

LA
PHOTOGRAPHIE
ET LA
PHOTOCHIMIE

PAR

G.-H. NIEWENGLOWSKI

Préparateur de chimie à la Faculté des sciences de Paris
Directeur du Journal « *La Photographie.* »

Avec 120 gravures dans le texte.

ET UNE PLANCHE EN PHOTOYPIE HORS TEXTE

PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET C^{ie}

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

—
1897

Tous droits réservés.



CHAPITRE II

PHOTOGRAPHIE INTERFÉRENTIELLE
MÉTIIODE DE LIPPMAN

Ondes stationnaires par réflexion de la lumière.

La photographie des couleurs par la méthode de Lippmann utilise le phénomène d'interférence entre les ondes lumineuses tombant normalement sur un miroir et les ondes réfléchies par celui-ci. On se rend facilement compte du résultat d'une telle superposition d'onde. Si le phénomène propagé est caractérisé par une certaine pé-



Fig. 14. — Ondes stationnaires par réflexion.

riodicité conservée après réflexion, on trouvera à un instant donné sur une ligne normale à la surface réfléchissante M (fig. 14) la succession des phases dans le sens A M pour le phénomène incident dans le sens M A pour le phénomène réfléchi. Les phases respectives des deux phénomènes en un point A de l'espace seront dépendantes de l'instant considéré et du chemin parcouru par les ondes depuis A, c'est-à-dire de l'espace AM + MA. Ces phases peuvent-être par exemple concordantes dans la période et le resteront à tout instant, les variations de

phase se faisant simultanément dans le temps pour les deux phénomènes. Si on considère un point B distant de A, d'une demi longueur d'onde, les phases respectives à l'incidence et à la réflexion se différencieront de celles existant en A, par un retard d'une demi-période pour le phénomène incident et une avance d'une demi période pour le phénomène réfléchi; si les phases sont d'accord en A, elles le sont donc également en B, et d'une façon générale en tous les points B', B'', que l'on peut marquer sur la ligne normale MA, successivement distants les uns des autres d'une longueur $\frac{\lambda}{2}$ égale à la moitié de la longueur d'onde λ .

En un point C distant de $\frac{\lambda}{4}$ à partir de A on trouve au contraire un retard d'un quart de période à l'incidence, une avance d'un quart de période à la réflexion, sur les mouvements existant en A; s'il y a accord de phases en A, il y a écart d'une demi période dans les phases en C, donc discordance dans les phénomènes qui se superposent. Cette discordance se retrouve d'ailleurs en tous les points C', C'', qui pourront être marqués en comptant des longueurs égales à $\frac{\lambda}{2}$ à partir de C... Les phénomènes superposés en accord de phases aux points A, B, B', donnent un phénomène résultant d'intensité maxima; lorsqu'ils sont superposés en discordance en C, C', etc., le résultat peut-être d'intensité inappréciable.

On nomme *ventres* les points de superposition en accord; et *nœuds* les points de superposition en discordance. Devant un miroir plan, l'arrivée d'un système d'ondes vibratoires planes, parallèles au miroir et réfléchies par celui-ci, doit établir dans l'espace un régime

vibratoire marqué par une quasi-immobilité sur certains plans parallèles distants les uns des autres de $\frac{\lambda}{2}$, qui sont les plans nodaux. Entre ces plans il y a vibration, et l'intensité est maxima sur des plans intermédiaires : plans ventraux. L'ensemble est un système d'ondes stationnaires par réflexion.

Il est assez facile d'observer ces apparences si on met en jeu des phénomènes à longueurs d'onde assez grandes. Lorsqu'on fait vibrer une corde fixée en ses extrémités on peut en réglant convenablement la périodicité et la tension, obtenir la division de la corde en fuseaux analogues à ceux dessinés sur la figure 14 manifestant les nœuds

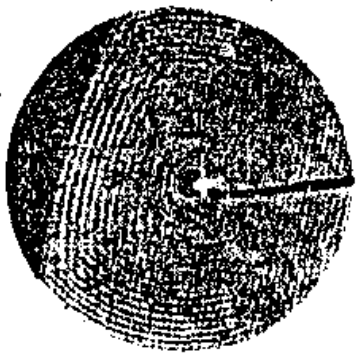


Fig. 15. — Ondes stationnaires par réflexion, à la surface de l'eau.

présenté sur la figure 15.

Dans le cas des ondes lumineuses une grande difficulté se présente à l'observation en conséquence de la très faible longueur d'onde mise en jeu. Les inter-nœuds, qui sont des espaces égaux à la demi-longueur d'onde mesureront de 2 à 4 dix millièmes de millimètre. De tels es-

caractéristiques des ondes stationnaires. En ébranlant la surface de l'eau avec une pointe fixée à l'extrémité d'un diapason on formera un système d'ondes stationnaires visible, en disposant assez loin du point ébranlé une lamemétallique qui arrête les ondes et les renvoient; la photographie d'un tel système est re-

paces ne sont visibles qu'à l'aide des meilleurs microscopes; Cotton a pu d'ailleurs observer en effet les ondes stationnaires avec un microscope; mais on facilitera la vision en s'arrangeant pour observer le système d'ondes stationnaires planes suivant une coupe inclinée; l'espacement des nœuds sera amplifié par cette inclinaison.

C'est par la photographie qu'on a obtenu la première observation du phénomène. Wiener disposa au dessus d'un miroir une glace supportant une émulsion extrêmement mince, de gélatino-bromure d'argent à grains invisibles; l'émulsion reste ainsi parfaitement transpa-



Fig. 16. — Coupe inclinée d'ondes stationnaires.

rente; une légère inclinaison de la surface sensible par rapport au miroir fait qu'elle coupe les ondes stationnaires avec un espacement relativement grand entre les nœuds ou les ventres (fig. 16). Après développement on trouve sur la plaque des lignes parallèles non impressionnées marquant les plans nodaux.

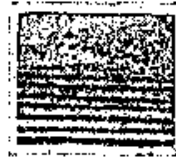
Drude et Nernst se sont servi de pellicules fluorescentes pour observer directement les ondes stationnaires dans des conditions analogues.

Matérialisation photographique des ondes stationnaires. — Lippmann imagina d'employer une couche sensible assez épaisse pour comprendre un certain nombre

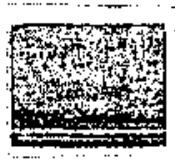
de plans d'ondes stationnaires, et de matérialiser en quelque sorte les ventres sous forme de lamelles d'argent réduit restant dans la gélatine après développement ; les plans nodaux resteront au contraire libres de toute réduction et créeront un espace libre entre les lamelles.

Pour assurer cette production des ondes stationnaires dans la masse même de l'émulsion il faut disposer la couche sensible parallèlement au miroir réflecteur. Lipp-

man obtient un miroir sur la face sensible elle-même en plaçant l'émulsion au contact d'un bain de mercure propre. En éclairant l'émulsion avec de la lumière d'une couleur simple, on a dans l'épaisseur de la couche sensible des actions lumineuses d'intensité périodiquement variable, correspondant aux plans ventraux et nodaux. Après développement l'exa-



Bleu.



Rouge.

Fig. 17. — Lamelles de Zenker.

men microscopique des coupes transversales faites dans la gélatine révèle l'aspect stratifié de l'argent réduit, conformément à l'existence prévue des ondes stationnaires. On fait toutefois gonfler la gélatine dans l'eau pour agrandir l'espacement des lamelles et faciliter l'observation. Ces lamelles sont dites lamelles de Zenker, parce que ce physicien avait prévu la même stratification sur les images colorées obtenues par Seebeck ou Heckerel avec le sous chlorure d'argent. La figure 17 représente la microphotographie de coupes ainsi observées ; on y verra que la première lamelle d'argent réduit, marquant le premier ventre

n'est pas exactement sur la surface sensible mais un peu en retrait. Cette circonstance confirme les conclusions tirées d'autres expériences d'interférences, relativement aux conditions de la réflexion de la lumière sur une substance plus dense que le milieu où elle se propage ; le mouvement réfléchi est en discordance quant à l'action photographique avec le mouvement incident, sur le plan même de la réflexion. Il n'en est pas de même si la lumière se réfléchit sur la surface de séparation avec un milieu moins réfringent que le milieu de propagation.

On a essayé de supprimer le mercure servant de miroir réflecteur ; son remplacement par d'autres substances n'a pu être accompagné de succès ; mais Rothé a réussi des photographies en n'employant aucun système réflecteur ; les ondes stationnaires se font en utilisant la réflexion sur la face de séparation de la gélatine et de l'air. Dans ces conditions un peu différentes du procédé Lippmann, il est difficile d'avoir des stratifications aussi intenses et aussi nombreuses.

Restitution des couleurs. — L'épreuve photographique obtenue avec le dispositif de Lippmann reproduit la sensation colorée de la lumière qui a servi à l'obtenir, lorsqu'on regarde cette épreuve par réflexion, la couche impressionnée tournée vers l'œil. C'est là le résultat essentiel, qui fait de cette expérience la base d'un procédé de photographie des couleurs.

Le dispositif peut-être considéré comme un procédé de formation des couleurs objectives. Le système lamellaire obtenu photographiquement est en effet un véritable créateur de couleur, et la couleur fabriquée ainsi est parfaitement définie par la constitution du système ; cette

constitution est déterminée automatiquement par la couleur de la lumière incidente.

En photographiant le spectre dispersé d'une lumière qui a traversé un prisme ou un réseau, on a une épreuve qui reproduit tout l'aspect coloré du spectre avec une surprenante fidélité. C'est le seul mécanisme qui d'ailleurs encore à l'heure actuelle, nous permette de fixer d'une façon permanente et exacte l'image colorée du spectre.

L'étude microscopique de la couche impressionnée peut montrer nettement la variation de la section lamellaire avec la suite des couleurs spectrales. L'épaisseur intermédiaire va en diminuant d'une façon constante du rouge au violet. Les deux coupes représentées sur la figure 17 correspondent aux régions rouge et bleu du spectre. Le gonflement des couches dans l'eau, pour l'examen microscopique, peut altérer les relations d'espace dans ces coupes ; mais la traduction de la différence des longueurs d'onde des deux lumières reste saisissante.

Lorsque la lumière blanche tombe sur un tel système de lamelles, également espacées, il se produit une organisation du phénomène lumineux réfléchi en relation avec la périodicité des réflexions sur l'argent de chacune de ces lamelles. On conçoit, sinon dans son détail exact, mais dans son mécanisme général, la possibilité d'une reproduction de la couleur semblable à celle qui a produit la photographie. Avant de présenter les intéressantes observations qui ont été faites sur les rapports de la constitution des plaques de Lippmann avec les restitutions colorées qu'on en tire nous décrirons les manipulations qui permettent d'obtenir une photographie interférentielle. Les parties les plus essentielles en ont été

fixées par MM. Lumière qui dès l'exposé de la découverte de Lippmann travaillèrent à l'établissement des conditions de production régulière de ces photographies.

Préparation des plaques. — On fait au bain-marie une solution de gélatine à 5 %.

On a recommandé les gélatines Coignet, Dresler ou Lautenschlagen ; il est toujours bon de ne prendre dans les feuilles que les parties centrales, les bords ayant souvent une consistance différente.

Quand la température atteint 30 à 35 degrés on ajoute 0,5 % de bromure de potassium, puis *dans l'obscurité* 0,75 % de nitrate d'argent pulvérisé et sec. On agite et on ajoute alors les colorants destinés à donner la sensibilité chromatique. Les formules de colorants usités par les différents expérimentateurs utilisent l'érythrosine, la cyanine, le rouge glycine. On a aussi employé du vert malachite et du violet de méthyle. L'importance d'une bonne formule de sensibilisation n'est pas douteuse, mais comme nous le verrons plus loin en discutant les procédés, la sensibilisation de l'émulsion peut toujours être complétée par l'adjonction d'un écran compensateur interposé devant l'objectif au moment de la prise de vue de façon à obtenir l'impression photographique voulue.

A titre documentaire voici la formule sensibilisatrice publiée en 1906 par M. Jeuffrain.

Alcool à 90°	250 cc.	} 3 cc.	} Pour 100 cc.
Cyanine de Höchst	0 g. 50		
Alcool à 90°	250 cc.	} 8 cc.	} d'émulsion
(glyciuroth (Kinzelberger)	0 g. 50		

Ramon y Cajal mélange les colorants sensibilisateurs

avec l'émulsion avant l'addition du nitrate d'argent. D'après ce même savant, l'agitation de l'émulsion pendant l'addition du nitrate d'argent n'est pas sans importance quant à la grosseur du grain de bromure d'argent ; une agitation très vive conduirait à une plus forte diminution des grains et à une sensibilité plus grande que lorsqu'on agit doucement ; le rapport des sensibilités obtenues pourrait varier de 1 à 3.

On augmente aussi la sensibilité si on maintient l'émulsion à la température de 40 degrés pendant une demi-heure ; un autre procédé pour accroître la sensibilité au moment de la préparation de l'émulsion consisterait, d'après Rothé, à doubler ou tripler la concentration de l'émulsion en sels et colorants. Il convient d'ailleurs de noter qu'à cet accroissement de sensibilité correspond toujours une moins grande pureté des couleurs reproduites.

L'émulsion préparée est filtrée sur coton de verre en prenant les plus grandes précautions contre les poussières. On l'étend ensuite en couches minces sur glaces ; en été on peut opérer à la température ordinaire, en hiver il convient de réchauffer les glaces à une température voisine de 40 degrés. On peut placer les glaces sur une tournette, de façon à égaliser l'épaisseur de l'émulsion, mais on risque alors d'avoir des couches trop minces ; il suffit d'égrouter les plaques après étendage et de les maintenir ensuite 15 à 20 minutes sur un marbre bien horizontal, jusqu'à prise complète de l'émulsion. On passe alors les plaques pendant quelques secondes dans un bain d'alcool à 90°, puis on les lave 20 minutes dans l'eau courante ; enfin on les met à sécher.

Le bain d'alcool avant lavage a pour but de faciliter le

séchage et d'en réduire la durée ; Ramon y Cajal a remarqué toutefois que l'importance de cette durée ne se manifeste que pour des valeurs exagérées ; les résultats sont encore bons avec un séchage effectué en chambre noire à l'air libre, qu'il convient de laisser prolonger une douzaine d'heures en évitant naturellement d'opérer par journée trop humide. Avec une étuve où la température sera maintenue vers 20 degrés les plaques sécheront en une heure.

Les plaques séchées peuvent être empaquetées et se conserver plusieurs mois.

Sensibilisation des plaques. — On aboutit par les manipulations précédentes à une émulsion dont l'impression demande des poses très longues. Pour diminuer le temps de pose on procède à une sensibilisation nouvelle ; trois à quatre heures avant l'emploi, on verse sur la plaque maintenue par une ventouse le mélange suivant :

Alcool absolu	7 cc.
Nitrate d'argent fondu (solution aqueuse à 10 %	4 gouttes
Acide acétique cristallisable	1 goutte

On maintient le liquide sur la glace 15 à 20 secondes puis on reverse le liquide dans un flacon (il peut servir à nouveau). Si la température extérieure est élevée il convient de n'employer que la moitié de la proportion de nitrate d'argent indiquée ; il peut y avoir quelque avantage aussi à employer une solution aqueuse et non alcoolique. La plaque ainsi traitée doit être employée dans l'espace de quelques heures ; elle devient en effet très vite inutilisable par formation d'un voile intense.

La solution sensibilisatrice ne doit jamais être filtrée sur papier mais seulement sur coton de verre.

C'est en tout cas un traitement extrêmement délicat mais qui permet de réduire les durées de pose dans l'ordre de la minute pour les vues extérieures bien éclairées.

Si l'application photographique envisagée permet des poses très longues on pourra toujours s'abstenir du traitement argentique.

A l'instigation de Hans Lehmann collaborateur scientifique de la maison Zeiss, on avait entrepris la fabrication industrielle des plaques pour photographie interférentielle, et depuis 1909 on trouvait dans le commerce des plaques de bonne conservation et de sensibilité convenable pour être employées sans manipulation nouvelle.

Mise en châssis. — Les plaques sont employées à la chambre noire en présentant le côté verre à l'arrivée des rayons, l'émulsion en arrière et en contact avec la surface réfléchissante constituée par un bain de mercure.

Il y a quelque difficulté à distinguer les deux surfaces de la plaque, la finesse de l'émulsion laissant apparaître aussi réfléchissante à la face qu'elle recouvre qu'à la face verre ; cette dernière aura dû en tout cas être très bien nettoyée.

Le châssis qui doit contenir la plaque et le mercure doit être agencé spécialement ; par le jeu de feuillures et de joints de caoutchouc on ménage entre la glace et le fond du châssis, une cavité de très faible épaisseur où viendra se loger le mercure ; des tubés doivent permettre l'entrée et la sortie commode.

L'amateur photographe peut toujours faire agencer à

son gré un dispositif répondant au but cherché ; mais on a construit industriellement et mis dans le commerce différents modèles de châssis.

La figure 18 représente les détails d'un châssis construit par la maison Zeiss qui en 1910, avait établi un ensemble de matériel fort bien étudié pour la pratique de la photographie interférentielle. On reconnaîtra facilement sans description plus ample les détails de fonctionnement : volet devant la glace, écrou de serrage du fond de châssis sur les joints, tube d'amenée du mercure contenu dans un vase qu'on accroche à des niveaux différents pour jouer le rôle de remplisseur ou de récepteur du mercure.

Il convient avant d'introduire la plaque dans le châssis, de la chauffer légèrement et d'amener ensuite immédiatement dans le châssis le mercure en contact avec la plaque ; cette précaution a pour effet d'éviter toute trace d'humidité entre la couche sensible et le mercure ; cette humidité fait gonfler la gélatine et amène des colorations fausses sur la photographie complètement séchée et terminée ; elle est aussi la cause d'un voile de métallisation superficielle. Le mercure employé doit être naturellement rigoureusement propre.

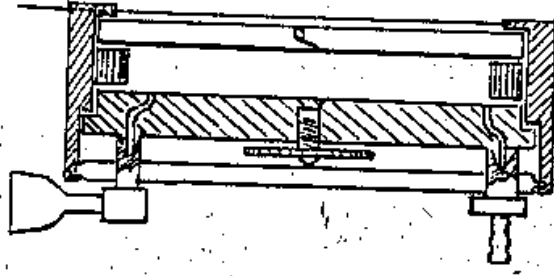


Fig. 18.
Châssis à mercure.

Exposition. — Les plaques étant toujours de faible sensibilité, l'exposition à la chambre noire est d'assez

longue durée. Il y a avantage à employer les objectifs les plus lumineux.

Pour les plaques préparées suivant les indications reproduites plus haut, données par M. Jeullrain, avec un planar d'ouverture $f/3,8$ les durées de pose s'établissent à :

30 secondes pour les paysages au soleil,

1 à 3 minutes pour paysages sans soleil,

10 à 15 minutes pour vases. fleurs, dans une chambre bien éclairée,

45 minutes pour des intérieurs.

Les plaques Lehmann demandaient des temps de pose analogues.

Lehmann conseille pour l'exposition l'emploi d'un écran sélecteur de composition appropriée pour assurer l'exactitude de la reproduction des couleurs.

Avec une sensibilisation convenable de l'émulsion on peut se contenter d'un écran incolore à l'esculine pour enlever l'action des radiations dans l'extrême violet ; en tout cas la coloration à donner à l'écran compensateur est toujours faible et délicate à préciser.

On l'établit de la façon suivante. On fait quelques épreuves avec interposition d'un écran d'esculine incolore et l'examen des épreuves contenant des gris et des blancs montre quelles sont les teintes possédant une action prépondérante ; on choisit alors des colorants absorbant ces radiations trop actives, on fait avec leur mélange une solution qui, introduite dans une cuve à faces parallèles, peut être interposée devant l'œil pour l'examen des épreuves ; par tâtonnements on règle les concentrations de colorants de façon que l'examen à travers la solution fasse paraître les couleurs correctes :

on adopte ensuite la couleur de cet écran d'examen pour l'écran de compensation à employer au moment de la prise des vues avec la même émulsion.

Quand la compensation de la sensibilité chromatique n'est pas suffisamment bien réalisée, la durée de la pose influence sensiblement la valeur relative des apparences colorées et les plaques paraissent ainsi d'un emploi plus difficile.

Développement. — Avant de plonger la plaque dans le bain révélateur il faut nettoyer soigneusement la couche sensible avec le blaireau ou un tampon de velours afin d'enlever toute trace mercurielle adhérente.

Le bain révélateur employé sera toujours peu énergique et son action limitée à une très courte durée, cela en raison de la très faible épaisseur de la couche et de la tendance au voile très marquée dans cette émulsion. En général on préconise pour développer, une formule à l'acide pyrogallique et à l'ammoniaque.

Par exemple on prendra.

Eau	75 cc.
Solution pyrogallique à 1 ^o /6.	10 »
Solution bromure de potassium à 10 ^o /6.	10 »
Ammoniaque à 22 ^o B.	5 »

Le développement sera limité à 15 secondes au maximum.

Jeullrain et H. Lehmann conseillent le développement au diauidophénol ; on use d'une solution dix à cent fois moins concentrée que celle employée pour les clichés ordinaires et le développement peut durer de 2 à 5 minutes.

Niewes gloski recommande le développement à l'oxalate ferreux.

Le développement en tout cas ne doit pas être poussé trop longtemps pour éviter que, la réduction se généralisant dans la masse de l'émulsion, les lamelles marquant les ondes stationnaires ne soient confondus dans une masse continue d'argent réduit (voir fig. 23).

Toutefois pour aviver le pouvoir réflecteur de l'argent obtenu, on pratique généralement le renforcement. Après avoir fixé à l'hyposulfite pendant une minute on lave rapidement à l'eau courante pendant trois minutes, on blanchit dans une solution de bichlorure de mercure à 1/100 et on noircit dans une solution révélatrice concentrée de diamidophéol (ou d'oxalate ferreux d'après Niewengloski).

Si le renforcement ainsi pratiqué est insuffisant on peut réaliser un renforcement physique. Voici une formule utilisable (Lumière).

Eau	500 cc.
Sulfocyanure d'ammonium	120 gr.
Nitrate d'argent	20 »
Sulfite de soude anhydre	60 »
Hyposulfite de soude	50 »
Solution bromure de potassium à 10 %	25 cc.

Dissoudre dans l'ordre ; laisser déposer le précipité formé et décanter. La plaque à renforcer sera d'abord passée dans une solution d'alun avant d'être plongée dans le bain renforçateur ; on suit l'effet et on arrête au temps voulu.

Pour la reproduction des couleurs pures et surtout du spectre, il est préférable de ne pas fixer à l'hyposulfite après développement ; le fixage amène généralement un léger décalage de colorations. L'absence de fixage ne pré-

sentle aucun inconvénient, l'émulsion étant complètement transparente et très peu sensible.

Voile mercuriel. — On observe fréquemment sur l'épreuve développée des métallisations qui semblent devoir être attribuées à une action de mercure sur la couche sensible ; action dépendante de l'humidité, et aussi du traitement de la plaque en solution alcoolique de nitrate d'argent avant l'exposition.

Ramon y Cajal prétend que le voile est rare si on prend la précaution de maintenir la solution sensibilisatrice au nitrate d'argent en parfaite limpidité.

Lippmann recommande l'échauffement des plaques avant la mise au châssis, ainsi que nous l'avons signalé déjà ; cette précaution suffirait à éviter toute métallisation.

Pour enlever la métallisation apparue après développement, Joulfrain conseille de soumettre la plaque développée pendant 20 à 30 secondes à des vapeurs d'iode ; on fait suivre cette action d'une immersion dans l'hyposulfite ; ce traitement présente d'ailleurs l'inconvénient de modifier un peu les couleurs.

Montage des épreuves. — Les épreuves doivent être regardées par réflexion ; le mécanisme de la production des couleurs étant localisé dans une mince couche d'émulsion, il faut supprimer l'action de toute lumière non réfléchie par cette couche ; la face verre de la plaque sera donc noircie pour l'examen. Il convient aussi pour éviter la lumière réfléchie régulièrement de placer sur la gélatine une lame de verre formant prisme d'angle faible (Lumière).

Jeulin conseille pour l'examen préalable du cliché de placer celui-ci gélatine en dessus, sur une lame de marbre noir, avec interposition de quelques gouttes de benzine ; on place ensuite le prisme sur la gélatine en interposant aussi une mince couche de benzine.

On peut aussi très simplement plonger le cliché dans une cuve à faces parallèles contenant de la benzine ; toutes les faces sauf une en sont noircies ; on maintient le cliché dans la cuve de telle sorte que la direction de réflexion de la surface de l'épreuve soit différente de celle de la face d'entrée de la lumière.

La figure 19 représente la cuve de la maison Zeiss dans laquelle le cliché prend automatiquement une position inclinée réalisant le but indiqué.

Cet examen préalable en cuve ou contre le marbre noir est seulement destiné à se rendre compte de la qualité de l'épreuve, et permet de juger de l'exactitude plus ou moins approchée des couleurs.

Si l'examen est satisfaisant on procède au montage définitif, consistant à coller au baume de Canada froid, une lame de verre faiblement prismatique (angle de 10 degrés environ) contre la gélatine du cliché. Le montage se fera à une température toujours peu élevée, mais qui aura été déterminée dans l'examen préalable pour assurer l'exactitude des couleurs : les variations de température influent en effet sur l'état hygrométrique de la couche de gélatine et par suite sur son épaisseur, d'où la possibilité de faire varier l'aspect coloré et de fixer

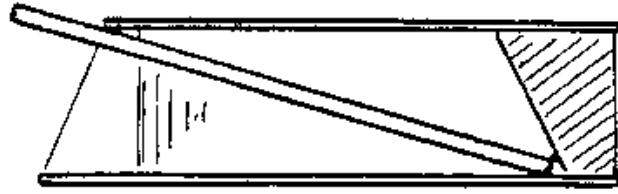


Fig. 19.
Cuve à benzine.

définitivement avec le baume de Canada l'état le plus satisfaisant.

Pour le collage on interpose assez de baume pour éviter toute bulle d'air sur les bords ; l'excès de baume est enlevé après compression des deux verres ; on nettoie ensuite les bords à l'alcool et on borde avec du papier noir.

Le dos du cliché est ensuite recouvert d'un vernis noir mat (verniz zapon mat, ou vernis mat à la celloïdine) ; le vernis est lui-même recouvert d'un papier noir pour le protéger contre les éraflures. Wood conseille de dépolir la face de verre qui reçoit le vernis noir.

Examen et projection. — L'examen des épreuves peut se faire sans instrument, en les tenant à la main. Il

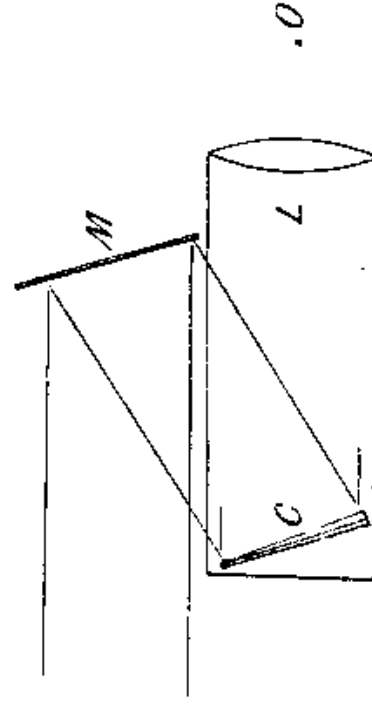


Fig. 20. — Mégascop de Lippmann.

faut une certaine habitude pour réussir à voir ainsi le meilleur aspect des couleurs ; il faut aussi une disposition d'éclairage particulier. On aura des conditions favorables si la lumière vient du ciel découvert et seulement par le haut d'une seule fenêtre.

On construit des appareils spéciaux qui régient auto-

matiquement l'examen visuel dans les meilleures conditions.

La figure 20 représente le schéma du dispositif de Lippmann. Une caisse longue à faces intérieures noircies est fermée en avant par une lentille L de grand diamètre. Le cliché C est placé sur le fond opposé et reçoit par une ouverture supérieure de la caisse la lumière éclairante réfléchie par le miroir M. L'œil en O perçoit toute la lumière renvoyée par le cliché. Si on ménage un dispositif d'orientation du support du cliché on se donne le moyen d'assurer la plus grande exactitude des couleurs.

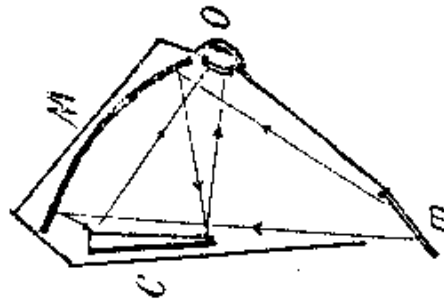


Fig. 20. —
Mégascope de Zeiss.

les renvoie sur le cliché.

Les clichés obtenus par la méthode interférentielle fournissent de très belles projections colorées. Le schéma de l'appareil Lippmann représente aussi bien la construction d'un mégascope pour la projection, et divers appareils ont été établis par les constructeurs sur des principes analogues.

Mais on peut faire la projection des clichés suivant la méthode ordinaire dans des conditions de netteté satisfaisante ; la figure 22 montre comment la lumière du condenseur, après réflexion sur le cliché à projeter, vient

concentrer l'image du cratère de l'arc dans l'objectif de projection, dont l'axe optique est maintenu perpendiculaire aux surfaces parallèles du cliché et de l'écran sur lequel on projette.

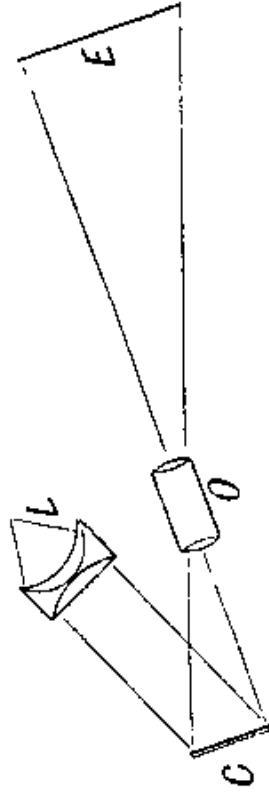


Fig. 22. — Dispositif de projection.

On utilise un miroir peu après l'objectif, pour ramener l'image projetée dans la direction de sortie des rayons de la lanterne.

Résultats et observations diverses. — Le détail des opérations décrites dans les derniers paragraphes conduit à l'obtention des photographies de tableaux ou de paysages, c'est-à-dire à l'usage général et les résultats sont souvent des plus satisfaisants. La vérité du coloris, son éclat, peuvent être très remarquables.

Cependant l'opérateur doit se familiariser avec les influences multiples de toutes les circonstances de la manipulation, pour obtenir le résultat le plus heureux. Le mécanisme même de cette photographie la rend essentiellement modifiable dans son aspect par l'action de l'opérateur et il convient de bien connaître ce mécanisme et les propriétés de l'émulsion pour en tirer le parti le plus avantageux.

Restitution des couleurs simples. — Pour rendre compte de la restitution d'une couleur par une pile de lamelles également espacées on se représente dans le faisceau réfléchi la superposition des différentes portions de lumière renvoyées par les lamelles successives considérées comme semi-transparentes. Les phénomènes réfléchis ne seront concordants, que s'ils affectent une périodicité identique à celle des lamelles.

La pureté de la couleur obtenue, c'est-à-dire la simplicité de la périodicité, n'est grande que si on superpose un très grand nombre de ces réflexions, de même que dans la lumière dispersée par un réseau la séparation des lumières de périodes très voisines se fait avec une finesse dépendant essentiellement du nombre de traits du réseau.

Les exemples de lamelles figurées précédemment ne montrent au contraire qu'un petit nombre de lamelles, 6 à 8 par exemple. Mais la lumière réfléchie est en réalité bien loin d'être simple : la sensation colorée traduit bien la couleur pure, mais la pile de lamelles ne *fabrique* pas cette couleur pure.

Ives a étudié systématiquement l'influence du nombre de lamelles sur cette reproduction de couleur simple. Il employait pour impressionner les plaques un éclairage uniforme obtenu avec la lumière verte de l'arc au mercure ($\lambda = 546 \text{ m}\mu$). A cette occasion et pour obtenir le plus grand nombre possible de lamelles, il a marqué l'importance de certaines circonstances de fabrication de l'émulsion ou du développement. Les émulsion les moins riches en argent, et le développement le moins énergétique, conviennent à la production de la lumière la plus pure. Pour examiner la lumière produite on recevait sur un

spectrographe la lumière réfléchie par la plaque impressionnée et développée, la comparaison du résultat avec la lumière qui a servi à l'impression est ainsi complète.

Avec le développement ordinaire la lumière réfléchie donne presque un spectre continu ; la sensation colorée résulte d'un maximum de renforcement de la lumière verte, mais le résultat est loin de ressembler objectivement à l'éclairement initial. On peut se rapprocher beaucoup de cette similitude si on réussit à créer un grand nombre de lamelles et à les rendre transparentes.



Fig. 23. — Influence de la durée du développement.

Pour cela il convient de poser largement, du moins jusqu'à une certaine limite au delà de laquelle la réduction ne distingue plus de lamelles. Le développement traduit d'autant plus de lamelles qu'il est plus prolongé (fig. 23). Le bain révélateur au pyrogallol a cependant l'inconvénient d'amener un voile progressif. Quand on développe

période et se resteront à tout instant, les variations de phases peuvent-être par exemple concordantes dans la onde de puis A, c'est-à-dire de l'espace $MA + MA'$. (Les phénomènes en un point A de l'espace seront dépendantes le phénomène réfléchi. Les phases respectives des deux A M pour le phénomène incident dans le sens M A sont saut M (fig. 14) la succession des phases dans le sens tant donné sur une ligne normale à la surface réfléchissante d'origine conservée après réflexion, on trouvera à un ins-

Fig. 14. — Ondes stationnaires par réflexion.



phénomène propagé est caractérisé par une certaine période du résultat d'une telle superposition d'onde. Si le ondes réfléchies par celui-ci. On se rend facilement lumineuses tombant normalement sur un miroir et les manutention de phénomène d'interférence entre les ondes La photographie des courbes par la méthode de l'hib-

Ondes stationnaires par réflexion de la lumière.

METHODE DE L'HYMNI
PHOTOGRAPHIE INTERFERENTIELLE

CHAPITRE II

écrites par celui-ci, doit établir dans l'espace un régime d'ondes vibratoires planes, parallèles au miroir et réfléchies. Devant un miroir plan, l'arrivé d'un système cord ; et dans les points de superposition en discordance. On trouve dans les points de superposition en accord résultat peut-être d'intensité inappréciable.

En outre, ils sont superposés en discordance en C', C', etc., le donnent un phénomène résultant d'intensité maxima ; lignes superposées en accord de phases aux points A', B', B', tant des longueurs égales à $\frac{\lambda}{2}$ à partir de C... Les phénomènes B', C', C'... qui pourraient être marqués en combinaison. Cette discordance se retrouve d'ailleurs en tous C', donc discordance dans les phénomènes qui se superposent. A', il y a écart d'une demi période dans les phases en mouvement existant en A ; si il y a accord de phases en une avance d'un quart de période à la réflexion, sur les contraire un retard d'un quart de période à l'incidence.

En un point C distant de $\frac{\lambda}{2}$ à partir de A on trouve au de la longueur d'onde λ .
tous les uns des autres d'une longueur $\frac{\lambda}{2}$ égale à la moitié marquer sur la ligne normale MA, successivement discordance générale en tous les points B', B', que l'on veut cord en A, elles le sont donc également en B', et d'une pour le phénomène réfléchi ; si les phases sont d'accord phénomène incident et une avance d'une demi période existant en A', par un retard d'une demi-période pour le incidence et à la réflexion se différencient de celles A', d'une demi longueur d'onde, les phases respectives à ceux phénomènes. Si on considère un point B distant de phase se faisant simultanément dans le sens pour les