**PRÉPARATION DU LIQUIDE GLYCÉRIQUE DE PLATEAU ET SON EMPLOI POUR
L'ÉTUDE DES ANNEAUX COLORÉS PRODUITS PAR LES LAMES MINCES ;**

PAR M. A. TERQUEM.

I. Préparation du liquide glycérique.

Il y a quelques années déjà, M. Plateau a indiqué la composition et la préparation du liquide glycérique qu'il a employé pour obtenir les formes d'équilibre qu'affectent les surfaces des liquides dénués de pesanteur. Ce mode de préparation est assez compliqué et ne conduit pas toujours à de bons résultats. Plus tard, M. Plateau reconnut que l'on obtient un liquide glycérique bien meilleur, en employant pour le préparer l'oléate de soude au lieu de savon. Le stéarate de soude, en effet, ne rend pas l'eau mousseuse en s'y dissolvant ; au contraire, il s'y décompose, et l'aspect laiteux que présente l'eau de savon est dû à la présence du stéarate ; car les dissolutions d'oléate sont parfaitement transparentes et limpides. Mais il est difficile de se procurer de l'oléate de soude d'une pureté absolue, ou d'en préparer avec l'acide oléique du commerce, qui est lui-même loin d'être pur.

J'ai tâché de tourner cette difficulté et de préparer un liquide glycérique d'une composition à peu près constante, quel que fût le savon employé. Je me suis servi pour cela de la propriété que possèdent les oléates d'être bien plus solubles dans l'alcool que les stéarates.

On prend du savon de Marseille, que l'on divise en morceaux très-minces pour le bien faire dessécher ; pour cela, ce qu'il y a de plus commode, c'est de mettre le savon en copeaux à l'aide d'un rabot ; quelques heures d'exposition de ces copeaux au soleil pendant l'été, ou sur un poêle pendant l'hiver, suffisent pour dessécher complètement le savon.

On le met alors dans un flacon avec de l'alcool à 80 degrés. L'alcool plus concentré dissout trop peu d'oléate, et, quand il est plus étendu, la quantité de stéarate dissous augmente trop notablement. La densité de l'alcool à 80 degrés est 0,865 ; saturé de savon à la température de 15 degrés environ, il marque 74 degrés

à l'alcoolomètre centésimal; sa densité est 0,880 et 10 centimètres cubes renferment 0^{gr},742 de savon. La dissolution alcoolique doit être effectuée à froid; car, si l'on chauffe, le savon se dissout en très-grande quantité, et ensuite, par le refroidissement, la liqueur se prend en une masse solide, quand même il n'y aurait que 4 grammes de savon pour 100 centimètres cubes d'alcool. On fait, d'un autre côté, un mélange de glycérine et d'eau dans des proportions telles, que le mélange marque 17°,1 à l'aréomètre de Baumé, ou ait une densité de 1,35 (à 20 degrés) : ce qui correspond à un mélange à volumes égaux de glycérine à son maximum de concentration et d'eau. La glycérine du commerce contient des quantités d'eau très-variables : tantôt elle est presque anhydre, tantôt passablement hydratée. On ferait bien de chauffer dans de l'eau bouillante le flacon renfermant la glycérine étendue d'eau, afin d'éviter le développement de conferves.

Pour préparer le mélange final, on prend 100 centimètres cubes de glycérine étendue d'eau, et l'on y ajoute 25 centimètres cubes de la dissolution alcoolique de savon. Le liquide se trouble le plus souvent, parce que la glycérine du commerce renferme du sulfate de chaux et de la chaux. On porte à l'ébullition pour chasser l'alcool, et l'on reconnaît qu'il a complètement disparu quand la température de l'ébullition dépasse 100 degrés. On laisse refroidir le liquide, on le verse dans une éprouvette graduée et l'on ajoute de l'eau distillée jusqu'à ce que le volume soit redevenu égal à 100 centimètres cubes. On filtre ainsi plusieurs fois le liquide pour enlever l'oléate de chaux qui s'est formé; cette filtration est difficile, parce que, au début, le liquide passe trouble à travers le filtre, et à la fin il ne passe plus du tout.

La filtration se fait plus régulièrement en mettant au fond d'un entonnoir un tampon de coton que l'on serre plus ou moins suivant la rapidité d'écoulement du liquide. Ce liquide est excellent pour répéter toutes les expériences si variées indiquées par M. Plateau. Des bulles creuses posées sur un petit trépied persistent en général, sous une cloche, plus d'une heure, si leur diamètre ne dépasse pas 1 décimètre.

Quel est le rôle de la glycérine pour augmenter ainsi la persistance des bulles de savon? Ce point ne paraît pas être encore aujourd'hui parfaitement établi, puisque la cause même à laquelle

certains liquides doivent de pouvoir former des bulles ou des lames minces persistantes ne semble pas être bien connue. Toutefois, il faut, pour que des lames ou des bulles aient une grande durée, que le liquide employé jouisse d'une certaine viscosité, qui l'empêche de couler trop vite et de diminuer rapidement d'épaisseur vers la partie supérieure.

M. Plateau avait admis que la glycérine avait surtout pour but d'empêcher l'évaporation; mais on peut remplacer cette substance par toute autre qui augmente la viscosité de l'eau de savon.

Ainsi, pour répéter la plupart des expériences de M. Plateau, on peut employer le liquide suivant, plus facile à préparer que le liquide glycérique. On fait dissoudre à chaud, dans 100 grammes d'eau, 1 gramme de savon ordinaire de Marseille desséché; on filtre à froid pour enlever le dépôt insoluble; puis on ajoute 40 grammes de sucre blanc pour 100 centimètres cubes d'eau de savon. Les bulles faites avec ce liquide durent souvent plusieurs heures; mais, pour les expériences d'optique que j'ai à indiquer, il est moins bon que le liquide glycérique, parce que les lames se déchirent avant d'avoir atteint une aussi faible épaisseur qu'avec ce dernier liquide.

II. *Emploi du liquide glycérique pour l'étude des colorations des lames minces.*

L'idée d'employer l'eau de savon pour produire des lames minces présentant de très-vives couleurs est déjà très-ancienne, puisque Newton indique cette expérience dans son *Optique*. Voici ce qu'il dit à ce sujet (XVII^e Observation sur les couleurs des lames minces transparentes) :

« Une bulle de savon ⁽¹⁾, quelque temps après avoir été soufflée, offre une grande variété de couleurs. Si on la couvre d'une mince timbale de verre pour la mettre à l'abri de l'agitation de l'air, ces différentes couleurs paraîtront dans un ordre très-régulier et sous la forme d'anneaux concentriques rangés autour du sommet. A mesure que la bulle devient plus mince par l'écoulement de l'eau

(1) Probablement une bulle hémisphérique placée sur une lame de verre.

qui gravite, les anneaux colorés se dilatent et s'étendent successivement jusqu'au bas, puis ils disparaissent à leur tour. Dès que les anneaux se sont développés au haut de la bulle, à leur centre se forme une petite tache noire et ronde, qui se dilate par degrés et parvient à avoir 6 à 8 lignes de diamètre avant que la bulle ne crève. Je crus d'abord qu'à cet endroit la bulle ne réfléchissait pas la lumière; en y regardant de près, je reconnus qu'on pouvait encore y apercevoir une faible image du soleil ou de la flamme d'une bougie. »

M. Eisenlohr donne un moyen simple et commode pour obtenir la succession des anneaux colorés dus aux changements d'épaisseur de la lame mince. Pour cela, il mettait de l'eau de savon dans un flacon fermé et produisait, en le secouant, une lame transversale; on donnait ensuite au flacon un rapide mouvement de rotation, à l'aide d'un des appareils employés dans les cours pour la soi-disante démonstration de la force centrifuge. On voit alors se produire des anneaux très-réguliers, avec un cercle noir au milieu très-nettement limité.

Ces procédés ne sont pas très-commodes à cause de la difficulté qui se présente d'observer toutes les parties des lames minces sous un angle constant et déterminé; l'éclairement de la lame n'est pas non plus très-facile, et enfin on ne peut faire voir ce phénomène qu'à un petit nombre d'observateurs.

J'ai pensé qu'il était préférable de se servir de lames verticales. La *fig. 1* représente, dans son ensemble, l'appareil dont je me suis servi dans ce but. Il se compose d'un anneau AB, en fil de cuivre rouge ayant au moins 5 millimètres d'épaisseur, et dont le diamètre intérieur est d'environ 15 centimètres. Le fil est recourbé vers le bas en BCD, et son extrémité pénètre dans une cavité percée excentriquement dans un disque de bois, de telle sorte que l'anneau se trouve placé au-dessus du centre.

Pour faire la lame, on verse le liquide dans une assiette creuse en faïence, dont le bord porte une échancrure faite avec une lime ronde, pour laisser passer la tige CD; de cette façon, on n'a besoin de ne mettre qu'une très-légère couche de liquide au fond de l'assiette. Il est important, pour la durée des lames et leur régularité, que le fil qui forme l'anneau ait une grande épaisseur, parce que ce dernier reste alors bien plan, et que, par suite, les lames le sont aussi;

ensuite, la surface du fil étant mouillée par une grande quantité de liquide, celui-ci s'écoule peu à peu et entretient la durée de la lame. Quoique le métal bien propre soit mouillé facilement par le liquide glycérique, on peut encore augmenter l'adhésion de ce dernier, en recouvrant la surface du fil d'une légère couche de gutta-percha, ce qu'on réalise avec une dissolution de ce corps dans le sulfure de carbone.

Fig. 1.

Le disque EF (*fig. 1*), qui supporte l'anneau, est placé sur un support GH à crémaillère; dès que la lame est produite, en retirant l'anneau du liquide, on met celui-ci en place, et on le recouvre de la cloche de verre.

Voici ce qu'on observe, en recevant, par exemple, la lumière diffuse sur la lame et regardant sa surface, ce qui est le plus commode, sous un angle de 45 degrés. A l'origine, quand la lame vient d'être faite, on observe des bandes d'ordre élevé, en général rouges et vertes, qui descendent régulièrement et lentement, tandis qu'en haut prennent naissance les bandes d'ordre inférieur, sous forme d'un segment de cercle; on arrive enfin à avoir en haut la bande de premier ordre, qui prend un éclat métallique très-intense et dont la coloration, sous l'incidence presque normale, ne descend pas au-dessous du jaune. Cette bande s'étend de plus en plus, et, au bout d'une demi-heure ou trois quarts d'heure, toute la lame finit par

présenter la couleur jaune uniforme de la bande du premier ordre ; quelquefois, vers le bas, il se forme une série de bandes très-fines et très-serrées. En regardant la lame avec un verre rouge, on constate facilement, à cause des franges noires, le nombre de bandes de divers ordres qui existent à un moment donné ; les bandes noires sont tantôt nettement limitées, tantôt très-diffuses et comme estompées sur leurs bords. Du reste, on n'obtient jamais, dans deux expériences successives, exactement les mêmes résultats, ni pour la durée de la lame, ni pour la distribution des couleurs. On constate constamment un courant descendant au milieu de la lame liquide et deux courants ascendants vers les bords.

Quand la bande du premier ordre s'est formée en haut et a pris un certain développement, on voit se produire au-dessus, tout contre le fil, un segment complètement noir qui augmente peu à peu et qui est très-nettement séparé du jaune par une ligne droite ; quand ce segment noir a pris un certain développement, la lame se déchire. J'ai obtenu de cette façon des lames qui ont duré quelquefois plus d'une heure, même à l'air libre.

On peut aussi apercevoir les couleurs par réfraction, en regardant à travers la lame sous une incidence un peu grande ; les couleurs deviennent alors très-vives ; le segment, qui paraît noir par réflexion, est au contraire complètement blanc par réfraction. Il semble, comme le dit du reste M. Eisenlohr, en parlant de la tache noire centrale des anneaux qu'il avait obtenus, que cette variation brusque de la coloration de la lame doit être attribuée à ce que, l'épaisseur de la lame étant formée d'un nombre très-restreint de molécules, il se fait en un point une diminution brusque de ce nombre, et l'épaisseur se trouve peut-être réduite à 2 molécules seulement.

En contact avec le segment noir, l'épaisseur semble correspondre au maximum du jaune, ce qui donnerait comme épaisseur $\frac{\lambda}{4}$, λ étant la longueur d'onde du jaune dans le liquide employé ; dans la tache noire, l'épaisseur est moindre que le quart de la longueur d'onde du violet. Si l'on reçoit dans un spectroscopie muni d'une fente verticale la lumière réfléchie dans une région quelconque de la lame, après qu'elle vient d'être formée, on aperçoit un spectre traversé par des bandes obliques, inclinées de haut en bas, du violet

vers le rouge, dues au changement d'épaisseur de la lame dans l'étendue du champ observé. Si l'on met la fente horizontale, les bandes obscures sont complètement droites. Comme l'épaisseur du liquide diminue peu à peu, par suite de son écoulement, on voit les bandes se déplacer dans le spectre du rouge vers le violet, où elles disparaissent. On voit se produire un déplacement analogue des bandes obscures, dans un sens ou dans l'autre, en faisant tourner le bouton de la crémaillère du support de la lampe; si l'on fait remonter cette dernière, on voit de nouvelles bandes prendre naissance dans le violet et glisser peu à peu en se resserrant vers le rouge; l'inverse a lieu, si l'on fait descendre la lame.

On peut reproduire ces diverses expériences en projection, et même aucune expérience n'est plus convenable pour démontrer la théorie des anneaux colorés des lames minces.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE : *Couleurs des lames minces par réflexion et transmission.* — La fig. 2 donne, en projection horizontale, la

Fig. 2.

disposition des divers appareils employés. AA' est l'ouverture de la chambre obscure, BB' un écran opaque porté sur un pied et destiné à limiter le faisceau tombant sur la lame mince; l'ouverture circulaire de l'écran a les mêmes dimensions que cette dernière. CC' est la lame mince placée sous une cloche de verre, et placée sur le support représenté fig. 1; DD' est une lentille achromatique de 20 centimètres environ de foyer, destinée à projeter sur l'écran MM' l'image de la lame mince avec les couleurs dues à la lumière transmise; EE' est une lentille identique à DD', qui reçoit le faisceau réfléchi sur CC'; à son foyer principal, on place un petit miroir métallique monté sur un pied permettant de le faire tourner au-

tour de deux axes perpendiculaires; I_2 est l'image de la lame mince avec les couleurs dues à la lumière réfléchie.

Grâce à l'écran BB' , l'image I_1 est entourée d'un espace obscur sur lequel, avec l'aide du miroir FF' , on amène l'image due à la lumière réfléchie. On peut ainsi mettre en regard sur une même horizontale les couleurs dues à la lumière transmise et à la lumière réfléchie, et même, en faisant empiéter l'une sur l'autre les deux images, faire voir que la partie commune ne renferme que de la lumière blanche. Si l'on fait usage de la lumière rouge monochromatique, on voit les maxima et les minima alterner dans les deux images. On peut, à l'aide de la crémaillère, élever ou abaisser lentement la lame et projeter ainsi successivement les anneaux de divers ordres. Si, par suite d'un choc, une perturbation se produit dans la lame liquide, on voit les couleurs se mélanger et des courants de liquides colorés par des couleurs complémentaires se produire en même temps dans les deux images. Les colorations sont aussi vives dans ces projections que dans celles que l'on obtient à l'aide de la lumière polarisée et des lames minces de gypse.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE : *Bandes obscures avec la lumière homogène*. — Pour faire voir que les bandes noires sont inégalement distantes, suivant la longueur d'onde de la lumière qui éclaire la lame

Fig. 3.

mince, on dispose l'expérience comme l'indique la *fig. 3*. On place au porte-lumière une fente étroite.

La lame mince DD' est placée au foyer conjugué de l'ouverture par rapport à la lentille CC' , de manière à tenir, pour ainsi dire, lieu de l'écran sur lequel viendrait se former le spectre dû à l'interposition du prisme P . Le spectre doit être plus large que la lame mince, de manière à pouvoir faire varier les couleurs de la lumière

réfléchi par la lame. Avec la lentille EE' , on projette sur l'écran MM' l'image de la lame.

Si le spectre n'est pas trop large, la lame réfléchira simultanément plusieurs couleurs ; son image sera sillonnée de bandes noires inclinées au lieu d'être horizontales, et qui seront plus rapprochées du côté du violet que du côté du rouge ; en tournant le prisme, on fera varier les couleurs qui éclaireront la lame, et en même temps la distance des bandes obscures dans l'image projetée.

TROISIÈME EXPÉRIENCE : *Analyse spectrale de la lumière réfléchie par une lame mince.* — Les divers appareils sont disposés

Fig. 4.

comme l'indique la *fig.* 4. La lumière entrant par une fente étroite est réfléchi par une lame de liquide glycérique, verticale, inclinée à 45 degrés sur le faisceau incident ; DD' est une lentille de projection, l'écran MM' étant au foyer conjugué de l'ouverture par rapport à la lentille DD' ; en EE' est un prisme et enfin en FF' un petit miroir métallique placé au foyer principal de la lentille DD' ; on arrête, à l'aide de l'écran GG' , la lumière qui a traversé la lame mince. Le spectre obtenu en I se trouve traversé par des bandes obliques inclinées de haut en bas du violet vers le rouge ; on peut déplacer ces bandes, en élevant ou abaissant la lame mince, et les faire disparaître complètement du côté du violet, si l'on arrive à la bande du premier ordre. Ces expériences de projection ont été faites seulement avec la lumière solaire ; mais nul doute qu'elles ne puissent être effectuées avec la lumière électrique et même, la première, avec la lumière Drummond.