

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

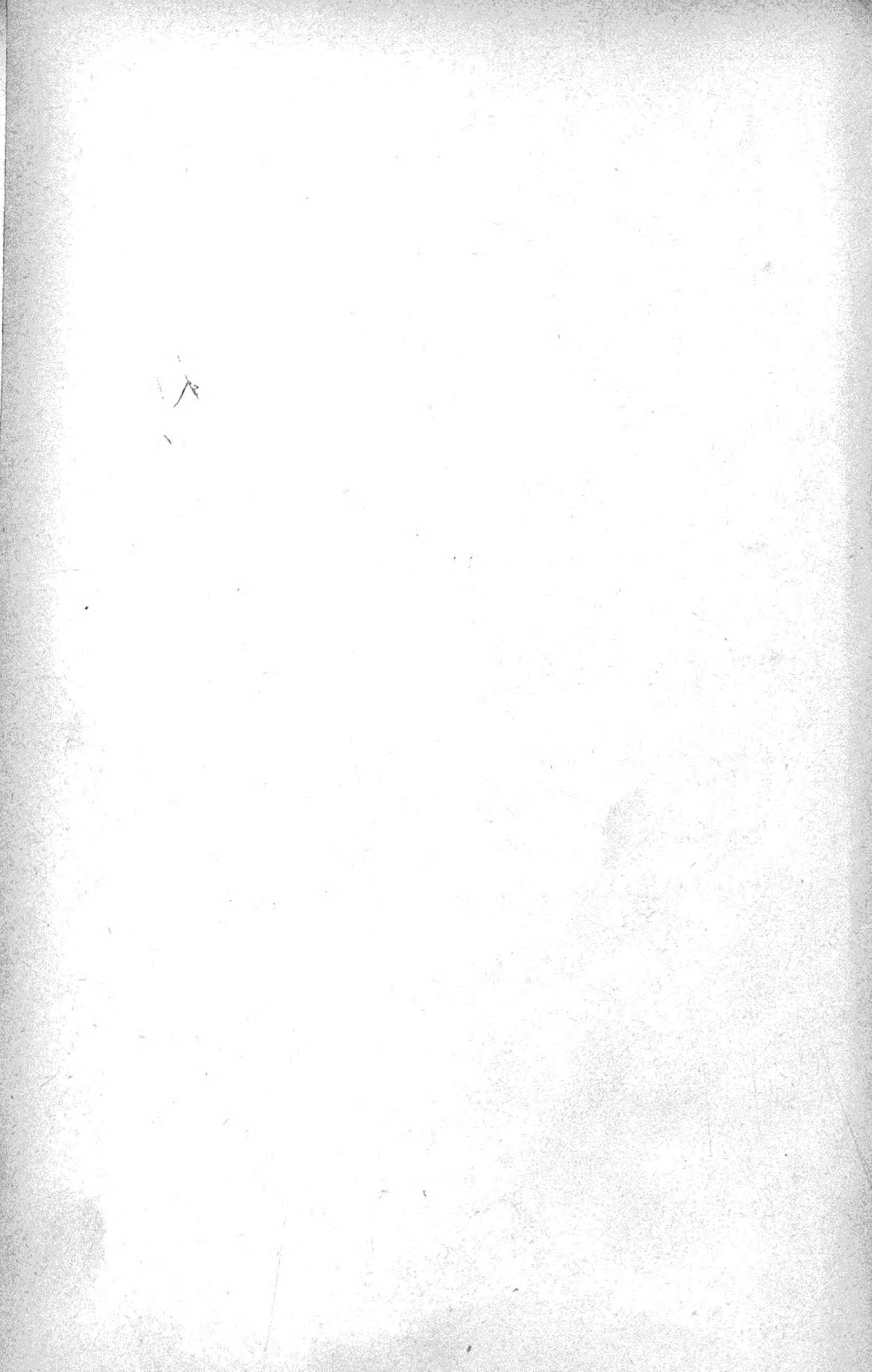
5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue des sciences photographiques
Auteur(s)	Niewenglowski, Gaston-Henri (1871-19..)
Titre	Revue des sciences photographiques. Photochimie, photophysique, applications scientifiques de la photographie
Adresse	Paris : Charles Mendel, 1904-1906
Nombre de volumes	3
Cote	CNAM-BIB P 987
Sujet(s)	Photographie -- Périodiques
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039019888
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P987
LISTE DES VOLUMES	
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	Première année (Avril 1904 - Mars 1905) [Deuxième année (Avril 1905 - Mars 1906)] [Troisième année (Avril 1906 - Décembre 1906)]

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Niewenglowski, Gaston-Henri (1871-19..)
Titre	Revue des sciences photographiques. Photochimie, photophysique, applications scientifiques de la photographie
Volume	Première année (Avril 1904 - Mars 1905)
Adresse	Paris : Charles Mendel, [1904-1905]
Nombre de vues	445
Cote	CNAM-BIB P 987 (1)
Sujet(s)	Photographie -- Périodiques
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	28/06/2022
Date de génération du PDF	07/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039019888
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P987.1



Première Année

(Avril 1904 — Mars 1905)

REVUE DES SCIENCES Photographiques

KIL
110

PHOTOCHEMIE, PHOTOPHYSIQUE

Applications Scientifiques de la Photographie

RÉDACTEUR EN CHEF :

G.-H. NIEWENGLOWSKI

PRINCIPAUX COLLABORATEURS :

L.-P. CLERC; — E. COLARDEAU; — D^r A. GUEBARD; — Colonel LAUSSEDET;
 Commandant LEGROS; — Léopold LÖBEL; — D^r Stéphane LEDUC;
 A. et L. LUMIÈRE; — L. MATHET; — A. LE MEE;
 C.-L.-K. MEES; — F. MONPILLARD; — G.-H. NIEWENGLOWSKI;
 J. OLIVE; — F. QUÉNISSET; — A. SEYEWETZ; — S.-E. SHEPPARD.

TOME PREMIER

(Avec 21 planches hors texte).

PARIS

CHARLES MENDEL, ÉDITEUR
 418, rue d'Assas, 418 bis

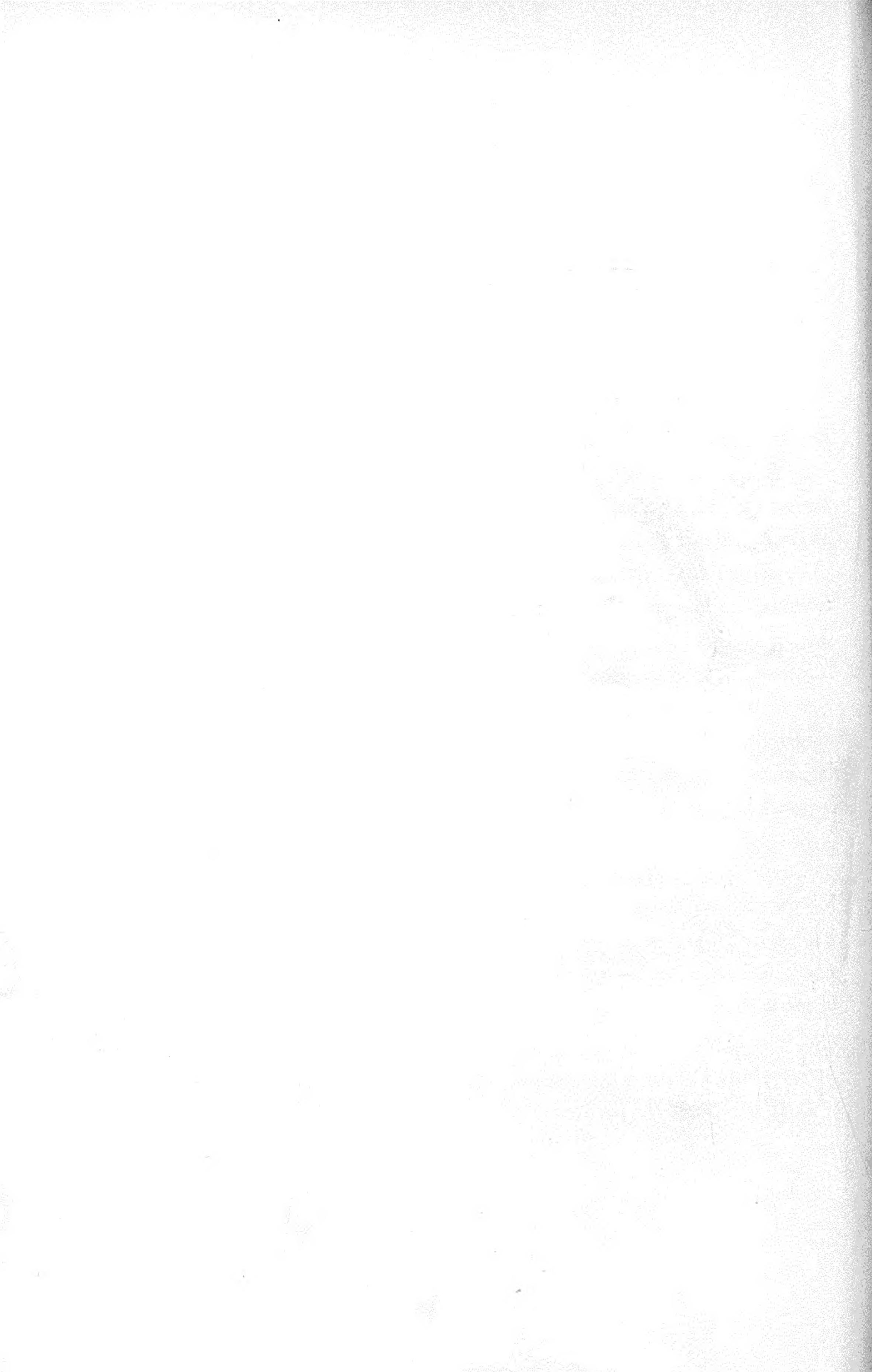
AVIS AU LECTEUR

Les publications photographiques actuelles, créées toutes en vue de répondre aux besoins du plus grand nombre des amateurs et des professionnels, sont fréquemment obligées de rejeter des communications, recherches, mémoires qui, bien qu'intéressants, ne sauraient, en raison de leur caractère trop abstrait, retenir l'attention du grand public.

La *Revue des Sciences Photographiques* a pris pour tâche de recueillir ces travaux, de les provoquer au besoin, de les publier et de tenir, tant par des traductions que par des résumés consciencieux, ses lecteurs au courant du mouvement scientifique à l'Etranger, dans ses rapports avec la photographie.

C'est assez dire que cette publication, d'un caractère tout spécial, ne fera concurrence à personne. Bien que son programme soit très large, sa circulation sera forcément restreinte, et elle ne peut espérer ni gros tirages, ni beaux bénéfices. — Elle estimera son but largement atteint si elle parvient à grouper autour d'elle un public d'élite, si elle peut de temps à autre sauver de l'oubli quelque étude qui, sans elle, n'aurait jamais dépassé les limites du laboratoire ou du cabinet de travail, — ouvrir ses colonnes au travailleur obscur qui n'a ni le temps, ni souvent les moyens de donner à ses recherches une publicité utile, — contribuer en un mot à diffuser et à augmenter, dans la mesure du possible, la somme des connaissances scientifiques actuelles en matière de photographie, en offrant au savant, au chercheur, à l'homme de science, une tribune digne de lui, un cadre digne de ses travaux.

LA DIRECTION



LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

PREMIÈRE PARTIE. — OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

L'APPAREIL PHOTOGRAMMÉTRIQUE COMME FOCIMÈTRE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

Bien que les photographes théoriciens et les constructeurs d'appareils photographiques n'aient que l'embarras du choix entre les instruments et les procédés spécialement destinés à la détermination des constantes optiques de leurs objectifs, il peut encore y avoir quelque intérêt pratique à constater que toutes les propriétés essentielles de ces instruments se retrouvent à un degré qui n'est point à dédaigner dans des appareils établis en vue d'une toute autre affectation.

La facilité avec laquelle un appareil photogrammétrique constitué dans les conditions que nous avons définies (*Description et usage d'un appareil élémentaire de photogrammétrie*, Paris, 1895) se prête à la détermination de la longueur focale de son propre objectif nous avait dès l'origine conduit à penser que cette application pourrait avec avantage être généralisée; et que cet appareil lui-même, et même des formes très simplifiées de cet appareil, pourraient rendre de réels services dans l'étude systématique des constantes optiques des objectifs; du moins dans la mesure des exigences de la pratique. Des expériences variées entreprises en ce sens ont pleinement confirmé cette manière de voir.

Il est bien entendu que notre but, très différent de celui que poursuit le commandant HOUDAILLE dans son excellente *Méthode d'essai des objectifs photographiques* n'est pas la détermination de l'outillage et du mode d'agencement les plus satisfaisants et les plus complets d'un laboratoire spécial d'essai d'objectifs photographiques. Nous nous proposons simplement de faire ressortir l'étendue et la valeur des ressources que présente pour ce même objet un instrument bien défini, conçu en vue d'une toute autre destination et dont le type commence à se répandre de plus en plus largement parmi les topographes du monde entier, sous la haute influence de l'impulsion toujours inlassable et de l'ardeur toujours junévile du colonel LAUSSEDAUT, son créateur.

Ajoutons que l'emploi de l'appareil photogrammétrique offre, sous le rapport de la commodité et de la précision, l'avantage, si apprécié des géodésiens, de la substitution des mesures d'angles aux mesures de longueurs; les longueurs n'intervenant que par la considération de la coïncidence des traits de repère invariables des extrémités.

CHAPITRE I

PRINCIPES DE LA MÉTHODE

§ 4. — LA RIGIDITÉ DES INSTRUMENTS EN PHOTOGRAMMÉTRIE

Des critiques, d'ailleurs très bienveillants, ont parfois reproché à « l'appareil du commandant V. LEGROS » de manquer de rigidité, par suite de l'emploi d'une chambre noire à *soufflet*: ce reproche implique une équivoque et une confusion.

La confusion est surtout fréquente de la part des géodésiens qui abordent pour la première fois la photogrammétrie. Elle a pour origine une identification, que la réalité ne justifie que dans une mesure très restreinte, entre les conditions dans lesquelles s'exécutent respectivement les opérations de la géodésie et celles de la photogrammétrie.

L'opération la plus rudimentaire de la géodésie : la mesure d'un angle, implique formellement au moins deux visées distinctes ; sans compter toute une série de visées préliminaires, indispensables pour le réglage et la mise en station de l'instrument. S'il n'est pas possible de garantir que dans toute la succession de ces manœuvres l'instrument est resté constamment identique à lui-même, si sa *rigidité* peut en si faible mesure que ce soit être suspectée, tout le travail a été exécuté en pure perte, et le résultat n'est qu'une déception.

Il en va tout autrement en photogrammétrie. Là, une visée unique fournit une infinité d'angles, dans la détermination desquels les conditions générales d'établissement de l'appareil sont rejetées au second plan et exclusivement dominées par les seules considérations de la perfection de l'objectif et de la précision de la mise au point.

Les mots : rigidité, collimation, angle au centre, perdent à peu près complètement ici la signification qu'on leur attache en géodésie. C'est en toute rigueur à la seule rigidité des rayons lumineux eux-mêmes qu'est subordonnée l'exactitude des résultats. Le mode particulier d'agencement de l'appareil a bien moins pour conséquence la précision de ces résultats, que la commodité du travail à l'aide duquel cette précision est réalisée.

L'établissement des épreuves photographiques sur la minute ne présente aucune difficulté particulière, quels que soient les rapports de situation du centre de la station avec le centre optique de la perspective ; pourvu que ces rapports aient été dûment constatés ; et la simplicité de la construction n'est aucunement modifiée, qu'il y ait ou non coïncidence entre les deux centres. Chaque épreuve unique porte généralement en elle-même les éléments de toutes les vérifications que sa mise en œuvre peut nécessiter ; et deux épreuves contigües doivent toujours comporter un système de repérage suffisant pour assurer la correction irréprochable de leur raccordement.

Le colonel LAUSSEDAUT, qui n'a jamais cédé à aucun l'honneur de le devancer dans le développement de tous les détails de la science qu'il a créée, a donné une solution très élégante du problème de l'établissement d'un plan topographique à l'aide de photographies prises d'un ballon dont on ignore à chaque instant la situation et l'orientation dans l'espace. Il a encore pu reconstituer les plans élévation et coupe géométriques d'un édifice à l'aide de photographies achetées dans le commerce tout à fait au hasard, sans aucune indication relative à la nature de l'appareil et de l'objectif à l'aide desquels ces photographies avaient été obtenues, non plus qu'aux stations d'où elles avaient été prises. Le professeur FRIEDRICH STEINER a également donné des exemples aussi intéressants que variés de ce genre de restitutions au moyen de perspectives photographiques dont on ne connaît pas l'origine.

Il y a d'autre part équivoque à vouloir voir dans « l'appareil du commandant V. LEGROS » un appareil essentiellement à soufflet. Les seules particularités réellement caractéristiques de l'appareil connu sous notre nom consistent en deux organes extrêmement simples, que le premier constructeur venu peut adapter avec la plus grande facilité à n'importe quel appareil photogrammétrique, rigide ou à soufflet : une glace dépolie portant un quadrillage de *précision*, et une plate-forme articulée, commandée par une vis de rappel, qui permet d'amener exactement à la verticale l'un des systèmes de droites du quadrillage, indépendamment des mouvements ordinaires de réglage du cercle.

La particularité réside d'ailleurs bien moins encore dans la présence même de ces deux organes, qu'on pourrait retrouver plus ou moins complètement dans des appareils antérieurs, que dans la méthode qui permet de déduire de l'emploi systématique de ces deux seuls organes la totalité des données de la mise en station. Cette méthode permet ainsi la suppression de tous les organes géodésiques accessoires infiniment plus compliqués dont les appareils similaires sont généralement surchargés, qui, dans la technique de ces appareils, sont de toute nécessité pour la détermination de ces données. En même temps, sous le rapport de la précision, elle garantit, toutes choses égales, la supériorité qui résulte pour les observations scientifiques de l'emploi d'un instrument unique, au lieu de la combinaison et de la complexité d'un plus ou moins grand nombre d'instruments.

C'est en effet l'un des principes les plus élémentaires de la théorie de la combinaison des erreurs accidentnelles, que l'erreur provenant, pour une même observation, de l'intervention de plusieurs instruments est la résultante géométrique des erreurs inhérentes à chacun de ces instruments. Toute adjonction d'un instrument accessoire emporte donc une aggravation de l'erreur première ; et toute la perfection de ce dernier ne peut avoir pour effet que de réduire au minimum cette aggravation ; mais ne peut faire que ce ne soit pas une aggravation. Et, puisqu'il est entendu que le résultat que nous poursuivons immédiatement doit être essentiellement le produit de l'appareil photographique, il ne peut y avoir que bénéfice à ne pas surcharger les erreurs de cet appareil d'une quote-part, si minime soit-elle, afférente à un théodolite.

S'il se trouve que les appareils établis sous notre inspiration directe pour l'application de ces idées par notre excellent ami le constructeur bien connu FLEURY-HERMAGIS ont été invariablement jusqu'ici des appareils à soufflet, cela n'a dépendu que de considérations purement économiques. Cette disposition a eu simplement pour objet de permettre à des explorateurs ne disposant que d'un budget extrêmement restreint, et d'un volume de bagages tout aussi rigoureusement limité, comme c'est le cas pour les officiers en expédition, de trouver à la fois dans un instrument unique toutes les ressources d'un appareil photogrammétrique et d'un appareil photographique ordinaire. Elle permet également une économie parfois importante sur le nombre des plaques dépensées, en donnant le moyen de ne relever qu'avec un objectif de longueur focale plus réduite les portions les moins intéressantes d'un tour d'horizon ; tout en évitant toute solution de continuité dans les résultats. Enfin, ce qui nous intéresse plus particulièrement au point de vue de la présente étude, c'est précisément à ce mode de construction que l'appareil est redéivable des propriétés dont nous nous proposons de nous occuper, propriétés qui permettent de lui attribuer accessoirement la dénomination de **FOCIMÈTRE PHOTOGRAHMÉTRIQUE POUR L'OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE**.

§ 2. — ESQUISSE D'UN FOCIMÈTRE PHOTOGRAHMÉTRIQUE POUR L'OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

Pour les détails de la description complète et du réglage de notre appareil photogrammétrique nous ne pouvons que renvoyer à notre étude antérieure précitée. Disons que, tant comme construction que comme réglage, tous ces détails ne sont pas également indispensables, pour les besoins de la focimétrie photogrammétrique ; et qu'au point de vue de l'emploi systématique dans un atelier d'optique photographique, l'appareil ne ferait que gagner à être simplifié.

Si nous avions à établir un modèle expressément en vue de cette destination, nous

constituerions la chambre noire en lui donnant pour base le chariot ordinaire en deux parties coulissant l'une sur l'autre : la partie fixe portant une graduation en millimètres ; et la partie mobile, un vernier, qui se déplacerait en regard de cette graduation. A l'extrême de l'une des parties s'élèverait le cadre de la glace quadrillée ; à l'extrême de l'autre, le dispositif de support de la planchette porte-objectif.

Comme une glace quadrillée de précision de dimensions notables est une pièce dispendieuse, et qu'elle est fragile dans la proportion même de ces dimensions, on en réduirait la grandeur en donnant à la planchette porte-objectif un double mouvement de décentrement dont l'amplitude pût s'élever en tous sens jusqu'à la presque totalité de l'étendue de la glace dépolie, avec divisions métriques et verniers pour mesurer le décentrement.

Le tout pivoterait sur l'axe du cercle divisé, en entraînant dans son mouvement le vernier de ce cercle, invariablement assujetti à la partie fixe du chariot.

Au moment de l'emploi on compléterait la chambre noire en jetant sur l'ensemble des deux cadres un voile de velours noir qu'on enlèverait, une fois la mise au point effectuée, pour la commodité des manœuvres que nous allons décrire dans un instant.

On assurerait, dans une mesure suffisante, la verticalité de l'un des systèmes de droites du quadrillage de la glace dépolie, soit en faisant usage de deux fils à plomb, soit en dirigeant l'appareil sur un ensemble quelconque d'édifices à arêtes verticales ; de telle façon que l'image de deux de ces verticales se projetât dans le voisinage de deux verticales de la glace dépolie les plus rapprochées possible des bords opposés de l'encadrement.

La connaissance de la ligne d'horizon de l'image n'a pas ici d'importance bien essentielle ; cependant on pourra utilement faire appel à la propriété à laquelle nous avons recours en photogrammétrie pour sa détermination ; à l'effet de vérifier la direction générale des horizontales, surtout dans le cas où les repères verticaux feraient défaut. On vérifiera en outre ainsi la correction du mouvement de rotation.

La propriété dont il s'agit consiste en ce que, dans la rotation de l'appareil autour d'un axe vertical, l'image de tout point extérieur non situé dans le plan d'horizon de l'image fournie par l'objectif, décrit une branche d'une hyperbole dont l'axe transverse est la verticale principale, et l'axe non transverse, la ligne d'horizon. Cette courbe tourne donc en tous cas sa convexité vers la ligne d'horizon, et est parfaitement symétrique par rapport à la verticale principale. Il résulte de là que, dans le fonctionnement correct de l'appareil, les écarts entre les positions successives d'une telle image et l'une quelconque des horizontales de la glace dépolie doivent se reproduire identiquement les mêmes pour des points symétriquement situés de part et d'autre de la verticale centrale du quadrillage.

§ 3. — DU QUADRILLAGE DE LA GLACE DÉPOLIE

Nous avons dit que le quadrillage de la glace dépolie doit être un quadrillage de *précision*. C'est en effet de la précision et de la finesse des traits du quadrillage que dépend avant tout la précision des résultats que nous poursuivons.

Il n'est aucunement nécessaire pour la pratique courante de la focimétrie que les traits du quadrillage soient extrêmement resserrés. Il est cependant indispensable qu'ils soient assez nombreux pour fournir une subdivision convenable des régions du champ des différents objectifs sur lesquels on se propose de faire porter ses observations. Un

quadrillage au centimètre paraît pleinement suffisant pour répondre à toutes les exigences de l'optique photographique.

§ 4. — DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR FOCALE DE L'OBJECTIF

La détermination fondamentale, celle de la longueur focale, s'effectue comme nous l'avons indiqué dans notre notice. On met l'appareil au point sur un repère très nettement défini et assez éloigné pour réaliser autant que possible les conditions de la mise au point à l'infini. Ce repère doit être situé de telle façon que son image puisse être amenée exactement au centre de la glace dépolie ; et c'est après avoir réalisé cette coïncidence que l'on met au point. Cela fait, sans plus modifier désormais en rien la mise au point ainsi effectuée, à l'aide du mouvement de rotation autour de l'axe du cercle divisé on amène cette même image à tomber successivement sur deux verticales symétriques par rapport à la verticale centrale, et aussi rapprochées que possible des bords de la glace dépolie ; sans cependant dépasser les limites du champ que l'objectif couvre correctement.

Il est expressément entendu que, dans ces nouvelles observations, la mise au point initiale est rigoureusement maintenue ; même quand elle se trouverait ne plus répondre pour ces régions excentriques aux conditions de la méthode parallactique que nous exposerons dans un instant.

Pour chacune des positions extrêmes on fait la lecture du cercle, soit 2α l'angle relevé par la différence de ces lectures ; $2l$ l'intervalle horizontal intercepté sur la glace dépolie entre les deux verticales extrêmes. Sous certaines réserves que nous aurons à discuter, l est la longueur de la tangente de l'angle α dans le cercle dont le rayon est précisément la longueur focale f cherchée on a donc :

$$l = f \operatorname{tg} \alpha$$

On déduit de là :

$$f = l \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = l \operatorname{cot} \alpha$$

La dernière transformation de la formule semble sans intérêt au point de vue mathématique abstrait. Au point de vue pratique elle offre l'avantage très appréciable de substituer à une division par un nombre de cinq ou six chiffres une multiplication dont un des facteurs n'aura généralement qu'un seul chiffre, et qui, en conséquence, pourra s'effectuer à vue. En effet, dans l'intérêt de la facilité et de la sûreté même des observations, on sera tout naturellement porté à arrêter la lecture à un nombre rond de centimètres, de décimètres même, pour les objectifs dont le champ a une étendue supérieure à quarante centimètres ; de sorte que l sera d'ordinaire exprimé par un nombre d'un seul chiffre. Si donc on dispose d'une table des cotangentes naturelles telle que celles qui figurent dans les recueils de GOSSART ou de CLAUDEL, l'opération se ramènera tout entière à multiplier le nombre correspondant dans cette table à l'angle α par celui qui exprime la valeur de l .

Remarquons toutefois que, telle que nous venons de la décrire, cette opération comporte comme préliminaires le calcul de la différence des deux lectures relevées sur le cercle, et celui de la moitié de cette différence : l'évaluation de la moitié de $2l$ ne pouvant d'ailleurs s'appeler un calcul. Sans empiéter sur la discussion détaillée, à

laquelle nous allons procéder, des erreurs que comporte la méthode, nous dirons immédiatement que, si nous sommes parti de la mesure de $2x$ et de $2l$, c'est que l'erreur relative de leur détermination est à peu près inversement proportionnelle aux valeurs absolues sur lesquelles elle porte, les erreurs « d'extrémités » en constituant la plus forte part. Dans la pratique courante de l'atelier, ou du laboratoire de vérifications, quand on aura à effectuer une nombreuse série de semblables mesures sans viser expressément au plus haut degré de précision réalisable, on se contentera d'opérer pour les valeurs simples x et l . C'est-à-dire qu'on fera la lecture du cercle pour la verticale centrale et pour l'une quelconque seulement des verticales extrêmes. Si, en même temps, en faisant fonctionner le double mouvement dont sont ordinairement pourvus les cercles divisés, on a le soin de toujours faire partir les lectures du zéro du cercle, ou d'un nombre rond de dizaines de degrés, la nécessité de la soustraction, avec la double transcription de chiffres qu'elle exige, sera évitée. On transportera immédiatement dans la table des cotangentes le nombre unique relevé sur le cercle; et, de cette façon, en définitive, on n'aura plus absolument à prendre la plume ou le crayon que pour inscrire le résultat cherché.

§ 5. — LONGUEUR FOCALE OPTIQUE ET DISTANCE PRINCIPALE PERSPECTIVE

Nous n'avons assurément pas la prétention de présenter comme une nouveauté le procédé de détermination par la cotangente des distances principales des perspectives photographiques. Ce procédé a été appliqué par la plupart des observateurs qui nous ont précédé, et, avant tout, par le colonel LAUSSÉDAT lui-même dès les débuts de la méthode. Il existe toutefois, entre la détermination de la distance principale perspective et celle de la longueur focale optique, une distinction essentielle, que va nous rendre manifeste la discussion des erreurs de la focimétrie photogrammétrique.

CHAPITRE II ERREURS DE LA MÉTHODE

§ 1. — ERREUR DE MISE AU POINT SUR LE REPÈRE : MISE AU POINT PARALLACTIQUE

La première de ces erreurs est l'erreur de mise au point sur le repère extérieur : le plan de la glace dépolie n'a pas été ajusté par rapport à l'objectif exactement à la distance déterminée par la longueur focale conjuguée à la distance réelle du repère ; que cette distance puisse être ou non considérée comme correspondant à la mise au point à l'infini.

Les objectifs dont on fait usage en photogrammétrie, généralement d'une construction très soignée, et constamment employés avec les plus petits diaphragmes, ont dans ces conditions une profondeur focale assez notable ; et cette profondeur jette sur la mise au point une incertitude qui est loin d'être négligeable. Un objectif de 15 centimètres de foyer, par exemple, donnera encore ainsi une image ne laissant que très peu à désirer, même quand on l'observera à la loupe, avec une erreur de mise au point d'un, de deux, voire de cinq millimètres. La distance principale de la perspective figurée sur la glace dépolie ou sur la plaque photographique pourra alors varier de 145 à 155 millimètres, qu'accusera la méthode de la cotangente telle que nous l'avons définie jusqu'ici. Et, si l'on a effectivement l'attention de la déterminer à chaque opération, et de ne pas s'en rapporter aveuglément à la longueur focale théorique de l'objectif, cette indication sera

irréprochable au point de vue de l'établissement de la minute topographique. Cela n'empêche pas qu'elle serait tout simplement déplorable en tant que détermination focimétrique.

Cette erreur est encore fréquemment aggravée dans la mise au point à la loupe par le fait que ce que l'on perçoit dans ces conditions c'est bien moins la coïncidence du plan de l'image focale de l'objectif avec le plan de la glace dépolie, qu'un certain compromis entre ce dernier plan et les plans focaux de la loupe et de l'objectif. On voit alors l'image du repère tomber sur la croisée centrale des droites du quadrillage non par suite d'identité réelle de situation dans l'espace ; mais par simple superposition de direction des rayons visuels qui y aboutissent dans l'intervalle de tolérance des deux systèmes optiques opposés.

On sait que cette cause d'erreurs est un des écueils les plus communs et les plus perfides des mises au point photographiques ; même alors que l'on fait usage de glaces dépolies assez opaques pour apporter une gène marquée dans les opérations. Nous avons dit dans notre notice que le moyen le plus pratique de surmonter cette difficulté est le procédé de mise au point préconisé par M. CLARENCE E. WOODMAN sous le nom de *Mise au point parallactique*.

Ce procédé est on ne peut plus simple, dès que l'on dispose d'une glace dépolie quadrillée ou même simplement pourvue de quelques traits de repérage quels qu'ils soient. Dans notre cas, l'image du repère extérieur est amenée à la loupe en coïncidence aussi rigoureuse que possible avec la croisée centrale des traits du quadrillage. Cela fait, on déplace légèrement l'œil et la loupe à mettre au point. Si le plan de l'image focale donnée par l'objectif se confondait réellement avec celui de la glace dépolie, la coïncidence précédemment constatée ne sera point altérée. Les deux images d'abord réunies sous la loupe se trouveront au contraire dissociées, si leur coïncidence n'était qu'une illusion résultant, au cours de la première observation, de la rencontre fortuite de ces deux images sur le prolongement d'un même rayon visuel.

Un avantage capital de la mise au point parallactique est qu'elle rend la sûreté de la mise au point complètement indépendante des inexactitudes de réglage de la loupe, à la charge desquelles doit être imputée la perte de tant de clichés. Avec la mise au point parallactique, un réglage défectueux de la loupe peut incommoder l'opérateur ; mais il ne peut l'induire en erreur. Elle fournit d'ailleurs le meilleur moyen de rectifier ce réglage. Aussi, même en vue de la pratique la plus banale de la photographie, aucun possesseur d'appareil photographique ne doit-il hésiter à s'en assurer les bénéfices. Il n'y a pour cet objet, à défaut d'un quadrillage établi dans toutes les règles de l'art, qu'à tracer légèrement et finement au diamant sur la partie centrale de la glace dépolie un simple paraphe présentant un certain nombre de points d'entrecroisements de lignes : ces points seront pleinement suffisants pour assurer le repérage.

§ 2. — ERREUR PROPRE DE LA MISE AU POINT PARALLACTIQUE

La théorie indique que, dans le déplacement de la loupe, les conditions les plus favorables à la constatation de l'erreur se produiront quand l'écart des deux images pourra être observé sous l'angle de 45° . A ce moment la limite d'erreur absolue rendue sensible sur la longueur focale sera précisément la même que celle des erreurs latérales que la loupe rend appréciables sur la glace dépolie. En réalité la réflexion totale qui se produit à la face extérieure de la glace dépolie ne permet pas d'atteindre jusqu'à l'angle

de 45° ; mais elle permet d'en approcher dans une mesure suffisante pour que cette évaluation approximative puisse être conservée.

Cette question de la précision de la mise au point des systèmes optiques se présente dans l'emploi d'un grand nombre d'instruments de physique ; et l'attention de l'Académie des Sciences a été dans ces dernières années à plusieurs reprises appelée sur des procédés proposés pour y satisfaire. Bien que ces procédés soient en général de beaucoup plus compliqués que celui de M. CLARENCE E. WOODMAN, aucun ne nous semble lui être supérieur pour l'objet particulier qui nous occupe. La précision de celui-ci n'a en réalité d'autres limites que celles de la finesse et de la netteté des traits qu'il est possible de tracer sur la glace, et de la puissance des grossissements sous lesquels ces traits sont observés. En focimétrie microscopique elle peut sans difficulté être portée au delà du millième de millimètre ; et on peut dire qu'elle ne s'arrête qu'aux limites extrêmes que les phénomènes de diffusion et de diffraction imposent jusqu'ici au pouvoir de définition de tous les instruments d'optique.

Pour les objectifs à grande ouverture et à profondeur focale extrêmement restreinte, que l'on n'arrive déjà à mettre au point qu'à l'aide des tâtonnements les plus minutieux, la mise au point parallactique est à peu près dénuée d'intérêt. Elle devient au contraire essentielle pour les objectifs fortement diaphragmés et à grande profondeur focale.

Il va de soi que la précision de la mesure de la longueur focale est avant tout limitée par la précision avec laquelle cette longueur a été assurée dans la construction par le moyen de la correction des différentes aberrations. Là où cette correction laisse à désirer, il ne peut plus être question de plan focal, mais seulement d'une profondeur focale plus ou moins nettement définie. Il ne saurait en effet dépendre d'aucune méthode de mesure d'introduire dans la position du foyer une précision qui lui fait défaut.

Les considérations qui précèdent font ressortir quelle différence il peut y avoir dans les exigences de la méthode photogrammétrique selon qu'il s'agit de topographie ou de focimétrie. Elles font également comprendre qu'un appareil photogrammétrique complètement rigide non seulement est impropre à l'étude systématique d'une série d'objectifs de longueurs focales variées ; mais encore qu'il ne serait même pas susceptible de garantir la longueur focale correcte de l'objectif unique en vue duquel il est expressément établi. Il ne peut d'ailleurs davantage se prêter aux rectifications que les incidents d'une campagne tant soit peu laborieuse et prolongée, et l'influence des climats extrêmes pourraient rendre désirables. Si, cependant, il ne cesse pas de fonctionner d'une façon très acceptable, c'est que, comme il a été dit plus haut, son usage dans ce genre d'applications comporte une assez large tolérance. Mais s'il peut ainsi continuer à rendre de bons services, il faut bien que l'on sache que ce n'est pas à raison de sa rigidité ; mais bien, tout au contraire, en dépit de sa rigidité.

§ 3. — ERREUR PAR INSUFFISANCE DE DISTANCE DU REPÈRE

Une deuxième cause d'erreur tient à ce que le repère sur lequel on met au point n'est pas réellement à l'infini. Cette erreur affecte la longueur focale cherchée dans une proportion en général sensiblement exprimée par le rapport de cette longueur focale à la distance du repère.

En effet, si l'on désigne par D cette dernière distance, par f et f' les deux longueurs focales principales du système optique soumis aux essais, par ε l'erreur résultant sur

l'évaluation de la longueur focale de l'insuffisance de la distance du repère ; la formule classique de l'équation des foyers conjugués devient :

$$\frac{f}{f+\varepsilon} + \frac{f'}{D} = 1$$

On en déduit :

$$\varepsilon = \frac{ff'}{D-f'}$$

Si l'on exprime la distance D en longueurs de f' (longueur du foyer tourné vers l'extérieur), en posant par exemple $D = kf'$, il viendra :

$$\varepsilon = \frac{f}{k-1}$$

S'il est évident qu'en pratique la distance D ne peut être infinie, il sera à peu près constamment possible de la prendre extrêmement grande par rapport à f' ; k sera par conséquent en général un nombre très grand, vis-à-vis duquel l'unité en surplus au dénominateur deviendra négligeable. On pourra donc d'ordinaire s'en tenir pour l'évaluation de l'erreur à l'expression :

$$\varepsilon = \frac{f}{k}$$

Quand le système optique que l'on étudie est tout entier plongé dans le même fluide, comme c'est le cas général pour l'objectif photographique, les deux longueurs focales sont identiques, et l'expression qui précède représente en même temps la valeur de l'erreur relative par rapport aux deux faces de l'objectif. Pour les objectifs à immersion de la microscopie, pour les appareils photographiques destinés à opérer sous l'eau, comme pour les systèmes réfringents qui constituent l'œil, il n'en est plus de même ; et cette expression doit, selon le cas, être encore divisée ou multipliée par le rapport des indices de réfraction des milieux en contact avec les lentilles extrêmes.

Si nous avons qualifié d'erreur la valeur ainsi exprimée c'est en considérant une observation unique faite sur un terrain inconnu. Quand, dans un atelier de construction ou dans un laboratoire de recherches, on se sera proposé de poursuivre systématiquement la détermination des longueurs focales par la méthode photogrammétrique, on ne manquera pas de relever soigneusement la distance des différents repères dont on aura l'intention de faire usage. L'expression dont nous nous occupons ne sera plus alors à proprement parler l'expression d'une erreur ; mais bien celle d'une correction parfaitement exempte de toute incertitude, qu'il y aura lieu de faire subir à toutes les déterminations ainsi effectuées.

En général il y aura tout intérêt à faire choix de repères situés à telle distance que cette correction soit pratiquement négligeable. On aura dû autant que possible s'assurer la disposition d'une série de tels repères situés dans des orientations assez variées pour qu'il s'en présente toujours quelqu'un dans de bonnes conditions d'éclairement à toutes les heures de la journée ; et il y aurait lieu de considérer comme peu appropriée à l'installation d'un laboratoire d'études de cette nature un local qui ne posséderait pas des vues assez étendues pour permettre de faire abstraction des erreurs provenant de cette origine. Toutefois, il se peut que l'on n'ait pas le choix ; et là même où l'horizon peut être regardé comme pratiquement illimité, on se trouvera parfois contraint à opérer à

des heures ou dans des conditions atmosphériques qui rendent impossibles les visées à longue portée. Il sera donc indispensable de prévoir l'emploi d'une autre série de repères situés à des distances plus modestes et mesurées d'avance, en rapport avec des conditions d'éclairement plus ou moins favorables. La mise en œuvre de tels repères conduira encore à des résultats irréprochables, à condition que l'on applique aux chiffres bruts immédiatement déduits de l'observation les formules de correction qu'ils comportent.

En tout cas, il convient de remarquer que, même quand elle n'a pas été déterminée et qu'elle est restée à l'état d'erreur, la valeur dont il s'agit n'est pas du tout de l'ordre des erreurs classées dans la technique générale des sciences d'observation sous le titre d'*erreurs accidentelles*. C'est alors une *erreur systématique*, invariable de sens et de grandeur pour toute série d'observations effectuées d'une même station sur un même repère avec le même objectif ou des objectifs identiques. Le caractère d'erreurs accidentelles n'appartient qu'aux divergences que peuvent présenter autour de leur moyenne les déterminations de semblables séries.

Que l'on ait pris ou non la peine de la déterminer, on voit que la correction ou l'erreur dont il s'agit sera rendue complètement négligeable au point de vue de la pratique si l'on dispose d'un repère suffisamment éloigné. Ainsi, pour un objectif de vingt centimètres de longueur focale, l'emploi comme repère d'un clocher situé à un kilomètre de distance entraîne une erreur d'un cinq-millième de cette longueur focale, ou en d'autres termes, d'un vingt-cinquième de millimètre.

§ 4. — ERREUR PAR DÉFAUT DE CENTRAGE DANS LE PLAN DE SYMÉTRIE

Une troisième cause d'erreur peut être la conséquence de ce que les éléments cardinaux du système optique ne sont pas convenablement situés par rapport à l'axe de rotation de l'appareil; et d'abord nous considérerons le cas d'un écart maintenu dans le plan vertical de symétrie qui renferme l'axe de rotation.

Nous avons probablement été l'un des premiers, dans nos *Eléments de photogrammétrie*, Paris, 1891, à signaler que, dans les appareils pivotants de cette nature, tandis que c'est du point nodal d'*arrière* de l'objectif que s'irradie l'image photographique, et que c'est à partir de ce point que doit être mesurée la longueur focale; c'est autour du point nodal d'*avant* que doit s'effectuer la rotation, pour la continuité optique rigoureuse des images qui se succèdent sur la glace dépolie. Le défaut de centrage se mesure donc par l'écart qui existe en projection sur le plan horizontal entre l'axe de rotation et le point nodal d'*avant* de l'objectif; cet écart étant pour le moment supposé limité à l'intérieur du plan vertical de symétrie de l'ensemble du système.

Dans un appareil expressément construit en vue de ces déterminations, et tel que celui dont nous avons essayé de donner une idée sommaire, le coulissage de la base devrait donc être agencé de manière à permettre d'amener autant que possible à l'aplomb de l'axe de rotation le point nodal d'*avant* de l'objectif soumis aux essais; sauf à faire équilibre, par un système de contre-poids approprié, à l'équipage de la glace dépolie. Toutefois il ne faut pas oublier que, la position exacte de notre point nodal étant précisément l'une des inconnues que l'on se propose de déterminer, même avec l'appareil le mieux compris et le plus spécialement organisé, ce n'est évidemment que par approximation que ce point pourrait être établi *a priori* sur l'axe de rotation.

(A suivre).

Commandant LEGROS.

SUR LA PHOTOCHIMIE DE L'IODURE D'ARGENT

Par LÜPPO-CRAMER, à Francfort-sur-Mein

(Communication du laboratoire de recherches de la fabrique de plaques sèches Dr C. SCHLEUSSNER
société anonyme à Francfort-sur-Mein)

La substitution des plaques sèches aux plaques humides dans le procédé négatif amena avec elle non seulement le remplacement du collodion par la gélatine comme véhicule (agglutinant) mais aussi la substitution de l'iodure par le bromure d'argent. De même le développement physique fut remplacé par le développement chimique. A côté du gélatino-bromure d'argent, le gélatino-chlorure, dont les propriétés ont été étudiées par EDER et PIZZIGELLI en 1881, joue un rôle important dans les procédés positifs par développement. Le gélatino-chloro-bromure d'argent, mélangé, est également beaucoup usité.

On sait que l'*iodure d'argent* n'est employé dans les émulsions à la gélatine que comme addition au gélatino-bromure. La teneur en iodure atteint au plus quelques unités pour cent. L'iodure d'argent seul ne peut pas fonctionner comme producteur d'image et c'est pourquoi il n'a jamais été étudié à fond (1). Cependant un raisonnement simple me fit douter de l'exactitude des propriétés attribuées jusqu'ici à l'iodure d'argent émulsionné et c'est pourquoi j'ai pensé qu'une étude plus approfondie sur ce sujet ne serait pas superflue.

Si l'on compare entre eux les différents composés halogénés de l'argent au point de vue photochimique, on trouve d'abord que la sensibilité du *bromure d'argent* dépasse à tous les points de vue celle du chlorure d'argent.

On trouve d'autre part que la *réduction* du chlorure d'argent se fait plus facilement que celle du bromure d'argent. Tandis que des révélateurs très faibles (2) suffisent déjà pour le développement du chlorure d'argent et l'emploi des révélateurs rapides donne naissance à du voile, par contre l'émulsion au gélatino-bromure supporte des révélateurs beaucoup plus énergiques et elle est presque insensible à l'action des révélateurs faibles qui développent suffisamment le chlorure d'argent.

Dans la daguerréotypie ainsi que dans les procédés humides, c'est l'*iodure* qui est le plus sensible des halogénés d'argent. Dans ces deux vieux procédés le développement est *physique* car il consiste en une attraction du mercure finement divisé ou de l'argent naissant par l'image latente. Aucune *réduction de l'iodure d'argent n'a lieu*.

La résistance des halogénés d'argent envers les réducteurs augmente en allant du chlorure au bromure et ensuite à l'iodure d'argent. Ce fait peut être constaté par la façon dont ces composés se comportent quand ils sont précipités au sein d'une solution aqueuse, de plus il est confirmé par des raisonnements purement chimiques.

Le système périodique des éléments dit que les propriétés des éléments et celles de leurs composés sont une fonction de leur poids atomique. Suivant ce principe *toutes les*

(1) Voyez Eders Ausführl. Handb. d. Phot., vol. III, 5^e éd., p. 29 (1902).

(2) Cf. LIESEGANG in Eders Jahrbuch f. Phot., p. 4902, p. 572 et 573 et König. Phot. Correspondenz, 1903, p. 44.

propriétés devraient augmenter *dans le même sens* en allant du chlorure au bromure et à l'iодure d'argent. Ceci ayant lieu en effet pour leur sensibilité à la lumière dans les procédés humides et si l'on considère l'iодure d'argent avec développement physique on serait tenté de croire que dans le cas du développement chimique c'est aussi l'iодure qui est le plus sensible des trois halogénés d'argent. S'il n'en est pas ainsi en réalité, c'est probablement parce qu'on a employé jusqu'à présent des réducteurs ou des solutions révélatrices dont l'énergie était insuffisante.

Pour approfondir cette question j'ai étudié de près l'émulsionnage de l'iодure d'argent dans la gélatine et en tirant profit de l'expérience que j'ai acquise dans la fabrication des plaques sèches je suis arrivé à préparer des plaques au gélatino-iодure d'argent pouvant acquérir une très grande opacité au développement et ayant en même temps un grain très fin et homogène. La sensibilité de ces plaques, avec un développement ultérieur dans un révélateur normal, est très faible ; elle est à peu près égale à celle d'une émulsion au *chlorure* d'argent préparée selon les indications d'EDER (1). En soumettant ces plaques à l'action d'un révélateur à l'oxalate de fer, pendant un temps égal à celui nécessaire pour le développement d'une plaque au bromure, il n'apparaît rien, mais si l'on prolonge longtemps l'action on finit par obtenir une image distincte. Au contraire si l'on emploie l'amidol en solution alcaline suivant la formule : 100 cc. eau, 20 gr. sulfite anhydre, 2 gr. amidol + un volume égal de solution de carbonate de potasse à 10 0/0, l'image apparaît très vivement, même avec une pose plus courte. Les parties non exposées de la plaque restent absolument transparentes tandis que le même révélateur employé avec les plaques au gélatino-*bromure* produit un voile total. J'ai donc essayé des substances révélatrices encore plus énergiques, c'est-à-dire des corps qui ne peuvent plus être employés avec le gélatino-*bromure* d'argent à cause de leur trop grande énergie et qui semblaient précisément répondre au but que je cherchais.

M. le Dr ANDRESEN, le savant qui possède peut-être le plus d'expérience sur le terrain de la chimie du développement, a eu l'extrême obligeance de mettre à ma disposition, à cet effet, une série de substances, lesquelles employées en solution alcaline produisent un voile complet avec le bromure d'argent. Ces corps sont : le triamidophénol, le diamidorésorcine et le triamidorésorcine. Je les ai employés suivant la formule que j'ai donnée plus haut pour l'amidol. Parmi ces 3 corps les deux derniers développent l'iодure d'argent encore plus rapidement et avec plus d'intensité que l'amidol-carbonate de potasse, mais ils donnent au bout de très peu de temps des solutions très foncées, qui colorent très fortement la gélatine. Il faut pourtant remarquer que même en employant la triamidorésorcine, qui est la plus énergique, en solution alcaline, il faut une très longue exposition et que même après un développement très prolongé (2) on n'obtient qu'une image très faible.

Le gélatino-iодure d'argent ne pouvant pas être fixé à l'hyposulfite, il faut avoir recours au *cyanure de potassium*. Pour éviter dans ce cas la dissolution de l'image il faut ajouter du *sulfite* pour empêcher l'oxydation de l'argent. J'ai employé : 10 gr. cyanure de potassium, 20 gr. sulfite anhydre, + 200 cc. d'eau. Dans ce bain la dissolution de l'iодure d'argent se fait très bien, — elle est terminée au bout de 5-10 minutes —

(1) Voyez EDERS Ausführl. Handb. d. Phot., vol. III, 5^e éd., p. 727 (1902).

(2) Cette action des révélateurs, rapide au commencement, mais se ralentissant bientôt, pourrait être expliquée par la présence des produits d'oxydation imidés, découverts par *Lumière et Seyewetz*, se produisant au fur et à mesure du développement, mais ayant une action inverse à celle du révélateur.

sans que l'image soit attaquée, comme le montre un essai parallèle avec un négatif ordinaire. Même avec un développement très prolongé l'image sur l'iodure d'argent reste tellement faible, qu'il est impossible d'obtenir un négatif ayant une intensité suffisante pour le tirage.

Il semble donc résulter de ces expériences, qu'en effet le gélatino-iodure d'argent n'est pas utilisable en pratique. Mais au point de vue théorique il m'a semblé intéressant d'apporter encore d'autres preuves, pour montrer que l'iodure d'argent est non seulement difficilement réductible mais qu'il possède en effet une sensibilité minime à l'état émulsionné.

Pour cela j'ai essayé d'abord une émulsion au *collodio-iodure d'argent* que j'ai préparé en transformant une émulsion au *collodio-bromure d'argent* en iodure, par digestion avec une solution d'iodure de potassium. J'ai pris 200 cc. d'émulsion d'*Albert* à laquelle j'ai ajouté une dissolution de 45 gr. d'iodure de potassium dans 50 cc. d'eau + 50 cc. d'alcool. Après quelque temps l'émulsion a été précipitée avec de l'eau, lavée et redissoute dans l'alcool-éther.

Comme la précédente, cette émulsion est également peu sensible relativement au gélatino-bromure, même en développant à l'amidol-carbonate de potasse.

Pour obtenir encore d'autres indications j'ai traité l'*image latente* sur gélatino-bromure avec de l'iodure de potassium. Une image latente sur plaque ordinaire a été trempée pendant 2 minutes dans une solution d'iodure de potassium à 5 0/0 et après avoir été lavée à fond elle a été développée à l'amidol-carbonate de potasse ; il résultait une image latente exempte de voile mais très faible et paraissant très sous-exposée ; la longue durée du fixage à l'hyposulfite prouve que la transformation en iodure d'argent a eu réellement lieu.

On sait que l'image latente sur collodio-bromure d'argent soumise à l'action d'une solution de bromure de potassium est fortement affaiblie, mais elle reste inaltérée en présence d'alcali (1). J'ai pensé que cette réaction pourrait avoir lieu avec l'iodure de potassium + gélatino-bromure d'argent et pour cela j'ai répété la dernière expérience mais en présence de carbonate de soude. J'ai fait en même temps un essai de contrôle avec le bain alcalin d'iodure de potassium *avant* l'exposition. J'ai trouvé qu'en transformant le bromure d'argent en iodure *avant* l'exposition on n'obtient aucune trace d'image mais qu'en traitant l'image latente sur gélatino-bromure d'argent on obtient tout de même une image, quoique plus faible que sur la plaque de contrôle. Ceci prouve irréfutablement que cette façon de se comporter de l'iodure d'argent à l'état émulsionné provient de la sensibilité et non pas de la faible disposition qu'il a pour le développement. Ce fait a encore été confirmé en traitant d'une façon analogue des plaques au collodio-bromure d'argent avec une solution alcaline d'iodure de potassium et en les soumettant ensuite à un développement *physique* : la transformation du bromure en iodure d'argent empêche totalement la formation d'une image mais en opérant cette transformation après l'exposition on obtient avec l'argent naissant une image, quoique plus faible et paraissant plus sous-exposée que sur l'émulsion au gélatino-bromure.

Comme la différence de sensibilité entre le bromure et l'iodure d'argent reste la même, quel que soit le véhicule ou le mode de développement, on pourrait supposer que c'est l'excès de nitrate d'argent qui augmente la sensibilité dans les procédés humides. Mais une expérience me montra que le bromure d'argent émulsionné dans le collodion pos-

(1) LUPO-CRAMER, *Phot. Corresp.* 1902, p. 635.

séde toujours à peu près la même sensibilité, un peu supérieure (avec développement physique) à celle de l'iodure d'argent soumis à un traitement analogue.

Les expériences citées paraissent établir en effet que l'iodure d'argent émulsionné occupe une situation exceptionnelle, qui ne peut pas être mise d'accord avec nos connaissances théoriques actuelles. D'autres causes paraissent contribuer à la formation d'une image développable sur l'iodure d'argent et pour lesquelles on ne peut donner jusqu'ici une explication chimique.

Le regretté LUGGIN (1), malheureusement mort de trop bonne heure, a émis à ce sujet quelques hypothèses qui sont en relation avec ses recherches sur la formation d'images photo-électriques et qui méritent d'être citées. Ce savant arrive, *loc. cit.*, p. 459, au résultat suivant : « Cette propriété caractéristique de l'iodure d'argent de nécessiter des sensibilisateurs plus énergiques que le bromure et le chlorure d'argent, peut être expliquée par la façon particulière dont il se comporte au point de vue photo-électrique. »

Le passage suivant, p. 461, mérite aussi d'être cité : « La sensibilité extraordinaire de l'iodure d'argent, dans le cas de *développement physique*, qui dépasse de beaucoup celle du chlorure et du bromure d'argent, n'est pas une preuve contre la nature chimique de l'image latente. Le développement physique se produit à cause d'une *modification dans le pouvoir d'adhésion* du sel sensible ; c'est justement dans ces forces que des circonstances *individuelles* jouent un très grand rôle et il n'est nullement invraisemblable que l'iodure d'argent subisse, par des petites quantités de photo-sous-iodure, une plus grande modification que le bromure et le chlorure d'argent par les quantités correspondantes de leurs photo-sels. »

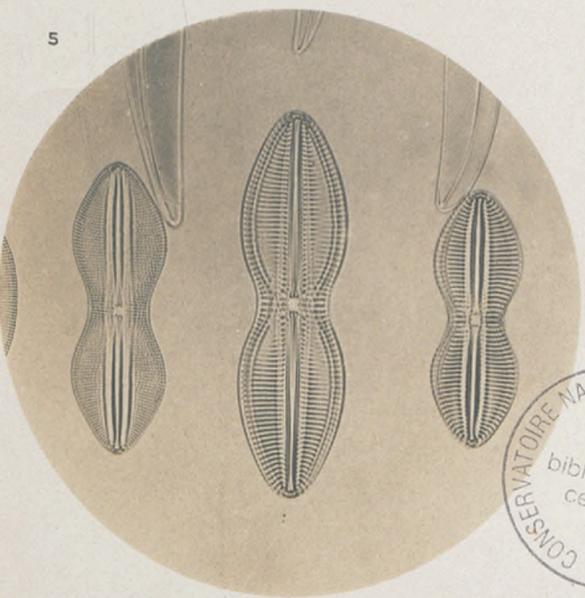
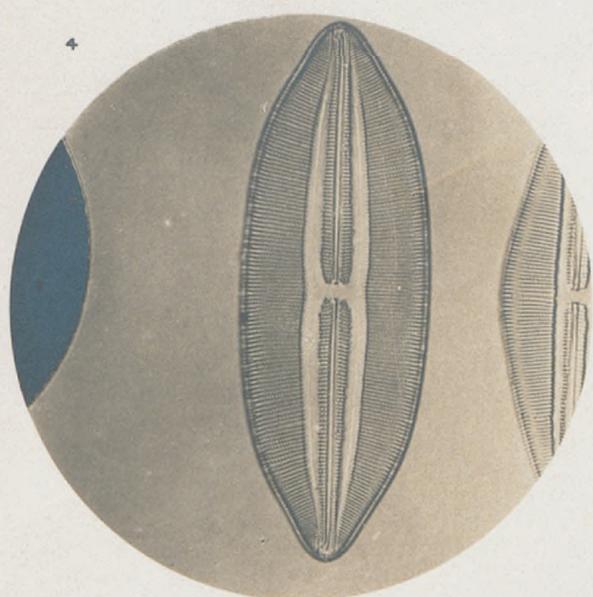
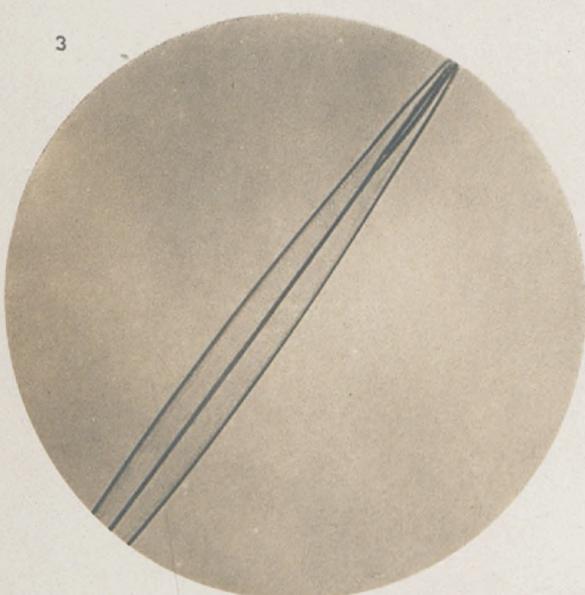
Un travail très important sur l'iodure d'argent, tel qu'il est employé en daguerréotypie, a été fait par SCHOLL (2) au cours de ses recherches très approfondies, publiées sous le titre : « Sur les modifications de l'iodure d'argent à la lumière et le procédé de *Daguerre* ». Scholl rappelle le fait, déjà cité par Schultz-Sellack, que l'iodure d'argent se trouble à la lumière. Par une série d'essais de contrôle, il démontre que le trouble ne peut pas provenir de la mise en liberté d'iode. Suivant Scholl il ne peut pas non plus y avoir une fixation d'oxygène et cette modification ne peut être que de nature *physique*. Ce savant dit que l'iodure d'argent, ayant la propriété d'être dimorphe, passe à haute température du système hexagonal au système cubique et que cette modification est accompagnée d'un changement de couleur : l'iodure prend une couleur jaune plus vive. De tous ces essais, Scholl tire la conclusion que la couche trouble est formée par de l'iodure d'argent finement divisé d'une façon mécanique et que l'oxygène ne joue que le rôle d'un catalyseur, en ce sens qu'il aide à la formation d'un état intermédiaire. « L'iodure d'argent impressionné par la lumière est, suivant Arrhenius, dissocié et la stabilité de la combinaison est par conséquent dissociée. Pour que la décomposition soit complète, il faut la présence d'un corps qui puisse s'unir ou à l'iode ou à l'argent. »

Pour ce qui concerne les autres propriétés du gélatino-iodure d'argent, je vais d'abord parler de sensibilité *spectrale*. Mes plaques montrent un maximum remarquablement net en G mais qui décroît brusquement des 2 côtés. Une grande sensibilité pour les rayons les plus réfringents, indiquée par V. Schumann (3), n'a pu être retrouvée avec mon émulsion. La sensibilisation optique à l'érythrosine ne réussit pas avec l'iodure

(1) EDERS Jahrb. f. Phot. 1898, p. 456-471.

(2) Archiv. f. wissenschaftl. Phot. I, p. 242.

(3) Eders Jahrb. f. Phot. 1897, p. 357.



CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS & MÉTIERS
SCD
bibliothèque
centrale



d'argent mieux qu'avec l'iodure mercurique (1) ; comme je l'ai déjà fait remarquer au cours de mes recherches sur le procédé de photographie des couleurs de *Lippmann*, l'iodure d'argent, même celui « sans grain », ne peut pas être sensibilisé optiquement.

La couleur du gélatino-iodure d'argent est blanche, légèrement verdâtre, et ne différant pas plus du blanc que la plupart des plaques au bromure du commerce. En se basant sur la croyance, généralement admise, que l'iodure d'argent est jaune on ne supposerait jamais dans ces plaques la présence de ce composé.

L'exposition à la lumière ne colore que très peu l'iodure d'argent. Même après une exposition de plusieurs heures au soleil, on ne constate qu'une faible modification de sa nuance et après fixage les plaques sont encore complètement transparentes.

En faisant un essai de *solarisation*, j'ai constaté un fait très curieux. En exposant une plaque sous un négatif on obtient avec une pose de 3 secondes une image complète. Si l'on expose, sous le même négatif, une plaque pendant 6 heures et l'on soumet les 2 plaques à l'action d'un révélateur à l'amidol-carbonate de potasse, on remarque qu'au moment où la plaque peu posée est complètement développée avec tous ses détails, l'autre n'a même pas commencé à se réduire. Mais au bout de quelque temps on remarque que la plaque surexposée a donné naissance aussi à une image, mais cette image ne se trouve que dans les *parties profondes* de la couche, à l'état de dispositif normal, il est vrai, c'est-à-dire pas encore solarisée. Pour apercevoir quelque chose par réflexion, il faut un développement très long. Au fixage on voit très bien que dans la *couche supérieure* de la plaque posée longtemps il n'y a aucune image car, après un court séjour dans le bain de fixage, l'image devient plus intense aussi par réflexion, probablement parce que l'iodure d'argent non réduit de la couche supérieure disparaît.

(Travail reçu le 13 février 1903).

(Traduit par Léopold Löbel).

(1) Voyez **LUPPO CRAMER**, dans un prochain numéro de la présente revue.

SUR LA REPRODUCTION DES OBJETS DIFFICILES

PAR LA PHOTOMICROGRAPHIE

Si peu que l'on s'adonne à la photomicrographie, on ne tarde pas à constater qu'en suivant les règles qu'on trouve exposées dans les traités qui traitent de cette application de la photographie, on rencontre beaucoup d'objets ou de préparations qui ne présentent pas de sérieuses difficultés pour en obtenir une image précise, où tout est bien détaillé et bien à sa valeur, mais que, par contre, il en est beaucoup d'autres après lesquels on s'essaye à peu près en vain. Pour ceux-ci les épreuves laissent toujours beaucoup à désirer : tantôt, en effet, ce sont les fins détails qui manquent, tantôt, à côté de parties nettement surexposées, il s'en trouve d'autres pour lesquelles l'exposition n'a pas été suffisante.

Pour vaincre ces difficultés, ou tout au moins arriver à les surmonter d'une façon assez complète, il faut posséder d'abord une connaissance approfondie des systèmes optiques qui composent le microscope, être initié à certains tours de main, avoir acquis une somme d'expérience qui ne s'obtient qu'au bout d'un temps fort long et à la suite de nombreux essais plus ou moins infructueux. C'est pour éviter une foule d'insuccès à mes confrères en photomicrographie, pour ceux au moins qui en sont encore à leurs débuts, que je me propose d'exposer, dans une série d'articles qui paraîtront successivement dans ce journal, la meilleure marche à suivre lorsqu'on a à traiter quelqu'un de ces objets que l'on a qualifiés du nom de difficiles, espérant que ces indications, que m'a suggéré l'expérience personnelle, ou qui m'ont été fournies par des praticiens émérites, pourront leur rendre quelques services.

Les objets difficiles sont de plusieurs sortes, par conséquent les moyens à employer pour les reproduire convenablement sont eux-mêmes fort différents. C'est ainsi que quelques-uns le sont simplement à cause de la finesse de leurs détails, c'est le cas de bon nombre de diatomées, des cils dont sont munis plusieurs microbes ; tels autres présentent de la difficulté parce que certains de leurs éléments sont colorés en une teinte très actinique et d'autres possèdent une teinte peu actinique, cas fréquent chez les insectes et à un moindre degré dans certaines préparations. D'autres objets sont tellement transparents qu'ils se confondent presque avec le fond ; d'autres enfin, pour clore ces généralités, sont d'une épaisseur trop considérable pour qu'il soit possible d'avoir en même temps tous leurs plans nettement définis : la difficulté s'accroît encore lorsque la finesse de leurs détails exige que l'on ait recours à un objectif puissant et à une amplification considérable.

Dans les lignes qui précèdent je viens d'indiquer les grandes divisions qui serviront à mettre un peu d'ordre dans notre travail. C'est ainsi, en effet, que je passerai successivement en revue les procédés qu'il faut appliquer à chaque nature de sujets et cela par la raison bien simple que chaque groupe exige une technique spéciale.

Ce premier article, comme d'ailleurs celui que le suivra, sera exclusivement consacré aux objets que j'ai classés dans la première catégorie, c'est-à-dire ceux dont la finesse

extrême des détails constitue la vraie et principale difficulté. Je tiens à dire, d'ores et déjà, que pour ceux-ci, comme du reste pour ceux des autres catégories, ce seront seulement des indications assez générales que je pourrai fournir; d'une part, parce que je crois qu'il est inutile et même impossible de prévoir tous les cas et, de l'autre, la connaissance de quelques principes suffit pour en faire l'application, plus ou moins modifiée, lorsque le sujet le comporte. J'ajoute enfin que je supposerai connus les principes élémentaires d'observation microscopique et de photomicrographie; dans le cas contraire il serait absolument nécessaire d'avoir recours à un ouvrage dans lequel ils se trouvent exposés en détail; c'est ce que j'ai eu soin de faire dans mon *Traité pratique de photomicrographie*, édité par les soins de M. Ch. Mendel.

1^o Reproduction des objets à structure fine. — C'est toujours un travail délicat que de reproduire avec précision et nettement définis les détails de bon nombre de diatomées, de celles que l'on a, par exemple, admises comme *tests*, de plusieurs écailles de papillons ou d'autres animaux (podurelles, polyxènes, etc...) c'est, qu'en effet, le nombre de stries ou de perles dont sont ornées certaines frustules atteint et même dépasse quelquefois 4000 par millimètre. On comprendra peut-être mieux leur délicatesse en disant que la distance qui les sépare n'est égale qu'à l'épaisseur du filament que l'on obtiendrait en divisant longitudinalement un cheveu en 400 parties égales!

Pour que de si minimes détails puissent être reproduits il faut, on le comprend, employer des objectifs parfaitement corrigés des aberrations et possédant une ouverture numérique suffisante pour les séparer, ou les résoudre, comme on dit le plus souvent; il faut ensuite les faire travailler dans les meilleures conditions, sans cela les meilleurs objectifs ne conduiraient à rien de bon et, enfin, on peut ajouter qu'il faut avoir recours à tous les artifices connus pour mieux les faire ressortir. C'est, en somme, une véritable science qu'il faut acquérir pour aborder ces sujets avec quelque chance de succès relatif et pour les mener à bien il faut, disent Dallinger, Van Heurck et le Dr Spitta, qui font tous autorité en ces matières, être doué de beaucoup de patience tout en étant un microscopiste distingué.

Si l'on consulte les catalogues des opticiens, on voit qu'ils livrent des objectifs de foyer décroissant et d'ouverture numérique croissante, que certains, de même foyer, ont la même ouverture numérique, qu'il y a des objectifs dits achromatiques et d'autres apochromatiques. Si l'on consulte enfin les tableaux de grossissement des objectifs une fois combinés avec les oculaires, il est facile de constater qu'un grossissement donné peut être obtenu par plusieurs combinaisons d'oculaires et d'objectifs différents. Si le grossissement seul constituait tout, il serait indifférent de choisir l'une ou l'autre de ces combinaisons, mais il est loin d'en être ainsi.

Pour qu'un détail tenu soit rendu visible il faut que l'objectif possède une ouverture numérique en rapport avec la finesse de la structure qu'il s'agit de résoudre et, en second lieu, il faut, qu'associé à l'oculaire (que l'on prendra le plus faible possible dans la majorité des cas), il donne un grossissement suffisant. Ce sont là deux conditions indispensables; la seconde, toutefois, si elle est limitée quant au minimum, offre beaucoup de latitude pour le surplus. Or le pouvoir résolvant est lié à l'ouverture numérique par la formule suivante :

$$\epsilon = \frac{\lambda}{2a}$$

dans laquelle ϵ représente la plus petite distance que peut séparer un objectif, λ la longueur d'onde du rayon éclairant et a l'ouverture numérique de l'objectif. En l'appliquant

à un objectif de 1.00 O.N., et en supposant que les rayons que nous utilisons soient compris entre D et E du spectre (rayons jaunes et jaunes verts dont λ en moyenne = un demi-microm), nous aurons pour valeur de ϵ :

$$\epsilon = \frac{0^{\text{a}},550}{2} = 0^{\text{a}},275$$

c'est-à-dire, sensiblement $1/4$ de microm; cet objectif est donc capable de résoudre des détails, des perles ou des lignes au nombre de 4 par microm ou 4000 par millimètre.

Nous verrions, en appliquant la formule à un objectif à immersion homogène de 1.40 O.N., que $\epsilon = 0^{\text{a}},196$, soit un peu moins de $1/5$ de microm, par conséquent avec cet objectif nous pourrons résoudre plus de 5000 lignes au millimètre.

Toutefois, par le fait qu'on ne peut jamais utiliser en pratique l'entièvre ouverture de l'objectif et qu'on est obligé, pour voir acquérir aux images toute leur netteté et qu'elles ne soient pas noyées dans un excès de lumière, de rétrécir le cône éclairant, jusqu'à ce qu'il n'embrasse plus au maximum que les $3/4$ de l'ouverture totale de l'objectif, le pouvoir résolvant se trouve réduit en pratique aux $3/4$ de la valeur de ϵ , déduite de la formule ci-dessus.

C'est ainsi que si l'objectif O.N. 1.00 peut théoriquement résoudre l'*amphibleura pellicula*, dont les stries sont au nombre de 4000 environ par millimètre, il est facile de s'assurer par l'expérience que l'on ne peut avec un tel système, soit à l'observation directe, soit par la photographie, obtenir une image montrant ces fins détails, on est en effet obligé de s'adresser à un objectif homogène de 1,20 à 1,25 au minimum pour bien les percevoir. On me pardonnera de m'être appesanti un peu longuement sur ces considérations théoriques, si bien établies par Abbe, mais c'est afin de montrer que, pour la résolution des fines structures, c'est l'ouverture numérique qu'il faut tout d'abord prendre en considération, le grossissement n'étant qu'assez secondaire.

Voici en effet reproduites (fig. 1 et 2) les écailles bien connues d'un papillon (*l'hyparchia janira*); ces deux reproductions sont, à très peu de chose près, à la même amplification, la mise au point a été aussi soignée pour l'une que pour l'autre, cependant dans la première seule les stries curvilignes qui joignent les grandes stries longitudinales sont reproduites. C'est que le n° 1 a été photographié avec un objectif dont l'ouverture numérique était suffisante pour résoudre ces détails, au nombre de 1000 à 1100 par millimètre (objectif de 4 mm. O. N. 0,80), tandis que le n° 2 a été obtenu au moyen d'un objectif à pouvoir résolvant trop faible (objectif 15 mm. O. N. 0,33). Ces deux épreuves nous démontrent donc bien que l'amplification est une chose secondaire, contrairement à ce que supposent les personnes peu au courant de la micrographie.

En disant que le pouvoir grossissant n'est que secondaire je n'ai, toutefois, que relativement raison ; je vais démontrer, en effet, qu'à un pouvoir résolvant donné on doit associer un grossissement bien déterminé, du moins quant à sa moindre valeur. Cette règle est fondée sur ce que notre œil ne pouvant distinguer (sans le secours d'une loupe) au plus que 10 lignes par millimètre, il est nécessaire que l'objectif, combiné à l'oculaire, grossisse les détails qu'il a séparés jusqu'au point où ils soient au moins distants de $1/10$ de millimètre, sans cela ils resteront confondus ; en un mot nous ne profiterons pas de la résolution. Si nous nous en tenions même à ce grossissement minimum, l'observation directe serait très fatigante et il est fort à craindre qu'en photogra-

phie le grain de la plaque ne permette pas toujours d'enregistrer les détails ou que le peu de finesse des impressions positives ne les fasse disparaître.

Il est facile de calculer ce grossissement minimum, que la règle ci-dessus nous oblige au moins d'atteindre, mais que, dans la plupart des cas, on fera bien d'assez largement dépasser, comme nous le verrons un peu plus bas. Prenons encore l'*Amphipleura pellucida* pour exemple; ses stries sont au nombre de 4000 par millimètre, pour les rendre visibles il faut les rendre distantes de 1/10 de millimètre; l'amplification minimum devra donc être de 400, puisque $400 \times 10 = 4000$. En la poussant à 600 ou 800 nous obtiendrons une image bien lisible sur le négatif mais qui se trouvera, à la limite de ce que la phototypie peut reproduire. C'est ainsi (grossissement 750) que la figure 3 a été obtenue; bien qu'au moment où j'écris ces lignes l'épreuve phototypique ne m'ait pas été soumise, j'estime que le grossissement adopté sera suffisant pour que les stries se trouvent suffisamment reproduites par le mode d'impression adopté. Cette fig. 3 est donc destinée à servir d'exemple qu'en choisissant un grossissement il faudra le rendre plus ou moins considérable suivant la méthode d'impression des positives auquel le négatif doit servir (1).

La figure 4 représente le *navicula lyra*; dans cette diatomée les perles sont au nombre de 900 à 920 par millimètre, ce qui nous indique qu'il faut adopter un objectif ayant au moins 0.32 à 0.35 O. N pour les résoudre et un grossissement de 90 au minimum pour les rendre bien visibles, or pour obtenir cette photographie je me suis servi d'un objectif de 5 mm. de foyer et de 0.65 O. N; constantes plus que suffisantes et le grossissement a été poussé à 450 pour avoir ces détails largement espacés; aussi je ne doute pas que la phototypie ne puisse donner une fort bonne épreuve de ce négatif qui, soit dit en passant, fournit des épreuves superbes sur papier au chlorure comme en fournit, du reste, le négatif de la figure 3 sur ce même papier. Ces mêmes explications pourraient s'appliquer à la fig. 5 représentant 3 navicules (*splendida*, *pandura* et *crabo*) qui a été obtenu avec les mêmes combinaisons optiques que le n° 4.

J'ai déjà dit que l'on ne pouvait utiliser l'ouverture entière d'un objectif, et qu'il fallait réduire le cône éclairant aux 3/4, et quelquefois aux 2/3, de son ouverture propre afin d'obtenir une image aux contours bien nets. On peut, et on le fait en effet assez souvent, réduire encore l'angle du cône éclairant pour augmenter la planité du champ et le pouvoir de pénétration, mais il est bon de savoir qu'en agissant ainsi il arrive bientôt une limite après laquelle on tombe dans un autre défaut; les fins détails disparaissent ou sont entourés de cercles brillants, il se produit alors des images de diffraction. Je crois devoir signaler ce phénomène parce que c'est dans ce défaut que tombent le plus souvent les commençants qui, ne sachant pas encore ce que peut donner et seulement donner l'objectif dont ils se servent, rétrécissent le diaphragme outre mesure, espérant de la sorte avoir à la fois d'un objet relativement épais tous les plans nettement définis et les fins détails.

Il faut toujours se souvenir, aussi bien pour la photographie que pour l'observation directe, que le pouvoir pénétrant et la résolution sont deux qualités qu'on ne peut concilier dans le même objectif et que si ceux à très grande ouverture sont tout indiqués

(1) Les illustrations qui accompagnent cet article viennent corroborer l'opinion émise que le grossissement adopté doit être d'autant plus considérable que le procédé de reproduction présente moins de finesse. La fig. 1 ne permet pas en effet de distinguer les stries curvilignes bien visibles sur le négatif. La fig. 3 exige l'emploi d'une loupe pour distinguer les stries de l'*Amphipleura*, détails bien apparents lorsqu'on imprime ces négatifs sur papier au chlorure.

et indispensables pour la résolution des tests les plus difficiles, ils conviennent beaucoup moins bien aux coupes histologiques un peu épaisses (1) qu'un autre objectif d'ouverture plus réduite. A titre d'exemple de ce que je viens de dire reportons-nous à la figure 6, qui représente le *bacille du charbon* dans une coupe du rein, photographié d'après une préparation faite à dessein un peu épaisse et avec un objectif homogène de 1.30 O. N. Quelques rares bâtonnets sont seuls nettement reproduits et encore pas dans toute leur profondeur, la plupart des autres, étant hors du plan mis au foyer, sont indistincts.

L'épaisseur de la coupe n'était cependant que de 1/150 de millimètre, mais elle était encore trop forte pour le pouvoir pénétrant de l'objectif 1.30 O. N qui n'est que de 0 mm. 003 (2); il aurait fallu, par conséquent, s'adresser à une coupe n'ayant que 1/300 de millimètre pour avoir une netteté suffisante à tous les plans ou choisir, si nous n'avons qu'une seule préparation épaisse de 1/150 de millimètre, un objectif de plus faible ouverture. En effet, la même coupe qui a fourni la figure 5, reproduite avec un objectif homogène de Beck, O. N 1,00, spécial pour l'histologie, m'a fourni un négatif infiniment supérieur comme vue d'ensemble. S'il est possible dans le cas des coupes d'obtenir des préparations plus ou moins minces, il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de diatomées et d'autres objets qui doivent être reproduits entiers; dans ces derniers cas il faut avoir recours à des moyens détournés, mais comme ces sortes de sujets font partie d'une catégorie spéciale, nous ne nous en occuperons que dans l'ordre que nous avons tracé au début. Dans le prochain article nous continuerons à envisager les meilleures conditions dans lesquelles nous devons faire travailler l'objectif et les petits artifices à mettre en œuvre pour donner plus de relief aux structures fines.

(A suivre)

(1) Je ferai remarquer que, lorsqu'il s'agit d'un objectif puissant, un objet est déjà épais bien que ses tranches ne soient distantes que de 1/100 de millimètre seulement.

(2) On trouvera la valeur du pouvoir pénétrant pour des objectifs d'ouvertures numériques diverses à la page 72 du traité de Photomicrographie par L. MATHET, Ch. Mendel, éditeur.

PHOTOGRAPHIES DE LA COMÈTE BORRELLY 1903 III

Le 21 juin 1903, M. BORRELLY, astronome à l'observatoire de Marseille, découvrait une comète par 21 h. 53 m. d'ascension droite, et 98°10 de distance polaire. M. Borrelly a d'ailleurs trouvé plusieurs comètes, entre autres les comètes 1873 IV, 1874 V et 1877 III.

Au moment de sa découverte la comète 1903 III avait un éclat égal à celui d'une étoile de 8,8 grandeur, mais les observations faites les jours suivants montrèrent que cet astre s'approchait assez vite de la terre et que son éclat allait donc augmenter considérablement en peu de temps.

Elle s'est présentée dans les meilleures conditions pour l'observation, puisque dans le courant du mois de juillet elle est passée vers le zénith de Paris au milieu de la nuit.

A notre observatoire de Nanterre nous en avons pris de nombreux phototypes chaque fois que l'état de l'atmosphère l'a permis.

Pour photographier les comètes moyennement lumineuses on ne peut employer les grands instruments ordinaires des observatoires. L'image qu'ils donnent à leur foyer n'est pas assez lumineuse. On a recours aux objectifs photographiques à grande ouverture et à courte distance focale. Les objectifs à portraits sont donc tout indiqués pour ces travaux et ils rendent maintenant de grands services dans les observatoires d'astronomie physique. Les nouveaux objectifs à portraits *anastigmatiques* tels que l'*Héliar* de Voigtländer, le *Planar* de Zeiss, etc., sont particulièrement excellents pour la photographie astrale (1).

On place donc ces objectifs, munis d'une chambre noire, sur un équatorial entraîné par un mouvement d'horlogerie. On a soin de mettre la comète à l'intersection des fils du réticule de l'oculaire de la lunette et, comme la comète a un mouvement propre différent du mouvement diurne des étoiles, pour en avoir une image nette, on règle le mouvement d'horlogerie sur le déplacement de la comète ou bien on maintient continuellement celle-ci au centre du réticule en agissant sur les manettes de rappel de l'équatorial. On s'explique donc maintenant facilement pourquoi les étoiles laissent des traînées sur la plaque sensible. Le sens et la longueur de ces traînées donnent exactement le sens et la valeur du déplacement de la comète pendant toute la durée de la pose.

Les phototypes pris le 14 juillet, de 21 h. 45 m. à 22 h. 15 m. et de 22 h. 30 m. à 22 h. 52 m. ont été combinés de façon à fournir une image stéréoscopique. Si l'on examine ces deux épreuves dans un stéréoscope on voit la comète bien détachée des étoiles environnantes et paraissant comme suspendue librement dans l'espace. C'est là assurément une vision des plus frappantes et qui est appelée surtout à donner des renseignements intéressants dans le cas de comètes à queues irrégulières et qui peut fournir des indications utiles sur le mouvement de rotation de ces astres. De semblables photographies ont déjà été obtenues par M. Max Wolf, le savant directeur de l'observatoire de Heidelberg, pour la comète Perrine (1902 II) et par nous-même pour la comète Swift (1899 I).

(1) A la condition qu'ils soient spécialement corrigés pour les rayons chimiques du spectre (région $F-\lambda$).

Les phototypes du 14 juillet montrent une chevelure de $11'$ de diamètre (1) et une queue de $5^{\circ}40'$ au moins de longueur (car elle atteint le bord de la plaque). A l'œil nu, la comète était parfaitement bien visible comme une étoile de 3^e grandeur. Une jumelle faisait voir une queue de 4° de longueur environ.

Le 15 juillet une photographie prise de 22 h. 47 m. à 22 h. 47 m. accuse une queue plus fine, moins longue et en courbure sensible vers le sud.

Le phototype des 18-19 juillet a reçu une exposition de 1 h. 6 m. (de 23 h. 44 m. à 0 h. 50 m.). Il correspond à peu près au maximum d'éclat calculé de la comète. La chevelure a un diamètre de $17'$ et la queue s'étend sur une longueur d'au moins 6° . Celle ci, très lumineuse dans le voisinage de la chevelure, donne à cette dernière un aspect nettement piriforme. Du reste, il est à remarquer que dans toutes les photographies de comètes la chevelure paraît s'étendre davantage du côté de la queue, c'est-à-dire à l'opposé du soleil. Le 18 juillet, la comète observée à l'œil nu était aussi lumineuse que l'étoile γ Dragon, soit de 2,8 grandeur. Une queue de 4° environ de longueur se distinguait même à l'œil nu. A l'équatorial on observait au centre de la chevelure un noyau vaguement défini.

Une photographie prise le 21 juillet, de 21 h. 56 m. à 22 h. 31 m. montre une queue plus faible et irrégulière.

Le phototype obtenu le 24-25 juillet, de 23 h. 9 m. à 0 h. 9 m. est des plus intéressants car il montre dans la queue de la comète des irrégularités très remarquables. Il y a cinq queues. La plus lumineuse présente une brisure exceptionnelle. Le diamètre de la chevelure atteint $16'$ et la queue principale a une longueur d'au moins $7^{\circ}50'$.

J'ai songé à obtenir le maximum de longueur de la queue en employant un objectif ultra-lumineux et j'attire l'attention sur les résultats qui m'ont été fournis par un condensateur de lanterne de projection. C'est un tel objectif qui m'a donné déjà de bons résultats pour la lumière zodiacale, le gegenschein, etc., et je le recommande pour la photographie des étoiles filantes. Or, le 25 juillet, ce condensateur (malgré ses aberrations considérables) m'a donné un phototype sur lequel on mesure facilement une queue de 16 degrés de longueur ! Et elle paraît même s'étendre encore de 2 à 4° plus loin.

La lune et le mauvais temps ne m'ont pas permis de photographier la comète Borrelly du 26 juillet au 14 août. Mais le 15 août, en profitant d'une éclaircie, nous avons pu exposer une plaque de 21 h. 16 m. à 21 h. 48 m. Le phototype montre les particularités suivantes : La chevelure mesure $4,5$ de diamètre dans le sens perpendiculaire à la direction de la queue principale. Une première queue, la plus importante, s'étend jusqu'au bord du phototype, ce qui lui donne une longueur d'au moins $7^{\circ}35'$. Cette queue est divergente, un peu irrégulière et on remarque sur le bord boréal, de $1^{\circ}35'$ à $2^{\circ}36'$ de la chevelure, une fine aigrette plus lumineuse. On soupçonne un léger centre de condensation à $3^{\circ}32'$ de la chevelure. Cette queue principale a comme angle de position 45° environ.

Enfin on remarque une deuxième queue de $28'$ de longueur sur le phototype et faisant un angle de 28° avec la précédente. Elle a comme angle de position 73° environ.

La comète Borrelly est passée au périhélie le 28 août et, étant plongée dans l'illumination solaire, est restée inobservée. Puis elle s'est enfoncée dans les profondeurs de l'espace en s'éloignant sans cesse de nous. Elle ne reviendra peut-être jamais.

F. QUÉNISSET

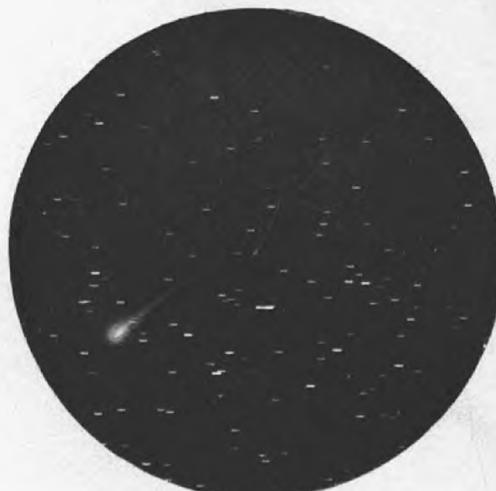
(Observatoire astro-photographique de Nanterre).

(1) C'est-à-dire un peu moins que la moitié du diamètre apparent de la lune qui est de $31'$ en moyenne.

 $21^{\text{h}}\ 45^{\text{m}}$ à $22^{\text{h}}\ 15^{\text{m}}$

14 Juillet

(Pour le stéréoscope)

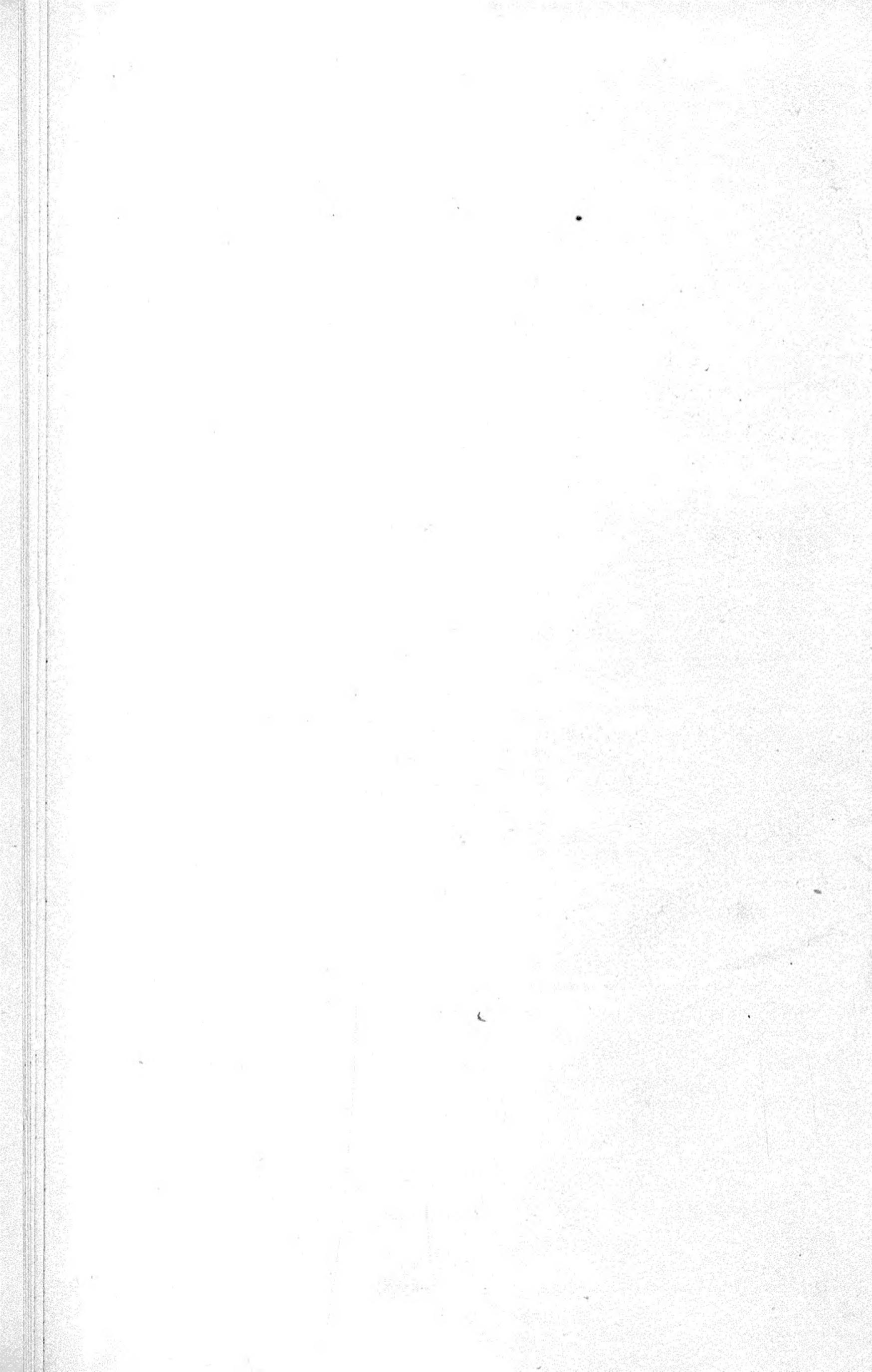
 $22^{\text{h}}\ 30^{\text{m}}$ à $22^{\text{h}}\ 52^{\text{m}}$ 24-25 Juillet de $23^{\text{h}}\ 9^{\text{m}}$ à $0^{\text{h}}\ 9^{\text{m}}$ 18-19 Juillet de $23^{\text{h}}\ 44^{\text{m}}$ à $0^{\text{h}}\ 50^{\text{m}}$ 15 Août de $21^{\text{h}}\ 16^{\text{m}}$ à $21^{\text{h}}\ 46^{\text{m}}$

Héliog. et Imp. J. Heuse.

PHOTOGRAPHIES DE LA COMÈTE BORRELLY 1903.

C. Mendel





DE L'INFLUENCE DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

Dans la fabrication des papiers photographiques

(*Communication faite au Congrès de chimie appliquée de Berlin (1903), par le Dr Léo. Bakeland Yonkers-on-Hudson (U. S. A.).*)

Dès le début de l'industrie de la fabrication des papiers photographiques, on s'est aperçu que la température n'était pas sans jouer un grand rôle pour l'obtention de résultats réguliers.

Cette remarque s'impose tout particulièrement dans la fabrication des papiers à la gélatine, à cause de la difficulté de la gélatine à faire prise dès que la température dépasse un certain point. Mais même dans la fabrication des papiers au collodion, cette action de la température s'accuse manifestement aussitôt que la température s'élève au-dessus de la normale.

En nous bornant à l'étude des papiers à la gélatine, nous pouvons tout d'abord affirmer qu'à la température de 25°, les accidents commencent à se produire. La gélatine se fige difficilement et même parfois elle ne fait plus prise du tout, mais commence au contraire à couler au dehors de la bande de papier à émulsionner, donnant ainsi une couche très inégale.

C'est dans ces conditions que se produisent également lors du séchage une foule d'accidents trop bien connus des émulsionneurs pour que j'aie besoin de m'étendre sur ce sujet. Je dois ajouter cependant que, si en Europe les chaleurs de l'été gênent parfois considérablement les fabricants de papiers, les conditions sont beaucoup plus mauvaises encore aux Etats-Unis, durant les chaleurs étouffantes de l'été. Néanmoins, nos installations nous permettent de tourner facilement cette difficulté, produite par l'élévation anormale de la température, et nos moyens nous permettent de fabriquer aussi bien en pleine canicule que durant les mois d'hiver.

Si la température doit être considérée comme un facteur important dans la fabrication des papiers photographiques, les conditions hygrométriques de l'atmosphère ont une plus grande importance encore et du jour où ces deux facteurs se mettent en même temps de la partie, c'est alors que commencent réellement les difficultés. Or, c'est précisément à cette combinaison des deux éléments de troubles qu'ont à faire face les fabricants de plaques et papiers des Etats-Unis et même d'Europe.

Voyons maintenant en quoi l'humidité peut avoir de l'influence dans la fabrication des plaques et papiers photographiques. Son premier effet est naturellement de retarder le séchage et cet effet est plus ou moins marqué suivant la nature du papier fabriqué.

Pour les papiers au gélatino-bromure et au chlorure, papiers qui sont connus sous le nom générique de papiers à développement et qui contiennent dans leur émulsion des sels d'argent insolubles, le retard dans le séchage modifie la sensibilité de l'émulsion. Les papiers à développement qui ont séché lentement sont beaucoup plus rapides et donnent des images moins vigoureuses.

Pour les papiers à noircissement direct, la différence est beaucoup plus accentuée. Pour les papiers qui contiennent dans leur émulsion des sels d'argent solubles,

d'autres sels également solubles et des acides libres, un séchage rapide du papier couché est une des meilleures garanties de succès.

Un papier à noircissement direct qui sèche lentement, dans un milieu dont la température est très élevée et l'air saturé d'humidité, un tel papier donnera des images rougâtres et difficiles à virer. Ce papier ne se conservera pas, il ne tardera pas à prendre cet aspect jaune grisâtre des papiers de fabrication ancienne. La même émulsion appliquée sur un papier séché rapidement et à basse température, donne des résultats tout différents. Il donne des épreuves vigoureuses d'un ton bleu pourpre ; il vire facilement et rapidement à l'or et se conserve beaucoup plus longtemps.

La différence est tellement grande qu'elle déconcerte parfois les personnes qui ne seraient pas parfaitement au courant de ces détails. Ces faits simples en eux-mêmes ne sont pas suffisamment connus et on a souvent attribué, bien à tort, à certaines émulsions, des mérites ou des défauts imputables uniquement à la température et à l'état hygrométrique de l'atmosphère.

L'influence de la durée du séchage est plus ou moins marquée suivant la composition des émulsions ; on peut affirmer cependant que les papiers au collodion y sont également soumis.

Indépendamment de son action durant le séchage du papier, l'humidité de l'atmosphère influe aussi sur l'opération du couchage de l'émulsion : pour les papiers à la gélatine, elle retarde la prise de l'émulsion.

Si la gélatine fait prise sur le papier, cela est dû en effet à un abaissement de la température de l'émulsion étendue sur le papier. Aussitôt que l'émulsion, distribuée par la machine à émulsionner, vient en contact avec l'atmosphère qui a une température plus basse, elle tend à se figer. Mais l'évaporation joue un grand rôle dans cette modification de l'état de l'émulsion. L'émulsion en effet étendue sur une large surface possède une densité spécifique en vapeurs et elle abandonne au contact de l'air une certaine quantité de vapeur d'eau : cette évaporation est plus ou moins rapide suivant la condition hygrométrique de l'air. Si l'air est relativement sec, cette évaporation se fait rapidement. Si au contraire, l'émulsion arrive au contact d'une atmosphère déjà surchargée d'humidité, l'évaporation sera beaucoup plus lente. Or nul n'ignore que l'évaporation rapide a pour effet de provoquer un abaissement de température du liquide qui s'évapore et ce liquide ne tarde pas à être à une température beaucoup plus basse que l'atmosphère ambiante. C'est précisément ce qui se produit ici.

Mais ce phénomène très simple par lui-même est compliqué bien souvent par l'intervention du phénomène de capillarité, grâce auquel une partie de l'émulsion pénètre dans l'épaisseur du papier au lieu de rester simplement à la surface.

Ce phénomène se produit surtout lorsqu'on emploie des papiers qui pour une raison ou une autre ont absorbé une certaine quantité d'humidité. Pour les papiers collodionnés, si on procède au couchage dans des salles humides, la qualité du papier s'en ressent beaucoup.

L'éther, l'alcool et autres dissolvants organiques, en s'évaporant rapidement, peuvent en effet amener la température du papier au-dessous du point de condensation de la vapeur d'eau ; cette particularité a pour résultat immédiat de provoquer la condensation de toute l'humidité contenue dans la pièce sur la bande de papier collodionné et de nuire ainsi à sa qualité.

Hâtons-nous d'ajouter cependant que, pour les émulsions au collodion, il suffit d'élever la température des salles où s'opère le couchage du papier pour n'avoir pas à craindre cet accident.

Comme je l'ai dit plus haut, les conditions hygrométriques de l'atmosphère ne vont pas à l'extrême en Europe comme aux Etats-Unis. A New-York, par exemple, l'été est très défavorable à la fabrication des papiers et plaques photographiques. En Juin, Juillet, Août et Septembre les températures de 37° centigrades ne sont pas rares. L'hygromètre marque alors le point de rosée, à 24° et au-dessus, en d'autres termes tout objet dont la température est inférieure à 24° se couvre instantanément d'une buée formée par la vapeur d'eau en suspens dans l'atmosphère. Le papier manipulé à cette température s'imprègne donc d'humidité au lieu de sécher.

Je donne ci-dessous un tableau de quelques températures relevées par le bureau météorologique de New-York. Ce tableau fera mieux comprendre combien les points de rosée vont à l'extrême. Le tableau donne comme maxima les points de rosée à 24°; je puis affirmer cependant, en me basant sur mes expériences personnelles et sur des observations faites dans une manufacture, qu'il est très fréquent au contraire de rencontrer le point de rosée à 24 et 25° C.

**Températures et points de rosée relevés par le Bureau météorologique
de la ville de New-York.**

		POINT DE ROSÉE					TEMPÉRATURE	
		MINIMUM	MÉDIUM	MAXIMUM	MINIMUM	MÉDIUM	MAXIMUM	
Janvier	3.	. . . — 13	deg. C. . . . .	. . . . . — 8	deg. C.			
"	4.	. . . — 13	" . . . . .	. . . . . — 7	"			
"	18.	. . . — 17	" . . . . .	. . . . . — 10	"			
"	20.	. . . — 18	" . . . . .	. . . . . — 13	"			
"	23.	. . . — 14	" . . . . .	. . . . . — 7	"			
Février	6.	. . . — 17	deg. C. . . . .	. . . . . — 7	deg. C.			
"	11.	. . . — 16	" . . . . .	. . . . . — 11	"			
"	23.	. . . — 17	" . . . . .	. . . . . + 4	"			
"	27.	. . . — 13	" . . . . .	. . . . . + 4	"			
Juin	28.	. . . + 21	deg. C. . . . .	. . . + 26	deg. C. . . . .	. . . + 33	deg. C.	
"	29.	. . . . . 21	" . . . . .	. . . . . 31	" . . . . .	. . . . . 34	"	
"	30.	. . . . . 22	" . . . . .	. . . . . 31	" . . . . .	. . . . . 34	"	
Juillet	4.	. . . . . 22	" . . . . .	. . . . . 23	" . . . . .	. . . . . 27	"	
"	3.	. . . . . 23	" . . . . .	. . . . . 27	" . . . . .	. . . . . 34	"	
"	5.	. . . . . 22	" . . . . .	. . . . . 24	" . . . . .	. . . . . 32	"	
"	16.	. . . . . 24	" . . . . .	. . . . . 27	" . . . . .	. . . . . 30	"	
"	18.	. . . . . 23	" . . . . .	. . . . . 28	" . . . . .	. . . . . 32	"	
Août	3.	. . . . . 22	" . . . . .	. . . . . 27	" . . . . .	. . . . . 30	"	
"	10.	. . . . . 23	" . . . . .	. . . . . 28	" . . . . .	. . . . . 31	"	
"	17.	. . . . . 23	" . . . . .	. . . . . 28	" . . . . .	. . . . . 30	"	
"	20.	. . . . . 23	" . . . . .	. . . . . 26	" . . . . .	. . . . . 28	"	
"	22.	. . . . . 23	" . . . . .	. . . . . 25	" . . . . .	. . . . . 29	"	
"	23.	. . . . . 22	" . . . . .	. . . . . 25	" . . . . .	. . . . . 29	"	
Septembre	12.	. . . . . 22	" . . . . .	. . . . . 24	" . . . . .	. . . . . 26	"	

En vue de parer à ces conditions désavantageuses, on a tenté depuis quelques années l'employer des machines à congeler afin d'abaisser la température des salles d'émulsionnage. Ce moyen facilite certainement la prise de l'émulsion mais il ne supprime pas les graves inconvénients résultant de la lenteur du séchage, au contraire ; il a pour effet de les accentuer en amenant la température à un degré plus voisin du point de rosée.

En 1893, j'ai essayé de résoudre le problème en employant les machines à congeler,

non plus en vue de produire un abaissement de température, mais en vue de sécher l'air des salles d'émulsionnage. La vapeur d'eau était congelée au passage sur les radiateurs. L'air pénétrait ainsi absolument sec dans les salles d'émulsionnage et comme au passage il était de nouveau chauffé en passant entre les ailettes de radiateurs à vapeur, la salle d'émulsionnage se trouvait dans les conditions requises de température et de sécheresse.

Mon premier essai fut assez concluant pour justifier une installation complète de ce genre et nombre de fabricants des Etats-Unis ont après moi adopté ce procédé.

Le système que je décris en principe peut être appliqué de diverses façons. Le réfrigérant peut être formé par des radiateurs à circulation de saumure ou d'ammoniaque. L'air, avant de pénétrer dans les salles d'émulsionnage, vient passer entre les ailettes des radiateurs et y dépose toute son humidité sous forme de glace. Après le passage dans le réfrigérant l'air est chauffé de nouveau avant de pénétrer dans les salles.

Dans les grandes villes, et dans tous les endroits où l'on aurait à craindre les poussières entraînées par les courants d'air, l'air au sortir des salles d'émulsionnage passe de nouveau dans le réfrigérant et forme ainsi un cercle continu.

Une installation de ce genre, bien comprise, met le fabricant à l'abri de toutes les conditions atmosphériques.

Mais l'humidité n'est pas seule cause d'ennuis et nous avons à étudier un autre élément avec lequel le fabricant se trouve assez fréquemment aux prises.

Si l'humidité constitue un obstacle à la bonne fabrication, une trop grande sécheresse entraîne avec elle une série d'autres ennuis. Durant les mois d'hiver le point de rosée s'abaisse considérablement : l'atmosphère ne contient plus qu'une quantité insignifiante de vapeur d'eau et il en résulte le développement d'une grande quantité d'électricité statique au moindre frottement. Mes compatriotes et tous ceux qui ont voyagé aux Etats-Unis durant l'hiver ont tous remarqué ce curieux phénomène : se promenant dans le hall d'un hôtel, leur clé à la main, ils ont certainement comme moi vu jaillir de vives étincelles au moment où leur clé a touché le trou de la serrure.

Il arrive fréquemment qu'une feuille de papier reste attachée à la main par la seule force de deux électricités de nom contraire, développées dès qu'on la froisse. On ne s'étonnera plus dans ces conditions si les courroies de transmission des usines provoquent des étincelles de 30 cm. et plus. Ce phénomène est particulièrement remarquable au calandrage ou lors de la mise en rouleaux des papiers manufacturés : on entend le crépitemment continu des étincelles électriques.

Le papier chargé d'électricité statique attire toutes les particules en suspens dans l'air et il est indispensable de remédier à cet inconvénient. Dans les ateliers de barytage, on peut supprimer cet inconvénient de différentes façons, soit en mouillant le sol plusieurs fois par jour, soit en saturant l'air d'humidité au moyen d'un jet de vapeur ou d'eau froide vaporisée. Un autre moyen consiste également à créer une ligne de terre par où s'écoule l'électricité statique et qui consiste en une chaîne en argent reliée au sol et au bâti de la machine. Au lieu de chaîne, on peut employer un peigne métallique dont les dents viennent environ à un centimètre du papier. Ces précautions toutefois n'ont de raison d'être que dans les moments de grande sécheresse.

Pour les papiers à noircissement direct la présence de l'électricité statique n'offre d'inconvénients qu'au point de vue de la fabrication, le coupage des feuilles en particulier est plus difficile à cause de l'adhérence des feuilles entre elles.

Cet ennui n'est pas à regretter, car la qualité du papier fabriqué dans ces conditions est beaucoup supérieure.

Il en est tout autrement pour les papiers dits à développement. Les papiers manufacturés par les temps très secs laissent voir au développement une foule de traits étrangers à la formation de l'image. Il est difficile de dire si ces marques, que tout le monde connaît, sont produites par l'électricité statique. Ces marques se manifestent dans toutes les parties où s'est produit un frottement quelconque et elles restent à la surface de la couche émulsionnée, ce qui explique pourquoi on peut les faire disparaître en frottant l'image avec une touffe de coton.

Il est bien difficile de définir la cause de ces marques : tout le monde sait que le bromure d'argent est modifié par la pression comme par l'action de la lumière ; tout le monde sait aussi que les bandes de papier manipulées rapidement dégagent des étincelles dues à la présence d'électricité statique. Je ne puis dire jusqu'à quel point chacune de ces deux causes contribue à la formation des marques noires, mais ce que je puis dire c'est qu'on les évitera à coup sûr en entretenant une légère humidité dans les salles où s'opère le séchage du papier émulsionné.

Pour conclure, je dirai que dans une bonne fabrique de papiers l'hygromètre et l'électromètre doivent être consultés au même titre et aussi souvent que le thermomètre.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Action des rayons cathodiques sur les plaques sensibles :

M. L. ZEHNDER reçoit sur une plaque photographique au gélatinobromure un faisceau cathodique sur le trajet duquel a été interposé un écran ; après une certaine exposition, il soumet à la lumière la surface totale de la plaque et la développe ; les régions qui ont subi préalablement l'action du faisceau cathodique sont plus claires. Il y a là un phénomène analogue à celui que M. VILLARD a observé avec les rayons X.

M. ZEHNDER a aussi constaté que le flux cathodique noircit les papiers sensibles à image apparente (papier à la colloïdine).

Société allemande de physique, séance du 9 janvier 1903.

Etude des diaphragmes :

M. A. GLEICHEN a étudié la théorie des diaphragmes dans les systèmes optiques centrés, à ouverture finie. Les déplacements du centre du diaphragme ne sont représentés par une expression mathématique simple que dans les cas aussi simples que celui des lentilles plan-convexes. Pour les systèmes composés d'un grand nombre de lentilles tels que la plupart de nos objectifs photographiques, l'auteur se borne à indiquer le centre du diaphragme « naturel », c'est-à-dire le point de rencontre des rayons à petite inclinaison.

Société allemande de physique, séance du 9 mai 1903, in Revue générale des Sciences, XIV, p. 739, 15 juillet 1903.

Inversion de l'image sous-posée par sur-développement lent :

L'inversion de l'image par surexposition, en développement normal est bien connue. Le Dr ADRIEN GUEBHARD vient d'observer l'inversion de l'image sous-posée par sur-développement lent. Il a soumis ce fait curieux à une première expérimentation sommaire :

« Des plaques 48×24, émulsion lente (étiquette orange), de Jouglar, furent exposées par fractions de surface, et temps de pose échelonnés, avec l'ouverture $f/64$, en face d'une affiche à caractères noirs sur blanc et sujets en couleur, placée obliquement en retrait à 2^m d'une fenêtre fermée, rideaux de guipure baissés, le pâle soleil d'hiver étant soit disparu, soit complètement voilé par les nuages. Les temps de pose ont varié, pour la bande inférieure, de 1 à 45 minutes, et pour la bande la moins exposée, de 10 secondes à 4 minutes. Chaque plaque, divisée dans le sens de sa longueur en deux ou trois, et chaque fraction quelquefois en deux par le milieu pour pouvoir utiliser des cuves moindres, fut soumise tantôt à un même bain pendant des durées différentes, variant de 40 heures à 45 heures, tantôt à des bains différents, variant du tiers au triple de l'intensité du bain pyrogallique normal :

Eau	1000 gr.
Sulfite de soude anhydre	3 —
Acide pyrogallique	4 —
Carbonate de soude	3 —

La température extérieure était, au plus, de 8°, ce qui explique l'absence de décollements, sans précautions aucunes.

Les images obtenues montrent : 1^o sur la moitié retirée après développement normal (c'est-à-dire, pour ces sous-poses, après 10 heures au moins), l'effet remarquable, mais bien connu, d'adaptation aux pires écarts de pose du développement lent ; 2^o sur la moitié sur-poussée (minimum 24 heures), la marche des effets d'inversion, au sujet desquels l'auteur a formulé, à titre préliminaire, les observations suivantes :

- A. L'inversion commence toujours par la partie *la moins* impressionnée du cliché.
- B. Elle procède assez souvent (dans le bain pyrogallique) par rougissement des blanches. Mais, s'il y a connexité des deux phénomènes, il n'y a pas dépendance, et si le rougissement aboutit à l'inversion, il semble bien que celle-ci, notamment sur pellicules ou sur papiers, puisse aboutir sans rougissement.
- C. De deux clichés posés le double l'un de l'autre, mais en dessous de la normale, c'est le moins posé qui s'inverse le plus vite.
- D. Il semble donc qu'il doive être possible de tirer de là un moyen de correction de la dureté des clichés sous-posés. En prolongeant le développement jusqu'au moment où les blanches commencent à foncer et les noirs à baisser, on pourra peut-être suffisamment atténuer les contrastes pour avoir un cliché passable.

S. Au bain normal, un cliché qui, après 2 heures, donnait un négatif à point, était, après 6 heures, à demi inversé, sous voile opaque. Il sera donc nécessaire de reprendre, en tenant compte du bain, soit comme durée, soit comme composition, les anciennes expériences sur l'inversion de M. Janssen (1) et de MM. Lumière (2), et la courbe d'intensités donnée par ceux-ci devra, sans doute, être modifiée au voisinage de zéro, pour les valeurs d'impression encore plus faibles que celles qu'ils ont expérimentées (3).

F. La surpose, tant qu'elle n'a pas atteint le degré de l'inversion ordinaire, semble plutôt un obstacle qu'un adjuvant au nouveau mode d'inversion, que je me réserve d'étudier plus à fond dès que me le permettront d'autres travaux plus urgents, si toutefois, d'ici là, quelqu'un de mes confrères, que j'y convie, ne m'a pas devancé dans la voie que je m'estimerai toujours heureux d'avoir ouverte.

Société française de photographie, séance du 4 décembre 1903.

(1) *Bulletin de la Société française de Photographie*, p. 219, 1880.

(2) *La Nature*, t. XXXII, p. 58, 22 décembre 1888.

(3) *Bulletin de la Société française de Photographie*, p. 52, 1887.

LA PHOTOGRAPHIE ET SES APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

dans les périodiques scientifiques en 1903

Revue générale des Sciences, XIV, p. 889, 15 septembre 1903. Observation au moyen de piles photoélectriques d'une éclipse presque totale de la lune.

Astronomische Nachrichten de Kiel, 7 janvier 1903. J. TEBBUTT, A. ABETTI, A. NYLAND, M. WOLF : Recherches photographiques de petites planètes, — n. 3876 (3 juin 1903). M. WOLF : Recherches photographiques d'astéroïdes, — n. 3881 (19 juin 1903). M. WOLF : Recherches photographiques de petites planètes, — n. 3882 (3 juillet 1903) E. PICHERING : Une carte photographique du ciel.

The astronomical Journal (Boston E. V.) nos 337-338 (15 mai 1903). M. SCHAEBERLE : L'efficacité photographique d'un réflecteur de 20 pouces de foyer.

The journal of the British Astronomical Association, 23 décembre 1902. Miss EVERETT : recherches photographiques.

The Astrophysical Journal (octobre 1903). E. BARNARD : Observations photographiques de la comète Borrelly et explication des phénomènes observés sur cet astre le 24 juillet 1903.

Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society (Manchester), t. XLVII, n. 3 (23 avril 1903). C. E. STROMEYER : Déterminations de parallaxes par la photographie.

Annalen der Physik (Leipzig), 4^e série, t. XI, n. 3 (4 juin 1903). A. PFLUGER : le pouvoir absorbant de quelques verres dans la partie photographiquement active du spectre, 4^e série, t. XI, n. 5 (7 juillet). G. QUINCKE : Importance de la tension superficielle pour la photographie au gélatinobromure et nouvelle action de la lumière.

Philosophical Magazine and Journal of Science (Londres), 6^e série, t. VI, n. 35 (novembre 1903). R. W. WOOD : Renversements photographiques dans les photographies de spectres.

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

PREMIÈRE PARTIE. — OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

(Suite)

Pour faire plus facilement comprendre le procédé d'évaluation de l'erreur commise sur l'angle α par suite du fait que la rotation s'effectue autour d'un point quelconque O situé sur la trace du plan vertical de symétrie, alors qu'elle devrait se produire autour de la projection du point nodal d'avant N, nous supposerons une glace transparente (ou si l'on veut, une gaze transparente, afin de ne pas soulever la difficulté de l'influence perturbatrice de la réfraction) portant un quadrillage identique à celui de la glace dépolie, interposée perpendiculairement à l'axe optique entre le point nodal d'avant et les objets extérieurs dans une position rigoureusement symétrique par rapport à ce dernier point de celle que la glace dépolie occupe effectivement par rapport au point nodal d'arrière. Tout ce qui pourra s'observer sur la glace dépolie ne sera que la reproduction symétrique de l'image que verrait se dessiner sur cette glace ou cette gaze théorique un œil établi au point nodal d'avant de l'objectif.

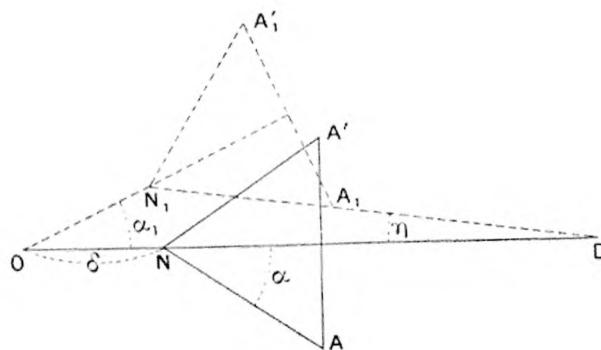


Fig. 4

Soit AA' (fig. 4) la trace du plan de la glace ainsi transposée sur le plan d'horizon ; A et A' les traces des verticales entre lesquelles est intercepté l'angle 2α . A, A' et N, points définis par la nature de l'objectif et par la façon dont il est, ainsi que la glace quadrillée, assujetti sur l'appareil, peuvent être considérés comme des points matériels invariablement reliés à l'ensemble du système, et, en particulier, à l'axe de rotation projeté en O; et comme interceptant un angle également invariable 2α .

Dire que l'on amène l'image du point extérieur pris pour repère, projeté en D et situé à la distance D, à coïncider avec A par une rotation autour de N, qui donnerait lieu à relever un angle α , c'est dire que, par cette rotation, on a amené le point A sur la direction ND.

Dire que l'on produit cette même coïncidence par une rotation autour du point O, c'est dire que l'on arrête cette même rotation au moment où le côté NA prolongé de l'angle ANA' vient à passer par le point D en prenant la direction N₁A₁D.

Si, pour fixer les idées, nous supposons le point O extérieur à N, nous voyons que l'amplitude de la rotation nécessaire pour obtenir ce dernier résultat ne sera plus tout à fait de l'angle α ; car cet angle amènerait NA à devenir parallèle à OD. Elle ne sera plus que d'un angle α_1 , moindre que α de l'angle N₁DO que nous désignerons par η et qui se trouvera défini par les relations :

$$\alpha = \alpha_1 + \eta$$

et, dans le triangle ON₁D :

$$\frac{\sin \eta}{ON_1} = \frac{\sin \alpha_1}{DN_1} = \frac{\sin(\alpha - \eta)}{DN_1}$$

d'où :

$$\sin \eta = \frac{ON_1}{DN_1} \sin(\alpha - \eta)$$

En raison de sa petitesse, l'angle η peut être négligé vis-à-vis de α . DN₁ ne diffère également de D que d'une quantité pratiquement négligeable. Si nous désignons par δ l'intervalle ON₁ égal à ON, l'expression précédente deviendra :

$$\sin \eta = \frac{\delta}{D} \sin \alpha$$

Le sinus de l'angle qui représente l'erreur commise sur l'angle α par le fait de la cause que nous considérons actuellement est donc au sinus de l'angle α dans le rapport de l'intervalle δ à la distance D du repère. Autrement dit ce sinus est mesuré par le produit de ce dernier rapport par sin α c'est-à-dire, par une quantité qui ne peut dépasser l'unité et qui, dans la pratique, lui est toujours notablement inférieure. Par suite, la valeur $\frac{\delta}{D}$ peut en tout cas être retenue comme une limite du coefficient d'erreur.

Dans la limite des angles qui interviennent en focimétrie, on peut admettre que l'erreur commise sur le sinus se reporte proportionnellement sur l'arc et sur la tangente; et, négativement, sur la cotangente, et, par suite, sur la longueur focale qui s'en déduit. Supposons par exemple un intervalle δ de vingt centimètres, au-dessous duquel il est assurément facile de se tenir (avec l'objectif considéré précédemment, il correspondrait d'une façon grossièrement approximative à l'ajustement de l'axe de rotation dans le plan même de la glace dépolie). En conservant toujours la distance D du repère extérieur égale à un kilomètre, l'erreur relative à craindre de ce nouveau chef serait la même que la première; c'est-à-dire, inférieure à $\frac{1}{5000}$ de la longueur focale à déterminer, ou à un vingt-cinquième de millimètre.

La qualification d'erreur attribuée à cette valeur donne lieu aux mêmes réserves que plus haut. Elle se transforme en une correction définie à effectuer, quand la distance du repère est elle-même connue. De même que la précédente, l'erreur ainsi exprimée présente ce caractère qu'elle devient négligeable pour une distance du repère manifestement assez grande; que cette distance soit ou non connue. La formule rappelle en outre, ce qui n'est qu'une expression même de la définition, que la valeur qu'elle représente peut être rendue nulle par la réduction à zéro de l'intervalle δ . En

d'autres termes, elle s'annule si l'on a l'attention de faire passer l'axe de rotation par le point nodal d'avant lorsque l'appareil permet un tel ajustement. C'est une remarque sur laquelle nous aurons à revenir.

Si l'atelier ou le laboratoire d'études est assez favorisé pour offrir par ses ouvertures naturelles des horizons suffisamment étendus, il n'y aura aucune objection à ce que l'appareil focimétrique soit normalement installé sur la table de travail. Toutefois il faudra se garder de laisser des vitrages interposés sur le trajet des rayons lumineux émanant des repères à l'aide desquels on a l'intention de relever des mesures angulaires. Dans les études de focimétrie microscopique dont il sera question dans la suite de ce travail, il nous avait d'abord paru indifférent de procéder aux visées sur les repères extérieurs à travers les carreaux de vitres. Les observations effectuées dans de telles conditions accusèrent des contradictions très marquées, qui disparurent dès le moment où cette influence perturbatrice eut été éliminée.

§ 5. — DÉTERMINATION RATIONNELLE DE L'AXE DE ROTATION DANS LES APPAREILS PIVOTANTS

Des différentes considérations sur lesquelles nous venons de nous étendre il semblerait résultter que la détermination rigoureuse de la situation rationnelle de l'axe de rotation des appareils photographiques pivotants est d'un intérêt plus théorique que pratique. Cependant des erreurs en cette matière ont eu, même au point de vue purement pratique, des conséquences assez graves en ce qui concerne particulièrement la focimétrie, pour que nous soyons porté à penser qu'il ne sera point superflu de reproduire ici en substance notre démonstration de 1891. Cette démonstration, matérialisée sous une forme toute mécanique, a le double avantage d'être accessible aux praticiens les moins versés dans les mystères de l'optique géométrique, et de se fixer définitivement dans leur esprit, alors que des spéculations plus ambitieuses ne pourraient que les égarer comme elles ont égaré plus d'un théoricien.

Les traités de physique les plus élémentaires, en abordant l'étude des lentilles d'optique, ont le soin d'avertir leurs lecteurs que leurs démonstrations ne seraient valables en toute rigueur que pour des lentilles sans épaisseur, s'il était possible d'en construire de telles. Les auteurs qui, sans vouloir cesser d'être élémentaires, sont, par la nature de leur objet spécial, tenus d'aboutir à des conclusions pratiques, mentionnent, sans entrer dans les détails de la démonstration, que les propriétés établies pour les lentilles sans épaisseur peuvent, par un artifice assez simple, être étendues à peu près intégralement non seulement aux lentilles épaisses de la réalité, mais encore aux systèmes optiques les plus compliqués constitués de lentilles centrées.

Cet artifice se ramène à dédoubler en quelque sorte le « centre optique » unique de la lentille sans épaisseur en deux points appelés « points noraux » situés sur l'axe de la lentille ou du système optique, et à transporter parallèlement en chacun de ces points la partie des constructions géométriques qui, dans le cas fictif du point central unique, devraient être rapportées à ce seul point du même côté de ce point. L'intervalle compris entre les deux points noraux est dénommé « interstice des nœuds ».

Ces notions sont tout ce qui nous est nécessaire pour l'objet que nous avons actuellement en vue. Il en résulte immédiatement que les rayons lumineux que, dans l'exposition élémentaire, on représentait comme se rassemblant au centre unique du

système pour en diverger au delà suivant leurs prolongements respectifs, devront maintenant être considérés comme se réunissant au point nodal d'avant et comme divergeant ensuite parallèlement à eux-mêmes du point nodal d'arrière : présentant ainsi vers l'intérieur de la chambre noire une disposition rigoureusement symétrique de celle qu'ils affectaient dans l'espace extérieur ; aussi bien que si le croisement s'était effectué en un point unique. La marche des rayons lumineux extrêmes de l'image aa' sera donc ainsi représentée par $ANN'a$, $A'NN'a'$ (fig. 2).

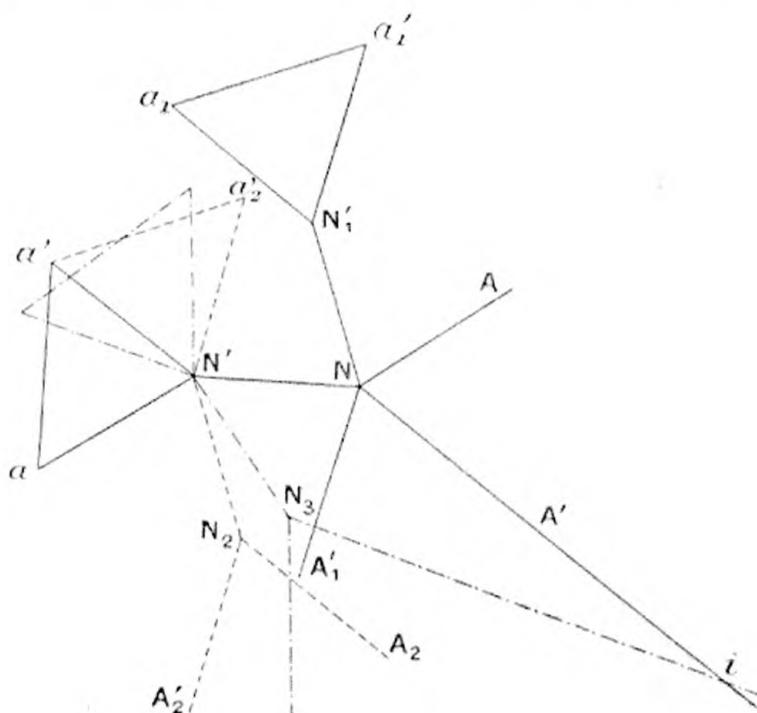


Fig. 2

En photographie courante, c'est surtout le point nodal d'arrière que l'on a coutume de considérer. C'est en effet le point dont divergent les rayons qui viennent former l'image photographique ; c'est à partir de ce point que se mesure la longueur focale. Mais, quand il s'agit d'imprimer à l'appareil un mouvement de rotation afin d'arriver à embrasser l'image complète d'un tour d'horizon, la continuité géométrique rigoureuse ne peut s'obtenir qu'autant que c'est autour du point nodal d'avant que s'effectue la révolution.

Considérons en effet la section par le plan d'horizon passant par l'axe optique de l'objectif, de l'ensemble d'un double faisceau d'admission et d'émission de rayons lumineux qui y pénètrent $ANN'a$, $A'NN'a'$; N et N' étant les deux points noraux de l'objectif et aa' la ligne d'horizon de l'image formée sur la glace dépolie, a et a' seront eux-mêmes les points d'intersection de cette ligne avec les verticales extrêmes tracées sur cette glace.

Pour suivre facilement ce qui adviendra de ce faisceau, nous découperons dans un carton mince le contour $ANN'a'$. Ce contour pourra nous servir comme un gabarit pour tracer une moitié de notre figure ; en le retournant ensuite il permettra d'en tracer l'autre moitié. C'est d'ailleurs de cette façon que les différentes parties successives de notre figure ont été tracées. On pourrait aussi, après avoir tracé par les moyens ordinaires la partie de la figure relative à la position initiale, la reproduire sur du papier à calquer.

On voit tout d'abord que le point nodal antérieur N est bien effectivement le som-

met de l'angle formé par les rayons lumineux émanant des objets extérieurs, qui pénètrent dans l'objectif. C'est avec la valeur précise avec laquelle les angles s'y trouvent recueillis qu'ils seraient relevés par un cercle géodésique ayant son centre en ce même point. Au contraire, les angles émis du point N' vers la plaque photographique ne sont plus rigoureusement ceux qu'accuserait ce même cercle quand on viendrait à transporter son centre en N' ; puisqu'ils sont identiques à ceux qu'il donnait quand son centre était en N. Si, dans la pratique photographique, la différence est généralement tout à fait négligeable, on conçoit qu'il peut en être tout autrement quand on en vient à appliquer l'appareil photographique à des mesures de précision.

C'est particulièrement quand il s'agit de rapprocher l'une de l'autre pour en constituer un tour d'horizon plusieurs vues consécutives prises autour d'un même point que l'incorrection de l'ajustement du pivot de l'instrument peut se manifester par des incohérences appréciables dans la constitution des lignes de raccordement des clichés.

Supposons qu'à la suite de la vue comprise dans l'angle ANA' nous voulions en prendre une seconde en faisant tourner l'appareil dans le sens de gauche à droite autour d'un axe vertical ; et considérons le cas où l'axe de rotation passe le point nodal d'avant N'. Suivons le mouvement en faisant pivoter sur notre épure notre gabarit de carton, ou notre calque, autour du point N' jusqu'à ce que le côté NA de la figure mobile vienne s'appliquer sur le côté NA' du tracé fixe. L'angle optique ANA aura pris la nouvelle position A'NA'_1.

Les choses de ce côté ne souffrent aucune difficulté. Il y aura parfaite continuité entre les deux champs successivement embrassés par l'appareil. Il y aura du moins continuité le long de la ligne de raccordement ; nous n'avons pas, pour notre objet actuel, à considérer le fait que les parallèles de front du premier cliché seront devenues des lignes fuyantes du second.

Du côté du point nodal d'arrière, il semblerait d'abord qu'il en va différemment. Ce point a marché de N' en N'_1 ; et entre ces deux positions existe une solution de continuité que l'on serait porté à juger alarmante : il est aisément de se rendre compte que la chose est absolument indifférente. Ce qui nous intéresse de ce côté, ce n'est pas la disposition matérielle extérieure de l'appareil dans l'espace ; mais uniquement la vue qu'il enregistre dans cette disposition. Or, cette vue ne dépend que du champ embrassé par l'angle $a_1N_1a'_1$; celui-ci n'est que la reproduction symétriquement identique du champ A'NA' ; et puisque nous venons de reconnaître que tout était correct dans ce dernier champ tout se trouvera également correct dans le champ correspondant du côté de la glace dépolie.

Voyons maintenant ce qui adviendra si, au lieu de passer par le point N, l'axe de rotation de l'appareil passe par le point nodal d'arrière N'. La première apparence est en faveur de cette solution. On peut ainsi en effet amener la verticale a de la glace dépolie à se superposer dans la seconde position $a'a'_2$ de la ligne d'horizon, à la verticale a' de la position initiale. Un peu d'attention permet toutefois de reconnaître que cette superposition est illusoire. Si nous suivons encore le mouvement avec notre gabarit ou notre calque, pivotant cette fois autour du point N', nous voyons que le côté N_2A_2 de la seconde position $A_2N_2A'_2$ de l'angle optique n'est pas venu s'appliquer sur le côté NA' de la première position de cet angle : il lui est devenu parallèle. Entre ces deux côtés existe une bande du tour d'horizon qui ne sera embrassée dans aucun

champ optique, qui ne sera représentée sur aucune des épreuves. Lorsqu'on tentera d'accorder celles-ci il ne sera plus possible de trouver un rapport rigoureux entre les bords voisins des épreuves contiguës que l'on aura à rapprocher l'une de l'autre ; les objets figurant le long de l'un de ces bords n'étant plus identiquement les mêmes que ceux qui se trouvent figurés le long de l'autre.

En principe cette manière d'opérer soulèverait en outre une difficulté d'orientation qui ne peut se résoudre que par l'intervention de la graduation de la platine divisée. Dans la pratique, ce n'est point ainsi que l'on procède habituellement. On recherche sur la glace dépolie, sur le bord extrême de la vue correspondant à la première position, un point de repère bien caractérisé *i* le plus éloigné possible, et c'est sur ce repère que l'on oriente suivant N_3i la seconde direction du côté interne de l'angle optique. L'inconvénient qui vient d'être signalé se présentera alors sous une forme un peu différente. La portion des premiers plans comprise dans le quadrilatère iNN'_3N_3 ne sera figurée sur aucune épreuve ; la portion de l'arrière-plan embrassée dans l'angle opposé par le sommet à $N_3N'_3$ sera figurée en discordance stéréoscopique sur deux épreuves consécutives.

En un mot on doit considérer comme entaché d'une erreur de collimation l'appareil disposé pour la rotation autour d'un axe passant par le point nodal d'arrière, et, généralement, par tout point de l'axe optique autre que le point nodal d'avant. C'est donc exclusivement la rotation autour d'un axe passant par ce point que l'on devrait s'efforcer de réaliser dans tout appareil avec lequel on se proposera d'atteindre aux limites extrêmes de la précision. L'une des questions traitées dans la présente étude est justement l'évaluation de l'influence de toute dérogation à cette sujexion ; en vue de déterminer dans quels cas et dans quelle mesure il peut être plus ou moins permis de s'en affranchir.

Certains types d'objectifs, et non des moins complexes, comportent la coïncidence des deux points noraux en un seul, et présentent par suite sous ce rapport les propriétés caractéristiques essentielles des lentilles sans épaisseur. Il va de soi que, dans ces types, la difficulté dont nous nous occupons est éliminée. Toutefois il reste en tout cas à vérifier que la coïncidence prévue dans les formules théoriques de construction a bien été réalisée dans l'exécution.

Le professeur D'ERGENS, ayant été amené à déterminer l'interstice des nœuds dans des objectifs de divers types dans l'établissement desquels on ne vise pas spécialement à réaliser la coïncidence des points noraux, trouva pour valeur de cet interstice 0 mm. 6 pour un pantoscope de 172 mm. de distance focale ; 40 mm. pour un euryscope de 220 mm. et 2 mm. pour un aplanat de 255 mm. On voit que ce n'est que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles qu'il pourrait devenir nécessaire de tenir compte de tels interstices ; mais des combinaisons du genre des télescope-objectifs peuvent présenter des valeurs d'interstices qu'il ne serait pas permis de négliger dans les applications scientifiques.

§ 6. — ERREUR PAR DÉFAUT DE CENTRAGE EN DEHORS DU PLAN DE SYMÉTRIE

Une quatrième cause d'erreur peut résulter du fait que l'axe optique de l'objectif dont on détermine les constantes ne serait pas exactement situé dans le plan vertical qui renferme l'axe de rotation ; mais qu'il existerait une distance dans l'espace entre

les deux axes. Le maximum de l'erreur pouvant provenir de cette origine correspondrait au cas où deux visées seraient faites dans deux positions successives dans lesquelles la plus courte distance de ces axes serait amenée à être perpendiculaire au plan vertical de symétrie du système de part et d'autre de ce même plan. Cette hypothèse est tout à fait irréalisable dans les applications que nous considérons en ce moment ; puisqu'elle impliquerait que l'une des deux visées serait effectuée dans une direction diamétralement opposée à celle du repère. Elle se réalise dans l'emploi des lunettes dont sont latéralement flanqués la plupart des appareils photogramétriques, quand, dans certaines manœuvres de réglage, on vient à retourner ces lunettes sur leurs supports. Quoi qu'il en soit, l'erreur qui y correspondrait sur l'angle α serait alors représentée par un angle ayant pour tangente la plus courte distance des deux axes, dans le cercle dont le rayon serait la distance de notre repère.

A une époque où nous nous occupions de télémétrie, nous avions l'avantage d'être en relations avec l'éminent astronome et constructeur PRAZMOWSKI. Notre savant conseiller ne manquait jamais d'entamer toute discussion sur cet ordre de questions en disant : « un pied représente une minute à mille mètres. » Nul ne l'a jamais dépassé dans l'art de manier quand besoin en était le centième de seconde et le millième de millimètre. Si, pour les circonstances courantes, il estimait que l'on peut se contenter d'une formule aussi rustique, c'est que cette formule vaut la peine d'être retenue. Si nous l'appliquons ici, elle nous montre qu'en conservant toujours notre repère situé à un kilomètre, un écart de centrage d'un centimètre, écart inadmissible dans un appareil tant soit peu décemment établi, correspondrait sur l'évaluation de l'angle α à une erreur d'un trentième de minute, tout à fait inférieure aux grandeurs dont nous pouvons songer à tenir compte.

§ 7. — ERREURS DE GRADUATION ET DE LECTURE

En résumé les erreurs que nous avons considérées jusqu'ici peuvent être rendues négligeables à la discrétion de l'opérateur. Pour les trois dernières à la fois cette condition se trouve réalisée par le seul choix d'un repère suffisamment éloigné. Il n'en est plus de même des erreurs qui nous restent à examiner, qui sont essentiellement inhérentes aux conditions de construction des instruments dont il nous est permis de disposer. Ce sont les erreurs de graduation et de lecture : 1^o du quadrillage ; 2^o du cercle. Nous allons voir toutefois qu'en focimétrie photographique, ces erreurs peuvent être tenues très au-dessous des limites hors desquelles leur influence deviendrait préjudiciable à la correction pratique des observations.

1^o Erreur afférente au quadrillage.

Le quadrillage des glaces dépolies des appareils destinés à l'application de notre méthode est établi à la machine à diviser avec une précision du dixième de millimètre pour l'ensemble du quadrillage. Pour des recherches systématiques de focimétrie, la perfection de l'outillage scientifique moderne permettrait de doubler les verticales, dans le voisinage de leur intersection avec l'horizontale médiane, d'éléments de traits de repère réglés avec une approximation du centième de millimètre pour des quadrillages d'un à trois décimètres de côté ; et il n'y a aucune difficulté à observer ces traits sous des grossissements qui mettent à même d'utiliser cette approximation.

En tout cas, il convient de remarquer que, pour retirer de mesures de ce genre toute la précision qu'elles peuvent comporter, il est indispensable de s'astreindre à toujours amener un même bord du repère en contact avec le bord du même côté des deux traits du quadrillage qui doivent intervenir dans l'observation. On fausserait sensiblement les indications de l'instrument en amenant par exemple successivement l'un puis l'autre bord de l'image d'un poteau télégraphique en contact respectivement avec les deux bords intérieurs ou les deux bords extérieurs des deux traits opposés. L'observation centre sur centre, toujours plus ou moins masquée par les réflexions irrégulières des rugosités du trait lui-même, laisse d'ailleurs constamment à désirer.

Quand on a apporté dans la double observation ainsi effectuée tous les soins qu'elle réclame, on peut admettre que la limite d'erreur absolue linéaire sur l'appréciation d'ensemble des deux extrémités de la base sera représentée par la limite de précision de la graduation. Pour une base de quadrillage de dix centimètres, avec une précision de graduation du dixième de millimètre, la limite d'erreur relative sera du millième; elle deviendrait du deux-millième avec un quadrillage de vingt centimètres de base; et du vingt-millième si l'on avait recours à des traits de repère auxiliaires, à la précision du centième de millimètre.

C'est parce que l'erreur absolue d'observation des extrémités de la base reste généralement la même, que cette base soit grande ou petite, qu'il est avantageux, dans l'intérêt de l'atténuation de l'erreur relative, de relever la plus grande longueur possible de base. C'est pour cette raison que, dans l'établissement théorique de la formule fondamentale, nous avons pris pour point de départ le relevé des valeurs 2α et $2l$ au lieu de celui des valeurs simples α et l , dont l'emploi immédiat rend pratiquement les opérations beaucoup plus expéditives.

Quelle que soit la valeur de l'erreur relative ainsi commise sur la détermination de la base, elle se reporte identiquement la même sur l'évaluation de la longueur focale. Par exemple, une erreur du millième dans l'appréciation de l'intervalle des deux positions de l'image du repère sur la glace dépolie entraîne la même erreur, et dans le même sens, d'un millième de la longueur focale à déterminer.

2^e Erreur afférente au cercle.

La limite de l'erreur de lecture des cercles habituellement employés dans la pratique peut de même être évaluée à une minute pour l'ensemble des deux visées. Pour des valeurs de l'angle α s'abaissez jusque dans le voisinage de 3° , valeurs qui se rencontrent en focimétrie microscopique, l'erreur relative résultante sur la valeur de la cotangente, et, consécutivement, sur celle de la longueur focale, est d'environ $\frac{1}{200}$. Pour l'angle de 45° , que donnent les objectifs grands angulaires de la photographie, cette même erreur relative se trouve réduite à $\frac{1}{40.000}$. On sait d'ailleurs qu'au point de vue purement géométrique, c'est pour cette dernière grandeur d'angle que l'erreur provenant de cette cause atteint sa valeur minimum. Elle recommence à croître quand on la dépasse; ce que permettraient à la rigueur les objectifs à angles extrêmes.

On sait de plus qu'au point de vue optique, même avec des objectifs qui comportent de telles ouvertures, la précision de l'observation devient plus que précaire à ces limites, à raison des phénomènes de diffusion et de réflexion totale qui se produisent

alors sur les deux faces de la glace dépolie ; et qu'il y a de ce chef tout avantage à se maintenir sensiblement en deçà. Nous ne désespérons pas d'arriver à éliminer ces dernières influences perturbatrices au moyen de loupes établies sur le principe des objectifs microscopiques à immersion, qui sont actuellement à l'étude en vue de faciliter l'observation plus complète des parties marginales du champ des objectifs grands angulaires. Toutefois, en ce qui concerne le problème particulier de la précision de la détermination de la longueur focale, les considérations géométriques rappelées précédemment n'en conserveront pas moins toute leur valeur. Aussi n'y aurait-il aucun avantage à étendre au delà de 45° la reproduction des tables numériques qui seraient spécialement destinées à cet objet.

Pour des valeurs de α de 20° à 30° , que donnent la plupart des objectifs photographiques qui valent la peine d'être soumis à des essais de précision, la limite de l'erreur relative qu'entraîne l'erreur de lecture du cercle varie de $\frac{9}{40.000}$ à $\frac{7}{40.000}$ pour la valeur de la cotangente et, par suite, pour celle de la longueur focale.

Les valeurs des erreurs de lecture et de graduation ne sont pas, dans la même mesure que les précédentes, sous la dépendance de l'opérateur. Elles sont la conséquence fatale des conditions de construction de l'outillage courant des ateliers et des laboratoires scientifiques modernes, ainsi que de l'éducation technique du personnel qui en fait usage. On conçoit que ces erreurs pourraient être notablement abaissées par un étalonnage plus rigoureux du quadrillage ; par l'emploi de cercles donnant une précision de $10''$, et même de $5''$; ainsi que par l'application des méthodes de répétition et de réitération familières aux astronomes et aux géodésiens. Toutefois ce sont là des expédients dont la mise en œuvre complique singulièrement les opérations, et requiert une spécialité d'éducation et une intensité d'attention peu compatibles avec les exigences d'une production tant soit peu active et avec la routine du travail journalier. A défaut de ces conditions, ils ne feraienr qu'introduire dans les résultats des illusions plus dangereuses que les incertitudes nettement définies inhérentes à un matériel et à des procédés d'un caractère moins exceptionnel.

(A suivre).

Commandant LEGROS.

SUR L'ALTERATION A L'AIR DU SULFITE DE SOUDE ANHYDRE

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et SEYEWETZ

Le sulfite de soude est, comme on le sait, habituellement employé pour empêcher l'oxydation à l'air des solutions révélatrices, grâce à sa propriété de se transformer facilement en sulfate. Il吸吸, en effet, rapidement l'oxygène de l'air qui pourrait agir sur le dévelopeur. On sait que cette oxydation peut se produire spontanément avant que le sulfite ait été employé dans la préparation des révélateurs, soit pendant sa fabrication, soit dans les vases où on le transporte, soit en solution, lorsqu'on prépare celle-ci à l'avance. Par suite de cette oxydabilité, le sulfite de soude est donc susceptible d'altération, ce qui rend son action incertaine et empêche d'obtenir dans la préparation des révélateurs des résultats constants.

Tout récemment, Namias (1) a montré, par l'analyse de divers échantillons de sulfites anhydres et cristallisés commerciaux, que ces produits ont une teneur variable en sulfite pur, pouvant dans certains cas s'abaisser jusqu'à 44,2 %, mais ne s'élevant pas au-dessus de 90 %. Il a reconnu, en outre, que l'altération à l'air est plus rapide avec le sulfite de soude anhydre, qu'avec le produit cristallisé. Il a enfin confirmé les expériences d'Ellis et de divers auteurs (2) sur l'oxydation rapide des solutions aqueuses de sulfite de soude commercial dans une bouteille à moitié pleine. Cette altération aurait lieu même en opérant à l'abri de l'air.

En raison de l'altérabilité du sulfite de soude, Namias conseille de renoncer à l'emploi de ce corps et de le remplacer par le métabisulfite de potasse

$$\left. \begin{array}{c} \text{SO}_3^2 \\ \text{O} \\ \text{O} \\ \text{SO}_3^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{O K} \\ \text{O} \\ \text{O K} \end{array}$$

corps très peu altérable. Malheureusement, ce corps a une réaction acide et retarde notablement le développement, aussi pour l'utiliser, dans les mêmes conditions que le sulfite de soude, il est nécessaire d'ajouter ses solutions de quantités convenables de potasse ou de soude caustique (3 gr. 5 de soude ou 5 gr. de potasse pour 10 gr. de métabisulfite, d'après Namias).

Nous avons pensé qu'il était préférable avant de condamner l'emploi si pratique du sulfite de soude en photographie et son remplacement par un corps acide qui doit être neutralisé au moment de son emploi, d'étudier quelles sont les conditions d'altération du sulfite. Il sera alors possible d'indiquer les moyens à employer pour empêcher ou réduire à son minimum cette altération.

Nous nous sommes proposés de déterminer les causes qui favorisent l'oxydation à l'air non seulement du sulfite de soude anhydre et du sulfite de soude cristallisé, mais aussi du métabisulfite de potasse et du bisulfite de soude, c'est-à-dire tous les dérivés de l'acide sulfureux les plus couramment employés en photographie.

Dans l'étude suivante nous nous bornerons à exposer les premiers résultats de nos travaux : ils sont relatifs seulement à l'altération à l'air du sulfite de soude anhydre.

(1) *Bulletin de la Société suisse de photographie*, p. 343 (1903).

(2) *Hauberrisser das atelier des photographen*, 1903, p. 429.

4^e ALTÉRATION DU SULFITE DE SOUDE ANHYDRE A L'ÉTAT SOLIDE

Nous avons d'abord recherché si le sulfite de soude anhydre s'oxyde à l'air lorsqu'on l'expose en couche mince à la température ordinaire, soit dans l'air relativement sec, soit dans l'air très humide, ainsi qu'aux températures de 50° et de 100°. Pour suivre l'altération du sulfite, nous y avons dosé l'acide sulfureux au moyen d'une liqueur d'iode demi-décime normale, qu'on ajoute dans 10^{cc} de liqueur d'iode demi-décime normale, qu'on ajoute dans 10^{cc} de liqueur de sulfite ramenée par dilution dans tous les cas à une teneur de 1 0/0 (1). Ces 10^{cc} de liqueur placés dans un verre et étendus de leur volume d'eau sont additionnés de quelques gouttes d'embois d'amidon. On introduit peu à peu dans ce mélange la liqueur d'iode titrée jusqu'à coloration bleue persistante.

Voici les résultats des titrages effectués sur un sulfite anhydre :

DATE DU TITRAGE	AIR RELATIVEMENT SEC tempér. 15°.	AIR TRÈS HUMIDE tempér. 15°.	SULFITE MAINTENU A 50°.	SULFITE MAINTENU A 100°.
5 décembre.	29 ^{cc} liqr d'iode.	29 ^{cc} liqr d'iode.	29 ^{cc} liqr d'iode.	29 ^{cc} liqr d'iode.
8 —	29,1 —	28,7 —	29 —	29 —
12 —	29 —	26 —	29 —	29,4 —
16 —	28,8 —	25,3 —	28,9 —	29,2 —
21 —	29 —	24,1 —	28,7 —	29,4 —
30 —	28,5 —	24 —	28,5 —	29 —
5 janvier.	28,5 —	21 —	28,7 —	29 —

Les résultats précédents montrent donc que le sulfite de soude anhydre à l'état solide et sec ne s'altère pas sensiblement à l'air, même s'il est porté à une température de 100°. L'altération a lieu, mais lentement, lorsque ce produit est exposé à l'air très humide. Dans tous les cas, du reste, on s'est placé dans les conditions les plus favorables à l'oxydation, le sulfite ayant été placé à l'air en couche très mince.

2^e ALTÉRATION DES SOLUTIONS DE SULFITE DE SOUDE ANHYDRE

Divers auteurs ont signalé l'altération que subissent les solutions de sulfite de soude, mais aucune observation précise n'a été faite jusqu'ici sur la rapidité de cette altération pour une concentration déterminée ainsi que sur l'influence de la température et de la concentration sur la vitesse de l'oxydation.

A. *Influence de la concentration pour une même température.*

On a fait avec un même échantillon de sulfite de soude anhydre deux litres de solutions à 1 0/0, 3 0/0, 5 0/0, 10 0/0, 20 0/0. Chacune de ces solutions a été divisée en deux parties égales et chaque portion, soit un litre, a été mise dans deux flacons de 2 litres dont l'un a été bouché et l'autre est resté débouché, afin d'étudier l'influence du bouchage dans un flacon à moitié plein. Chaque solution a été titrée quotidiennement.

(1) Ce sulfite anhydre dans 10^{cc} de solution à 10 0/0 exigeant 29^{cc} de liqueur 1/2 décime normal (6 gr. 35 par litre) renferme d'après le calcul 91 gr. 35 0/0 pur SO_3Na^2 .

Pour ce titrage, toutes les liqueurs ont été convenablement diluées de façon à ne renfermer que 1 0/0 de sulfite. On a employé 10^{cc} de liqueur en opérant exactement comme nous l'avons indiqué plus haut.

Les résultats trouvés dans ces titrages ne sont pas absous, leur comparaison seule est intéressante. Les nombres obtenus varient, en effet, suivant la dimension des flacons, la quantité de liquide qu'ils renferment, la surface de contact du liquide avec l'air, la température extérieure.

En outre, pour une même solution un nombre n'est pas tout à fait comparable aux suivants et cela d'autant moins que la quantité de liquide contenu dans le flacon devient plus faible au fur et à mesure des titrages quotidiens.

La surface d'absorption de l'oxygène reste, en effet, toujours la même quelle que soit la quantité de liquide.

Aussi remarque-t-on que dans les solutions s'oxydant le moins rapidement, solutions qui sont celles où l'on a fait un très grand nombre des titrages, la vitesse d'oxydation s'accroît au fur et à mesure que le nombre de titrages augmente.

Dans le tableau suivant, nous indiquons les résultats de nos opérations :

TENEUR DE LA SOLUTION	DURÉE DU CONTACT AVEC L'AIR	POIDS DE SULFITE oxydé pour 400 gr. desulfite total employé.	POIDS DE SULFITE oxydé pour 100 cc. de solution après 7 jours
<i>Solution à 1 0/0.</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 7 jours, oxydation totale	100 0/0	4 gr.
Flacon à moitié plein et bouché	Après 7 jours. . . .	73 0/0	0 gr. 75
	Après 44 jours, oxydation totale . . .	100 0/0.	
<i>Solution à 3 0/0.</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 7 jours. . . .	61 0/0.	4 gr. 83
Flacon à moitié plein et bouché	Après 42 jours, oxydation totale	100 0/0.	
	Après 7 jours	20 0/0.	0 gr. 6
	Après 1 mois. . . .	72 0/0.	
<i>Solution à 5 0/0.</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 7 jours	27 0/0.	4 gr. 35
Flacon à moitié plein et bouché	Après 48 jours, oxydation totale	100 0/0.	
	Après 7 jours. . . .	10 0/0.	0 gr. 5
	Après 1 mois. . . .	34 0/0.	
<i>Solution à 10 0/0.</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 7 jours	40 0/0.	4 gr.
Flacon à moitié plein et fermé. . . .	Après 1 mois. . . .	98 0/0.	
	Après 7 jours. . . .	5 0/0.	0 gr. 5
	Après 1 mois. . . .	32 0/0.	
<i>Solution à 20 0/0.</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 7 jours. . . .	2,4 0/0.	0 gr. 48
Flacon à moitié plein et fermé. . . .	Après 1 mois. . . .	14 0/0.	
	Après 7 jours. . . .	0,5 0/0.	0 gr. 1
	Après 1 mois. . . .	6,5 0/0.	

Le tableau précédent montre que le rapport entre le poids de sulfite oxydé au bout du même temps, dans des solutions de concentration variable et le poids total de sulfite que renferme un même volume de solution est d'autant plus faible que la concentration est plus grande.

Ainsi on voit qu'après 7 jours la totalité du sulfite soit 100 0/0 est oxydée dans la solution à 1 0/0, tandis qu'au bout du même temps il n'y a que 2, 4 0/0 de la totalité du sulfite qui a disparu dans une solution à 20 0/0 (1).

Si l'on calcule la quantité de sulfite oxydée dans 100^{cc} de solution, on voit que c'est avec la solution à 20 0/0 que cette quantité est la plus faible. Ainsi au lieu de 1^{er} environ de sulfite oxydé après 7 jours pour 100^{cc} de liquide dans la solution à 1 0/0 on trouve seulement 0 g. 48 avec la solution à 20 0/0.

On peut donc considérer l'altération des solutions de sulfite anhydre à 20 0/0 comme notablement plus faible que celle des solutions de concentration moindre.

B. Influence de la température pour une même concentration.

Nous avons répété des expériences semblables aux précédentes, en opérant avec des solutions de sulfite de soude anhydre à 1 0/0 que l'on a maintenues respectivement aux températures de 15°, 23°, 35° et 45°. Chaque essai avait lieu sur un litre de liquide placé dans un flacon de deux litres et comportait pour une même température un flacon ouvert et un flacon bouché.

Pour les flacons ouverts on a obtenu l'oxydation totale :

- Après 6 jours, à 15°;
- Après 4 jours, à 23°;
- Après 3 jours, à 35°;
- Après 2 jours 1/2, à 45°.

Dans les flacons fermés l'altération a été complète :

- Après 14 jours, à 15°;
- Après 12 jours, à 23°;
- Après 12 jours, à 35°;
- Après 11 jours, à 45°.

L'oxydation paraît donc d'autant plus rapide que la température est plus élevée surtout si l'on opère en flacon ouvert.

C. Altération des solutions à leur température d'ébullition.

Nous avons recherché avec quelle rapidité s'oxydent les solutions de sulfite de soude anhydre à divers états de concentration quand on les fait bouillir en présence de l'air. On a opéré sur des solutions à 1 0/0, 3 0/0, 5 0/0, 10 0/0 et 20 0/0. Chaque solution était titrée avant chauffage puis portée et maintenue à l'ébullition dans des capsules de deux litres en prenant la précaution de compenser la perte d'eau au fur et à mesure de l'évaporation. On arrêtait chaque opération au bout du temps convenable et on procédait au titrage. Dans tous ces titrages la solution a été ramenée

(1) Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, les flacons de 2 litres qui renferment 1 litre de liquide sont à moitié pleins au début des essais, mais lorsque les expériences ont été répétées pendant 1 mois il reste finalement environ 30^{cc} de liquide dans le flacon de deux litres.

après refroidissement exactement à son volume primitif puis diluée de telle sorte que sa teneur correspond à 1/0/0 par rapport à la liqueur initiale.

Nous indiquons dans le tableau suivant les résultats obtenus dans le titrage des solutions de sulfite anhydre de diverses concentrations après ébullition pendant des temps variables.

TENEUR DE LA SOLUTION	DURÉE DE L'ÉBULLITION	POIDS DE SULFITE oxydé pour 100 gr. de sulfite total employé.	POIDS DE SULFITE oxydé pour 100 cc. de solution après 2 heures d'ébullition.
Solution à 1 0/0	2 heures . . .	97 0/0 . . .	0 gr. 97
	2 heures 1/2 . .	400 0/0 . . .	
Solution à 3 0/0	2 heures . . .	49 0/0 . . .	0 gr. 57
	4 heures . . .	44 0/0 . . .	
Solution à 5 0/0	2 heures . . .	43,6 0/0 . . .	0 gr. 68
	5 heures . . .	27,5 0/0 . . .	
Solution à 10 0/0	2 heures . . .	2,7 0/0 . . .	0 gr. 27
	10 heures . . .	1,4 0/0 ! . . .	
Solution à 20 0/0	2 heures . . .	0,8 0/0 . . .	0 gr. 16
	12 heures . . .	4,5 0/0 . . .	

L'examen des chiffres du tableau précédent montre qu'à leur température d'ébullition, les solutions étendues sont beaucoup plus oxydables que les solutions concentrées. Ce résultat peut se déduire non seulement de l'examen comparatif des poids de sulfite oxydé, par rapport à 100 gr. de sulfite employé, mais aussi par rapport à un même volume de solution.

Si l'on compare, par exemple, les solutions à 1 0/0 et à 20 0/0 on voit qu'après 2 heures d'ébullition il y a eu dans la 1^{re} 97 0/0 de la totalité du sulfite qui s'est oxydée et 0,8 0/0, dans la 2^{me} soit 0,97 de substance pour 100^{cc} de solution à 1 0/0 et 0 gr. 16 pour le même volume de solution à 20 0/0.

CAUSE DE L'OXYDATION DES SOLUTIONS DE SULFITE DE SOUDE

Nous avons recherché à quelle cause on peut attribuer l'oxydation des solutions de sulfite de soude. L'oxygène primitivement dissous dans l'eau ne nous a pas paru influer sensiblement sur cette altération, car on n'observe pas de différence appréciable dans la vitesse d'oxydation en employant des solutions préparées avec de l'eau bouillie ou non bouillie et conservées dans des flacons hermétiquement bouchés.

Dans tous les cas, les solutions de sulfite de soude anhydre ne subissent pas d'altération appréciable quelle que soit leur concentration, même au bout d'un temps très long, si on les conserve en flacon plein et bouché hermétiquement, quelle que soit la température extérieure.

L'oxygène de l'eau ne paraît donc nullement intervenir dans le phénomène et l'oxygène de l'air semble être l'agent de la réaction. C'est sans doute en se dissolvant dans le liquide au fur et à mesure de sa fixation que l'oxydation peut se poursuivre.

N'y a-t-il pas lieu de déduire, d'après cela, que si les solutions étendues s'oxydent plus facilement que les solutions concentrées c'est peut-être parce que l'oxygène est moins soluble dans ces dernières que dans les premières.

CONCLUSIONS

On peut tirer des expériences précédentes une série de conclusions pratiques :

1^o Le sulfite de soude anhydre exposé même en couche mince à l'air, à la température ordinaire, ou à température élevée ne subit pas d'altération appréciable sauf lorsqu'il se trouve dans une atmosphère très humide.

2^o Les solutions de sulfite de soude anhydre de faible teneur s'oxydent très rapidement à l'air à la température ordinaire. Dans des solutions de concentrations diverses, le rapport entre la quantité de sulfite oxydé au bout du même temps et la quantité totale de sulfite dissous est d'autant plus faible que la solution est plus concentrée.

3^o Les solutions concentrées, à partir de la teneur de 20 0/0, sont très peu oxydables, même si elles sont conservées dans un flacon débouché et présentant avec l'air une très grande surface de contact. *Il y a donc avantage, si l'on veut conserver le sulfite en solution, à employer des solutions concentrées.*

4^o A leur température d'ébullition les solutions de sulfite de soude anhydre s'oxydent d'autant plus rapidement qu'elles sont plus diluées. A partir de la teneur de 20 0/0 on peut maintenir à l'ébullition à l'air ces solutions sans qu'elles s'altèrent sensiblement.

SUR LA REPRODUCTION DES OBJETS DIFFICILES PAR LA PHOTOMICROGRAPHIE

II

Dans le précédent article nous nous sommes occupés des conditions essentielles auxquelles devaient satisfaire les objectifs pour être susceptibles de reproduire les fines structures. Comme premier point nous avons établi que l'ouverture numérique doit être en rapport avec la ténuité des détails qu'il s'agit de résoudre et que l'image projetée soit assez fortement amplifiée pour que l'œil puisse les résoudre à son tour, ou que le procédé d'impression puisse les reproduire avec assez de netteté.

Mais ces deux conditions ne seraient pas suffisantes si ces objectifs, convenablement choisis, ne sont pas employés dans des conditions bien déterminées et indispensables, car on ne peut s'en écarter sans compromettre plus ou moins la perfection de l'image. C'est, en somme, l'exposé de nouvelles règles que nous avons maintenant à aborder ; à la suite nous envisagerons les divers moyens que l'on peut mettre en œuvre soit pour donner plus de relief ou de contrastes aux fins détails et faciliter ainsi leur reproduction, soit pour faire travailler l'objectif dans les meilleures conditions possibles.

Avant d'étudier ces divers côtés de la question, il ne serait pas inutile d'étudier plus à fond les qualités des objectifs, de montrer toute l'importance que présente la parfaite correction des aberrations ; ce qui nous conduirait sans le moindre doute à adopter de préférence les objectifs *apochromatiques*, dans lesquels elle est à peu près complètement réalisée, mais dont le prix très élevé vient souvent constituer un obstacle ; je remets toutefois cette partie du sujet à un peu plus tard, qui vu son importance et son intérêt, mérite, je crois, d'être traitée en détail. Je supposerai donc, dans ce qui va suivre, que nous opérons avec des objectifs *achromatiques*, aussi bien corrigés que le permet leur construction, tels, en un mot, que les fournissent actuellement les bons constructeurs (1).

(1) Pour l'emploi des nouveaux verres les opticiens sont parvenus à construire des objectifs achromatiques dans lesquels les corrections chromatique et sphérique sont poussées à un point plus élevé que lorsqu'ils n'avaient à leur disposition que le flint et le crown ordinaires. Les objectifs de construction récente sont, en effet, bien corrigés achromatiquement pour la partie la plus claire du spectre, entre la ligne D (dans le jaune) et la ligne F (dans le bleu), tandis que dans les anciens elle était seulement réalisée pour les rayons intermédiaires entre le jaune et le vert. La correction comprend donc, dans les nouveaux systèmes, les rayons utilisés dans les observations oculaires et, en majeure partie, ceux qui agissent sur la plaque photographique ; aussi les objectifs spécialement construits pour l'observation conviennent-ils parfaitement à la photographie, tandis qu'autrefois il fallait, pour obtenir des résultats parfaits, posséder deux séries, l'une pour l'observation, l'autre pour le travail photographique.

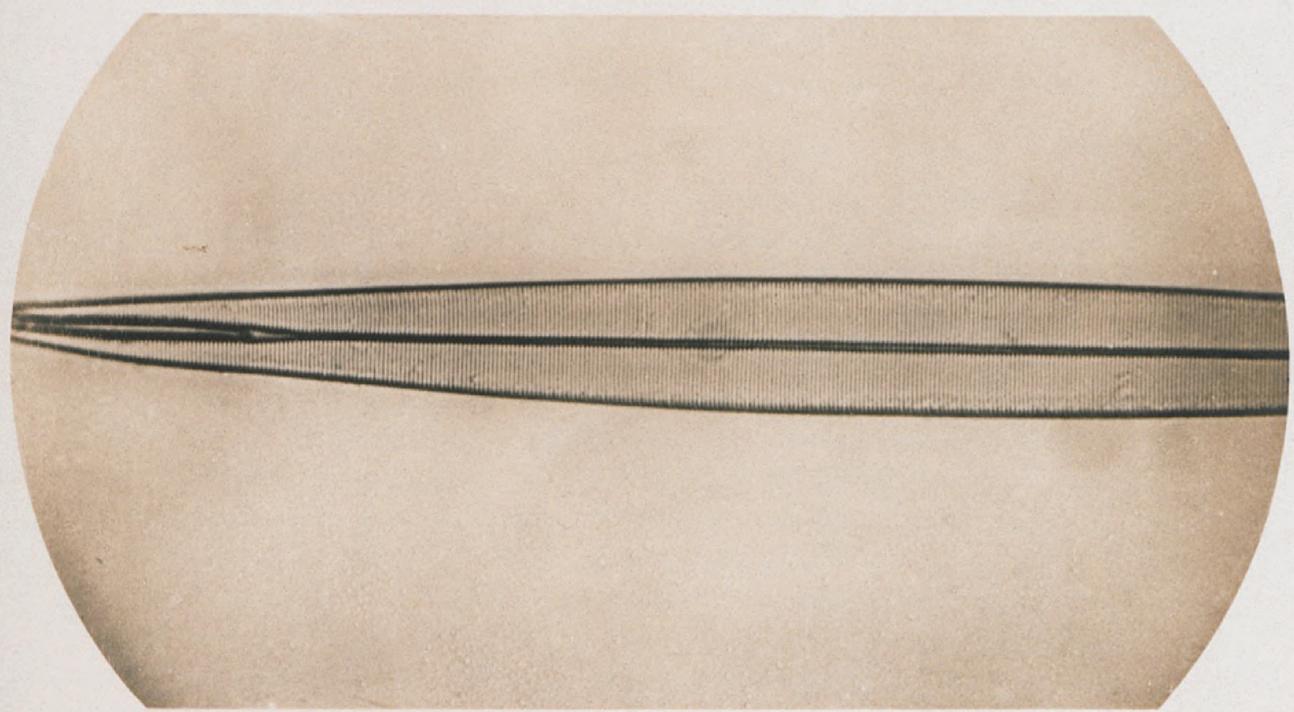


fig. 7

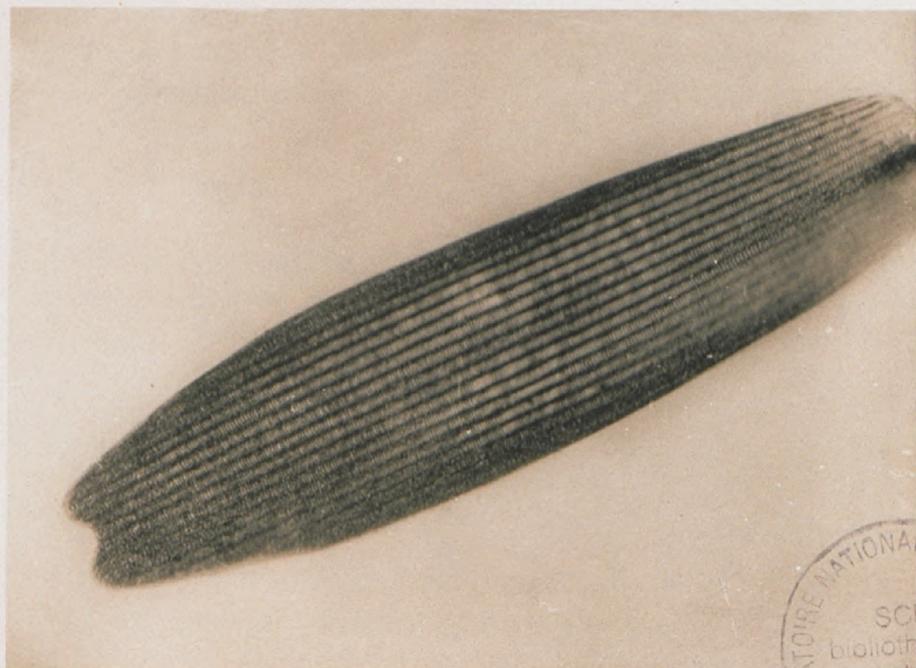
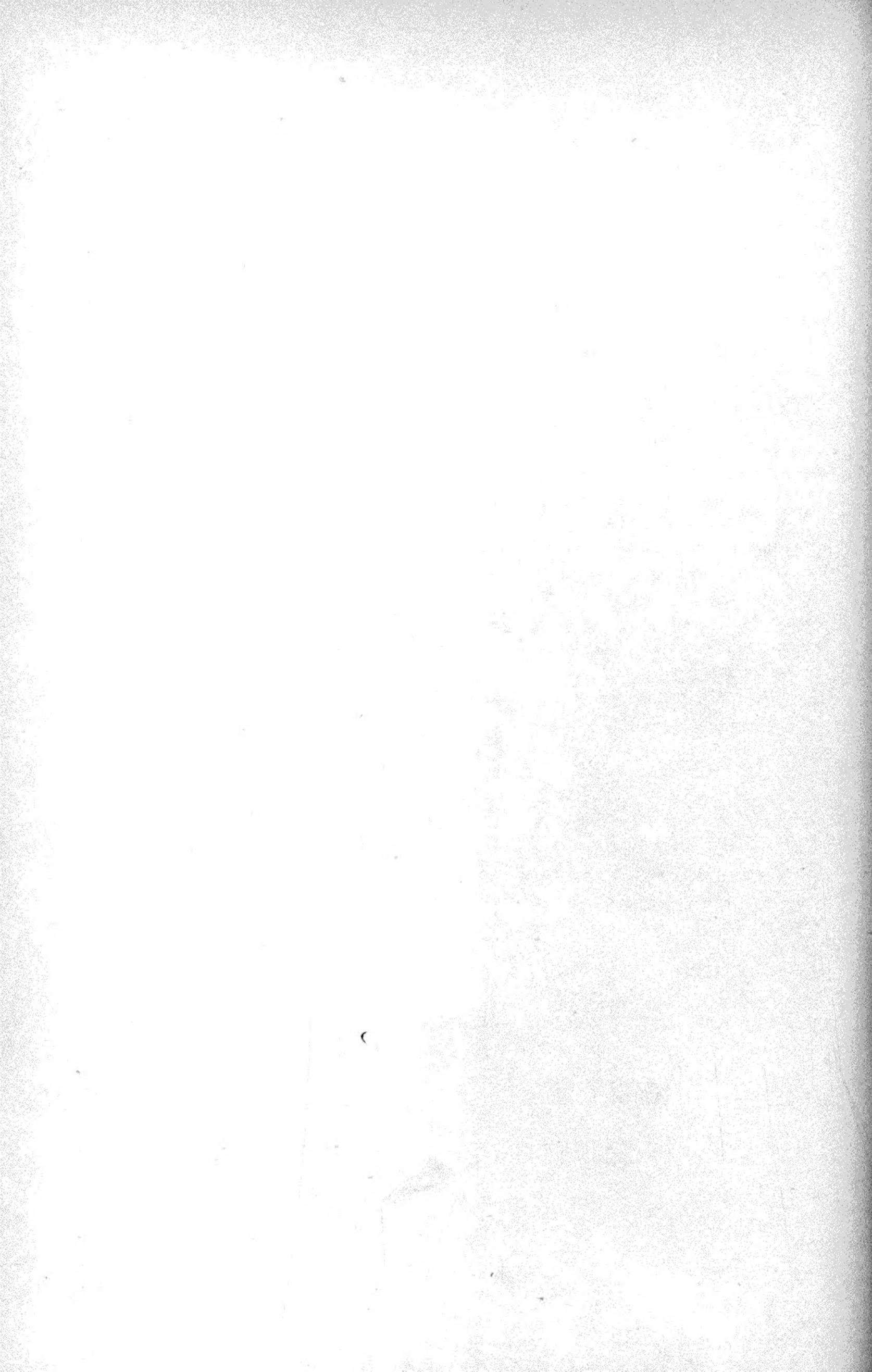


fig. 8





Je serai parfois obligé d'énoncer, ou tout au moins rappeler, quelques considérations un peu trop théoriques peut-être, mais j'ajoute que je n'y aurai recours que tout autant qu'elles me paraîtront indispensables pour qu'on s'explique bien les raisons qui ont fait adopter comme règle des prescriptions qui pourraient paraître sans cela inutiles ou sans grande importance.

Puisque, pour reproduire des objets à structure fine, nous devons généralement adopter un grossissement considérable, il est évident que la lumière renvoyée à travers l'objet par le simple miroir plan ou concave serait bien insuffisante pour obtenir une image assez éclairée pour en effectuer la mise au point, ou bien cela pourrait-il se faire, la pose devrait être fort longue. Ce manque de lumière, toutefois, s'il est pratiquement de premier ordre, n'est que secondaire à un autre point de vue, car, nous allons le voir, nous sommes obligés de faire usage d'un système de lentilles destiné à éclairer l'objet qu'on doit observer ou photographier ; le condensateur en effet a pour fonction de fournir un cône de rayons éclairants dont l'ouverture doit être un peu inférieure seulement à celle de l'objectif quand il s'agit d'objets incolores (diatomées) et être, à peu de chose près, d'égale valeur quand on veut observer ou photographier des objets colorés (bactéries) (1).

Le condensateur pour fournir un large cône fait donc converger sur l'objet une somme considérable de rayons lumineux et augmente, par conséquent, énormément l'intensité de l'éclairage rendant la mise au point facile et abrégeant la pose.

Pour retirer d'un condensateur tout le bénéfice qu'il est susceptible de fournir, on doit observer certaines règles, et je viens tout à l'heure de signaler la première relative à la proportionnalité de son ouverture et de celle de l'objectif ; la seconde c'est que son foyer coïncide avec le plan de l'objet, de telle sorte que celui-ci soit compris entre le foyer du condensateur, d'une part, et celui de l'objectif de l'autre. On réalise ainsi ce que les auteurs anglais désignent sous le nom de *critical light* ; la conséquence en est, en premier lieu, que l'éclairage atteint alors son maximum d'intensité et, en second lieu, que l'objet se trouvant confondu avec l'image de la flamme (de la source de lumière) semble être lumineux par lui-même et ne joue pas le rôle d'écran, par suite ses contours donnent une image plus nette, n'étant pas entourés de franges de diffraction.

Je m'étendrai un peu longuement sur les qualités que doivent posséder les condensateurs et sur leur mode d'emploi, parce que cette question me semble trop négligée en France de la part de bon nombre d'opérateurs, et aussi de la part de nos constructeurs, qui paraissent se résoudre avec peine à nous fournir des systèmes d'éclairage répondant aux conditions auxquelles ils doivent satisfaire pour réaliser un condensateur à peu près parfait.

Dans un tel système nous avons à considérer :

(1) Cette obligation d'avoir recours à des cônes éclairants de large ouverture et en rapport avec celle de l'objectif découle de ce que la formule $\epsilon = \frac{\lambda}{2a}$ qui détermine le pouvoir résolvant a été calculée pour un cône éclairant égal à l'O N. Avec un éclairage central ce pouvoir devient $\epsilon = \frac{\lambda}{a}$ c'est-à-dire deux fois plus petit. Cette diminution du pouvoir résolvant provient de ce que les fins détails ne sont rendus visibles que par les faisceaux diffractés ou secondaires, dont le nombre augmente avec l'obliquité des rayons éclairants, c'est-à-dire avec l'ouverture du cône émis par le condensateur.

- 1^o Son foyer ;
- 2^o Son ouverture numérique ;
- 3^o La valeur du cône lumineux réellement aplanétique qu'il fournit ;
- 4^o Et, comme dernière qualité, son pouvoir définissant.

Les condensateurs de grande ouverture numérique ne possèdent, comme les objectifs similaires, qu'une distance focale et un champ forcément restreints ; il s'ensuit autant pour cette raison, que pour celle que nous connaissons déjà (que leur ouverture soit en rapport avec celle des objectifs auxquels on les associe), qu'il faudrait posséder autant de condensateurs que l'on a d'objectifs de pouvoirs différents, soit comme ouverture numérique, soit comme foyer. Toutefois, grâce au diaphragme iris qui l'accompagne, un même condensateur peut donner un cône éclairant de valeur très variable ; il en résulte qu'un seul système peut s'associer à plusieurs objectifs d'ouverture différente ; on n'est, en somme, limité que par ce fait qu'il devient inutilisable lorsque le champ éclairé qu'il fournit est de dimensions inférieures à celles du champ embrassé par l'objectif ; limite bientôt atteinte, il est vrai, lorsqu'il s'agit de condensateurs à grande ouverture.

Cette considération nous porte donc à avoir à notre disposition un condensateur spécialement destiné à servir avec les objectifs puissants, avec cette considération qu'en dévissant sa lentille frontale on diminue son ouverture numérique, on en agrandit le champ en allongeant son foyer ; de la sorte il devient applicable aux objectifs moyens. Toutefois, ce n'est là qu'un pis aller, car le système n'étant plus complet, les aberrations des lentilles que l'on conserve se trouvent mal et incomplètement corrigées. En définitive, lorsqu'on vise les meilleurs résultats il reste acquis qu'il est indispensable de posséder des condensateurs qui, dans leur entier, soient appropriés aux objectifs qu'on doit leur associer.

Enfin, pour ne considérer que les condensateurs à grande ouverture, puisque cette remarque leur est uniquement applicable, leur foyer, ou mieux leur distance frontale doit être, vu leur mode d'emploi, légèrement supérieure à l'épaisseur ordinaire des porte-objets (soit environ 1^{mm}5 à 1^{mm}7) (1) sans quoi il serait impossible de faire coïncider l'image de la source éclairante avec le plan de l'objet. En outre, ils doivent être à immersion, si leur ouverture numérique est supérieure à l'unité, et cela pour les mêmes raisons, bien connues des micrographes, qui ont fait adopter l'immersion quand il s'agit des objectifs (2).

Comme conclusion on peut poser qu'on doit avoir à sa disposition au moins deux condensateurs, l'un à immersion et dont l'ouverture numérique se rapproche de 1.30 et l'autre à sec, de 0.60 O.N environ.

(1) Le nouveau condensateur à grande ouverture n° 34 de la maison Leitz exige, toutefois, des porte-objets particulièrement minces puisque leur épaisseur ne doit pas dépasser 0^{mm}7.

(2) S'il n'était pas utile que dans certains cas (examen des bactéries colorées, emploi de la lumière oblique) on fasse usage d'un cône éclairant d'ouverture supérieure aux 2/3 de celle de l'objectif, on ne serait pas obligé d'avoir recours à des condensateurs d'une ouverture numérique dépassant ou atteignant même l'unité et devant, par conséquent, pour l'utiliser tout entière, être employés avec un liquide d'immersion. Si nous considérons, en effet, un objectif de 1.40 O.N, qui est la plus grande réalisée dans les objectifs (à une exception près), les 2/3 de 1.40 = 0.92. Un condensateur de 0.92 à 0.95, c'est-à-dire pouvant être employé à sec, suffirait toutes les fois qu'il s'agirait de diatomées ou autres objets incolores et qu'on ne ferait pas usage d'un éclairage oblique très accentué.

Si l'ouverture totale d'un condensateur est, comme je l'ai fait voir, d'une grande importance, il est tout aussi important que l'ouverture du cône *aplanétique* qu'il émet soit très élevée, égale, à peu de chose près, à l'ouverture du cône total, car c'est la valeur seule du cône aplanétique qu'il faut prendre en considération pour estimer les qualités de ces systèmes optiques, puisque c'est le cône aplanétique qui doit être uniquement utilisé lorsqu'il s'agit de fines résolutions.

Si nous considérons le condensateur de Abbe, de 1.40 O N, dont sont ordinairement munis les microscopes, nous le trouvons bien suffisant comme ouverture totale mais, par contre, il ne doit être considéré que comme un instrument très inférieur en envisageant la valeur du cône aplanétique qu'il fournit, puisqu'elle égale à peine 0.50. Un tel système ne peut donc suffire lorsqu'on vise les meilleurs résultats. Il n'en est plus de même de plusieurs condensateurs, établis par un certain nombre d'opticiens, malheureusement tous étrangers, dont les corrections chromatique et sphérique sont poussées à un haut degré. Pour ne citer qu'un exemple, je dirai que je possède un condensateur *holoscopique* de la maison Watson et Sons, de Londres, dont l'ouverture totale égale 1.35 et dont le cône aplanétique dépasse légèrement 1.25.

Il serait à désirer que nos opticiens français, maintenant que l'on vise de plus en plus à la perfection des épreuves photomicrographiques, ne restent pas en retard sur leurs concurrents anglais ou allemands.

Je viens de citer plusieurs fois l'expression de *cône aplanétique*, il ne sera pas, je crois, inutile de dire ce que l'on entend par le mot aplanétique. D'après son étymologie il signifie « exempt d'aberrations » ou, en d'autres termes, que tous les rayons émanant, autant des parties centrales que des parties marginales d'un système de lentilles parfaitement aplanétique, se concentrent en un même point de l'axe principal. Un tel système n'existe pas, tous sont affectés, à un degré plus ou moins élevé, de ce que l'on nomme l'aberration chromatique et de l'aberration sphérique. Pour ne considérer que cette dernière, nous dirons que les rayons marginaux forment ordinairement leur foyer en un point de l'axe plus rapproché des lentilles que les rayons centraux ; un tel système est dit *corrigé par défaut*.

L'opticien, au moyen de verres de propriétés différentes, cherche à rapprocher d'un point unique ces foyers secondaires dispersés sur l'axe ; le système ainsi combiné peut même arriver à être *corrigé par excès* ; possédant, par conséquent, le défaut contraire à celui du système que nous envisagions tout à l'heure ; il sera enfin d'autant plus parfait qu'une plus grande somme de rayons seront amenés à former un foyer unique, c'est-à-dire que son ouverture aplanétique sera une fraction plus grande du cône total.

On reconnaîtra qu'un condensateur est bien corrigé à ce que, lorsqu'il est bien centré (1) et mis au foyer dans le plan de l'objet, doit laisser voir, lorsqu'on met l'œil à l'oculaire, l'objectif donnant lui-même une image nette de cet objet, une image très brillante de la flamme, tandis que le reste du champ est comparativement obscur et sans teinte dégradée (2).

(1) Nous verrons plus tard comment on effectue ce centrage et comment on reconnaît qu'il est rigoureusement fait.

(2) Ceci suppose que nous faisons usage pour cet essai d'un objectif dont le champ est un peu supérieur à celui du condensateur ou que la source se trouve assez éloignée pour ne fournir qu'une image très petite.

Pourquoi faut-il se servir de condensateurs parfaitement corrigés, c'est-à-dire possédant une grande ouverture aplanétique par rapport à leur ouverture totale ?

Bien que j'aie déjà dit quelques mots sur ce sujet, j'y reviens maintenant que nous connaissons mieux ce qui constitue les défauts de correction. La raison d'être des condensateurs consiste à concentrer la plus grande somme possible de rayons lumineux dans le plan de l'objet et rien que dans ce plan. Si, en effet, par suite de corrections imparfaites, certains de ces rayons se concentrent en avant ou en arrière, il en résulte d'abord une perte de lumière et, surtout, sa dispersion dans le champ. De plus, lorsque nous employons une source de peu d'étendue (lumière oxhydrique, flamme vue par la tranche), nous n'obtiendrons qu'un champ inégalement éclairé ; défaut qui est immédiatement visible et dont on ne peut s'affranchir. Enfin nous ne pourrons jamais obtenir une image nette de la flamme dans toutes ses parties, puisque, par suite des fortes aberrations, la netteté se perd au centre quand on met au point sur les bords et *vice versa*. Or, comme la meilleure image, ou la meilleure définition se produit seulement aux points où l'objet est à la fois au foyer exact du condensateur et de l'objectif, il est évident qu'avec un condensateur très imparfaitement corrigé, l'image ne saurait être également parfaite dans toute son étendue et d'égale intensité dans toutes les parties du champ.

Comme dernière qualité des condensateurs je citais leur définition, au sujet de laquelle il est bon de faire cette remarque qu'il n'est pas utile qu'ils la possèdent au même degré de perfection que les objectifs, ce qui les rendrait trop coûteux et serait sans avantage, bien qu'elle doive être néanmoins assez bonne pour qu'on puisse obtenir une image précise de la flamme, sans cela il serait impossible d'obtenir la parfaite coïncidence de cette image et du plan de l'objet.

Nous avons donc établi jusques ici que pour les travaux délicats, pour la reproduction des structures fines, il est quatre règles auxquelles il faut strictement se conformer et j'ai fait la remarque que la discussion de la seconde ferait l'objet d'un travail ultérieur, je rappelle ici ces quatre règles :

1^o Employer des objectifs d'ouverture numérique appropriée à la ténuité des détails qu'il s'agit de reproduire ;

2^o S'adresser aux objectifs dont les aberrations sphériques et de réfrangibilité sont corrigées au plus haut degré ;

3^o Associer à ces objectifs des condensateurs d'ouverture numérique à peu près égale dans certains cas, ou légèrement inférieure dans la plupart des autres et dont les aberrations également soient bien corrigées.

4^o Faire coïncider l'objet, d'une part, avec l'image de la flamme, c'est-à-dire avec le plan focal du condensateur, et, de l'autre, avec le plan focal de l'objectif.

Dans le prochain article nous passerons en revue d'autres préceptes plus secondaires, mais dont la valeur ou le profit qu'ils apportent sont loin d'être négligeables, puisqu'ils modifient singulièrement les résultats ou rendent le travail relativement facile dans beaucoup de cas où l'on n'obtiendrait qu'une épreuve à peu près inacceptable.

Comme les matières que nous avons traitées dans ce présent numéro ne comportent pas d'exemple de reproductions venant à l'appui du texte, les deux figures qui l'accompagnent serviront à démontrer ce que je disais dans le précédent à savoir : que l'on avait souvent avantage à adopter une forte amplification pour que les détails tenuis prennent assez d'importance pour être certain que le procédé d'impression

soit capable de les reproduire nettement. Les deux figures intercalées ne sont en effet que des agrandissements des planches 4 et 3 du précédent article, dans lesquelles les détails étaient peu visibles, tandis qu'ils sont nettement reproduits sur les épreuves agrandies ; cependant, comme je le disais, ce sont les mêmes négatifs qui ont servi à obtenir les unes et les autres ; il est bon de plus de remarquer que l'on perd toujours quelques détails dans la suite des opérations nécessaires pour passer d'un premier négatif à un second, surtout quand celui-ci doit être agrandi.

(*A suivre*).

L. MATHET.

SUR LA SPECTROPHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE

a) *Homogénéité des plaques photographiques du commerce.*

J'ai étudié cette question sur un très grand nombre de plaques au gélatinobromure d'argent. Le dispositif employé est le suivant ; il a été indiqué pour la première fois par M. BOUASSE, dans son mémoire sur les actions photographiques (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1894) :

Une source de lumière (lampe de Nernst) maintenue constante, éclaire la fente d'un spectroscope à trois prismes de flint. La radiation étudiée est isolée au moyen d'une fente de 8 mm. \times 4 mm. 5 percée dans un écran métallique mince. Derrière cette fente se trouve la plaque photographique, placée sur un chariot micrométrique. Sur cette plaque je fais une série d'impressions, dont les centres sont séparés par 2 mm. La durée de pose est maintenue invariable.

La plaque photographique développée, fixée et séchée est replacée sur le *même chariot micrométrique* ; une lentille convergente forme au centre d'une impression photographique une image réelle f (0 mm., 3 \times 5 mm.) du filament rectiligne d'une lampe de Nernst. Une deuxième lentille forme sur une pile thermoélectrique linéaire une image réelle de f . La pile thermoélectrique est reliée à un galvanomètre. En tournant la vis micrométrique, j'étudie la transparence des impressions photographiques pour des points rigoureusement homologues, ce qui est essentiel, étant donné la variation de la sensibilité du gélatinobromure avec la longueur d'onde de la radiation qui l'impressionne.

En éliminant avec soin toutes les causes d'erreur, sur lesquelles il serait trop long d'insister, j'ai trouvé que les plaques photographiques du commerce possèdent, en général, une homogénéité remarquable ; par exemple, pour les plaques Lumière, marque bleue, en désignant par α et α' les impulsions galvanométriques qui mesurent les transparences de deux photographies séparées par une distance comprise entre 0 et 3 cm., je trouve :

$$\frac{\alpha - \alpha'}{\alpha} < \frac{1}{300}$$

pour 90 pour 400 des plaques étudiées.

b) *Le produit de l'intensité I de la lumière par le temps de pose t est maintenu constant.*

J'ai vérifié que, dans ces conditions, l'impression photographique diminue quand le temps de pose augmente.

Voici quelques nombres :

Intensité en unités arbitraires	Durée de pose	Déviation galvanométrique
3	4 minute	64,0
4,5	2 —	66,45
4	3 —	71,8
0,75.	4 —	80,2
0,50.	6 —	90,7

Les méthodes photométriques qui supposent l'impression photographique constante quand on maintient I invariable sont donc complètement inexactes.

c) Méthode spectrophotométrique.

Pour comparer les intensités I et I' de deux radiations de même longueur d'onde, j'emploie la méthode suivante (1) :

Sur une même plaque photographique je fais, à des époques régulièrement espacées, une série d'impressions photographiques correspondant toutes à la même durée de pose et à des intensités

$$\begin{gathered} I, K_2 I', I, K_4 I', I \\ I' > I \quad I > K_2 > K_4 > K_5 \end{gathered}$$

Le cliché développé est étudié à la pile thermoélectrique. Soient $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ les impulsions du galvanomètre, qui mesurent la transparence des diverses impressions photographiques. Je construis deux courbes ayant pour abscisses l'une et l'autre les diverses positions de la plaque photographique et, comme ordonnées, l'une les déviations correspondant aux déviations impaires, l'autre les déviations correspondant aux impressions paires. La première de ces courbes permet de se rendre compte des déviations de la lampe et des défauts d'homogénéité de la plaque. Les deux courbes se coupent en un point A, correspondant à une certaine position p de la plaque photographique. Soit :

$$\alpha = f(I, p)$$

la fonction qui représente la variation de la transparence des impressions photographiques avec l'intensité I de la radiation et la position p de la plaque. Pour le point A :

$$f(I, p) = f(I', p)$$

Ce qui donne :

$$\frac{I}{I'} = h$$

Les variables h et p sont d'ailleurs reliées par une relation simple, linéaire en général, et que l'expérimentateur choisit arbitrairement.

(1) Cette méthode n'exige pas que la source de lumière soit constante, mais varie d'une façon continue avec le temps. De même, la plaque photographique peut avoir une hétérogénéité continue.

d) *Du degré de précision de la méthode précédente.*

Pour déterminer les conditions les meilleures de l'expérience, j'étudie la courbe :

$$\alpha = \varphi(I)$$

la pose étant invariable ; la plaque choisie est homogène. Cette courbe présente un point d'inflexion qui correspond à l'intensité dont les variations s'apprécient le mieux.

Voici un exemple :

$\lambda = 0,589$; pose : 2 minutes; plaque Lumière, marque bleue.

I	α
Intensités en unités arbitraires.	Déviations galvanométriques.
300	16
275	20
250	26
225	34
220	48
175	71
150	108,5
125	150,5
100	204
75	268
50	320
25	348
0	360

Les nombres précédents indiquent que dans la région du point d'inflexion,

$$\text{à } d\alpha = 1^{\text{mm}} \text{ correspond } \frac{dI}{I} = \frac{4}{222}$$

c'est-à-dire qu'une variation de $\frac{4}{222}$ de la radiation se traduit par un changement dans la déviation galvanométrique de 4 division (4).

La précision des mesures est limitée seulement par les variations d'intensité des sources de lumière à comparer. — Si l'intensité des radiations étudiées est trop faible, pour que les mesures correspondent à la région du point d'inflexion, il faudra voiler préalablement la plaque (2).

(Note de M. C. CAMICHEL, présentée par M. J. Violette à la séance du 20 juillet 1903 de l'Académie des Sciences).

(1) Les divisions de l'échelle du galvanomètre sont de 1^{mm} ; il est facile d'apprécier le quart de division.

(2) C'est un procédé analogue à celui qui consiste à employer dans les relais des électro-aimants polarisés.

SOCIÉTÉS SAVANTES

De l'emploi du stéréoscope en topographie et en astronomie :

Le colonel LAUSSEDAT qui a déjà eu souvent l'occasion d'entretenir l'Académie des travaux topographiques entrepris aujourd'hui dans la plupart des pays civilisés à l'aide de la photographie, montre plusieurs feuilles de la carte au 1/200.000 de l'empire autrichien que M. le colonel baron von HÜBL, chef du groupe technique de l'Institut militaire de Vienne, lui a adressées ; limite sur la carte du glacier de Karbseisfelder, dans le Salzkammergut, dessinée à l'échelle de 1/10.000 avec des courbes de niveau de 25 m. en 25 m., accompagnée, à titre de spécimen, de trois des douze photographies qui ont suffi à sa construction ; il fait voir que la *précision absolue* d'un tel travail ne saurait être mise en doute.

De tels travaux permettent d'apprécier le degré de perfectionnement auquel on est déjà parvenu avec la méthode ordinaire qui suppose des stations suffisamment éloignées les unes des autres pour que les lignes de visée, projetées sur le plan, se rencontrent sous des angles convenables. Mais cette condition n'est plus aussi indispensable à remplir dans tous les cas, grâce, d'une part à la perfection et à la finesse des images photographiques, et de l'autre aux propriétés de la stéréoscopie.

On a développé et mis à profit l'idée très simple qui avait conduit HELMHOLTZ au *télestéréoscope* qui a donné naissance à divers autres instruments : tel est le *télémètre stéréoscopique* du Dr PULFRICH ; le dirigeant sur un objet du paysage et amenant l'échelle sur l'image de cet objet, on lit immédiatement la distance.

Si on photographie le paysage de deux stations situées à plusieurs mètres (pouvant dépasser 100) de distance, les deux photographies rapprochées l'une de l'autre et placées dans un stéréoscope donnent aussitôt une sensation de relief du terrain et de tout ce qui le recouvre, tel qu'il est permis d'en comparer l'effet à celui que produirait la vue d'un modèle solide exécuté à une petite échelle dont le rapport est celui de l'écartement des yeux à la distance des deux stations, c'est-à-dire à la longueur de la base artificielle.

Ces sortes de modèles en relief ont suggéré à plusieurs personnes l'idée de les employer à la construction immédiate des plans topographiques et à celle des courbes de niveau. Le Dr STOLZE et MACH y avaient songé il y a plusieurs années ; M. CAZES, répétiteur général au lycée Saint-Louis, à Paris ; le Dr PULFRICH à Iéna ; M. FOURCADE du service forestier au cap de Bonne Espérance, et l'arpenteur général du Canada M. E. DEVILLE ont donné de cet intéressant problème, et indépendamment les unes des autres, plusieurs solutions ingénieuses que le colonel LAUSSEDAT passe en revue.

Le colonel LAUSSEDAT montre ensuite divers stéréogrammes concernant l'astronomie : deux images de la Lune, à peu près à la même phase ; deux épreuves photographiques négatives de la région céleste qu'occupait Saturne en juin 1899, lesquelles placées dans le stéréoscope montrent nettement cette planète et deux de ses satellites en avant du fond du tableau formé par les étoiles. Dans ce cas, la base, correspondant au déplacement de la terre dans son orbite, n'est pas de moins de 2.500.000 km. C'est sur ces épreuves que le Dr Pulfrich a découvert avec son stéréocomparateur une très petite étoile dont l'éclat correspondait à celui d'une étoile de 12^e, 13^e grandeur et avait échappé à l'examen monoculaire.

Le colonel LAUSSEDAT termine sa communication à l'Académie en disant qu'il ne veut pas suivre M. le Dr Pulfrich dans ses prévisions tendant à la détermination des parallaxes des étoiles les plus voisines par la photographie, en employant, non seulement, la base de près

d'un million de kilomètres, formée par le diamètre de notre orbite, mais en recourant au temps, par dizaines d'années ou même par siècles pour mettre à profit le déplacement de notre système dans l'espace.

(*Académie des sciences*, 5 janvier 1903).

Action des corps radioactifs sur la conductibilité électrique du sélénium :

Note de M. Edmond VAN AUBEL, dont nous extrayons les passages principaux :

« F. HIMSHEDE (1) et EUGÈNE BLOCH (2) ont montré que les rayons du radium agissent sur la conductibilité du radium : la diminution de résistance observée est du même ordre de grandeur que les modifications produites par la lumière et par les rayons de Röntgen, mais elle se manifeste plus lentement. D'autre part, W. J. RUSSEL (3) a réalisé plusieurs expériences qui établissent que le peroxyde d'hydrogène agit d'une manière intense sur la plaque photographique et S. SPERBER (4) a étudié l'action photochimique de l'essence de térébenthine. L. GRAETZ (5) a prouvé que les phénomènes produits par le peroxyde d'hydrogène sont, en plusieurs points, analogues à ceux que donnent les rayons cathodiques et ceux de Becquerel, mais l'énorme influence de la température sur l'action photographique est une propriété caractéristique de ces nouvelles radiations.

Il m'a paru intéressant de rechercher comment le sélénium se comporte vis-à-vis de ces nouveaux corps radioactifs (eau oxygénée, essence de térébenthine).

Ces résultats montrent que ces corps radioactifs agissent sur le sélénium comme la lumière ou les radiations de Röntgen, mais que l'influence se fait sentir beaucoup plus lentement : ils me paraissent établir aussi que le peroxyde d'hydrogène et l'essence de térébenthine émettent des rayons. »

(*Académie des Sciences*, 14 avril 1903).

Observation photographique de l'éclipse de lune du 11 avril 1903, à l'Observatoire de Toulouse :

M. MONTANGERAND a pu obtenir onze clichés, pendant la durée du phénomène, sur des plaques Lumière, bleue, violette et panchromatique, enduites au dos de vernis antihalo. Sur ces clichés, en raison de la longueur des poses, l'image du bord non éclipsé est naturellement surexposée et le halo s'est produit malgré le vernis ; autour du croissant éclairé, on constate la présence d'une plage impressionnée de forme elliptique, ayant son centre sur le contour lunaire, et produite par l'illumination de la lune. Contre le bord éclairé, on distingue très nettement une sorte de bourrelet assez intense, résultat du phénomène connu sous le nom d'*irradiation*.

(*Académie des Sciences*, 20 avril 1903).

Sur la réduction par l'hydrogène de quelques halogènes métalliques :

(Chlorure, bromure et iodure d'argent ; chlorure, bromure et iodure de plomb). Note de M. A. JOUNIAUX présentée à l'*Académie des Sciences*, le 27 avril 1903).

(1) *Annalen der Physik*, 1901.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXXII, 1901, p. 914.

(3) *Proceedings of the Royal Society*, vol. LXIV, 1899, p. 409. On trouvera un résumé des travaux de RUSSELL dans l'ouvrage *Le radium* par G. H. NIEWENGLOWSKI. La *Revue générale des Sciences* a publié dans son numéro du 15 septembre 1898, p. 694, un résumé très détaillé de la communication de RUSSELL à la Société royale de Londres.

(4) *Beiblätter zu den Annalen der Physik*, vol. XXIII, 1899, p. 127.

(5) *Physikalische Zeitschrift*, 4^e année, 1902 et 1903, p. 160 et 271.

Nouveau procédé pour mettre en évidence les objets ultramicroscopiques :

Les objets étudiés jusqu'ici par les micrographes ont des dimensions qui restent toujours supérieures à une limite, qui est de l'ordre de un quart de longueur d'onde, limite qui s'explique par la théorie de la diffraction. MM. A. COTTON et H. MOUTON, s'appuyant sur ce que cette théorie montre aussi qu'on pourrait constater l'*existence* de ces objets s'ils émettaient assez de lumière par eux-mêmes, ont réalisé un dispositif, d'une installation commode, permettant d'éclairer très vivement les objets. Ils ont pu avec ce dispositif constater l'*existence* d'un très grand nombre de petites particules dans l'*émulsion* qui sert à la photographie des couleurs par la méthode de M. LIPPmann.

La même méthode peut être utilisée à l'étude des surfaces des verres et des cristaux, des altérations qu'elles subissent et des dépôts qui peuvent s'y produire.

(*Académie des Sciences*, 29 juin 1903).

De l'effluviographie ou l'obtention de l'image par les effluves,
par M. D. TOMMASI :

A propos de ces divers rayons (rayons X, rayons N, rayons fluorescents, etc., etc.) dont on parle tant aujourd'hui, D. Tommasi nous adresse une note dans laquelle il rappelle qu'en 1884, c'est-à-dire 10 ans avant la belle découverte de Roentgen sur les rayons X, il était parvenu à impressionner une plaque photographique sans le concours de la lumière et par la seule action des *effluves obscurs*.

Nous donnons ci-dessous la note présentée par D. Tommasi à l'*Académie des sciences* de Paris le 22 mars 1886.

« J'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie les premiers résultats de mes recherches sur le moyen d'obtenir, par la seule action de l'effluve électrique (décharge obscure) les effets que l'on réalise par l'emploi de la lumière en photographie.

« Pour photographier les objets sans le concours de la lumière, ou plus exactement pour le *effluviographier*, voici le dispositif que j'ai employé provisoirement :

« Deux brosses métalliques disposées parallèlement, en regard l'une de l'autre, sont reliées chacune à un pôle d'une machine de Holtz. Une plaque au gélatino-bromure sensiblement de même hauteur, est placée perpendiculairement aux brosses, de telle sorte que le plan de la face sensibilisée contienne les bords de ces brosses ou en soit très voisin dans les deux sens ; le courant établi, une pose de quelques minutes est suffisante.

« Je n'ai pas besoin de rappeler que cette opération doit s'effectuer dans l'obscurité la plus complète. Il ne reste plus alors qu'à développer et à fixer, par les procédés ordinaires, l'image obtenue. Cette expérience tend à prouver que l'effluve produit les mêmes effets que les rayons ultra-violets, et que, par conséquent, il doit exister une liaison entre les deux parties extrêmes du spectre, et que cette liaison est constituée par ce que j'appellerai provisoirement *rayons électriques* ». (*Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* du 22 mars 1886).

Pour m'assurer que la décharge électrique contient d'autres rayons que les rayons actiniques, voici l'expérience que j'ai faite :

« J'ai posé sur une plaque au gélatino-bromure un morceau de papier imprimé en guise de cliché, puis j'ai placé l'ensemble dans un châssis. Celui-ci a été enveloppé de telle sorte que, après un certain temps d'exposition à la lumière, aucune altération n'avait pu se produire ; j'étais dès lors certain que l'enveloppe était complètement opaque, c'est-à-dire que la protection contre les rayons lumineux était absolue.

« Au-dessus du châssis ainsi enveloppé, j'ai produit une série d'effluves électriques dont la lumière, pas plus que celle du jour, ne pouvait influencer la plaque sensible. Cependant une action se produisit, et l'image obtenue, développée et fixée, était identique à celle qu'aurait donné l'action des rayons lumineux.

« Il faut donc en conclure que la lumière électrique contient, en dehors des rayons acti-

niques, ce genre particulier de rayons que j'ai dénommés *rayons électriques*, et dont j'ai démontré directement l'existence en me servant des *effluves obscurs*, c'est-à-dire dénués de rayons lumineux. »

Action du rayonnement du radium sur la plaque photographique :

M. S. SCHINNER a constaté que l'intensité de l'image développée augmente rapidement, jusqu'à un maximum avec l'augmentation de la durée d'exposition; puis elle diminue, d'abord rapidement, jusqu'à un stade où il ne se forme pratiquement aucune image par développement. Les images latentes d'étincelles électriques peuvent être annulées, puis renversées par l'action prolongée du rayonnement du radium.

(*Société de physique de Londres*, 22 janvier 1904).

Photographie par catalyse ou catotypie :

M. Victor HENRI signale à la Société française de physique les expériences de MM. OSTWALD et GROS. L'argent, le platine, le manganèse accélèrent nombre de réactions utilisées en photographie, l'accélération étant proportionnelle à la quantité de catalyseur. Ils ont appliqué ce phénomène au tirage d'épreuves sans lumière.

Dans les procédés par *catalyse directe* le métal constituant les noirs d'une image photographique sert de catalyseur à une réaction colorée; une feuille de papier humectée d'une solution de bromate de potassium et de pyrogallol étant appliquée de 5 à 10 minutes sur un photogramme au platine on obtient de celui-ci une copie en rouge.

Dans les procédés par *catalyse indirecte*, on utilise un corps intermédiaire: l'eau oxygénée. Une épreuve au platine est humectée d'eau oxygénée dissoute dans l'éther; celui-ci évaporé, on applique une feuille de papier gélatiné qui fixe l'eau oxygénée qui n'a pas été décomposée par le platine. Après quelques secondes de contact, on plonge la feuille gélatinée dans une solution de sel de fer ou de manganèse: on obtient ainsi une image dont les noirs sont formés de sel ferrique ou de bioxyde de manganèse dont on peut utiliser les propriétés oxydantes, vis-à-vis des couleurs d'aniline pour obtenir une image colorée.

(*Société française de physique*, 4 décembre 1903).

Radiation actinique solaire :

M. PACINI, à la suite de nombreuses expériences faites avec l'actinomètre photoélectrique de MM. Ebster et Geitel, a trouvé que le coefficient de transparence relatif à la radiation calorifique est deux fois et demi environ plus grand que celui de la radiation actinique.

(*Académie royale des Lincei*, novembre 1903).

Sur une particularité nouvelle de l'inversion de l'image sous-posée par sur-développement lent :

Dans ma note du 4 décembre 1903 (1), j'indiquais que le phénomène de l'inversion de l'image sous-posée en développement lent m'avait paru souvent concomitant à ses débuts, quoique point dépendant, de celui du rougissement des blancs; et cela pouvait sembler établir une relation avec le voile dichroïque, qui commence aussi par les parties les moins exposées de la plaque, ainsi que viennent de le noter encore, après tous les observateurs, MM. Lumière et Seyewetz.

Il se peut qu'il y ait au fond certaines analogies de processus chimique, qu'il sera intéressant de rechercher lorsque l'autre aura été lui-même mieux précisé. Mais, d'une part,

(1) Voir *Revue des Sciences photographiques*, n° 4, p. 30. Nous publierons sous peu un article du Dr GUEBARD sur ce sujet. M. STERRY a signalé en novembre 1903 un phénomène analogue.

le rougissement préliminaire de l'inversion est complètement indépendant des causes spéciales attribuées au voile dichroïque par les chimistes lyonnais ; et, d'autre part, ce n'est qu'une phase transitoire, et pas toujours nécessaire, de l'inversion finale. Celle-ci, en effet, se montre d'embrée en noir sur les pellicules Lumière ou Eastmann (1) et toujours sur les parties les moins impressionnées du cliché, d'une surface éclairée, par exemple, à la lumière artificielle, en raison inverse du carré de la distance.

Par contre, sur papier Lamy, et même en remplaçant le bain pyrogallique par le diamidophénol, également au 1/10 (eau, 1000 gr. ; sulfite de soude, 5 gr., chlorhydrate de diamidophénol, 0 gr., 5 ; acide citrique au 1/10, 10 gouttes), la coloration des blancs est toujours la première phase observable, et d'une durée telle qu'elle arriverait, pour un peu, à masquer l'autre.

Passant du jaune citron à l'orangé, mais par saturation de teinte, sans mélange de rouge, elle arrive à l'ocre foncé et au brun chocolat, sans cesser de donner l'impression d'un négatif. Mais qu'on regarde les dernières teintes par transparence, et c'est un positif que l'on voit, d'autant plus tranché qu'il est plus éloigné du début ; preuve que c'est par mélange de noir que s'est fait le foncement noir qui semblerait emprunté aux plages voisines, baissées au point de paraître plus translucides que les anciens blancs, restés plus clairs par réflexion.

D'ailleurs, en persévérant, la transposition s'accentue, le jaune ou disparaît, ou se noie insensiblement dans le noir, et il reste finalement un franc positif en grisaille, non métallisé, sans blancs, il est vrai, ni noirs purs, mais reproduisant toutes les nuances, simplement atténues, du cliché.

Il y faut le temps, par exemple. Des six morceaux 4 × 18 d'une feuille 18 × 24 (n° V) exposée 5 secondes à 1^m d'une bougie de la forme courte, dite de 8 à la livre, sous une cache mixte, à jour, de bandelettes noires obliques et de bandes blanches longitudinales en trois épaisseurs, avec fenêtre losangique dans la moyenne, les quatre premiers morceaux, laissés respectivement au bain 12, 23, 33 et 48 heures, ne montrent encore que la progression du jaunissement, sans apparence d'inversion, même par transparence. Et pourtant les deux dernières bandes, abandonnées ensuite au bain pendant une absence de 4 jours et demi, en ont été retirées, après une immersion totale de six fois et demie 24 heures, sous forme de positifs caractérisés, avec inversion complète et disparition de la teinte jaune. Le bain lui-même était encore très clair, à peine teinté d'une couleur citrine légère ; mais il était totalement inactif, et des papiers normalement impressionnés y restèrent plus de 24 heures, sans subir aucune espèce de modification.

Les morceaux de la feuille VIII, exposée seulement 3 secondes dans les mêmes conditions, montrent une marche beaucoup plus rapide vers l'inversion, qui, nettement atteinte par transparence dès la troisième bande, après 12 heures 40 minutes de bain, ne l'était cependant pas encore, par réflexion, sur la cinquième, qui, après 61 heures de bain, montre bien la mutuelle fusion du brun et du noir, mais pas encore la complète inversion, laquelle, après 5 jours et demi d'immersion, n'est pas même atteinte par la dernière bande, encore en expérience (2).

M. A. GUÉBHARD.

(Communication faite à la séance du 3 février 1904, de la Société française de photographie).

(1) Pour adapter les pellicules ou papiers au développement lent, il suffit de les fixer, préalablement mouillés, sur des glaces à la dimension des cuves verticales, au moyen de bracelets minces de caoutchouc, et l'on arrive, par quelques tours de main élémentaires, à cumuler les avantages de rapidité, d'économie, de sécurité, du développement dit lent, avec les agréments du développement dit en plein jour, sans produits spéciaux.

(2) L'essai prolongé pendant 24 journées entières n'a amené aucun changement. Il faut dire qu'après la 9^e journée le bain avait été remplacé par la nouvelle formule de Balagny (au 1/10) à l'amidol en solution acide, laquelle, atténuant beaucoup les oxydations, semble, au moins sur les papiers lents S. I. P. dits platino-Bromure, à peu près réfractaire à produire l'inversion.

Congrès des Sociétés savantes de Paris et des départements à la Sorbonne (avril 1904). — Sous-section de photographie :

La sous-section de photographie n'a tenu qu'une séance, présidée par le général SÉBERT, le mardi 5 avril.

La parole est donnée à M. MONPILLARD qui fait une communication sur l'*Ecran jaune et les plaques orthochromatiques*.

Il rend compte au congrès des résultats de ses recherches en vue de l'étalonnage des écrans colorés. Elles l'ont conduit à admettre que le coefficient par lequel on doit multiplier la valeur du temps de pose normal lorsque l'on fait usage d'un écran et d'une plaque orthochromatique est le produit de deux principaux facteurs, l'un appartenant à l'écran, l'autre à la plaque.

M. MONPILLARD a tout d'abord procédé à l'étude systématique des différents éléments dont est formé l'écran jaune, en cherchant à déterminer l'influence que peut exercer : 1^o la simple présence de la glace même constituant l'écran, celle-ci considérée comme étant incolore; 2^o la nature et l'intensité de la coloration, au point de vue de l'augmentation de la durée du temps de pose et du rendu des valeurs des diverses colorations.

Il propose et décrit une méthode sensitométrique qu'il a expérimentée, permettant, au moyen d'un appareil spécial, de déterminer ce qu'il propose d'appeler le coefficient de transparence chromatique de l'écran, soit pour le jaune, soit pour le vert du spectre.

Il indique les résultats qui lui ont été fournis par une méthode basée sur l'emploi d'un spectrographe à châssis multiplicateur, en vue d'arriver à la détermination de ce qu'il propose de désigner sous le nom de coefficient de sensibilité chromatique d'une plaque pour tel ou tel groupe de radiations du spectre.

Il termine en faisant remarquer que, dans ces déterminations du coefficient d'augmentation de la durée normale du temps de pose, lorsque l'on a recours à l'emploi combiné des plaques orthochromatiques et de l'écran jaune, il est nécessaire de faire entrer en ligne de compte les valeurs correspondant aux différentes luminosités que les diverses colorations possèdent pour notre œil, et ceci, en vue d'éviter certaines erreurs et d'arriver à une interprétation aussi exacte que possible des colorations diverses des sujets que nous désirons reproduire.

M. MONPILLARD fait projeter ensuite quelques diapositives à l'appui de sa communication.

M. le secrétaire donne, en l'absence de M. NODON, communication de la note suivante sur les *Méthodes micrographiques et stéréoscopiques* :

Méthodes micrographiques. — Les microscopes doivent être doués d'une grande stabilité.

Les principaux modèles employés sont ceux du docteur Vant Heurck, Backer-Zeiss, Leitz, Waston et Sonat, Bezu et Hauser, Walmsley.

Les objectifs les plus parfaits sont ceux de Powel et Lealand, de Zeiss, de Spencer et Smith, et de Reichert. On peut utiliser le microscope composé ordinaire pour l'obtention d'images micrographiques.

La puissance réelle du microscope est inverse de la longueur d'onde et proportionnelle à l'indice de réfraction du médium interposé entre l'objectif et l'objet. En pratique on prend $\lambda = 0,33 \mu$ et l'indice de réfraction du médium égal à 1,60.

On peut utiliser comme source d'éclairage, celle du soleil, des nuages, des lampes à incandescence et de l'acétylène. On obtient de la lumière monochromatique à l'aide de l'arc à mercure ou de milieux colorés. On colore diverses préparations micrographiques pour en faire apparaître les détails.

La micrographie est utilisée pour l'étude bactériologique, pour l'analyse chimique des surfaces métalliques polies, pour la conservation d'épreuves très réduites de pièces documentaires, et enfin pour obtenir des clichés pelliculaires extrêmement réduits et transportables de dépêches en temps de guerre.

Méthodes stéréoscopiques. — On utilise de préférence des objectifs anastigmats, périgras-

phiques et rectilinéaires. On emploie avec avantage une trousse de trois lentilles pour obtenir des images d'objets situés à diverses distances.

Les deux objectifs stéréoscopiques doivent être rigoureusement semblables.

La distance des objectifs varie entre 7 et 9 centimètres. Si l'écartement est trop grand, le relief des premiers plans est trop prononcé.

Pour des objets très rapprochés et de petites dimensions, M. COLARDEAU a démontré expérimentalement que la distance des objectifs doit être de 6 centimètres environ.

Les chambres stéréoscopiques peuvent être réversibles telles que celles de Richard dites verascopes. Elles peuvent, au contraire, être distinctes. La dimension de la chambre destinée à obtenir les clichés est très variable. Le congrès de Bruxelles a fixé les dimensions des épreuves stéréoscopiques à 66×70 mm. Les stéréoscopes permettent d'obtenir l'impression du relief à l'aide de prismes lenticulaires à distance focale variable à volonté. Le stéréoscope Cazis permet d'examiner de grandes épreuves à l'aide de quatre miroirs.

Le tirage des photocopies est obtenu le plus souvent à l'aide de châssis spéciaux permettant d'effectuer facilement le retournement des épreuves. On peut obtenir l'effet stéréoscopique par projection sur un écran à l'aide de prismes fixés dans des bésicles, ou par un mode de projections à éclipses. Nous avons utilisé, dans le même but, une projection des deux images dans un milieu trouble limité par deux surfaces transparentes.

Des anaglyphes permettent d'obtenir l'impression du relief à l'aide d'images colorées et superposées que l'on examine à l'aide de deux verres colorés. Ducos du Hauron a obtenu une impression stéréoscopique polychrome à l'aide de trois images colorées différemment, imprimées ensemble et examinées au travers de deux écrans colorés distincts.

Nous avons également obtenu l'impression stéréoscopique polychrome à l'aide de deux épreuves photographiques ordinaires, obtenues à l'aide d'une nouvelle méthode désignée sous le nom de méthode chromostéréoscopique. Le principe de cette méthode consiste à diviser le spectre lumineux suivant deux régions différentes dont chacune d'elles donne une couleur composée qui est complémentaire de l'autre. Si les couleurs ont une intensité relative égale, la couleur résultant de leur mélange est du blanc pur. Si l'on fait varier progressivement l'intensité relative de ces deux couleurs, on obtient toutes les teintes du spectre mélangées à du blanc, sauf cependant les deux régions extrêmes du spectre.

La photographie des objets peut être effectuée à l'aide des chambres stéréoscopiques ordinaires dont les objectifs sont munis d'écrans colorés. Les couleurs de ces écrans sont complémentaires et elles correspondent aux couleurs dominantes des objets à photographier.

Les clichés sont développés comme d'habitude et les photographies sont tirées en noir et blanc suivant les procédés ordinaires. Les photocopies sont colorées respectivement avec les couleurs dominantes correspondantes, ou bien elles sont examinées au travers d'écrans colorés.

L'examen stéréoscopique des épreuves chromostéréoscopiques donne à la fois l'impression du relief et de la couleur.

A ce sujet, M. MONPILLARD fait observer qu'en dehors des maisons étrangères signalées par M. Nodon, il existe en France des constructeurs parmi lesquels les maisons Nachet et fils et Verrick, Stiassnie Suer, conviennent d'être signalées, leurs instruments étant justement appréciés et mis en usage dans un grand nombre d'établissements scientifiques français et étrangers.

La séance est levée à quatre heures.

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Sur les propriétés photo-électriques du sélénium :

Dans cet article M. A. BERTHIER, après un historique de la question, envisage successivement : 1^e la conductibilité du sélénium, sa sensibilité, la cause de sa sensibilité ; 2^e la mesure de la sensibilité ; 3^e l'influence du temps sur la sensibilité ; 4^e la force electromotrice des éléments au sélénium ; 5^e l'influence de la chaleur sur la sensibilité. On sait que l'on a proposé de nombreuses applications de ces propriétés : la photométrie électrique (mesure directe de l'intensité de la lumière), la radiophonie et la photophonie (téléphonie optique, transmission de la parole à distance, sans fil) la téléphotographie et la télectroscopie (transmission des photographies à distance ; vision à distance à l'aide d'un fil) ; photophonographie (enregistrement photographique de la parole, la photographie électrique de la lumière), et que, dans la pratique, on s'est heurté à de nombreuses difficultés. Les recherches récentes, que résume M. Berthier dans son article, ne tarderont pas à expliquer ces difficultés et, par suite, permettront de les surmonter.

(L'Éclairage électrique, t. XXXVIII, p. 441, 19 mars 1904).

La solarisation est-elle un phénomène dû au développement ?

Le Dr J. M. EDER dans cet intéressant article rappelle ce qu'est la solarisation et qu'on peut l'empêcher par une conduite convenable du développement : emploi d'un révélateur dilué ; addition de substances modératrices telles que le bromure de potassium..., diminution de la quantité d'alcali.

Quand on développe une plaque surexposée, au début apparaît un négatif normal et ce n'est qu'en prolongeant le développement qu'on obtient un positif. On explique ce fait en disant que la lumière a produit deux images différentes superposées de telle sorte qu'un révélateur approprié peut faire apparaître plus rapidement l'une ou l'autre de ces images ; de sorte que, dans certaines limites, on pourrait, par un développement judicieux, favoriser ou retarder la solarisation.

PRECHT soutient qu'il faut regarder la solarisation comme étant exclusivement un phénomène de développement, n'ayant pas de rapport direct avec les modifications photochimiques du bromure d'argent. Le Docteur EDER a montré que l'expérience ne vérifiait pas cette théorie (1). On sait, par exemple qu'en traitant la plaque solarisée par certains réactifs avant le développement, celui-ci ne fait apparaître qu'une image normale : l'effet de la surexposition a été détruit.

LUPPO CRAMER a, le premier, observé que l'eau de brome abaissait la limite de solarisation d'une plaque sèche surexposée ; il en est de même du persulfate d'ammonium. Le Dr EDER a montré qu'une solution d'acide chromique (1 gramme de bichromate de potassium et 3 grammes d'acide sulfureux pour 100 cc. d'eau agissait mieux.

En plongeant la plaque surexposée de 1/4 à 3/4 d'heure dans une solution azotique de bichromate : 2 grammes de bichromate, 6 centimètres cubes d'acide azotique pour 100 cc. d'eau, on abaisse énormément la limite de solarisation.

(Jahrbuch für Photographie und Reproduktions technik für das Jahr 1903, p. 20).

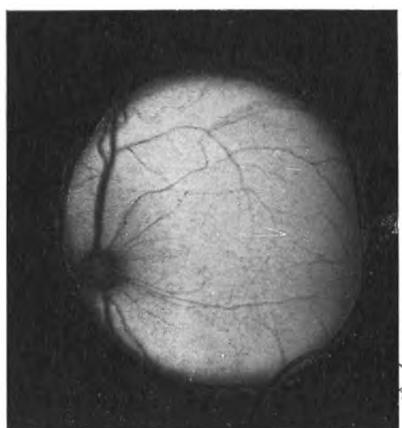
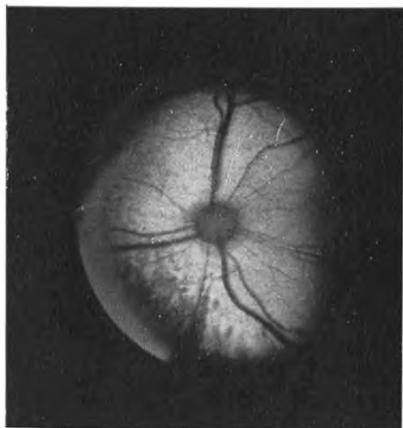
(1) Phot. correspondenz, 1902, p. 570.

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

PHOTOGRAPHIE DE LA RÉTINE



Appareil du Dr W. Thorner



Yeux de chat. — Photographies du Dr W. Thorner





LA PHOTOGRAPHIE DE LA RÉTINE

Il est un fait reconnu depuis longtemps que les yeux de certains animaux, ceux du chat en particulier et du chien, émettent pendant la nuit des radiations lumineuses. Ces radiations sont dues à certaine propriété de la membrane postérieure du globe de l'œil, la rétine ; cette membrane, chez beaucoup d'animaux, est recouverte d'un pigment doué d'un pouvoir réfléchissant considérable, ce qui permet à toute cette catégorie d'individus d'y voir parfaitement dans l'obscurité, alors que l'œil humain normal est incapable d'y rien distinguer. Cette « phosphorescence » des yeux des animaux a été remarquée depuis de longs siècles et nous trouvons au moyen âge nombre de tableaux qui représentent des monstres dont les yeux lancent des éclairs. De ce nombre est une gravure datant de 1674 et représentant le cardinal Crescentius : à ses côtés on remarque une sorte d'apparition, dont la tête est semblable à celle d'un chien et dont les yeux brillent. Mais à la façon dont sont rendus d'une part la clarté de la bougie qui éclaire le cardinal et la lueur émise par les yeux de l'animal on reconnaît chez l'artiste une observation exacte, une connaissance parfaite de la nature. Nous sommes donc autorisés à croire que déjà à cette époque on avait essayé d'étudier la constitution de la rétine. Pendant des siècles néanmoins, les choses en restèrent à ce point et peu d'esprits se sont préoccupés de l'étude de ce problème.

Le premier qui ait étudié réellement la constitution de la membrane qui tapisse la chambre postérieure de l'œil est le français Méry qui, en 1704, en maintenant un chat sous l'eau, parvint à étudier la rétine de cet animal. Méry toutefois, qui fit à l'Académie des Sciences de Paris une communication sur ses observations, ne put s'expliquer lui-même le principe sur lequel reposaient les faits qu'il avait pu remarquer. Ce fut la Hire qui en 1709 put le premier donner sur ce point quelques éclaircissements : il démontre à ce sujet que par suite de la réfraction de l'eau, le rôle de la cornée transparente se trouve modifié et les rayons lumineux réfléchis par la rétine, au lieu de sortir dans une direction parallèle à l'œil, sont au contraire déviés et sortent dans une direction divergente.

Quelque cent ans plus tard, en 1810, Prévost observa de plus près le phénomène de la phosphorescence des yeux des animaux et il découvrit la présence d'un pigment spécial qui réfléchit la lumière pénétrant à l'intérieur du globe oculaire. Les résultats de ses observations ont été par la suite poussés avant par divers savants et ces études ont grandement contribué à l'avancement de nos connaissances sur l'anatomie de l'œil humain.

Les différentes observations faites sur la rétine demeurèrent cependant toujours incomplètes et il fallut la découverte de l'ophthalmoscope par Helmholtz pour mettre enfin ces études dans une voie scientifique. Le miroir de Helmholtz non seulement peut servir pour l'examen de la rétine, mais il permet de prendre des dessins de l'œil,

de la rétine et des vaisseaux qui la sillonnent. Les raisons qui rendaient l'ophtalmoscope indispensable sont inhérentes à la constitution de l'œil lui-même.

La pupille de l'œil, à quelque moment qu'on l'observe, paraît toujours noire ; on en a tiré cette conclusion, assez logique du reste, qu'elle devait absorber toutes les radiations lumineuses sans en réfléchir aucune. De fait rien n'est plus inexact : si la pupille吸orbe les radiations, elle en réfléchit toutefois une partie ; mais il était impossible à l'observateur de se rendre compte de ce fait. L'œil humain est en effet constitué de telle façon que les rayons réfléchis par la rétine sont renvoyés droit à la source lumineuse qui les émet. Or pour l'observateur il y a nécessité de se placer entre la source lumineuse et la pupille : il fait ainsi obstacle à la marche des rayons lumineux venant de l'extérieur et il devient impossible de rien distinguer de la pupille qui apparaît absolument noire.

Dans l'ophtalmoscope, les rayons lumineux sont envoyés à l'intérieur du globe oculaire par un miroir concave et renvoyés par l'œil vers le miroir. Une très petite ouverture aménagée au centre de ce miroir permet à l'observateur de concentrer les rayons lumineux dans l'œil du sujet tout en l'observant.

Comme nous l'avons dit, grâce à l'ophtalmoscope, il est possible de dessiner l'aspect et la constitution de l'œil. C'est là toutefois une tâche laborieuse pour l'opérateur et aussi une source de souffrance pour le patient. Le sujet s'énerve facilement durant une séance qui est fornément prolongée et d'autre part la lumière intense concentrée dans l'œil fatigue énormément la vue. De plus, l'opérateur doit modifier constamment la position de l'ophtalmoscope pour éclairer successivement chacune des parties de l'œil qu'il veut dessiner ; et finalement il n'obtient qu'une image bien imparfaite.

Il ne faut donc pas s'étonner si, pour supprimer tous les inconvénients inhérents à l'emploi de cet instrument, immédiatement après la découverte de l'ophtalmoscope, a germé l'idée d'un instrument qui permet de photographier la rétine.

Les premiers essais tentés dans cette direction datent de 1862 et demeurèrent infructueux. En 1864, Rosebrugh construisit un appareil qui devait rendre possible la photographie de la paroi de la chambre postérieure de l'œil. Cet appareil était construit d'après un excellent principe, mais il ne permit d'obtenir aucun résultat appréciable ; l'éclairage était fourni par la lumière solaire, mais la réflexion sur la cornée transparente empêchait l'obtention d'aucune image. Depuis cette époque les recherches n'ont pas été abandonnées et des essais continuels ont été faits en vue de l'obtention par voie photographique de l'image de la paroi intérieure de l'œil, mais le succès ne répondit pas aux efforts tentés par un grand nombre de chercheurs. De ce nombre était avec tant d'autres le célèbre oculiste professeur Dr Hermann Cohn, qui, en 1888, déclarait au congrès international d'Heidelberg que depuis vingt-trois ans il s'adonnait à la recherche de cette solution sans pouvoir arriver à un résultat satisfaisant.

Il y a en effet, pour arriver à photographier la rétine, de grosses difficultés à surmonter. Il est d'abord indispensable que l'œil soit parfaitement immobile pendant la durée de l'exposition ; cela ne s'obtient pas sans une grande fatigue pour le sujet ; ceci dit pour le cas où on voudrait faire un instantané, ce qui semble plus rationnel : il faut un appareil très rapide et ensuite un éclairage très puissant, deux choses qui ne sont pas très faciles à réaliser de façon satisfaisante.

Tout récemment cependant cette question qui avait arrêté tant de chercheurs a été

résolue ; il y a environ un an, après de longues et laborieuses recherches, le Dr Walter Torner, de Berlin, a pu obtenir d'excellentes photographies de la rétine d'un chat. Depuis ces premiers résultats, il a grandement amélioré sa méthode qui lui permet, à l'heure actuelle, de fixer sur la plaque sensible la rétine humaine.

Si les recherches ont porté d'abord sur l'œil du chat, cela tient tout simplement à ce que l'œil de cet animal renvoie de 40 à 50 fois autant de lumière que l'œil humain. Il se trouve notamment, derrière la rétine du chat, un pigment qui réfléchit fortement la lumière, pigment ou membrane qui permet à cet animal de distinguer les obstacles dans la plus profonde obscurité ; les radiations lumineuses sont en effet renvoyées par l'œil sur les objets et réfléchis une seconde fois par ceux-ci vers la rétine. La plupart des animaux domestiques et des oiseaux de proie sont doués également de cette membrane spéciale.

Le dispositif, tel qu'il était conçu pour la photographie de la rétine du chat, suffisait amplement pour ce but spécial. Appliqué à la photographie de la rétine humaine, il avait cependant besoin de quelques perfectionnements.

L'appareil que le Dr Torner emploie pour photographier la rétine, appareil que représente notre gravure, est composé comme suit :

A droite se trouve un appui pour le menton du sujet ; cet appui lui permet de rester immobile, sans aucune fatigue, durant les préparatifs ; à la hauteur de l'œil, se trouve un tube se terminant par une partie analogue à celle qui constitue l'ophtalmoscope : sur le côté du tube se trouve un chercheur destiné à assurer une bonne mise en plaque. Une lampe à pétrole permet d'envoyer à l'intérieur de l'œil une lumière douce, suffisante toutefois pour permettre une mise au point exacte sans fatiguer la vue du patient. Au tube d'observation se trouve fixée la chambre noire composée d'un tube très court de la dimension de celui que nous venons de mentionner. Attenant à la petite boule qui sert à mettre en place le tube d'observation, se trouve un petit levier qui permet d'ouvrir et de fermer rapidement la chambre noire avant et après l'exposition. Une disposition nouvelle de l'appareil permet d'ouvrir et de fermer l'obturateur par le même contact électrique qui enflamme une petite charge de poudre de magnésium. A l'extrémité de la chambre noire se trouve un verre dépoli, sur lequel est montée une loupe télescopique pour la mise au point. A gauche on remarque un accumulateur qui donne l'étincelle électrique nécessaire pour l'inflammation de la poudre de magnésium et le fonctionnement de l'obturateur. Un corps et un couvercle en tôle abritent le sujet et l'opérateur, contre toute projection de particules enflammées de poudre éclair.

Voici maintenant la façon d'opérer : On commence par dilater au moyen de l'homatropine, l'œil du sujet, on lui fait placer le menton sur le support et fixer une lampe. Ensuite, déplaçant le miroir par rapport à l'œil et le tirage de la chambre noire par rapport au verre dépoli on fait en sorte qu'on ait sur le verre dépoli une image très nette. Le patient peut dès lors se retirer et se reposer pendant qu'on fait les derniers préparatifs, mise en place du châssis, de la charge de poudre éclair, etc. Le sujet place ensuite de nouveau le menton sur l'appui et fixe le même point que précédemment. On ouvre alors l'obturateur en même temps qu'on enflamme la charge de magnésium, et l'opération est terminée.

La composition de la poudre éclair est une question importante et ce n'est qu'au bout d'une longue série d'expériences que sa composition a pu être déterminée définitivement. Il a fallu en outre construire un dispositif spécial qui permet à l'œil de

supporter sans fatigue l'éclair rapide, mais vif que produit la combustion de la poudre éclair ; car il est à considérer qu'on a fréquemment à soumettre des yeux malades à cette épreuve.

Enfin la nature des plaques à employer n'était pas moins importante. La paroi intérieure de la chambre postérieure de l'œil est de teinte rouge ou rougeâtre. C'est par conséquent une teinte qui se prête mal aux reproductions photographiques. Après avoir tenté l'emploi des plaques sensibles aux radiations rouges, on dut les abandonner et on s'est depuis arrêté aux plaques extra rapides de la Maison Lumière, qui sont constamment usitées et dont la rapidité est triple de celle des autres marques.

La photographie de la rétine humaine est pratiquée depuis trop peu de temps pour qu'on puisse dès aujourd'hui donner toutes les conséquences et les résultats qui découlent des observations ainsi faites. Nous pouvons toutefois signaler quelques remarques générales qui ont été faites :

Autant qu'on peut en juger par les résultats acquis à ce jour, l'œil des personnes jeunes donne des images meilleures que l'œil des personnes âgées. Ce fait est dû, ceci n'est qu'une hypothèse, à ce que l'humeur vitreuse est beaucoup plus transparente chez les jeunes et qu'elle s'obscurcit avec l'âge jusqu'au point de devenir presque opaque. Aussitôt qu'il se forme un noyau dans l'humeur vitreuse, les rayons chimiques actifs ne sont plus absorbés, mais réfléchis et diffusés.

Les photographies obtenues sont fortement sous-exposées : c'est que malgré tous les efforts il est impossible de concentrer dans l'œil une quantité suffisante de rayons lumineux pour que ces rayons réfléchis par la rétine donnent une image vigoureuse. Par suite de cette sous-exposition le développement doit durer jusqu'à un quart d'heure. Malgré ces inconvénients on obtient des images que l'on pourrait considérer comme tout à fait satisfaisantes, n'était le défaut qu'elles présentent de ne reproduire qu'une partie de l'œil. Il est en effet impossible de photographier en une seule fois toute la surface de la rétine. Pour avoir cette photographie complète, il faut prendre une série de vues. Il est toutefois facile d'amener au centre de l'image la partie que l'on désire plus particulièrement examiner, et d'en obtenir une photographie très nette et très détaillée. Enfin il est à considérer que chaque photographie présente un noyau lumineux et brillant et que l'éclairage va diminuant à mesure qu'on s'éloigne de ce noyau, dans cette partie de la photographie on peut distinguer tous les détails et il y a lieu d'en tenir compte pour obtenir une image nette de la partie que l'on veut étudier.

Cette invention constitue un progrès immense même au point de vue photographique, car s'il était difficile d'obtenir la photographie de la rétine d'un chat, les difficultés à surmonter étaient bien plus grandes encore du moment où il s'agissait de la rétine humaine qui réfléchit beaucoup moins de lumière. Malgré cela, les images obtenues sont parfaitement nettes et donnent tant de détails qu'il est possible de distinguer à première vue un œil sain d'un œil malade. Ces résultats merveilleux sont dus principalement aux perfectionnements apportés à l'appareil, perfectionnements qui ont permis de diminuer encore le temps de pose sans modifier en rien l'éclairage. L'intensité lumineuse est toujours rigoureusement la même et c'est aussi grâce à cela qu'il sera possible de trouver la solution de bien des énigmes au point de vue ophtalmique.

Notre figure montre la photographie de l'œil d'un chat noir. On peut parfaitement distinguer les vaisseaux sanguins qui s'entrecroisent. Au centre un point noir indique la papille du nerf optique. La papille paraît assez surélevée et on voit les

vaisseaux sanguins courir tout autour et s'effacer. De ce centre partent trois vaisseaux principaux allant l'un vers le haut, l'autre en bas et l'autre vers le nez. Une bande au-dessous de la papille se dirige de la partie claire vers la partie obscure du pigment. Parmi les vaisseaux les plus gros indiquent les veines, les autres les artères.

Dire maintenant quelles seront toutes les applications de la découverte du Dr Torner nous semble prématuré. Il semble que bien des horizons nouveaux sont ouverts et pour la science médicale et pour la science photographique. Il sera possible de suivre l'évolution des maladies de l'œil, d'en constater les progrès, de suivre l'effet des méthodes thérapeutiques. Peut-être aura-t-on quelques révélations en ce qui concerne la vision des couleurs en combinant la photographie avec le spectroscope. Peut-être aussi aurons-nous le dernier mot sur la vision stéréoscopique.

Ces problèmes en renferment encore quantité d'autres et il faut espérer que la photographie de la rétine nous en donnera la solution.

Dr A. N.

SUR L'ALTÉRATION A L'AIR DU SULFITE DE SOUDE CRISTALLISÉ

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et SEYEWETZ

En se basant d'une part sur l'efflorescence rapide qui se produit dans certaines conditions quand on expose à l'air le sulfite de soude cristallisé et, d'autre part, sur l'augmentation de la teneur de ce produit en sulfate, un grand nombre d'auteurs ont conclu à son oxydation rapide à l'air.

NAMIAS (1) a signalé le peu de constance de la composition du sulfite de soude cristallisé résultant de sa tendance à perdre à l'air un peu d'eau de cristallisation, ce qui le rend plus riche en sulfite proprement dit.

Il a indiqué aussi qu'en déshydratant le sulfite cristallisé par chauffage, on le transforme en sulfite anhydre, mais que cette opération, faite au contact de l'air, transforme une partie du sulfite en sulfate. Le même auteur a montré récemment que le sulfite cristallisé conservé en flacons bouché ne s'altère pas sensiblement surtout si on remplace l'air du flacon par du gaz d'éclairage (2).

Devant cette diversité d'opinions, nous avons cherché à déterminer d'une façon précise, les causes qui favorisent l'oxydation du sulfite de soude cristallisé afin d'établir les précautions à prendre pour empêcher cette oxydation. Nos expériences ont été faites dans des conditions comparables à celles que nous avons décrites dans notre précédente étude sur l'altération à l'air du sulfite de soude anhydre. Nous avons examiné, d'une part, l'altération du produit à l'état solide et d'autre part celle de ses solutions aqueuses.

SULFITE DE SOUDE CRISTALLISÉ A L'ÉTAT SOLIDE

Nous avons exposé à l'air en couche mince, dans des conditions variables, diverses portions d'un même échantillon de sulfite de soude cristallisé. L'une des portions était abandonnée dans de l'air relativement sec à la température de 15°, l'autre dans une atmosphère très humide également à 15°, une 3^{me} portion était maintenue à la température de 45° et une 4^{me} à 100°. Au début de ces essais chaque portion était titrée au moyen de la liqueur d'iode comme nous l'avons indiqué pour le sulfite anhydre (3) puis tous les jours, un nouveau titrage indiquait la quantité de sulfite restant dans la solution. Dans le tableau suivant nous avons indiqué les résultats de ces titrages exprimés en centimètres cubes de liqueur d'iode demi-décime normale correspondant à 10^{cc} de liqueur de sulfite cristallisée à 2%.

(1) NAMIAS, *Chimie photographique*, p. 274 (C. Naud, édit., Paris).

(2) *Bulletin de la Société suisse de photographie*, décembre 1903.

(3) Voir *Revue des sciences photographiques*, n° 2.

DATE DU TITRAGE	SULFITE CRISTALLISÉ exposé dans l'air RELATIVEMENT SEC tempér. 45°.	SULFITE CRISTALLISÉ exposé dans l'air TRÈS HUMIDE tempér. 45°.	SULFITE CRISTALLISÉ MAINTENU à 45°.	SULFITE CRISTALLISÉ MAINTENU à 100°.
21 décembre. (Titrage initial).	26,4 ^{cc} liqr d'iode.	26,4 ^{cc} liqr d'iode.	26,4 ^{cc} liqr d'iode.	26,4 ^{cc} liqr d'iode.
24 décembre.	28,2	—	28,2	—
27 —	29,3	—	28,2	—
30 —	30	—	28,2	—
3 janvier.	39,1	—	28,1	—
6 —	30,3	—	28,1	—
9 —	30,4	—	28,1	—
12 —	30,9	—	—	—
15 —	31,6	—	—	—
18 —	34	—	—	—
21 —	36,3	—	—	—
24 —	39,5	—	—	—
27 —	41,4	—	—	—
		28,8	—	—

Les chiffres précédents semblent donc montrer que le sulfite de soude cristallisé exposé à l'air sec s'anhydritifie peu à peu sans qu'il paraisse s'oxyder sensiblement (son aspect cristallin disparaît peu à peu et après s'être effleuré à la surface, il tombe en poudre). Il est impossible, d'après le titrage de l'acide sulfureux, de déduire la teneur en acide sulfurique, mais un dosage d'acide sulfurique effectué sur le produit initial et sur le même produit, après 37 jours d'exposition dans l'air sec (du 21 décembre au 27 janvier), donne des poids de sulfate de baryte qui sont sensiblement entre eux comme les nombres trouvés dans les titrages 26,4 et 41,4. La quantité d'acide sulfurique trouvée dans le sulfate initial correspond à 1 % de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ pour 100 gr. de sulfite cristallisé.

Dans l'air très humide, il y a eu au début un très faible enrichissement puis la teneur en acide sulfureux est restée sensiblement constante. On peut supposer dans ce cas que la déshydratation se produit lentement, mais étant accompagnée d'une oxydation, le titre en acide sulfureux n'augmente pas notablement. Quoique l'aspect des cristaux, à peine effleuris, paraisse plutôt indiquer que la déshydratation se produit d'une façon peu appréciable et qu'il n'y a pas lieu de faire l'hypothèse d'une oxydation pour expliquer la constance du titre en acide sulfureux, nous avons, par un dosage d'acide sulfurique, vérifié cette hypothèse. Les poids de sulfate de baryte obtenus avec le sulfite cristallisé initial et ce même sulfite à la fin de l'expérience après son exposition dans l'air très humide sont sensiblement entre eux comme les nombres 26,4 et 28,8 trouvés dans les dosages avec la liqueur d'iode, ce qui prouve qu'il n'y a pas eu d'oxydation. Enfin le sulfite de soude cristallisé exposé soit à 45°, soit à 100°, s'enrichit très rapidement en acide sulfureux en s'anhydritifiant. Le chiffre final trouvé est supérieur au double du chiffre initial, ce qui semble prouver que le sulfite cristallisé renfermait une certaine quantité d'eau d'interposition indépendante de l'eau de cristallisation (1).

(1) Le rapport entre les poids d'acide sulfurique trouvés dans le sulfite initial et le sulfite maintenu 3 jours à 100° est sensiblement le même que celui des nombres 26,4 et 58,2 obtenus par le titrage avec la liqueur d'iode.

a) INFLUENCE DE L'ALCALINITÉ OU DE L'ACIDITÉ DU SULFITE CRISTALLISÉ SUR SON ALTÉRABILITÉ A L'AIR

Comme les sulfites de soude cristallisés commerciaux ont une réaction alcaline plus ou moins marquée, suivant qu'ils ont été cristallisés en présence d'un petit excès de bisulfite ou d'un excès de carbonate alcalin, nous avons examiné l'influence de cette plus ou moins grande alcalinité sur l'altérabilité à l'air du sulfite cristallisé. Dans ce but, nous avons préparé deux échantillons distincts, l'un cristallisé au sein d'une liqueur à réaction très alcaline et l'autre dans une solution fortement acidulée par le bisulfite de soude. La première solution renfermait 2 kilogs de sulfite cristallisé, 2 litres d'eau et 100 grammes de carbonate de soude Solvay, dans la deuxième, on avait remplacé le carbonate de soude par 200^{cc} de bisulfite de soude commercial. Bien que cristallisant dans une liqueur fortement acide à la phénolphthaleïne, ce dernier sulfite présentait, après avoir été essoré, une réaction faiblement alcaline à ce même réactif, ce qui prouve bien que l'alcalinité du sulfite est sa réaction propre et non celle de l'excès d'alcali dont il peut être souillé.

L'échantillon cristallisé en présence de l'excès de carbonate de soude colore la phthaleïne en un rouge beaucoup plus intense que celui obtenu en liqueur acide. Quatre échantillons de chacun de ces sulfites ont été étalés à l'air dans les mêmes conditions que celles indiquées plus haut pour le sulfite cristallisé normal. Les résultats des titrages exprimant le nombre de cc³ de liqueur d'iode 1/2 décime normale correspondant dans chaque cas, à 10^{cc} de solution de sulfite à 20/0 sont consignés dans les tableaux suivants :

SULFITE DE SOUDE CRISTALLISÉ en solution alcaline.					SULFITE DE SOUDE CRISTALLISÉ en solution acide				
DATE du TITRAGE	Exposé à l'air sec Temp. 15°	Exposé à l'air très humide, Temp. 15°	Maintenu à 45°	Maintenu à 100°	Exposé à l'air sec Temp. 15°	Exposé à l'air très humide Temp. 15°	Maintenu à 45°	Maintenu à 100°	
30 décembre. (Titrage initial)	21,4	26,1	26,1	26,1	27,5	27,5	27,5	27,5	
31 décembre.	26,4	26,4	54,4	56,2	28,4	27,6	56	56,4	
3 janvier.	27,3	26,3	54,3	56,2	29,3	27,9	56,4	56,4	
6 —	28,2	27,2	56	56,4	30	28	56,4	56,4	
9 —	29,5	27,3	56	56,4	30,9	28,4	56	56,4	
12 —	31,3	27,4	"	"	32,1	28,4	"	"	
15 —	33,7	27,3	"	"	33,6	28,4	"	"	
18 —	35,9	27,4	"	"	35,4	28,3	"	"	
21 —	39	27,3	"	"	36,4	28,3	"	"	
24 —	43,4	27,3	"	"	37,7	28,4	"	"	
27 —	46,5	27,4	"	"	37,5	28,6	"	"	
6 février.	50,6	27,6	"	"	34,8	28,2	"	"	

Les chiffres précédents ont été, dans chaque cas, complétés par un dosage d'acide sulfurique fait au début sur le sulfite initial et à la fin de chaque essai sur l'échantillon correspondant. Dans tous ces dosages, sauf dans le cas de sulfite cristallisé en solution acide exposé à l'air sec, la quantité d'acide sulfurique trouvée est toujours sensiblement proportionnelle à la teneur en sulfite, ce qui tend à prouver que, dans

les autres cas, aucune oxydation appréciable n'a accompagné la déshydratation, même dans le cas de l'exposition à l'air très humide. Les résultats ainsi obtenus montrent donc que dans la majorité ces cas, le seul phénomène qui semble se produire est une déshydratation. La perte d'eau est insignifiante quand on opère dans l'air très humide à la température ordinaire, mais elle devient importante quand le sulfite est exposé dans l'air sec, surtout si ce sulfite provient d'une cristallisation en présence d'un excès de carbonate de soude.

L'anhydrierification est très rapide vers 45° et 50° et encore plus rapide à 100°, mais à partir de 50° le sulfite commence à fondre dans son eau de cristallisation avant de se déshydrater.

2^e ALTÉRATION DES SOLUTIONS AQUEUSES DE SULFITE DE SOUDE CRISTALLISÉ

Ces essais ont été faits dans les mêmes conditions que ceux déjà décrits dans notre précédente étude (1) en exposant dans des flacons, de deux litres à moitié pleins, 1 litre de solutions de titres variés : 2 0/0, 6 0/0, 10 0/0, 20 0/0, 40 0/0. Ces teneurs sont le double de celles que nous avions employées dans le cas du sulfite anhydre, elles correspondent donc au même poids de SO_3Na^2 .

Pour chaque dilution on avait 2 flacons, l'un bouché et l'autre ouvert, mais tous deux à moitié pleins.

Nous avons répété ces expériences sur le sulfite cristallisé, bien que les ayant déjà faites avec le sulfite anhydre, parce que l'on remarque que ce dernier ne paraît se combiner que lentement à l'eau pour se transformer en sulfite hydraté. On constate, en effet, qu'à la température ordinaire, l'eau dissout sensiblement les mêmes poids de sulfite anhydre et de sulfite cristallisé malgré que le premier renferme à poids égal deux fois plus de SO_3Na^2 que le second.

Nous ne nous sommes pas bornés à étudier l'oxydation à l'air des solutions de sulfite cristallisé normal, mais nous avons recherché l'influence qu'exerce sur cette oxydation la présence dans la solution d'un excès de bisulfite ou de carbonate de soude. On a jugé inutile de répéter ces derniers essais avec tous les degrés de dilution, mais on a opéré seulement sur la solution à 2 0/0.

Une partie de cette dernière a été additionnée de 5 cc. d'acide chlorhydrique par litre pour la rendre acide, on a ajouté à l'autre portion 2 gr. de carbonate de soude anhydre par litre pour lui donner une forte réaction alcaline. Les solutions ont été réparties comme les précédentes dans des flacons de deux litres à moitié pleins en observant les phénomènes produits en flacon ouvert et en flacon bouché.

Les titrages journaliers des liqueurs ayant donné des résultats comparables à ceux que nous avons indiqués à propos du sulfite de soude anhydre, nous jugeons inutile de les donner de nouveau ici.

Nous indiquerons seulement les résultats comparatifs obtenus dans le titrage d'une solution à 2 0/0 préparée d'une part avec le sulfite cristallisé normalement, d'autre part, avec ce même sulfite dont la solution a été additionnée d'acide ou d'alcali dans les conditions indiquées plus haut.

(1) *Revue des sciences photographiques*, n° 2.

Voici les résultats comparatifs obtenus dans ces titrages :

NATURE et TENEUR DE LA SOLUTION	DURÉE DU CONTACT AVEC L'AIR	POIDS DE SULFITE oxydé pour 400 gr. desulfite total employé.	POIDS DE SULFITE oxydé pour 400 cc. de solution après 6 jours
<i>Solution à 2 0/0. de Sulfite cristallisé normalement</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 6 jours.	94 0/0.	4 gr. 88
	Après 8 jours, oxyda- tion totale		
Flacon à moitié plein et bouché	Après 6 jours.	36 0/0.	0 gr. 72
	Après 4 mois, oxy- dation totale		
<i>Solution à 2 0/0. de Sulfite cristallisé en liqueur acide</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 6 jours	23 0/0.	0 gr. 46
	Après 4 mois.	66 0/0.	
Flacon à moitié plein et bouché	Après 6 jours.	49 0/0.	0 gr. 38
	Après 4 mois.	33 0/0.	
<i>Solution à 2 0/0. de Sulfite cristallisé en liqueur alcaline</i>			
Flacon à moitié plein ouvert	Après 6 jours.	82 0/0.	4 gr. 64
	Après 12 jours, oxyda- tion totale		
Flacon à moitié plein et bouché	Après 6 jours	55 0/0.	4 gr. 40
	Après 20 jours oxyda- tion totale		

Les chiffres du tableau précédent n'ont rien d'absolu, leur comparaison seule est intéressante, car ils ont été obtenus dans des conditions identiques avec les six solutions mentionnées. Ces nombres varient, en effet, suivant la dimension des flacons, la quantité de liquide qu'ils renferment, la surface de contact du liquide avec l'air, la température extérieure, la fréquence des titrages, etc. Il ressort des chiffres précédents, que la solution de sulfite cristallisé à 2 % additionnée d'une petite quantité d'acide chlorhydrique (c'est-à-dire renfermant un peu de bisulfite de soude) s'altère beaucoup moins à l'air que cette même solution non additionnée d'acide ou renfermant une petite quantité de carbonate de soude (4), ces deux dernières paraissent s'altérer sensiblement de la même façon en flacon ouvert, les différences entre les chiffres des titrages sont peu importantes. En flacon bouché la solution alcaline paraît pourtant plus altérable que l'autre.

(4) Nous avons vu plus haut qu'à l'état solide, c'est au contraire le sulfite de soude cristallisé en solution acide qui paraît s'altérer le plus facilement à l'air.

CONCLUSIONS

1^o Le sulfite de soude cristallisé à l'état solide s'altère facilement à l'air et cela d'autant plus rapidement que la température extérieure est plus élevée et l'atmosphère moins humide.

2^o Cette altération n'est pas dans la majorité des cas une oxydation, mais une simple déshydratation et il est possible en exposant le sulfite cristallisé dans l'air sec pendant un temps suffisant à la température ordinaire de le déshydrater complètement sans qu'il se produise (contrairement à ce qu'on a supposé jusqu'ici) une quantité notable de sulfate.

3^o Les solutions aqueuses de sulfite cristallisé se comportent à l'air comme les solutions correspondantes de sulfite anhydre : en solution diluée elles absorbent très rapidement l'oxygène de l'air tandis qu'en solution concentrée cette absorption est très lente.

4^o Les solutions diluées préparées avec du sulfite de soude cristallisé en liqueur acide sont beaucoup moins altérables à l'air que les solutions de même concentration préparées avec du sulfite cristallisé en liqueur neutre ou alcaline.

Au point de vue pratique cette étude démontre donc l'avantage qu'il y a à se servir pour la préparation des révélateurs du sulfite anhydre plutôt que du sulfite cristallisé.

Le sulfite cristallisé en effet, bien que ne s'oxyde pas sensiblement à l'air, se déhydrate constamment dans l'air sec, sa composition n'est pas constante.

En outre les solutions de sulfite qui doivent être conservées seront préparées à un état de concentration d'autant plus grand que l'on voudra mieux éviter leur altération.

SUR L'ALTÉRATION A L'AIR

DU MÉTABISULFITE DE POTASSE ET DU BISULFITE DE SOUDE

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ

Nous avons montré dans nos précédentes études (1) comment se comportent les sulfites de soude cristallisé et anhydre, lorsqu'ils sont abandonnés à l'air dans des conditions variables.

Dans le présent travail, nous avons étudié l'action de l'air sur les deux autres dérivés de l'acide sulfureux employés en photographie : le métabisulfite de potasse et le bisulfite de soude.

NAMIAS (2) a signalé récemment que le métabisulfite de potasse $K_2S_2O_5$, qui *cristallise anhydre*, se conserve à l'air sans altération appréciable à l'état cristallisé. La faible diminution de la teneur en acide sulfureux que l'on peut constater au bout d'un temps assez long, ne correspond pas, d'après Namias, à une oxydation, mais à une perte d'acide sulfureux. Il a indiqué, par contre, que les solutions de métabisulfite s'altèrent assez vite, mais moins rapidement pourtant que les solutions de sulfite de soude. Enfin, d'après le même auteur, le bisulfite de soude est beaucoup plus instable à l'air que le métabisulfite de potasse.

Dans l'étude suivante, nous avons recherché l'action de l'air sur le métabisulfite de potasse et sur le bisulfite de soude, non seulement à l'état solide, mais aussi en solution, dans des conditions variables.

A. Altération du métabisulfite de potasse

1^o METABISULFITE DE POTASSE A L'ETAT SOLIDE

Nous avons exposé à l'air en couche mince, dans des conditions différentes, plusieurs portions d'un même échantillon de métabisulfite de potasse cristallisé. L'une des portions était exposée dans de l'air relativement sec à la température de 45°, l'autre dans une atmosphère très humide également à 45°, une troisième portion était maintenue à la température de 45° et une quatrième à 100°. Chaque portion était titrée par la liqueur d'iode d'abord au début des essais, puis tous les trois jours en opérant comme nous l'avons indiqué à propos du titrage des sulfites. Dans tous les cas, nous avons obtenu des résultats qui confirment l'opinion émise par Namias : le métabisulfite à l'état solide n'a pas paru subir d'altération appréciable.

(1) *Revue des sciences photographiques*, n° 2.

(2) *Bulletin de la Société suisse de photog.*, 1903, p. 516 et 518.

2^e METABISULFITE DE POTASSE EN SOLUTION

Nos essais ont porté sur des solutions à 1 %, 2 %, 6 %, 10 % et 20 % contenues dans des flacons de 2 litres à moitié pleins. Pour chaque dilution on avait un flacon bouché et un flacon non bouché.

Les solutions étaient titrées au début des expériences, puis de 3 jours en 3 jours en opérant comme nous l'avons indiqué pour les solutions de sulfite de soude.

Dans le tableau ci-dessous, nous indiquons la quantité de métabisulfite qui s'est oxydée dans les diverses solutions trois semaines et six semaines après leur préparation.

Nature et teneur de la solution Métabisulfite de potasse.	Durée du contact avec l'air.	Poids de Produit oxydé pour 400 gr. de Produit total employé.		Poids de Produit oxydé dans 400 cc. de solution, en flacon débouché, après 6 semaines.
		Flacon débouché	Flacon bouché	
Solution à 1 % .	Après 3 semaines.	22 % . . .	11,66 % . . .	0 gr. 56.
	Après 6 semaines.	56,66 % . . .	28 % . . .	
Solution à 2 % .	Après 3 semaines.	19,66 % . . .	8,5 % . . .	0 gr. 98.
	Après 6 semaines.	49 % . . .	20 % . . .	
Solution à 6 % .	Après 3 semaines.	49 % . . .	3,5 % . . .	2 gr. 70.
	Après 6 semaines.	45 % . . .	4 % . . .	
Solution à 10 % .	Après 3 semaines.	46,66 % . . .	2,66 % . . .	4 gr. 46.
	Après 6 semaines.	41,66 % . . .	4 % . . .	
Solution à 20 % .	Après 3 semaines.	42,66 % . . .	0,3 % . . .	6 gr. 5 %
	Après 6 semaines.	32,66 % . . .	1 % . . .	

Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus avec des solutions de même teneur en sulfite de soude anhydre (4) on constate de notables différences.

Ainsi la solution de sulfite anhydre à 1% conservée en flacon ouvert dans les mêmes conditions que celle de métabisulfite également à 1% est totalement oxydée après une semaine, tandis qu'il n'y a environ que 22 % du poids de métabisulfite employé qui soit oxydé après un temps 3 fois plus long. Avec la solution à 10 %, les différences quoique beaucoup moins accentuées qu'avec la solution à 1%, sont encore notablement en faveur du métabisulfite. Après un mois il y a 98 % environ du sulfite qui sont oxydés, tandis que dans les mêmes conditions après six semaines il n'y a que 41,66 % de métabisulfite qui ont disparu. Avec la solution à 20 % c'est

(4) C'est au sulfite anhydre qu'il convient de comparer ces résultats plutôt qu'au sulfite cristallisé, car le métabisulfite de potasse, bien que cristallisé, est un sel anhydre.

le sulfite qui s'oxyde moins vite que le métabisulfite. En effet, après un mois, il n'y a que 14 % du sulfite oxydé tandis qu'il y a au bout du même temps 49 % environ de métabisulfite et 32,66 % après six semaines. On voit qu'au point de vue de l'oxydation à l'air l'influence de la concentration des solutions de métabisulfite de potasse est beaucoup moins importante que dans le cas du sulfite de soude.

B. Altération du bisulfite de soude

1^o BISULFITE DE SOUDE CRISTALLISÉ

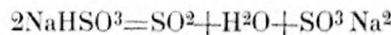
On a préparé du bisulfite de soude cristallisé en concentrant par évaporation la solution commerciale de bisulfite de soude jusqu'à commencement de cristallisation à chaud en la soumettant à un refroidissement rapide. Les cristaux après essorage sur une brique en plâtre ont été séchés par pression entre des doubles de papier-filtre, puis on a déterminé leur teneur en acide sulfureux. On n'a pas utilisé dans ces essais le bisulfite de soude cristallisé du commerce pour éviter d'employer un produit trop altéré.

On a divisé le produit en deux portions qui ont été exposées en couche mince à la température ordinaire (15°), l'un dans l'air relativement sec, l'autre dans l'air très humide. On a fait tous les 3 jours des titrages sur ces produits avec la solution d'iode 1/2 décime normale en opérant sur 100 cc. de solution à 10 gr. par litre.

Voici les résultats des titrages exprimés en cc³ de liquide d'iode demi-décime normale.

DURÉE DU CONTACT AVEC L'AIR	Exposé dans l'air relativement sec à 15°	Exposé dans l'air très humide à 15°
Titrage initial	8 cc.4	48 cc. 4
Après 3 jours	24	46,2
— 9 jours	27,2	45,3
— 7 semaines.	46,2	44,7

Ces titrages montrent que le bisulfite de soude cristallisé s'enrichit d'abord en acide sulfureux. C'est probablement en perdant de l'eau de cristallisation, car à cet enrichissement correspond un effleurissement des cristaux qui s'accentue de plus en plus. Le produit perd ensuite de l'acide sulfureux, son odeur sulfureuse disparaît, il se transforme probablement en sulfite anhydre d'après l'équation :



On voit, en outre, que dans l'air très humide l'altération est notablement plus rapide que dans l'air sec.

Bisulfite de soude en solution

On a expérimenté sur des solutions renfermant respectivement dans 100 cc., 1 gr., 2 gr., 6 gr., 10 gr., 20 gr., 40 gr., 100 gr. de la solution commerciale de bisulfite de soude, ainsi que sur la solution commerciale elle-même non diluée, en employant dans chaque cas 1 litre de solution contenue dans un flacon de 2 litres et en opérant pour chaque dilution en flacon bouché et en flacon débouché.

Des titrages journaliers exécutés comme dans les essais avec le métabisulfite de potasse ont donné des résultats tout à fait comparables à ceux obtenus avec ce composé.

Les solutions de bisulfite paraissent néanmoins un peu plus oxydables que celles de métabisulfite de potasse. Ainsi, la quantité de bisulfite oxydé après trois semaines en opérant en flacon ouvert est de 37 gr. pour 100 gr. de bisulfite commercial dans 100 cc.

Dans le cas du métabisulfite, ces mêmes nombres étaient de :

Avec la solution à 2 %, la quantité de sulfite oxydé est de 34 gr. environ

—	6 %	—	—	32	—
—	40 %	—	—	29	—
—	20 %	—	—	23	—
—	40 %	—	—	11	—
—	100 %	—	—	5	—

Avec la solution commerciale, — — — 4 gr. 5 —

23 gr. p. % de métabisulfite dans la solution à 1 %	—	—	—	—
49 gr. 66 p. %	—	—	—	2 %
49 gr. %	—	—	—	6 %
46 gr. 66 %	—	—	—	10 %
42 gr. 66 %	—	—	—	20 %

Les nombres obtenus avec le bisulfite de soude sont donc notablement plus élevés que ceux obtenus avec le métabisulfite de potasse, mais on remarquera que la solution de bisulfite du commerce ne renferme, en réalité, que 40 % de NaHSO_3 . Si on ramène les solutions à des teneurs comparables en composé sulfittique, on trouve des nombres assez comparables entre eux, mais néanmoins plus faibles pour le métabisulfite de potasse que pour le bisulfite de soude.

CONCLUSIONS

L'étude précédente permet de tirer les conclusions suivantes :

- 1) Le métabisulfite de potasse cristallisé ne s'altère pas sensiblement dans l'air sec ou humide.
- 2) Les solutions de métabisulfite de potasse conservées au contact de l'air s'altèrent. Cette altération est notablement plus faible que celle des solutions correspondantes de sulfite de soude pour les solutions diluées. L'altération est au contraire

plus grande pour le métabisulfite de potasse que pour le sulfite de soude lorsque la concentration atteint 20 %.

3) L'influence de la concentration des solutions sur leur oxydabilité à l'air est beaucoup moins importante avec le métabisulfite de potasse et le bisulfite de soude qu'avec le sulfite de soude.

4) Le bisulfite de soude cristallisé est très altérable à l'air, mais ses solutions se comportent à peu près comme celles du métabisulfite de potasse.

Au point de vue pratique il résulte de notre étude sur l'altération à l'air des divers dérivés de l'acide sulfureux employés en photographie, que pour la préparation des révélateurs, le sulfite de soude anhydre nous paraît devoir être préféré aux autres dérivés de l'acide sulfureux.

Les solutions aqueuses étendues de métabisulfite de potasse, bien qu'un peu moins altérables à l'air que celles de sulfite de soude anhydre, présentent le grave inconvénient de nécessiter au moment du développement une addition supplémentaire d'alcali (en quantité exactement calculée) ce qui, à notre avis, doit faire rejeter au point de vue pratique l'emploi du métabisulfite de potasse comme succédané du sulfite de soude anhydre.

EXPRESSION DES FORMULES DE PRÉPARATION D'ÉCRANS COLORÉS

Rapport présenté à la Commission permanente
Du Congrès international de photographie au nom de la deuxième sous-commission

PAR M. L.-P. CLERC

Dans sa séance du 27 juillet 1900, le Congrès international de Photographie, réuni à Paris, a donné mission à sa Commission permanente de rechercher un mode d'*éclairage des écrans colorés et des couleurs pigmentaires*.

Considérant que les études faites sur un écran déterminé ne seront pratiquement utilisables que s'il est possible d'établir avec certitude des écrans identiques à celui étudié, la première sous-commission, plus spécialement chargée des questions sensitométriques et photométriques, a accueilli favorablement une proposition de MM. F. MONPILLARD et L.-P. CLERC, tendant à ce que soient tout d'abord adoptées des règles uniformes pour l'énoncé des formules de préparation de ces écrans.

Les écrans colorés ordinairement employés se rattachent à trois types :

1^o Cuves à faces parallèles transparentes, remplies de liquides colorés ;

2^o Glaces incolores couvertes d'une pellicule colorée ;

3^o Glaces colorées dans leur masse.

Les écrans de cette dernière catégorie ne sont établis qu'industriellement, et leurs formules de préparation ne sont pas généralement connues ; ils ne semblent d'ailleurs pas présenter les mêmes latitudes que ceux des deux premiers types énumérés : la sous-commission a donc provisoirement réservé, après une démarche sans résultat auprès de M. J. RADIGUET, toutes questions relatives à la définition de ces écrans.

Un écran coloré liquide sera suffisamment défini si l'on connaît l'épaisseur interne de la cuve et la composition du liquide coloré y contenu ; l'enquête faite par la sous-commission montre que le plus grand nombre des auteurs et des constructeurs ont adopté pour leurs cuves une épaisseur de 1 cm. ; la sous-commission exprime donc le vœu que cette mesure soit généralisée. Les liquides destinés à être employés dans ces cuves seront parfaitement définis, si leurs formules sont rédigées conformément aux règles préconisées pour l'*expression des formules photographiques*.

Les écrans formés d'une glace incolore couverte d'une pellicule colorée peuvent être préparés de deux façons très différentes :

1^o On coule sur glace une solution de gélatine ; la pellicule incolore ainsi obtenue est teinte dans un bain approprié.

2^o On coule sur glace soit une solution colorée de gélatine, soit un collodion coloré.

La première de ces méthodes, bien que fournissant en certains cas des résultats satisfaisants, ne semble pas se prêter aussi bien que la seconde à l'exécution d'écrans identiques entre eux ; les expériences, effectuées par M. MONPILLARD sur la de-

mande de la sous-commission, ont montré que des écrans préparés par imbibition à diverses époques, en prenant toutes précautions utiles pour que les conditions opératoires fussent exactement les mêmes, ne présentaient pas les mêmes intensités ; on a donné comme argument en faveur de ce mode opératoire le fait qu'en opérant ainsi, la teinture de la couche de gélatine était exclusivement superficielle, ce qui permettrait l'obtention d'un écran d'intensité uniforme en tous ses points, au cas même où la couche de gélatine serait d'épaisseur variable. Pour vérifier l'exactitude de ces assertions, des glaces ont été couvertes de solutions de gélatine formant, après séchage, des couches dont l'épaisseur variait de 27μ à 60μ . Plongées en même temps dans divers bains colorants et l'immersion étant, dans chacun de ces bains, prolongée pendant le temps indiqué par les auteurs des formules essayées, ces couches colorées ont été pelliculées, desséchées, enrobées de paraffine et coupées au microtome ; les coupes, présentées au microscope par M. MONPILLARD, montrent que la teinture a chaque fois pénétré dans toute leur épaisseur les diverses couches de gélatine expérimentées. L'avantage attribué à ce mode opératoire est donc illusoire dans les conditions où s'effectuent ces imbibitions ; en revanche, les désavantages sont nombreux, toutes variations dans les propriétés de la gélatine, dans la proportion de substances étrangères, dans la température du bain de teinture, etc., modifiant l'intensité et, en certains cas, même la nuance des écrans ainsi préparés.

La sous-commission est donc d'avis de déconseiller la méthode d'imbibition comme moyen de confections d'écrans colorés, si l'on veut assurer la parfaite identité des écrans préparés par divers opérateurs et à diverses époques suivant une même formule.

Le second moyen qu'emploient couramment déjà d'assez nombreux opérateurs, se prête au contraire excellemment à la confection d'écrans colorés identiques entre eux, si les colorants utilisés sont suffisamment définis. Si l'on constitue une solution titrée des colorants dans une gelée gélatineuse ou dans un collodion, il sera facile de verser, sur une glace de surface connue, une quantité déterminée de la solution colorée, en prenant toutes précautions nécessaires pour assurer l'uniformité d'épaisseur de la couche ; en versant chaque fois sur la même surface le même poids des mêmes colorants, on est assuré d'une parfaite identité ; aussi est-ce ce dernier mode de préparation que la sous-commission croit pouvoir recommander.

Tenant compte de ces diverses considérations, la première sous-commission propose à la Commission permanente l'adoption du projet de résolution ainsi conçu :

PROJET DE RÉSOLUTION

I. Pour faciliter la confection d'écrans colorés pelliculaires identiques entre eux, la Commission permanente du Congrès international de Photographie recommande de préparer ces écrans en coulant sur une surface d'aire connue un volume déterminé d'une solution titrée du ou des colorants dans une solution gélatineuse ou dans un collodion, toutes précautions étant prises pour assurer à la pellicule une épaisseur uniforme ; la Commission considère qu'il paraît impossible de créer des écrans pelliculaires exactement définis par la teinture d'une pellicule de gélatine dans un bain colorant, l'intensité et la nuance de la couche teinte variant sous de nombreuses influences.

Dans les formules de préparation de ces écrans, on spécifiera le poids de chacun des colorants à distribuer par chaque centimètre carré de la surface de l'écran.

II. Les écrans colorés liquides seront employés dans des cuves à faces parallèles ayant une épaisseur intérieure uniforme de 1 cm. (ou formées de compartiments ayant chacun 1 cm. d'épaisseur) ; les formules de préparation des liquides colorés à utiliser dans ces cuves seront exprimées conformément aux règles établies par le Congrès international de Photographie pour l'expression des formules de bains et solutions (1).

La comparaison de ces écrans avec ceux du premier type considéré est facilitée par le fait que, dans ces conditions, le poids en milligrammes des colorants rencontrés par un faisceau lumineux normal aux parois et ayant 1 cm² de section est représenté par le même nombre qui indique le poids en grammes de ces colorants à dissoudre par litre de la solution colorée (2).

III. La Commission croit devoir rappeler aux auteurs qu'un grand nombre de matières colorantes artificielles sont sujettes à variations, même quand elles sont livrées sous dénominations et marques identiques ; il est donc désirable que, dans les formules d'écrans colorés, ne figurent autant que possible que des substances de constitution chimique rigoureusement définie et invariable. Pour les colorants organiques, on joindra au nom du produit considéré l'indication de son fabricant et la reproduction textuelle des noms, marques et numéros portés au catalogue de celui-ci.

(1) *a.* Dans les formules exprimant la composition des préparations photographiques, les composants seront indiqués, s'il y a lieu, dans l'ordre où ils doivent être introduits dans la préparation.

b. Les quantités de substances employées seront exprimées en poids pour les corps solides, en volumes (à 45° C) pour les liquides ; on adoptera de préférence les grammes pour les parties en poids, les centimètres cubes pour les parties en volume.

c. Les divers poids ou volumes des produits seront donnés pour un volume total de 1000 : le volume de celui des liquides qui figure en plus grande quantité (le plus généralement l'eau) ne sera pas nécessairement exprimé, mais seulement indiqué par la mention : quantité suffisante pour faire 1000 cm³ de solution.

(2) Pour des déterminations comparatives absolument exactes, il y aurait lieu de tenir compte de la différence d'absorption entre une couche d'eau de 1 cm. d'épaisseur, et une couche de gélatine incolore, de même nature et d'épaisseur égale à celle de la gélatine colorée constituant l'écran.

LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

PREMIÈRE PARTIE. — OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

(Suite)

§ 8. — FORMULE INCORRECTE OCCASIONNELLEMENT PLUS PRÉCISE QUE LA FORMULE EXACTE

Nous avons dit que le mode d'opérer qui conduit aux résultats les plus précis consiste à relever le plus grand angle que peut embrasser le champ de l'objectif, ainsi que l'étendue de la graduation que cet angle intercepte sur l'horizontale médiane de la glace dépolie ; et à prendre la moitié de ces deux valeurs. Nous avons ajouté que, pour la pratique courante, il est plus simple et généralement suffisant de se borner à relever directement ces deux moitiés dans l'observation. On évite ainsi la complication d'une transcription de chiffres dont on doit prendre la moitié. En présence d'angles d'une exiguité qui en rend l'évaluation suspecte, comme il s'en rencontre en focimétrie microscopique, les opérateurs se trouvent naturellement enclins à établir entre les deux manières de faire une fusion ou une confusion. Ils relèvent l'angle et la longueur doubles ; et ils effectuent immédiatement sur ces valeurs le calcul dont la formule n'est rigoureusement applicable qu'à leur moitié. Cela revient à substituer à un triangle rectangle le triangle isocèle qui en est le double, et à traiter encore ce dernier comme rectangle.

Il semblerait superflu de dire qu'une telle substitution, effectuée d'une façon générale et sans aucun discernement, peut conduire aux résultats les plus extravagants ; mais il n'est pas sans intérêt de faire remarquer qu'entre certaines limites elle peut être tolérée, et qu'il est des cas extrêmes dans lesquels elle devient avantageuse.

C'est un fait qui ressort de la construction géométrique la plus rudimentaire que l'angle à la base d'un triangle isocèle très aigu diffère extrêmement peu d'un angle droit. Il est donc immédiatement présumable qu'en assimilant un tel triangle à un triangle rectangle, on ne commettra qu'une erreur de peu d'importance. Ce n'est qu'à la faveur de la faculté de pouvoir négliger cette erreur entre certaines limites qu'ont pu s'introduire dans la pratique militaire les télémètres à angle variable, destinés à apprécier les distances dans le tir de combat.

Pour nous former une idée plus précise de l'influence que peut exercer une telle erreur sur les déterminations que nous avons en vue, revenons à notre formule fondamentale du point de départ :

$$f = l \cot \alpha$$

L'irrégularité dont nous nous occupons revient à conserver cette formule, tout en y substituant $2 l$ à l et 2α à α ; soit à prendre

$$f = 2l \cot 2\alpha$$

L'erreur e qui, au point de vue mathématique abstrait résulte de cette substitution, se trouve donc représentée par la différence de ces deux valeurs de f . On a donc :

$$e = l \cot \alpha - 2l \cot 2\alpha$$

En développant, puis effectuant les réductions, cette expression se ramène à :

$$e = l \operatorname{tg} \alpha$$

Rien de plus facile que de construire géométriquement cette grandeur. Soit (fig.1) N le point nodal d'avant de l'objectif, sommet normal des angles qu'il définit; AA' la portion de la graduation horizontale de la glace quadrillée, transportée symétriquement vers l'avant, qui sostend l'angle 2α , et que nous avons désignée par $2 l$; NP, la longueur focale f qui constitue la hauteur du triangle isocèle ANA', si au point A nous élevons à AN la perpendiculaire AT jusqu'à la rencontre en T de l'axe optique prolongé, dans le triangle rectangle TAP dont le côté AP est précisément la longueur l , l'angle TAP sera égal à ANP ou à α . Par conséquent TP représentera en vraie grandeur la valeur $l \operatorname{tg} \alpha$ de notre erreur e , que toutefois il y aura lieu de transposer en sens contraire de P vers N en PT'.

Si nous nous rappelons que l était tout d'abord exprimé en fonction de f sous la forme : $l = f \operatorname{tg} \alpha$, nous voyons que la valeur de e peut encore s'écrire :

$$e = f \operatorname{tg}^2 \alpha$$

Cela veut dire que, pour des valeurs de α décroissant indéfiniment, l'erreur e est ce qu'en langage mathématique on appelle un infiniment petit du second ordre. On conçoit donc que, pour des valeurs très faibles mais encore susceptibles de se rencontrer dans la pratique des méthodes d'observation, elle puisse devenir négligeable vis-à-vis d'autres erreurs dont ces mêmes méthodes se trouvent entachées.

Nous avons dit que, pour la pratique courante de la focimétrie photogrammétrique, il y avait lieu de considérer une minute comme la limite des erreurs commises sur l'observation de l'angle directement relevé sur le cercle. Or, à l'inverse de ce qui avait lieu pour la cause d'erreurs précédente, celle-ci emporte sur la valeur de la cotangente, et, par suite, sur celle de la longueur focale, des écarts d'autant plus considérables, que l'angle sur lequel elle porte est lui-même plus petit. Par conséquent à un moment donné on accroîtra très notablement ces écarts quand de l'observation de l'angle double on passera à celle de l'angle simple.

Dans le premier cas, le coefficient de l'écart est donné par l'expression :

$$2 [\cot 2\alpha - \cot (2\alpha + 1')]$$

Dans le second par :

$$\cot \alpha - \cot (\alpha + 1')$$

Pour les angles inférieurs à 45° , les seuls que nous ayons à considérer, cette seconde valeur est toujours supérieure à la première. Toutefois, nous savons qu'en ce qui concerne nos recherches, la seconde répond à une formule exacte au point de vue théorique ; et la première, à une formule erronée. Nous venons en outre de voir que l'erreur dont celle-ci est entachée a pour mesure $ltg\alpha$.

L'écart correspondant à l'emploi de la première expression du coefficient d'erreur devra donc être représenté par une certaine combinaison de cette expression avec $ltg\alpha$. Quelle sera cette combinaison ? Ici, comme dans divers cas signalés antérieurement, il est à remarquer que $ltg\alpha$ ne constitue pas du tout une erreur de l'ordre des erreurs accidentelles, qui se combinent entre elles par voie de l'établissement de la résultante géométrique. C'est une erreur systématique, parfaitement définie et constante pour chaque valeur de α , et nous avons même, dans ce qui précède, relevé tous les éléments nécessaires pour en effectuer le calcul si nous le jugions à propos. Elle se combinera donc purement et simplement par voie d'addition, toujours prise positivement, avec la partie du coefficient de limite d'erreur résultant de l'incertitude d'une minute admise pour l'observation angulaire. Cette dernière partie pourra être positive ou négative ; la limite définitive de ce coefficient résultera du cas où ces deux valeurs s'additionneront. Elle sera donc représentée par :

$$2 [\cot 2\alpha - \cot(2\alpha + 1')] + tg\alpha$$

Le coefficient de limite d'erreur inhérente de ce chef à l'emploi de la formule exacte est de son côté représenté par :

$$\cot \alpha - \cot(\alpha + 1')$$

Au point de vue de la pratique, la formule inexacte ou la formule exacte pourra donc se trouver la plus avantageuse selon que l'une de ces valeurs l'emportera sur l'autre.

Pour une valeur de α égale à 1° , valeur que nous avons rencontrée en focimétrie microscopique en opérant dans de mauvaises conditions : (microcmètre trop court et grossissement d'observation trop fort eu égard au système optique soumis aux essais), un avantage décisif se manifeste en faveur de la formule fausse.

Pour une valeur de l'angle α égale à 3° , valeur qui commence à rentrer dans celles que l'on rencontre normalement en focimétrie microscopique, l'avantage se trouve exactement balancé, à moins d'une fraction de minute près. L'erreur résultante est alors d'environ $1/190$ pour l'une comme pour l'autre formule. Pour $\alpha = 4^\circ$, ou $2\alpha = 8^\circ$, limite de la tolérance admise dans les télémètres militaires, l'avantage est définitivement passé à la formule exacte. Le coefficient de limite d'erreur afférente à cette dernière n'est plus que de $1/240$, tandis qu'il est devenu $1/140$ pour la formule fausse.

A partir de là, l'influence de l'incorrection de cette dernière formule va en croissant indéfiniment. Pour $\alpha = 12^\circ$, le plus grand angle que nous ayons relevé en focimétrie microscopique, l'incertitude d'une minute sur la lecture du cercle se traduit, avec elle par une erreur approximative de $1/22$ de la longueur focale à mesurer, tandis qu'elle se réduit à $1/700$ avec la formule exacte et à $1/1300$, si l'on part de la lecture de l'angle double et que l'on en prend la moitié.

Pour $\alpha = 45^\circ$ ou $2\alpha = 90^\circ$, angle d'ouverture des objectifs grands-angulaires de la

photographie, l'erreur résultant de l'emploi de la formule fausse serait précisément égale à la longueur focale elle-même ; d'ailleurs, comme précédemment, toujours négative. C'est-à-dire que comme longueur focale on trouverait invariablement zéro, quelle qu'en pût être la véritable valeur. Enfin, pour une ouverture d'angle de 180°, s'il était jamais possible d'avoir affaire à semblable ouverture, l'erreur de la formule fausse deviendrait infinie, en ne cessant pas d'être négative.

Le point précis où l'avantage commence à appartenir à la formule exacte est déterminé par la valeur de α qui satisfait à l'équation :

$$\cot \alpha - \cot (\alpha + 1') = 2 [\cot 2\alpha - \cot (2\alpha + 1')] + \operatorname{tg} \alpha.$$

Nous venons de dire que cette valeur de α est précisément de 3° à une fraction de minute près : ou $2\alpha = 6^\circ$. C'est-à-dire que pour des valeurs de l'angle 2α inférieure à 6°, il n'y a, dans l'application de la formule, aucun bénéfice à prendre la moitié, et que, pour des valeurs sensiblement inférieures, cette pratique, en dépit de sa correction théorique rigoureuse, devient même positivement désavantageuse. La conclusion logique n'est pas, tant s'en faut, qu'il y a bénéfice à opérer sur des angles aussi faibles, pour simplifier les opérations ; mais, bien au contraire que l'on doit, dans la limite du possible, éviter l'emploi de tels angles qui, avec la formule la plus exacte, ne peuvent donner que des résultats précaires et défectueux.

§ 9. — DE LA DISTORSION

Il serait assez difficile de donner de la distorsion une définition générale susceptible de rallier les suffrages de tous les théoriciens et de tous les praticiens. En définitive, c'est le défaut qui a pour effet d'incurver les lignes droites du plan, soit vers le centre de l'image (distorsion en bâillet), soit vers l'extérieur (distorsion en croissant : en « pelote à épingle », disent les Anglais). Le commandant HOUDAILLE la définit et la mesure par la variation de la réduction de l'unité de longueur dans les parties de l'image d'un plan perpendiculaire à la direction de l'axe optique plus ou moins distantes du centre du champ optique. Retenons ce résultat de ses laborieuses recherches que, pour un même objectif, cette variation peut en général être considérée comme sensiblement proportionnelle à la distance de la longueur sur laquelle elle porte au centre de ce champ.

Des différents aspects sous lesquels la distorsion peut être envisagée, nous avons à rechercher ceux qui se prêtent à nos moyens d'observation. Partant par exemple d'une longueur focale f déterminée par la formule : $f = l \cot \alpha$, nous calculerons d'avance à quel angle α , devrait correspondre une autre valeur l_1 de la base interceptée par une verticale de la glace dépolie différente de celle qui définit l . Cet angle se déduit toujours de la même formule devenue alors $f = l_1 \cot \alpha$, en admettant que l'observation initiale correspondant à l'angle α , et dont nous avons déduit f , a été faite dans les limites, quelles qu'elles puissent être, dans lesquelles il est permis de considérer la distorsion comme négligeable. En amenant l'image du repère extérieur en coïncidence avec cette nouvelle verticale, nous vérifierons si l'angle donné par le cercle est bien α . S'il en est effectivement ainsi, il y a lieu de conclure que la distorsion est encore négligeable jusque-là, dans les limites du degré de précision de nos observations. Dans le cas contraire, si le cercle accuse en second lieu un angle α_2 , la diffé-

rence $\alpha_1 - \alpha_2$, prise avec son signe, pourra être regardée comme constituant un mode de mesure de la distorsion.

Nous nous rapprocherions du mode d'évaluation adopté par le commandant HOU-DAILLE en prenant pour mesure de la distorsion l'intervalle linéaire horizontal intercepté sur la glace dépolie entre la dernière verticale considérée et la position que prend l'image du repère lorsque l'on amène l'axe optique dans la direction correspondant à l'angle α_1 donné par le calcul. Ce mode d'évaluation revient à la mesure de la flèche que présente l'image déformée d'une ligne droite marginale, et il n'est pas contestable que c'est le plus rationnel. Toutefois on voit qu'il exigerait l'évaluation de fractions des éléments linéaires de notre quadrillage, et l'instrument ne se prête pas d'une manière directe à la détermination de ces mesures avec une précision comparable à celle qu'il assure pour les grandeurs angulaires. Il permet toutefois d'obtenir indirectement par le calcul cette valeur, qui est évidemment $\text{ftg}\alpha_1 - \text{ftg}\alpha_2$, à condition que l'on fasse abstraction de l'écart infinitésimal résultant de ce que les angles α et α_2 , ne peuvent plus ni l'un ni l'autre être en toute rigueur considérés comme correspondant à une valeur abstraite invariable de la longueur focale.

En focimétrie microscopique nous rencontrerons dans des conditions instrumentales plus satisfaisantes le procédé d'évaluation de la distorsion par la mesure de la flèche de l'image des droites qu'elle déforme.

Il est indéniable que la distorsion constitue la dernière pierre d'achoppement à laquelle viennent buter tous les efforts des constructeurs d'instruments d'optique. Encore ne faudrait-il pas se laisser absorber par une préoccupation trop exclusive et exagérée de son importance, au point d'oublier qu'il est des écueils plus dangereux et plus insurmontables que tous ceux que peut présenter la distorsion elle-même.

Depuis la publication de nos premières études sur le sujet de la focimétrie photogrammétrique, notre attention a été appelée à l'Exposition Universelle de 1900 sur un focimètre pour objectifs photographiques essentiellement fondé sur le même principe, qui figurait dans les vitrines du constructeur J. CARPENTIER, et qui aurait été employé dans ses ateliers, mais n'aurait pas donné toute la satisfaction que l'on en avait espérée.

L'appareil, tel que nous l'avons vu, explique à notre avis par lui-même les mécomptes auxquels son fonctionnement a dû inévitablement donner lieu. Ces mécomptes sont imputables avant tout au scrupule excessif à l'égard de la distorsion qui domine toute l'économie du système ; scrupule que l'on se serait attendu à rencontrer plutôt chez un pur théoricien, que chez un praticien depuis longtemps reconnu comme maître incontesté dans l'art de se jouer des caprices les plus subtils de la matière.

L'instrument fonctionne dans le sens vertical, et non dans le sens horizontal. Il se compose de deux règles métalliques plates, posées de champ l'une par-dessus l'autre, et reliées entre elles par une charnière. L'une, fixe et horizontale, constitue la base du système ; l'autre, articulée sur la charnière, se meut dans un plan vertical. Autant que nous avons pu en juger par une simple inspection, le système optique à essayer se fixe sur la règle mobile. L'image qu'il donne des objets extérieurs est mise au point sur un écran qui se déplace sur cette même règle. Un intervalle vertical invariable est intercepté entre deux traits horizontaux tracés sur l'écran.

Un repère éloigné et nettement défini, choisi parmi les objets projetés sur cet écran, est amené successivement en coïncidence avec les deux traits : avec le premier, dans

la position initiale du contact des deux règles ; puis ensuite, avec le second, par une rotation de la règle mobile autour de sa charnière.

L'angle des deux règles à partir du contact commun n'est pas mesuré par un arc de cercle. Il est accusé par le déplacement d'un pilier de hauteur invariable porté par un curseur glissant le long de la règle fixe, sur lequel vient buter la règle mobile. Sans que nous ayons à entrer dans les détails du calcul de la formule applicable à cette combinaison de mouvements, on se rend compte qu'à chaque longueur focale de système optique correspond une position unique nettement déterminée du curseur qui porte le pilier. Aussi, au lieu d'établir sur la règle fixe en regard du curseur une graduation métrique mesurant la grandeur des déplacements de ce curseur, grandeur qu'il y aurait lieu de porter ensuite dans la formule pour en déduire par le calcul la longueur focale cherchée, y a-t-on immédiatement inscrit les résultats de ce calcul ; c'est-à-dire la longueur focale elle-même. L'instrument ainsi gradué une fois pour toutes, cette longueur focale s'obtiendra donc désormais par une simple lecture.

Dans un détail essentiel d'exécution le savant constructeur, inspiré sans doute par une méfiance assurément bien légitime, mais ici peut-être un peu exagérée à l'égard des surprises auxquelles peuvent donner lieu les distorsions des systèmes optiques, semble avoir tout sacrifié à cette conception, que l'influence de ces distorsions sera d'autant moindre, et que les déterminations seront d'autant plus précises que l'on se sera plus rigoureusement astreint à ne faire porter l'observation que sur la portion la plus centrale du champ optique du système. Ainsi l'amplitude de l'intervalle des traits de l'écran devant correspondre aux deux positions extrêmes de l'image du repère extérieur ne nous a pas paru excéder un centimètre tout au plus, alors que les dimensions générales de l'appareil semblent établies en vue de l'essai d'objectifs pouvant atteindre jusqu'à cinquante centimètres au moins de longueur focale.

Disons en passant que l'observation des grandeurs angulaires dans un plan vertical ne nous paraît pas la plus favorable à la commodité non plus qu'à l'exactitude des opérations. Il est en effet beaucoup plus rare de rencontrer des repères se détachant avec la netteté qu'exigent les visées de précision, en séries assez variées pour s'adapter à toutes les circonstances de la pratique pour un relevé d'angles dans le sens vertical, que pour le sens horizontal.

Si nous laissons de côté ce détail de pratique pour revenir aux principes, nous ferons remarquer que la conception de l'excellence des observations confinées à la partie centrale la plus étroitement circonscrite du champ d'un système optique nous semble tout particulièrement sujette à caution quand il s'agit d'objectifs photographiques.

Il y a quelque quinze ans, le célèbre constructeur du monumental télescope de l'observatoire de Lick, ALVAN CLARKE, assistant à un congrès de photographes américains, fut prié de donner à l'assemblée quelques éclaircissements sur certains points de la théorie des objectifs photographiques. Il accéda courtoisement à cette invitation ; mais avant d'entrer en matière, il commença par déclarer qu'il éprouvait un embarras extrême à prendre la parole devant des photographes ; attendu que la langue dont ils faisaient usage lui semblait différer du tout au tout de celle qui lui était familière. Il venait d'entendre parler couramment autour de lui d'objectifs couvrant d'une façon irréprochable un champ de quarante degrés, de soixante degrés, et au delà ; or, lui-même n'était jamais parvenu à couvrir à son entière satisfaction

un champ de plus de cinq degrés ; et aucun principe théorique dont il eût connaissance ne permettait l'espérance de jamais pouvoir aller plus loin.

Il n'y a pas à douter qu'ALVAN CLARKE était dans le vrai. Les opticiens pour la photographie ne réalisent ces champs optiques démesurés qu'ils offrent à leur clientèle qu'au prix d'accommodements plus ou moins nombreux avec cette rigueur scientifique sur laquelle ALVAN CLARKE ne consentait à admettre aucune transaction ; jusqu'au moment où, un peu plus tard, se lançant lui-même dans la construction des objectifs photographiques, il dut sans doute se résigner à son tour à « parler photographe ».

Or, le principal artifice auquel ils ont recours à cette intention consiste à concentrer tous leurs efforts non sur la correction idéale de la région axiale du champ optique, comme cela se pratique pour les lunettes destinées à l'astronomie et à la géodésie ; mais bien sur celle d'une zone intermédiaire entre cette région et la zone marginale. De là résulte évidemment que, si l'on tient à assurer aux observations des garanties exceptionnelles de précision, ce n'est pas dans la région axiale qu'il faut les chercher.

Ces considérations peuvent encore se rapprocher de cette notion de pratique courante, qu'en réduisant indéfiniment l'ouverture du diaphragme, bien loin de réaliser une définition de plus en plus rigoureuse du foyer, ainsi que cela a lieu pour l'image totale, on arrive à constituer un système qui cesse pratiquement d'avoir un foyer déterminé, et qui fonctionne comme un sténopé.

S'il n'est que trop vrai que toutes les applications de la photographie ont à compter avec la distorsion il faut cependant bien se garder de se laisser fasciner par elle au point d'en perdre de vue toutes les autres causes d'erreur dont l'influence peut se trouver au moins tout aussi préjudiciable à la précision des observations. En optique scientifique, quel que soit celui de ses aspects sous lequel on veuille la considérer, la distorsion se manifeste toujours en dernière analyse sous la forme de certaines grandeurs nettement déterminées, qui la caractérisent ; et il n'est pas impossible de se rendre compte des limites auxquelles ces grandeurs se trouvent actuellement réduites par les efforts combinés des physiciens et des constructeurs modernes.

Dans les grands institutscartographiques, nationaux ou particuliers, on fait usage, pour la reproduction des feuilles de cartes topographiques dont le type est à peu près la feuille de notre carte d'Etat-Major, de $0^{\circ}50 \times 0^{\circ}80$, d'objectifs photographiques grands-angulaires, dont la longueur focale est généralement dans le voisinage d'un mètre. Il n'y a pas le moindre doute qu'aucun de ces établissements n'accepterait un instrument susceptible de donner un écart d'un millimètre sur la demi-diagonale d'une telle feuille : soit, sur 47 centimètres. Autrement dit, jamais les procédés photographiques de reproduction n'auraient pu trouver accès dans ces établissements, s'ils n'avaient été à même de garantir beaucoup au delà de ce degré de précision. Cela correspond sur cette diagonale à une erreur de $1/470$, qui, dans l'application de la formule de la cotangente, se reporte proportionnellement en sens inverse sur l'évaluation du rayon. Si, comme nous avons tout lieu de le supposer, la limite de tolérance assignée à la méthode de reproduction photographique est la même que celle que l'on impose au dépôt de la guerre à tous les ordres de travaux graphiques, c'est-à-dire de deux dixièmes de millimètre, l'erreur relative devient une fois moindre que nous venons de l'évaluer, et s'abaisse en conséquence au-dessous de $1/2000$.

Pour la longueur focale approximativement d'un mètre, cette même valeur $0^{\circ}47$ de la demi-diagonale de la carte représente la tangente de l'angle de $25^{\circ}10'$; et pour cet angle la limite d'erreur d'une minute correspond à une erreur relative de $1/550$ sur la cotangente ou sur la longueur focale qui s'en déduit.

Pour évaluer l'erreur limite résultante provenant de l'ensemble de ces deux ordres de mesure, on combinera les deux valeurs limites ainsi déterminées, d'origine linéaire et d'origine angulaire, par le calcul de la diagonale du rectangle dont les côtés seraient proportionnels à ces deux valeurs. Selon que pour l'erreur linéaire on admettra $1/470$ ou $1/2000$, ce calcul donnera définitivement pour limite d'erreur imputable au fait de la distorsion $1/360$ ou $1/530$ de la longueur focale.

Si, par crainte exagérée de la distorsion, nous nous astreignons à ne pas faire intervenir une grandeur linéaire supérieure au centimètre, cette grandeur, pour la même longueur focale approximative d'un mètre, conduira à relever un angle de $35'$. A une erreur limite d'une minute sur l'observation d'un tel angle correspond pour la cotangente, et par suite, pour la distance focale, une erreur relative de $1/34$. Si la limite d'erreur admise dans l'appréciation de la grandeur linéaire est d'un dixième de millimètre — et l'instrument que nous avons eu sous les yeux ne semblait certainement pas établi en vue de la réalisation d'une précision supérieure à la minute et au dixième de millimètre — l'erreur relative correspondante sera de $1/100$, et la combinaison de cette erreur avec la précédente donnera enfin une limite d'erreur relative résultante de $1/32$. Cette limite est, on le voit, plus de dix fois supérieure à celle à laquelle conduit, même dans le cas de l'évaluation la plus défavorable, l'influence de la distorsion sous des angles plus ouverts.

Dans l'optique microscopique, où l'on est loin de pousser aussi loin qu'en photographie la préoccupation de la planéité de la totalité du champ visuel, l'influence perturbatrice de la distorsion sur la direction des rayons marginaux doit en conséquence être notablement plus sensible. Cependant, nous n'avons jamais hésité à faire intervenir l'angle le plus grand que la monture des systèmes permettait d'admettre. Il convient de dire que cet angle n'a jamais dépassé 24° comme valeur de 2α , chiffre qui correspond à peu près aux limites jusqu'auxquelles le commandant HOUDAILLE admet que l'on peut en focimétrie pratique faire abstraction de la distorsion. Toujours est-il que jusqu'à cette limite l'emploi de l'angle le plus ouvert nous a invariably paru constituer la condition la plus favorable à la précision des opérations.

C'est suffisamment dire que, bien loin que l'on doive s'astreindre à prendre systématiquement sur la glace dépolie la base la plus exigüe qu'il sera possible, on a au contraire tout intérêt sinon à la prendre absolument aussi grande que le permet l'ouverture du système soumis aux essais, du moins, à l'étendre jusqu'à la zone moyenne de la surface que ce système permet de couvrir. Il s'entend d'ailleurs que les rayons plus ou moins régulièrement divergents qui y aboutissent n'interviennent ici que pour la détermination de la longueur focale suivant l'axe optique. Quant à la détermination de la longueur propre de ces rayons eux-mêmes, nous nous en occuperons à l'occasion de la courbure du champ.

Il résulte évidemment de ce qui précède que l'on ne doit pas s'en tenir à une longueur unique de la base pour l'étude d'objectifs des longueurs focales les plus variées. Cette disposition ne serait admissible que dans un focimètre expressément établi en vue d'un seul type et d'une longueur focale unique d'objectifs, comme cela peut avoir lieu dans la fabrication en grand d'un modèle déterminé de jumelle

photographique ou d'appareil détective à format unique. Il va de soi que des ateliers exclusivement montés en vue d'une telle fabrication n'ont à prévoir que la production d'objectifs aussi identiques que possible, surtout si l'on vise à réaliser des combinaisons stéréoscopiques. Dès lors, la base déterminée expérimentalement pour l'un d'eux comme la plus favorable à la précision des déterminations focimétriques sera également applicable à tous.

Si au contraire, on se propose d'établir un focimètre utilisable pour tous les types d'objectifs qui se rencontrent dans la pratique courante, quelles qu'en soient l'ouverture et la longueur focale ; si l'on tient en outre à ce qu'il se prête non seulement à la détermination de la longueur focale, mais encore à l'étude de l'ensemble des constantes optiques de chacun des systèmes que l'on peut avoir à soumettre successivement à son contrôle, il est de toute nécessité que sa construction permette le choix d'une variété de bases susceptibles de s'adapter à toutes les valeurs que peuvent présenter ces constantes. Par conséquent il faudra renoncer à la prétention de tirer de la simple lecture de la graduation d'une échelle unique la connaissance de toute la série des longueurs focales.

Si, dans l'emploi d'une base de longueur notable, il est assurément indispensable de se tenir constamment en éveil à l'égard des surprises de la distorsion, on ne devra pas non plus oublier que nous venons de voir qu'en s'absorbant par trop exclusivement dans cette préoccupation on peut très facilement s'exposer à des erreurs dix fois plus considérables qu'en en faisant à peu près abstraction.

Notons enfin que, quand des mesures réitérées, effectuées en variant la longueur de la base conduisent à des divergences appréciables dans la valeur de la longueur focale, ce serait commettre une faute grave que de figurer améliorer les résultats en prenant une moyenne entre ces valeurs. En cas de telles divergences les seules observations qui font foi sont sans aucun doute celles qui se rapportent à la région la plus rapprochée du centre. Les autres ne peuvent intervenir que pour fixer, par la régularité de leur marche, les hésitations que pourraient laisser subsister les déterminations faites à l'aide de la base la plus exiguë. Elles seraient par exemple susceptibles d'être utilisées pour l'établissement d'un graphique figuratif des écarts à partir du centre, graphique qui, d'après les observations du commandant HOUDAILLE, semble devoir se réduire sensiblement à une ligne droite.

(A suivre).

Commandant LEGROS.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Focimètre photogrammétrique pour l'optique microscopique (instrument vérificateur de microscopes).

Monsieur V. LEGROS, dans cette note, décrit l'instrument qu'il a combiné sur la demande et avec le concours du constructeur, M. STIASSNIE, destiné à transporter, dans la pratique courante de l'atelier de construction et des centres d'études microscopiques les résultats qui ont fait l'objet de sa communication à l'Académie du 29 janvier 1900.

(*Académie des Sciences*, 3 août 1903).

Changement de résistance électrique du sélénium sous l'influence de certaines substances.

M. A. B. GRIFFITHS a déterminé par la méthode de Wheatstone la résistance électrique du sélénium et a reconnu qu'il est exposé aux solutions alcooliques de quelques pigments de plantes et d'animaux, pendant 45 minutes à la distance de 5 centimètres, sa résistance diminue.

Les recherches ont donné les résultats suivants :

Pigments	Résistance du sélénium	
	avant l'exposition	après l'exposition
<i>Verbena</i> (pétales).	340.000 ohms	290.000 ohms
<i>Hélianthas</i> (pétales)	420.000	415.000
<i>Géranium</i> (pétales)	462.000	320.000
<i>Bacterium Allei</i>	390.000	370.000
<i>Pélageine</i>	350.000	330.000
<i>Diémyctyline</i>	444.000	410.000
<i>Amanitine</i>	380.000	360.000

On sait que la lumière, les rayons du radium et les rayons de Röntgen réduisent la résistance électrique du sélénium ; il se pourrait que les pigments précédents émettent ces rayons et ces rayons agissent peut-être sur les plaques photographiques (voir à ce sujet la note de M. E. Van AUBEL analysée dans la *Revue des sciences photographiques*, n° 2, page 58). M. T. A. EDISON a prouvé que la chlorophylle, la curcumine et la daturine produisent la phosphorescence.

(*Académie des Sciences*, 27 octobre 1903.)

Sur les premiers fascicules du Catalogue photographique du Ciel publiés par M. TRÉPIED.

En faisant hommage à l'Académie, de la part de M. TRÉPIED, des premiers fascicules du catalogue photographique du ciel pour la zone dont l'exploration est dévolue à l'observatoire d'Alger, M. LÖEWY a fait remarquer que ces fascicules contenant les coordonnées rectilignes d'environ 30.000 étoiles, une telle récolte de positions précises ainsi obtenues mettait en lumière à la fois la grande activité de l'observatoire d'Alger et l'efficacité de la méthode photographique.

M. Lœwy résume ensuite, d'après le très intéressant mémoire, œuvre personnelle de M. TRÉPIED, qui sert de préface au catalogue, les méthodes qui ont été utilisées pour construire la première partie du *Catalogue photographique d'Alger*, relatives aux coordonnées rectilignes des astres obtenues à l'aide des mesures effectuées sur leurs images.

« L'auteur, dit M. Lœwy, commence par établir les relations fondamentales qui existent entre les coordonnées célestes d'une étoile et les coordonnées de son image mesurées sur un cliché ; puis, au moyen d'une intégration géométrique de ces relations, il montre comment le méridien et le parallèle d'une étoile quelconque devraient, théoriquement, se projeter sur le plan du cliché. Il développe ensuite les formules des corrections qui doivent être appliquées aux coordonnées mesurées pour tenir compte d'une erreur d'orientation, d'une erreur de centrage et d'un défaut de perpendicularité de l'axe optique sur le plan de la plaque.

Dans une deuxième section de son ouvrage, l'auteur s'est proposé de réunir en une même analyse le calcul des effets produits sur les coordonnées rectilignes d'un astre par un phénomène quelconque de nature à modifier les coordonnées équatoriales de cet astre, soit que le phénomène consiste en un mouvement des axes de référence (*précision et nutation*), ou bien en un changement du lieu apparent de l'astre par rapport aux axes considérés comme fixes (*aberration et réfraction*). Cette partie du mémoire est traitée avec beaucoup de rigueur et avec la plus grande généralité. Les variations que les coordonnées apparentes d'une étoile sur le cliché doivent subir pour être affranchies de l'influence de l'un des quatre phénomènes précités sont développées jusqu'au terme du second degré inclusivement par rapport aux coordonnées rectilignes de l'astre. Ces variations équivalent, suivant les cas, soit à un changement de l'orientation de la plaque, soit à un changement de l'échelle angulaire, soit à des corrections simultanées de ces deux éléments.

Viennent ensuite d'intéressants détails sur les dispositions adoptées pour l'impression du réseau et l'exécution des clichés, sur les méthodes de mesure, sur la conversion des résultats bruts de ces mesures en abscisses et en ordonnées, et, enfin, sur l'évaluation des grandeurs stellaires au point de vue photographique.

La quatrième et dernière section est de beaucoup la plus étendue : elle a pour objet principal la détermination si importante des éléments d'un cliché au moyen des étoiles de repère. Ces éléments sont au nombre de quatre : orientation du cliché, valeur angulaire de l'échelle des distances, ascension droite et déclinaison du centre de la plaque. Le rôle qu'ils jouent dans la rédaction des mesures photographiques des étoiles est analogue à celui des constantes instrumentales par rapport aux procédés ordinaires de l'observation directe. Seulement, la recherche est ici plus laborieuse et plus difficile. L'auteur ne se borne pas à exposer la marche théorique des calculs ; il en donne aussi des exemples numériques très complets et des tables pour faciliter l'exécution des calculs. Cet ouvrage sera consulté avec grand fruit par les astronomes qui s'occupent de photographie céleste de haute précision.

En ce qui concerne le degré d'exactitude des résultats que l'on tirera du catalogue photographique d'Alger, une discussion habilement conduite permet de l'évaluer. La conclusion est que, pour toute étoile commune à deux clichés de la zone, la moyenne des positions fondées sur les mesures de ces deux clichés jouira d'une précision sensiblement égale à celle des coordonnées du centre d'une seule des deux plaques, et l'erreur probable de la moyenne en question diffère peu de $0''\ 30$. L'auteur fait remarquer la concordance de cette valeur de l'erreur probable avec celle que j'ai moi-même obtenue par des considérations très différentes et publiée dans le mémoire servant de préambule au Catalogue photographique de Paris. »

(*Académie des Sciences*, 18 janvier 1904).

Atlas de photographies solaires exécutées à l'Observatoire de Meudon.

M. J. JANSSEN, en présentant à l'Académie l'atlas des photographies solaires obtenues sous sa direction, à l'Observatoire de Meudon, depuis sa fondation, en 1876, a expliqué que,

pour composer cet atlas, il a choisi, dans la collection de plus de 6000 clichés de l'Observatoire, ceux qui pouvaient résumer les états caractéristiques de la surface solaire, à savoir : la disposition en réseaux, petit réseau, réseau moyen, grand réseau ; puis les facules ; enfin les principaux types de taches vues vers le centre et aux bords.

Cette collection résume donc en quelque sorte les principaux états sous lesquels la surface solaire se présente à nous ; elle sera indispensable aux études ayant pour objet l'histoire de cette surface depuis l'année 1876 jusqu'en 1903.

Les astronomes et les physiciens pourront en déduire les conséquences qui en résultent pour la connaissance de la constitution de notre astre central et l'on sait que ces notions sont, en quelque sorte, la base de nos idées sur le système solaire tout entier.

La lunette employée dans ces travaux a été construite par feu PRAZMOWSKI ; l'objectif devant donner des images formées avec un faisceau de rayons les plus actifs et aussi limité que possible, a été construit avec un flint dont un prisme donnait un maximum très limité dans la région violette HH' ; il était achromatisé pour cette région.

Cet objectif donnait des images très sensiblement monochromatiques, formées de radiations violettes qui impressionnent au maximum les plaques sensibles.

Le temps de pose était réduit à environ 1/3000 de seconde, grâce à un petit appareil formant fente variable et mobile que M. JANSSEN a décrit en détails dans la notice qu'il a consacrée à la photographie solaire dans l'*Annuaire du bureau des longitudes* pour l'année 1879.

Une durée de pose si courte permettait d'obtenir une image de l'astre formée par une impression en quelque sorte unique et, dès lors, d'une netteté encore inconnue en photographie solaire.

C'est l'ensemble de ces dispositions, toutes nouvelles, qui a permis à M. JANSSEN et à ses collaborateurs M. ARENTZ (à qui on doit les images solaires obtenues à Meudon de 1876 à 1880), à M. PASTEUR (qui a succédé au précédent) et à son aide M. CORROGER d'obtenir des images de notre astre central qui n'ont pas encore été égalées ailleurs, malgré les beaux travaux dont le soleil a été l'objet à l'étranger.

Depuis que l'on est entré dans une nouvelle période d'activité solaire, l'opinion se préoccupe de plus en plus de l'influence que les taches peuvent exercer sur les phénomènes atmosphériques et sur les mouvements du magnétisme terrestre. Aussi est-il à souhaiter que l'on donne à l'Observatoire de Meudon les moyens de publier un atlas d'un format plus réduit et, partant, moins dispendieux, pouvant être mis entre les mains des physiciens et des météorologistes.

(*Académie des Sciences*), 1^{er} février 1904.)

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Influence de la lumière sur la rapidité de formation des plaques d'accumulateurs.

M. D. TOMMASI a, tout récemment, attiré l'attention sur ce fait singulier que « dans un accumulateur la plaque négative qui est exposée à la lumière se forme plus rapidement que celle qui se trouve placée à l'ombre (1) et que cette action réductrice de la lumière se manifeste toujours, quelles que soient d'ailleurs : la composition de la matière active contenue dans les plaques d'accumulateurs, la densité de l'acide sulfurique qui sert d'électrolyte, et la température à laquelle on opère ».

Pour établir d'une façon plus précise le rôle que joue l'énergie lumineuse dans la formation des accumulateurs, M. Tommasi a fait diverses expériences, dont il a tiré les conclusions suivantes : *les négatives d'un accumulateur se forment, toutes choses égales d'ailleurs, plus rapidement à la lumière que dans l'obscurité ; les positives d'un accumulateur se forment, toutes choses égales d'ailleurs, plus rapidement dans l'obscurité qu'à la lumière.*

M. Georges ROSSET, dans un article qu'il publie dans *l'Éclairage électrique*, montre que ces deux lois peuvent être réunies en un seul énoncé : *l'obscurité favorise l'oxydation du plomb, et, par conséquent, la lumière favorise la réduction de l'oxyde de plomb*, application du principe universel de l'*Action et de la Réaction*.

« C'est ainsi, dit M. Rosset, qu'une élévation de température, par exemple, amène le fonctionnement des réactions dans le sens endothermique (2). De même, la lumière, manifestation *positive* de l'énergie, doit amener le déplacement dans le sens endothermique, c'est-à-dire favoriser, par conséquent, la réduction des sels dont la formation est exothermique (le principe de la photographie repose sur ce fait) et, ici en particulier, favoriser la réduction de l'oxyde de plomb, état d'équilibre du plomb en présence de l'oxygène ; et son absence, ou l'obscurité, faciliter au contraire le déplacement de l'équilibre dans le sens exothermique, c'est-à-dire, favoriser une oxydation plus prononcée du plomb. »

Une seule cause agit donc pour donner des effets opposés sur les plaques positives et négatives : l'action de la lumière sur l'état d'équilibre « oxyde de plomb ». Ces faits se rattachent donc au phénomène général de l'équilibre chimique.

Sur un appareil transmetteur et un appareil récepteur destinés à la transmission à distance des photographies. Appareil récepteur pour télautophotographie et transmission des gravures en demi-ton :

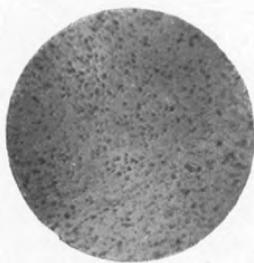
Sous ces titres, *l'Éclairage électrique* du 18 juin 1904, publie la traduction de deux intéressants articles de M. A. KORN parus dans les n°s du 15 février et du 15 mars 1904 du *Physikalische Zeitschrift*. De nombreuses figures représentent les ingénieux dispositifs imaginés par M. KORN.

(1) *Photo-Revue*, XVI^e année, n° 7, p. 53, 14 février 1904. — *L'Éclairage électrique*, t. XXXVIII, n° 7, 13 février 1904, p. 241.

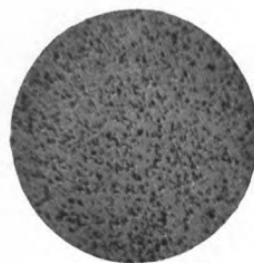
(2) *L'Éclairage électrique*, t. XXXIX, p. 551, II^e année, n° 23, 18 juin 1904.

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

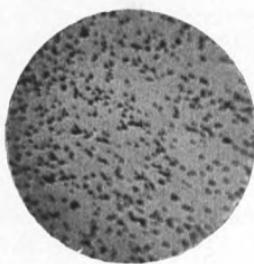
INFLUENCE
DE LA NATURE DES RÉVÉLATEURS
SUR
la grosseur du grain de l'argent réduit



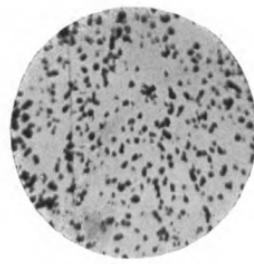
1^{er} TYPE



2^e TYPE



3^e TYPE



4^e TYPE





INFLUENCE DE LA NATURE DES RÉVÉLATEURS SUR LA GROSSEUR DU GRAIN DE L'ARGENT RÉDUIT

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ

On a admis jusqu'ici à la suite de plusieurs travaux (1) que le grain de l'argent réduit par les divers révélateurs dans le développement des plaques au gélatino-bromure d'argent, possède une grosseur sensiblement uniforme, quel que soit le révélateur employé.

ABNEY (2) a trouvé pourtant que le grain de l'argent provenant d'une plaque surexposée est plus fin que celui de cette même plaque posée normalement et que l'addition au révélateur de grandes quantités de bromure alcalin semble augmenter la grosseur de ce grain.

Ayant obtenu avec certaines substances révélatrices peu énergiques des images très transparentes d'une couleur notablement différente de celle des images habituelles, nous avons pensé qu'il pouvait y avoir une relation entre la grosseur du grain de l'argent réduit et la couleur de l'image.

Afin de vérifier l'exactitude de cette hypothèse, nous avons comparé la grosseur du grain de l'argent réduit par les principaux révélateurs connus, non seulement en les utilisant avec leur composition normale, mais aussi en étudiant pour un même révélateur l'influence de son degré de dilution, de la durée de son action, de sa température et de son alcalinité. Nous avons enfin examiné les modifications que déterminent les variations du temps de pose, ainsi que les résultats obtenus suivant qu'on développe très faiblement ou très fortement l'image.

A. Influence de la nature du révélateur.

On a préparé des bains révélateurs ayant la composition la plus habituellement adoptée dans la pratique et avec les substances développatrices suivantes :

Hydroquinone, Acide pyrogallique, Diamidophénol, Métol, Hydroquinone, Métoquinone, Iconogène, Paramidophénol, Glycine, Edinol, Adurol, Ortol, Hydramine, Pyrocatechine.

Indépendamment des composés précédents qui comprennent à peu près toutes les substances révélatrices utilisées dans la pratique, nous en avons expérimenté d'autres qui n'ont pas reçu jusqu'ici d'utilisation courante à cause de l'insuffisance de leur énergie révélatrice. Ces substances nous ont paru particulièrement intéressantes en raison de la couleur spéciale que présente l'argent des images qu'elles permettent de faire apparaître.

Ce sont la *paraphénylène diamine* et l'*orthoamidophénol* employés en présence du

(1) Eder's Jahrbuch, 1893, p. 417. Bulletin association belge de photographie, 1893, no 11.

(2) Eder's Jahrbuch, 1893, p. 417.

sulfite de soude seul. Ces substances révélatrices donnent naissance à de l'argent d'une grande transparence dont la couleur est brunâtre à la lumière transmise et grise par réflexion, et qui présente un aspect tout à fait analogue à l'argent des images obtenues dans le développement des émulsions au collodion.

Voici la composition des différents révélateurs que nous avons employés :

RÉVÉLATEUR A L'HYDROQUINONE

N° I. Hydroquinone	40	N° II. A) Hydroquinone	40
Sulfite de soude anhydre	40	Sulfite anhydre	30
Carbonate de soude anhydre	55	Eau	500
Eau	1000	B) Phosphate tribasique de soude	80
		Eau chaude	500
		Employer 55 cc. sol. A, 50 cc. sol. B.	

RÉVÉLATEUR A L'ACIDE PYROGALLIQUE

I. A) Eau	500	II. Eau	1000	III. A) Eau	4000
Sulfite anhydre	50	Sulfite	400	Sulfite	400
Ac. pyrogallique	44	Phosphate tribasi- que de soude	90	Ac. pyrogalliq.	40
B) Eau	500	Acide pyrogallique	40	B) Acétone	
Carbonate soude	50			Employer 75 cc. eau, 25 cc. sol. A, 40 cc. acétone.	

RÉVÉLATEUR A L'ICONOGÈNE

Sulfite anhydre	30
Carbonate de potasse	30
Iconogène	35
Eau	4000

RÉVÉLATEUR AU MÉTOL

A) Eau	4000
Sulfite anhydre	50
Métol	40
B) Eau	4000
Carbonate soude anhydre	40
Employer 50 cc. sol. A, 25 cc. sol. B.	

RÉVÉLATEUR AU MÉTOL-HYDROQUINONE

A) Eau distillée	400
Métol	2
Sulfite anhydre	20
Hydroquinone	33
B) Eau distillée	400
Carbonate de potasse	40
Employer 50 cc. A, 50 cc. B.	

RÉVÉLATEUR AU PARAMIDOPHÉNOL

Eau	1000
Sulfite anhydre	75
Lithine caustique	5
Paramidophénol (base libre)	40

RÉVÉLATEUR A L'HYDRAMINE

Eau	1000
Hydramine	5
Sulfite anhydre	45
Lithine caustique	3

RÉVÉLATEUR A L'ÉDINOL

Edinol	5
Sulfite anhydre	20
Phosphate tribasique de soude	30
Eau	500

RÉVÉLATEUR A LA PYROCATÉCHINE

A) Eau	300
Sulfite anhydre	20
Pyrocatéchine	40
B) Eau	500
Carbonate de potasse	40

RÉVÉLATEUR A LA GLYCINE

A) Eau	1000
Sulfite anhydre	45
Glycine	40
B) Eau	500
Carbonate de potasse	400
Employer 400 cc. sol. A, 25 cc. sol. B.	

RÉVÉLATEUR A L'ADUROL

Sulfite anhydre	100
Carbonate de potasse	450
Eau	500
Adurol	25

RÉVÉLATEUR AU DIAMIDOPHÉNOL

Eau	4000
Diamidophénol	5
Sulfite anhydre	30

RÉVÉLATEUR A LA MÉTOQUINONE

N° 1. Eau.	4000	N° 2. Eau.	4000	N° 3. Eau.	4000
Sulfite de soude	60	Sulfite anhydre.	60	Sulfite anhydre.	60
Métoquinone	9	Acétone	30	Métoquinone	9
		Métoquinone	9	Lithine caustique	6

RÉVÉLATEUR A LA PARAPHÉNYLÈNE-DIAMINE

Eau	4000
Paraphénylène diamine	40
Sulfite anhydre	60

RÉVÉLATEUR A L'ORTHOAMIDOPHÉNOL

Eau	4000
Orthoamidophénol	40
Sulfite anhydre	60

Avec toutes ces solutions révélatrices on a développé des plaques au gélatino-bromure Lumière, étiquette bleue, provenant d'une même émulsion et possédant par conséquent la même grosseur de grain quant au bromure d'argent initial. Toutes ces plaques impressionnées dans des conditions rigoureusement identiques ont été développées dans les différentes solutions révélatrices précédentes maintenues à la même température (20°) en réglant convenablement la durée du développement pour que toutes les images soient comparables entre elles.

Toutes ces plaques, après avoir été lavées complètement, ont été traitées sur une petite portion de leur surface (en choisissant une partie opaque contenant par conséquent beaucoup d'argent réduit) par un peu d'eau chaude de façon à dissoudre la gélatine (1). La solution gélatineuse bien agitée et renfermant ainsi en suspension l'argent réduit a été utilisée pour faire une préparation microscopique. On a opéré ainsi avec toute la série des clichés précédents correspondant aux divers révélateurs, puis on a photographié les images microscopiques de ces préparations en employant, dans tous les cas, le même grossissement.

Les épreuves ainsi obtenues ont été comparées entre elles et ont fourni les résultats suivants :

1^o La grosseur du grain d'argent réduit par les divers révélateurs utilisés dans la pratique, nous a paru sensiblement la même pour tous ces agents de réduction.

2^o Les révélateurs à base de paraphénylène diamine ou d'orthoamidophénol et de sulfite alcalin donnent naissance à de l'argent réduit très transparent et de couleur caractéristique dont le grain est beaucoup plus fin que celui engendré par les autres révélateurs.

B. — Influence du degré de dilution du révélateur et de la durée de son action.

Pour étudier l'influence de la dilution du révélateur, on a employé le révélateur normal à l'hydroquinone et au carbonate de soude et celui au diamidophénol. Cha-

(1) La couche des plaques développées à l'acide pyrogallique étant insoluble on a dû désorganiser la gélatine insolubilisée par chauffage avec une solution d'alcali caustique pour obtenir la préparation microscopique.

un d'eux a été étendu d'une fois son volume d'eau dans un premier essai et d'un volume d'eau dix fois plus grand dans un deuxième essai. Dans les deux cas on a développé pendant un temps convenable pour amener l'image à la même intensité.

On a également développé des clichés en cuvette verticale en réglant à une heure environ la durée du développement et en utilisant d'une part la méthoquinone, d'autre part le diamidophénol avec les formules suivantes :

DÉVELOPPEMENT LENT A LA MÉTOQUINONE		DÉVELOPPEMENT LENT AU DIAMIDOPHÉNOL	
Eau	4 litres.	Eau	2 litres.
Métoquinone	3 gr.	Diamidophénol	3 gr.
Sulfite anhydre	50 —	Sulfite de soude anhydre	9 —
Bromure de potassium à 10 0/0 . .	5 cc.		

Enfin on a développé dans un même bain à l'hydroquinone (formule normale avec carbonate de soude) deux clichés dont l'un a été retiré du bain de développement et fixé dès que l'image est nettement parue, l'autre a été développé longuement, de façon à obtenir une image très intense. On a recommencé ces mêmes essais en employant le révélateur normal au diamidophénol.

Les clichés obtenus ainsi ont été lavés complètement, puis chacun d'eux a été traité par l'eau chaude comme précédemment pour faire une préparation microscopique qui a été photographiée.

L'examen des micrographies obtenues montre que la grosseur des grains d'argent est sensiblement la même dans tous ces essais, sauf dans le cas du développement lent où le grain paraît légèrement moins gros que dans les autres essais.

C. — Influence de la température et de l'alcalinité du révélateur.

On a fait une série d'essais avec deux révélateurs : l'hydroquinone et le diamidophénol, en opérant avec des solutions révélatrices maintenues à diverses températures : 5°, 15°, 25° et 35°, et amenant dans tous les cas l'image à peu près à la même intensité finale. On a examiné, d'autre part, pour une même température, l'influence de la plus ou moins grande alcalinité du révélateur, en augmentant et en diminuant la quantité de carbonate alcalin dans une série d'essais et en ajoutant au révélateur au diamidophénol (formule normale) des proportions croissantes de bisulfite de soude pour rendre le bain acide de façon à augmenter beaucoup la durée normale de développement.

Les clichés obtenus dans ces divers essais ont été traités en vue de l'obtention de préparations microscopiques qui ont été photographiées. Dans aucun cas, on n'a trouvé de différence appréciable entre la grosseur des grains d'argent réduit.

On a essayé également d'ajouter dans le révélateur à la paraphénylène diamine et au sulfite de soude des quantités croissantes de carbonate alcalin. On a constaté que cette addition, en augmentant l'énergie du révélateur, tend à ramener la couleur de l'argent réduit à celle obtenue avec les autres développateurs. L'examen microphotographique des images ainsi développées montre que la grosseur du grain s'accroît à mesure que l'on augmente la quantité de carbonate alcalin jusqu'à ce que l'on ait atteint la teneur normale. La couleur de l'image devient en même temps de plus en plus noire et finit par être comparable à celle que donnent les révélateurs usuels.

On a cherché enfin, si, en supprimant l'alcali dans certains révélateurs tels que le

paramidophénol, l'hydramine et en développant ainsi lentement en présence du sulfite de soude seul, on n'obtiendrait pas une réduction comparable à celles que donnent le paraphénylène diamine ou l'orthoamidophénol. Les résultats n'ont pas été plus modifiés qu'en ralentissant le développement normal au diamidophénol par l'addition de bisulfite de soude. Du reste la couleur de l'argent réduit n'a pas changé.

D. — Influence de la durée de la pose et action des bromures alcalins.

On a développé avec deux révélateurs normaux, l'un à l'hydroquinone carbonate de soude, l'autre au diamidophénol une série de clichés les uns très peu posés, d'autres posés normalement, et d'autres encore surexposés avec des durées de surexposition de plus en plus grandes.

Les images ont été amenées à des degrés d'intensité comparables puis ont été traitées comme dans les essais précédents pour obtenir des préparations microscopiques que nous avons photographiées.

L'examen des photogrammes paraît montrer, comme l'a indiqué Abney, que dans un cliché surexposé le grain de l'argent réduit est très légèrement plus petit que celui d'un cliché normalement posé.

D'autre part, on a développé des plaques exposées dans les mêmes conditions, dans deux révélateurs très sensibles à l'action des bromures alcalins, l'hydroquinone (avec carbonate de soude) et la métoquinone (avec sulfite de soude et acétone) (1). Ces révélateurs ont été additionnés de quantités croissantes d'une solution de bromure de potassium à 10 0/0 variant de 2 à 45 cc. 0/0 de révélateur. Les images amenées à des degrés d'intensité comparables ont été traitées comme précédemment pour obtenir des préparations microscopiques. L'examen des images micrographiques que donnent ces préparations paraît montrer une très faible augmentation de la grosseur du grain d'argent réduit lorsque le révélateur renferme des quantités notables de bromure alcalin.

CONCLUSIONS

On peut tirer des expériences précédentes les conclusions suivantes :

1^o La grosseur du grain d'argent réduit par les révélateurs à composition normale utilisés dans la pratique est sensiblement constante.

2^o La température des révélateurs, leur concentration, la durée de leur action, ne paraissent pas avoir d'influence sur la grosseur du grain de l'argent réduit.

3^o L'excès d'alcali ou de bromure alcalin semble provoquer un accroissement très faible de la grosseur du grain.

4^o La surexposition paraît être un des facteurs de la diminution de grosseur du grain d'argent réduit sous l'influence du révélateur.

5^o Deux substances révélatrices non utilisées dans la pratique, *la paraphénylène diamine et l'orthoamidophénol*, employées en présence de sulfite de soude seul donnent de l'argent réduit d'une couleur comparable à celle obtenue dans les émulsions au

(1) On n'a pas choisi le révélateur à l'acide pyrogallique à cause de la difficulté que présente, dans ce cas, l'obtention des micrographies par suite de l'insolubilisation de la gélatine produite par ce révélateur.

collodion et dont le grain est beaucoup plus fin que celui fourni par les autres substances révélatrices (1).

6^e La couleur de l'argent réduit semble être en relation avec la grosseur du grain. Le grain le plus fin correspondant à une couleur gris violacé analogue à celle que présente l'argent réduit dans les émulsions au collodion.

On peut classer comme suit les divers révélateurs par ordre de grosseur croissante des particules d'argent réduit auxquels ils donnent naissance, en les rapportant à quatre types de grossesures représentés par les planches ci-jointes. Ces planches montrent que le premier type présente avec les trois autres des différences importantes, tandis que ces derniers ne montrent entre eux que de faibles différences.

1^{er} type. — Paraphénylène diamine ou orthoamidophénol en présence de sulfite de soude seul.

2^e type. — Paraphénylène diamine ou orthoamidophénol additionnés de sulfite de soude et d'une petite quantité d'alcali carbonaté.

3^e type. — Paramidophénol et sulfite de soude seul.

Métoquinone et sulfite de soude seul ou additionné d'acétone.

Paraphénylène diamine additionnée de sulfite de soude et d'une quantité normale de carbonate de soude.

Révélateurs normaux au métol, à l'Iconogène ou à l'ortol (formules indiquées plus haut).

4^e type. — Révélateurs normaux à l'hydroquinone-métol, à l'hydramine, au paramidophénol, à l'hydroquinone (formules n° 1 et n° 2), à l'acide pyrogallique, à l'édiol, au diamidophénol (même en présence de bisulfite de soude) ou à la métoquinone en présence de lithine caustique (formules indiquées plus haut).

(1) Nous avons constaté que la paraphénylène diamine et l'orthoamidophénol ne sont pas les seules substances révélatrices pouvant donner naissance à des images présentant cet aspect spécial et formées par des grains d'argent très fins. Nous avons pu obtenir, en effet, un résultat analogue quoique moins parfait qu'avec la paraphénylène diamine et l'orthoamidophénol, en utilisant dans certaines conditions la plupart des substances révélatrices.

Nous cherchons actuellement à préciser et à généraliser les conditions de formation de ces images d'aspect spécial, dans le but d'essayer d'élucider la théorie de ce phénomène.

LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

PREMIÈRE PARTIE. — OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

(Suite)

CHAPITRE III

DÉTERMINATION DES POINTS NODAUX

§ I. — DÉTERMINATION A L'AIDE D'UN FOCIMÈTRE PHOTOGRAMMÉTRIQUE SPÉCIAL

Nous avons dit que le centre à partir duquel s'irradie l'image recueillie sur la glace dépolie est le point nodal d'arrière de l'objectif photographique ; et on sait que c'est à partir de ce point que doit se compter la longueur focale. Puisque les opérations qui précèdent nous ont donné la longueur focale, il nous suffira de porter cette longueur, à partir du plan de la glace dépolie, sur la direction de l'axe optique, pour déterminer sur cet axe la position de ce point nodal.

Le plus ordinairement, ce point est situé à l'intérieur de l'objectif. La distance à laquelle il se trouve du sommet de la lentille terminale la plus rapprochée de la glace dépolie s'obtient en prenant l'intervalle qui existe entre ce sommet et le centre de la glace dépolie, intervalle que les constructeurs anglais désignent sous le nom de *back-focus*, et en soustrayant cet intervalle de la longueur focale précédemment trouvée.

Cette détermination a pour conclusion pratique l'établissement sur la monture de l'objectif d'un repère définissant la position du plan perpendiculaire à l'axe optique dont l'intersection avec cet axe est le point nodal. Ce repère peut consister en un simple point marqué par un coup de pointeau ou par deux traits en croix gravés sur la monture, ou bien être constitué par un cercle entier faisant le tour de cette monture.

C'est surtout pour les manipulations que ces mesures rendent nécessaires qu'il est avantageux de disposer pour ses opérations d'un agencement moins hermétiquement clos que la chambre noire ordinaire de l'appareil photographique. Avec l'appareil simplifié et complètement ouvert que nous avons décrit, on peut à très peu de frais constituer toute une série de jauge dont la simplicité et la commodité ne laissent rien à désirer. Il suffit de prendre quelques-unes de ces tringles à rallonge pour petits rideaux que l'on trouve à un prix insignifiant chez tous les quincailliers, qui consistent en une tringle de fer coulissant à frottement dans une gaine de laiton exactement moulée sur elle. On en découpera une série de fragments de longueur quelque peu inférieure à celle de chacun des *back-focus* correspondant aux différentes longueurs focales que l'on peut avoir à déterminer. Pour la commodité de la

manœuvre on aura soin de tenir la tringle intérieure un peu plus longue que son fourreau.

Pour faire usage du système, on le portera dans l'intervalle qui sépare de la glace dépolie l'objectif soigneusement mis au point. En faisant coulisser les deux parties l'une sur l'autre, on amènera les deux extrémités en contact respectivement avec le sommet de la lentille tournée vers la glace dépolie, et avec le centre de la glace elle-même. Il ne restera plus, pour avoir la valeur du *back-focus*, qu'à mesurer la longueur ainsi acquise par la tringle, avec tous les soins que l'on pourra avoir intérêt à apporter dans cette détermination.

§ 2.— DÉTERMINATION A L'AIDE DE L'APPAREIL PHOTOGRAMMÉTRIQUE A SOUFFLET

L'obtention de ces mêmes mesures à l'aide d'un appareil comportant comme une de ses parties la chambre noire classique présente assurément un peu plus de difficultés, mais n'est point irréalisable. Pour effectuer ces mesures, la longueur focale ayant été déterminée par la méthode parallactique, on maintiendra avec le plus grand soin le tirage de la chambre qui y correspond. On ouvrira la glace dépolie, et, sur la feuillure sur laquelle le cadre de cette glace vient s'appliquer dans sa position de mise au point, on appliquera une règle plate à biseau à base soigneusement dressée et à arête tranchante, de telle façon que cette arête passe exactement par le centre. Au besoin un vieux cliché, coupé diagonalement pour donner la longueur nécessaire, pourrait remplir le même office.

On introduira dans la chambre une règle métrique à bout, dont on amènera l'extrémité en contact avec le sommet de la lentille tournée vers l'opérateur : l'arête qui porte la graduation s'appuyant sur celle de la règle à biseau au point de cette dernière qui correspond au centre de la glace dépolie. Les jaugees précédemment décrites pourront d'ailleurs parfaitement trouver encore ici leur emploi. Par l'un ou l'autre de ces moyens on aura ainsi obtenu la longueur de la portion du *back-focus* qui est comprise entre le plan de l'arête de la règle et le sommet de la lentille.

Pour avoir la longueur de l'autre portion, de celle qui est interceptée entre la même arête de la règle plate et le centre de la glace dépolie, on refermera la glace, on fermera complètement la chambre, et on enlèvera la planchette porte-objectif. Par l'ouverture ainsi produite à l'avant de la chambre on introduira de nouveau la règle à biseau dans la feuillure, et on l'assujettira dans cette feuillure avec des cales, dans la même position que précédemment, en faisant toujours passer l'arête par le centre de l'encadrement. Avec le mètre à bout on mesurera alors l'intervalle qui existe entre l'arête de la règle et le centre de la glace dépolie.

Cette dernière partie de l'opération est un peu délicate et un peu fastidieuse ; mais comme elle sera faite une fois pour toutes, et qu'elle n'aura pas à être reprise pour chaque objectif nouveau soumis aux essais, on aura tout loisir d'y apporter tous les soins désirables, et on passera facilement par dessus ce que les détails peuvent avoir d'un peu minutieux. L'intervalle ainsi mesuré reste en effet invariable pour toutes les déterminations que l'on pourra avoir à effectuer avec le même appareil. Il suffira donc désormais, pour reconstituer la longueur du *back-focus* d'un objectif quel qu'il soit, de l'additionner avec la portion variable de cette même longueur que l'on vient d'apprendre à déterminer.

Les opérations qui précèdent nous ont donné la position du point nodal d'arrière. La position du point nodal d'avant s'obtiendra exactement de la même façon si l'appareil est disposé (comme cela a lieu dans celui qui nous appartient en propre) de manière à permettre à volonté de visser l'objectif à l'intérieur comme à l'extérieur de la chambre noire.

Nous ne prétendons aucunement que tout objectif ainsi transposé donnera en général dans les deux sens des images également irréprochables ; et cette question est tout à fait en dehors de notre sujet actuel. Tout ce qui nous importe en ce moment, c'est qu'il donnera dans les deux positions une image quelconque, de laquelle pourront se déduire toutes les conclusions que la position normale nous a déjà fournies. La disposition dont il s'agit peut donc être considérée comme indispensable pour tout appareil que l'on prévoit avoir l'occasion d'appliquer à l'étude systématique des séries d'objectifs photographiques. A plus forte raison est-elle essentielle dans un appareil spécialement construit en vue de ces essais.

Ainsi que nous l'avons rappelé précédemment, tout système optique fonctionnant dans l'air présente par ses deux extrémités des longueurs focales égales. La constatation de cette égalité peut donc être considérée comme une vérification de l'exactitude de la première opération. Il s'en faut au contraire, avec des objectifs non symétriques, que la position de chacun des points noraux par rapport aux sommets correspondants des faces terminales des lentilles extrêmes doive constamment être identique. La détermination de ces deux points représente en conséquence deux opérations indépendantes.

§ 3. — RECTIFICATION EXPÉRIMENTALE DE L'ERREUR PAR DÉFAUT DE CENTRAGE

Nous avons montré que l'erreur commise par suite de la façon arbitraire dont est tout d'abord établi le point nodal d'avant par rapport à l'axe de rotation a un retentissement sur la détermination de la longueur focale. Nous faisions d'ailleurs ressortir que l'incertitude ainsi introduite peut, et, autant que possible, doit être rendue négligeable par le choix du repère. Si cependant on juge qu'il peut y avoir intérêt à en tenir compte, la rectification peut être faite par la voie du calcul, d'après la formule développée plus haut une fois que la position du point nodal a été déterminée.

On peut encore arriver au même but par voie d'expérimentation directe, en ne considérant tous les résultats obtenus jusqu'ici que comme une première approximation. On procède à un ajustement plus correct, sur l'axe de rotation du point nodal dont la situation vient d'être ainsi définie ; et on reprend, sur ces nouvelles données, toute la série des opérations. D'ailleurs l'influence de cette erreur sur les premières déterminations était déjà à peine appréciable dans la plupart des cas ; l'influence de la portion de cette erreur qui peut encore subsister, ici devient absolument infinitésimale ; et il n'y a pas à prévoir l'opportunité d'avoir jamais à pousser plus loin le resserrement de l'approximation.

§ 4. — IMPORTANCE DE LA CONNAISSANCE DES POINTS NODAUX DANS LES TRAVAUX DE REPRODUCTION

La connaissance de la position des points noraux a une importance capitale dans tous les travaux de reproduction qui exigent un certain degré de précision. Les tra-

tés de photographie, même les plus élémentaires, ne manquent pas d'offrir à leurs lecteurs foison de tables d'agrandissement et de réduction, avec, à l'appui, des formules dont il semblerait que l'intelligence doive poser en autorité dans son atelier l'opérateur capable d'en effectuer et d'en appliquer les calculs. Nombre des auteurs de ces traités, non plus que de ces opérateurs n'ont l'air de se douter que ces formules ne sont purement et simplement qu'un leurre, si l'on n'a pas l'attention de mesurer toutes les distances en avant de l'objectif, à partir du point nodal d'avant ; et les distances en arrière, à partir du point nodal d'arrière. A défaut de cette attention, tables et formules sont tout juste bonnes pour faire connaître à l'avance, d'une façon grossièrement approchée, si un certain appareil dispose d'un tirage suffisant pour un agrandissement donné. L'opérateur qui, en pareil cas, ne procède que par tâtonnements, par « coups de pouce », agit en réalité d'une façon plus correcte et plus incontestablement scientifique que celui qui s'en rapporte aveuglément à ses tables et à ses calculs.

Dans les reproductions de portraits, cette considération n'offre qu'un intérêt assez accessoire. Personne n'a jamais pu savoir ce qu'il faut entendre par « portrait en grandeur naturelle » ; ni, par suite, portrait à moitié ou au quart de cette grandeur. C'est en effet une notion banale que toutes les dimensions sont réduites par la perspective. Le bonhomme qui sur la toile présente effectivement les mêmes dimensions métriques que l'individu dont il prétend être la représentation est donc en réalité le portrait d'un colosse. S'il s'agit d'un portrait de face, l'échelle de réduction de la verticale qui passe par la pointe du pied le plus avancé n'est même pas la même que celle qui correspond à l'aplomb du sommet de l'occiput. Dans de telles conditions il est donc assez indifférent qu'un centimètre ou deux se trouvent perdus dans une reproduction.

Il en va tout autrement quand il s'agit de reproduire des cartes géographiques, qui doivent parfois être constituées par l'assemblage de plusieurs centaines de feuilles obtenues par autant d'opérations complètement indépendantes. On conçoit combien des écarts même bien moindres qu'un centimètre deviendraient désastreux pour le raccordement. Et cependant de tels écarts seraient inévitables si un certain nombre d'opérateurs sans relations les uns avec les autres, et travaillant avec des objectifs de types sensiblement différents, s'attelaient à la besogne en prétendant marcher uniquement sur la foi de la formule, sans se préoccuper de la position des points nodaux.

Pourtant jusqu'à une date très récente nous n'avons jamais oui dire que la théorie des points nodaux fût extrêmement répandue dans les ateliers de reproduction ; et un article d'une des dernières années du *British Journal Photographic Almanac* est la première étude réellement à l'adresse des opérateurs industriels que nous ayons jamais rencontrée où cette théorie soit prise en considération.

Depuis l'époque où nous avons démontré que, dans les appareils pivotants, le centre rationnel de rotation n'est pas en général identique avec le point de vue de l'image photographique, la plupart des constructeurs de ces appareils ont pris le parti de s'affranchir du dilemme qui leur opposait ainsi l'antagonisme des deux points nodaux, en imposant aux opticiens la condition de ne plus leur livrer que des objectifs dans lesquels ces deux points se confondraient en un seul. Cette condition n'est pas irréalisable avec certains types d'objectifs ; et, au point de vue théorique, elle constitue une excellente solution de la question en litige. Mais c'est une difficulté nouvelle ajoutée à toutes celles que les opticiens ont déjà à résoudre, et dont chacune con-

tribue à rendre plus précaire la chance d'arriver à constituer des instruments complètement irréprochables.

Ce n'est pas tout que de créer par le calcul un type d'objectif dans lequel l'interstice des noeuds se trouve annulé. Il faut encore compter pour sa réalisation avec les irrégularités de la matière première et de la main-d'œuvre. De ces irrégularités résulte que l'artiste chargé de « marier » les lentilles d'une même fourniture arrive à constituer les systèmes les plus brillants par l'accouplement de verres sensiblement différents de ceux dont l'association aurait paru répondre le plus rigoureusement aux prévisions du calcul. Il est ainsi notoire que ce n'est que tout à fait exceptionnellement que les deux lentilles opposées des objectifs dits « symétriques » se trouvent être effectivement identiques. Et ce sont ces combinaisons particulièrement heureuses, ainsi mises au jour par voie de tâtonnements, que le constructeur praticien conserve précieusement par devers lui comme étalons, et cherche ensuite à reproduire dans ses travaux ultérieurs. Mais toute dérogation aux prévisions initiales entraîne la présomption qu'un interstice aura pu faire son apparition là où il n'eût point dû en exister d'après la formule.

L'objectif ainsi dévié de son type se trouvera donc exclu de la composition des appareils pivotants, à raison du principe fondamental de leur construction. Nous soutenons néanmoins qu'il n'y a aucun motif sérieux pour ne pas le rechercher pour l'usage de l'atelier de reproduction, s'il présente à un degré supérieur toutes les qualités requises pour le travail qui s'y poursuit. Ce qu'exige la reproduction, et surtout la reproduction scientifique, c'est, avec la rigoureuse correction des lignes droites, la finesse la plus exquise qu'il soit possible de réaliser dans la définition. L'objectif qui lui offre au plus haut degré ces précieuses qualités est, sans discussion, celui sur lequel elle doit porter son choix. L'existence d'un interstice des noeuds n'est qu'un détail tout à fait accessoire pour elle. Il est toutefois de toute nécessité que l'opérateur ait la connaissance la plus nette de sa présence et de sa grandeur, qu'il sache en tenir compte, et qu'il ne manque jamais d'effectuer, par calcul direct ou par tâtonnements, toutes les corrections que cette particularité peut rendre indispensables.

CHAPITRE IV

COURBURE DU CHAMP

Nous avons dit que, dans les déplacements de l'appareil autour de son axe de rotation pour la détermination de la longueur focale, la mise au point initiale devait être rigoureusement maintenue. Pour l'appréciation de la courbure du champ, cette position initiale de mise au point est prise pour point de départ et soigneusement repérée sur la graduation de la base de la chambre noire, que l'on fasse usage de l'appareil photogrammétrique ordinaire ou du focimètre photogrammétrique spécial.

On amène alors l'image du repère successivement en coïncidence avec un plus ou moins grand nombre de croisées des traits du quadrillage convenablement réparties sur la surface de la glace dépolie, mais en effectuant cette fois pour chacune de ces nouvelles positions la mise au point parallactique. L'écart en plus ou en moins à partir de la mise au point axiale est relevé sur la graduation du chariot. Sa valeur constitue une cote que l'on peut inscrire au point correspondant sur une feuille de

papier portant un quadrillage identique à celui de la glace dépolie, qui peut d'ailleurs être à une échelle différente. Quand ces déterminations ont été effectuées pour un nombre suffisant de points embrassant toute l'étendue du quadrillage, la réunion des points de même côté donne, dans le système de figuration des surfaces par lignes de niveau usité en topographie, la représentation exacte de la surface focale, ainsi que des accidents que cette surface peut présenter pour chacune des régions du champ de l'objectif essayé.

CHAPITRE V

ASTIGMATISME

Pour l'étude de l'astigmatisme au moyen de l'appareil photogrammétrique, il est nécessaire de disposer d'une surface plane verticale dans de bonnes conditions d'éclairement présentant sur toute son étendue un grand nombre de droites horizontales et verticales, qui soit de dimensions suffisantes pour remplir la plus grande partie du champ de l'objectif avec un recul correspondant à une mise au point aussi voisine que possible de la mise au point à l'infini. Notons cependant qu'il pourra suffire que l'image de l'écran ainsi constitué recouvre un peu plus du quart du champ de l'objectif, s'il est possible d'établir l'appareil en face de l'un des coins de la paroi. Ces conditions se trouveront le plus fréquemment réalisées par des façades d'édifices à destination utilitaire, dont les lignes n'ont pas été trop tourmentées par des prétentions architecturales. L'idéal serait assurément d'avoir la faculté de disposer d'une grande muraille blanche, et de la faire recouvrir d'un immense quadrillage qu'il serait avantageux de couper par des séries de diagonales.

La première opération à effectuer consiste à établir l'appareil de telle façon que la glace dépolie se trouve parallèle à la paroi qui porte le réseau des droites de repère. On réalise cette condition en amenant la glace dépolie à une position telle que les images de deux verticales et de deux horizontales se produisent aussi près que possible des bords opposés du champ soient à la fois parallèles aux traits du quadrillage dont elles se rapprochent le plus. Il est essentiel de noter que le parallélisme établi pour une seule horizontale et une seule verticale ne prouve absolument rien. La vérification offre d'ailleurs d'autant plus de précision que les couples de parallèles sur lesquels elle porte embrassent une portion plus étendue du champ de l'instrument.

Cela fait, on assure parallactiquement la mise au point d'abord sur un repère correspondant au centre de la glace dépolie ; puis, de même que dans le cas de l'étude de la surface focale, sur une série de repères présentant des croisements d'horizontales et de verticales en correspondance avec les différentes régions du quadrillage de la glace dépolie. Toujours, comme dans le cas précédent, on relève sur la graduation du chariot chacune des positions de mise au point, mais ce n'est plus là qu'un préliminaire des déterminations actuellement poursuivies.

Pour les systèmes de droites en croix qui forment leur image dans la région avoisinant le centre du champ, la mise au point ne présente aucune particularité : la position de mise au point de la branche verticale et de la branche horizontale de la croix se trouve identique. Il n'en est plus de même pour les systèmes dont l'image se forme dans des régions du champ plus ou moins excentrique, à moins que l'on

n'ait affaire à un objectif parfaitement corrigé au point de vue de l'astigmatisme. Avec les objectifs auxquels manque ce genre de correction, on constate que l'horizontale et la verticale concourant à la production d'une même voix ne peuvent être amenées en même temps à satisfaire aux conditions d'une mise au point rigoureuse. Si donc on s'attache à réaliser successivement cette mise au point pour chacune de ces branches, la graduation du chariot assurera un certain intervalle entre les deux positions de mise au point.

C'est précisément à ce défaut des objectifs non spécialement corrigés que correspond la définition la plus élémentaire de l'astigmatisme. L'intervalle ainsi constaté en est, également sous la forme la plus élémentaire, la caractéristique et la mesure. Le relevé de la valeur de cet intervalle pour chacune des régions du quadrillage de la glace dépolie donne les éléments de la représentation d'une double surface formée de deux nappes analogues à la nappe unique de la surface focale, et dont l'intervalle définit pour chaque point du champ optique la valeur en ce point de l'astigmatisme.

CHAPITRE VI

ETUDE DES ANOMALIES DE LA LONGUEUR FOCALE

Toutes les opérations qui précédent ont dû être effectuées en principe en laissant à l'objectif la plus grande ouverture compatible avec sa construction. Différents types d'objectifs accusent des longueurs focales sensiblement différentes selon qu'on les emploie à toute ouverture ou avec un diaphragme. Pour cette raison on est souvent exposé à des mécomptes en photographie pratique, quand, sans s'être livré à une étude préalable de ces anomalies pour chacun des objectifs dont on fait usage, on met au point avec un diaphragme sensiblement différent de celui avec lequel on se propose d'opérer. C'est ce qui arrive assez fréquemment, en particulier quand la lumière ambiante n'est pas suffisante pour permettre une mise au point facile avec les plus petits diaphragmes. Il y a donc lieu de procéder à l'étude générale des modifications que l'introduction d'un diaphragme peut apporter dans toute la série des résultats précédemment observés.

L'analyse la plus complète de ces anomalies comportera la mise au point à toute ouverture ; la mise au point avec les différents diaphragmes du type normal qui accompagnent l'objectif, et enfin, la mise au point à toute ouverture, mais avec des diaphragmes centraux complémentaires des précédents, marqueront précisément la portion centrale des lentilles que ceux-là laissaient à découvert.

On pourra au besoin improviser des diaphragmes de ce genre avec du papier noir mat ou avec du bristol enfumé. On en confectionnera des cercles ayant pour diamètre le diamètre intérieur de la monture. On entaillera ces cercles en forme de roue, en laissant subsister au centre une partie pleine du diamètre de l'ouverture des différents diaphragmes normaux, maintenue en place par un certain nombre de rayons ou rais juste suffisante pour assurer la cohésion du tout; tandis que tout autour on ménagera une bordure représentant la jante, qui viendra s'appliquer sur le diaphragme fixe de l'objectif.

En pratique, la longueur focale sera déterminée par la méthode photogrammétrique pour la mise au point à toute ouverture. On se contentera de relever sur la

graduation du chariot les variations résultant de l'introduction des différents diaphragmes : la mise au point s'effectuant en tous les cas parallactiquement.

CHAPITRE VII

DÉFINITION, PROFONDEUR FOCALE, VOLUME FOCAL, LUMINOSITÉ

L'étude de la définition, ainsi que celle de la profondeur focale et du volume focal, qui en est le corollaire, impliquant l'intervention d'un élément conventionnel, dont l'appréciation ne différera pas dans la méthode photogrammétrique de ce qu'elle peut être dans toute autre méthode de détermination expérimentale des propriétés des systèmes optiques. On peut en dire autant de l'étude de la luminosité.

L'appréciation de la définition est généralement fondée sur la détermination des limites jusqu'auxquelles il est possible de distinguer l'un de l'autre deux points, ou deux traits parallèles, très rapprochés, noirs sur fond blanc, ou blancs sur fond noir, l'écartement de ces points ou de ces traits étant fixé par une convention. Le voyant du commandant HOUDAILLE semble répondre à tous les désiderata ; et il serait à souhaiter que l'emploi en fût généralisé. Ce voyant, à fond noir, a pour élément essentiel un cercle constitué par six points blancs, d'un demi-millimètre de diamètre, séparés l'un de l'autre par des intervalles également d'un demi-millimètre. Ce cercle entoure, à une distance d'un demi-millimètre, un point central encore d'un demi-millimètre de diamètre. Chaque groupe de sept points ainsi constitué occupe le centre d'un rectangle délimité par un encadrement de deux traits parallèles, chacun d'eux d'un demi-millimètre d'épaisseur, séparés l'un de l'autre par un intervalle d'un demi-millimètre : le tout toujours en blanc se détachant sur le fond noir. Une surface de la dimension d'une plaque photographique est entièrement recouverte d'un tracé continu de semblables éléments.

Tout opérateur peut sans difficulté préparer lui-même pour son usage un tel voyant avec toute la précision désirable, en commençant par l'établir à une échelle assez grande pour que le rapport des épaisseurs, des points, des traits et des intervalles puisse être correctement assuré à l'aide d'une habileté tout à fait ordinaire dans le maniement de la règle et du tire-ligne. Le tracé est alors ramené rigoureusement aux dimensions voulues par une réduction photographique. Ce tracé, noir sur fond blanc, donne ainsi un premier cliché à traits blancs sur fond noir. En en faisant le tirage sur une plaque sensible on obtient comme résultat un contre-type à traits noirs sur fond blanc, qui peut servir comme négatif pour obtenir sur papier le voyant à traits blancs sur fond noir.

Si, dans l'appareil photographique pourvu de l'objectif soumis aux essais, on observe l'image donnée par ce voyant dans des conditions telles qu'il se produise par exemple au cinquième de sa vraie grandeur, le diamètre des points, les épaisseurs des traits et les intervalles se trouveront alors uniformément réduits au dixième de millimètre. Un objectif à peu près satisfaisant donnera dans ces conditions, au moins dans le voisinage de la région axiale, une image sensiblement correcte : c'est-à-dire une image dans laquelle, en s'aidant de la loupe, on pourra encore distinguer l'un de l'autre les sept points et leurs intervalles. Le Commandant HOUDAILLE appelle netteté du dixième celle qui permet tout juste de distinguer encore les sept points et

leurs intervalles lorsqu'ils sont perçus sous cette dimension réduite du dixième de millimètre ; et il désigne d'après le même principe les autres degrés de netteté.

Si maintenant on vient à éloigner de plus en plus le voyant, de manière à avoir une image de plus en plus réduite, il arrive un moment où l'on cesse de percevoir autre chose qu'une tache grise, dans laquelle aucune loupe ne peut plus permettre de distinguer l'un de l'autre les points qui la composent. C'est que la confusion qui s'est produite ne tient pas à l'insuffisance du grossissement sous lequel s'effectue l'observation ; mais au fait que l'on a dépassé la limite du pouvoir séparateur de l'objectif. Un simple calcul de proportions, basé sur la mesure de la distance à laquelle se trouve alors le voyant, donne les dimensions exactes sous lesquelles l'image se trouve alors réduite : dimensions dont la mesure directe serait à peu près illusoire. Le coefficient de la netteté s'en déduit immédiatement, comme il vient d'être dit. Pour le même objectif et la même distance du voyant, cette netteté varie selon la région du champ visuel sur laquelle on fait porter les observations.

Nous avons dit que l'établissement d'un pareil voyant est un travail à la portée de tous les opérateurs ; toutefois ce travail ne laisse pas d'être passablement minutieux et fastidieux. D'autre part il ne nous semble pas douteux que le degré d'intensité des noirs et de pureté des blancs ne doit pas être sans exercer quelque influence sur les résultats. Si donc un tel type de voyant devait être généralement admis, il serait nécessaire, pour rendre les observations comparables d'un laboratoire à un autre, qu'il en fût établi un étalon irréprochable, et que celui-ci fût tiré à l'encre à imprimer avec tous les soins acquis pour assurer l'identité des reproductions. Les épreuves pourraient être remises par exemple à la Commission permanente des Congrès internationaux, auprès de laquelle les intéressés pourraient se les procurer.

Le point de départ de toutes les déterminations sera toujours la mise au point parallactique avec l'objectif à toute ouverture. On passera de là à l'examen de la mesure dans laquelle les conditions conventionnelles se maintiennent quand on fait varier le diaphragme et la mise au point. A mesure que l'on fera intervenir un diaphragme de plus en plus petit, on constatera que la condition de définition, qui n'était d'abord satisfaite que pour la mise au point la plus rigoureuse, se trouve encore vérifiée avec des écarts sensibles de cette mise au point. Pour chaque ouverture de diaphragme on déterminera, pour chaque point repéré du champ optique, la valeur de l'écart qu'il est loisible de faire subir à la mise au point, en plus et en moins, à partir de la mise au point exacte, sans que les images d'abord distinctes viennent à se confondre.

De même que dans les observations précédentes, la grandeur de ces écarts sera relevée sur la graduation du chariot. Chacune des valeurs ainsi relevées exprimera, pour le point particulier du champ optique auquel elle se rapporte et pour l'ouverture de diaphragme employée, la *Profondeur focale* en ce point. L'ensemble de ces valeurs pour l'ensemble du champ optique conduira comme précédemment à la représentation d'une surface à deux nappes situées de part et d'autre du plan de la mise au point normal. Le volume intercepté entre ces deux nappes à l'intérieur du cône d'éclairage fourni par l'objectif est le *Volume focal* pour le diaphragme considéré. Il est d'ailleurs évident que les deux nappes se réuniraient par leurs bords en une surface unique enveloppant entièrement le volume focal, si ce cône d'éclairage n'était pas d'ordinaire limité par les parties fixes de la monture à la portion à laquelle s'étendent les corrections qui la rendent complètement utilisable.

La *Profondeur focale pratique* pour ce même diaphragme est représentée par l'intervalle dans lequel une plaque photographique de la dimension dont on se propose de faire usage peut se déplacer parallèlement à elle-même à l'intérieur du volume focal, sans se trouver entamée en aucun de ses points par l'une ou l'autre des deux nappes de la surface qui le limite. Il est à noter que l'on doit s'abstenir d'attribuer à cette surface la dénomination de « *surface focale* » : ce mot ayant déjà une autre affectation.

Au cours de toutes ces observations on constatera que la plus petite ouverture de diaphragme donne constamment pour le champ le plus étendu le maximum de définition, de profondeur focale et de volume focal, avec le minimum de luminosité. Disons toutefois qu'il a été observé que le plus haut degré de définition qu'il soit possible d'atteindre dans la portion centrale du champ ne peut être réalisé qu'avec un diaphragme d'ouverture notable, à la condition que l'objectif soit parfaitement corrigé pour la totalité de cette ouverture.

CHAPITRE VIII

FOYER CHIMIQUE

Au milieu de toutes ces déterminations on n'aura garde d'oublier que l'objectif photographique est destiné à la photographie. Toutes les observations effectuées jusqu'ici et toutes les propriétés visuelles constatées à l'aide des procédés décrits dans la présente étude seraient donc vides de sens si l'action des rayons lumineux sur lesquels elles portent devait être tenue pour autre chose que pour l'indication d'une action parfaitement concordante des rayons actiniques, auxquels la photographie doit son existence. « Mes instruments sont faits pour que l'on regarde dedans, et non pour qu'on les regarde », répondait, d'après la tradition, l'illustre constructeur et physicien FRAUNHOFER à des critiques qui reprochaient à ses lentilles quelques défauts préjudiciables peut-être à leur apparence extérieure, mais sans influence sur leurs propriétés optiques. C'est probablement en rééditant à peu près cette fière réponse que VOIGTLANDER cherchait vainement à se débattre contre les exigences des premiers de ses clients qui avaient eu connaissance du fait qu'HERMAGIS était parvenu à réaliser la correction du foyer chimique. Malheureusement la réponse portait ici complètement à faux : la destination essentielle de l'appareil photographique n'est pas en effet d'offrir des images visuelles d'un aspect flatteur à l'œil, mais bien de fournir des épreuves photographiques irréprochables. VOIGTLANDER dut enfin se résigner à en convenir ; et il se lança dès lors d'une si belle ardeur dans la voie qui venait d'être ouverte, que beaucoup ont oublié qu'il avait eu un devancier.

Le témoignage de la vue ne doit donc être considéré que comme une simple indication, qui n'aura de valeur qu'autant que l'on pourra compter qu'elle sera confirmée en toutes circonstances par les résultats obtenus sur la plaque photographique ; et cette confirmation devra s'appliquer à chacune des propriétés que nous venons d'étudier. Après chaque observation effectuée sur la glace dépolie, une plaque sensible devra donc être substituée à celle-ci, et on s'assurera que la perfection de l'image optique n'est pas une pure illusion que viendrait démentir la faiblesse du cliché photographique.

Il est à remarquer que le cliché porte avec lui notablement plus que la simple confirmation des constatations relevées par un observateur quelconque sur l'image visuelle. Ces constatations sont toujours plus ou moins affectées par la personnalité de l'observateur, plus ou moins subordonnées à la finesse de ses perceptions et à la qualité de son éducation technique, tandis que le cliché est absolument indépendant de ces circonstances subjectives. On peut objecter, il est vrai, que la délicatesse des indications du cliché est encore subordonnée à la finesse du grain de la couche sensible, finesse très variable d'un type d'émulsion à un autre. D'abord, pour des observations purement scientifiques, il est toujours facile de faire choix d'éмульsons dont la finesse dépasse toutes les exigences des vérifications courantes, mais surtout, une fois connues les caractéristiques de l'émuulsion quelle qu'elle soit, elle emporte toujours le même témoignage identique et immuable pour tous les observateurs sous les yeux desquels le cliché pourra passer, et c'est là le point essentiel pour la concordance des démonstrations.

S'il ne peut pas y avoir d'hésitation sur le fait que la perfection de l'image photographique doit dans un objectif photographique primer toute considération d'apparences visuelles, la coïncidence du foyer optique et du foyer chimique n'est pas d'une nécessité aussi universelle et aussi absolue. On ne la recherche pas en général dans les grands instruments astronomiques destinés aux recherches scientifiques les plus délicates, dans la construction desquels une telle exigence introduirait des difficultés insurmontables. On peut même y laisser complètement de côté la considération du foyer optique. C'est ce qui a lieu pour le grand télescope d'ALVAN CLARKE ; et à des photographes qui lui demandaient quelle impression produit à la vue l'image fournie par un tel instrument, l'habile émule des FRAUNHOFER et des VOIGTLÄENDER faisait cette réponse d'une aussi belle allure scientifique que celle de son glorieux prédecesseur : « qu'il ne lui était jamais venu à l'esprit de mettre l'œil à un instrument qui n'était pas fait pour regarder dedans. »

Une indépendance aussi complète du foyer optique et du foyer chimique est sans doute admissible dans les instruments astronomiques, qui sont exclusivement destinés à fonctionner dans des conditions tellement voisines de la mise au point à l'infini, que c'est à peu près la démonstration la plus saisissante de leur puissance et de leur perfection qu'il puisse être nécessaire de procéder à un nouvel ajustement quand on veut passer de l'observation de la lune à celle des nébuleuses. Cette indépendance serait tout à fait intolérable dans les objectifs photographiques usuels, actuellement appelés à satisfaire à des exigences qui s'étendent d'un paysage ou d'une marine à un agrandissement. En fait dès les origines de la photographie, il a toujours été invariablement posé en principe que la mise au point devait avoir pour point de départ une image visuelle tout aussi irréprochable que l'image photographique, quelle que pût être d'ailleurs la connexion de ces deux images ; et les premiers objectifs de VOIGTLÄENDER ne laissaient rien à désirer sous ce double rapport. Depuis qu'HERMAGIS a passé par là, c'était devenu un principe à peu près aussi constant que dans les objectifs destinés à la photographie ordinaire, il devait y avoir coïncidence entre le foyer optique et le foyer chimique.

Actuellement encore, si on fait abstraction des objectifs destinés aux appareils à vil prix, dont la mise au point ne peut s'effectuer qu'à l'aide d'une graduation ou pas du tout, qui n'ont pour ainsi dire pas d'existence indépendante de celle de l'appareil dont ils font immuablement partie, et pour lesquels toute prétention de vérité

fication scientifique serait une pure dérision : si l'on fait abstraction, disons-nous, de ces objectifs, on serait en droit de considérer comme une véritable fraude commerciale la mise en vente sans avertissement spécial d'objectifs dans lesquels la coïncidence des deux foyers ne serait pas suffisamment réalisée. Toutefois dans ces dernières années, en présence des exigences constamment croissantes de la technique photographique, de la complication extrême des artifices à l'aide desquels on parvient à satisfaire à ces exigences, et de l'exagération des prix de revient qu'entraînent inévitablement ces complications, quelques constructeurs du meilleur aloi en sont revenus au principe primitif de la séparation des foyers optique et chimique. Cela leur permet de mettre à des prix plus abordables, de la façon la plus loyale et sans aucune dissimulation, les qualités les plus exquises réalisées par les derniers progrès de l'optique photographique à la portée des praticiens médiocrement favorisés de la fortune, pour lesquels il est plus facile de payer ces qualités au prix d'un redoublement de travail et d'attention que par un déboursé supplémentaire d'espèces sonnantes et trébuchantes. La mise au point s'amorce alors encore au moyen de l'image visuelle, qui doit toujours être irréprochable, au moins pour une portion de son champ, puis l'opérateur y apporte, au moyen de la graduation du tirage, les corrections que l'expérience a déterminées.

Au temps des débuts de VOIGTLÄNDER, avec des objectifs qui n'étaient guère destinés qu'au portrait, la chose était relativement simple. Le photographe connaissait exactement les dimensions de son atelier et les distances auxquelles il pouvait placer ses sujets ; rien n'était plus facile que de déterminer d'avance une fois pour toutes, à l'aide du focimètre spécial en usage chez tous les constructeurs, les deux ou trois valeurs des corrections dont il pouvait avoir besoin. Il n'en est plus de même avec nos appareils d'amateurs, appelés à passer incessamment du plein air à l'agrandissement. C'est alors une échelle complète de corrections qui devient indispensable.

On est naturellement en droit d'exiger que le constructeur qui introduit sur le marché un objectif de ce caractère à prétentions scientifiques tant soit peu sérieuses assume pour lui-même le labeur et la responsabilité de l'établissement de cette échelle pour chacun des instruments qu'il produit ; mais tout opérateur scrupuleux tiendra à contrôler l'exactitude de ses indications. L'un comme l'autre devra procéder pour cet objet suivant la méthode en usage dans l'essai des instruments astronomiques ; en apportant toutefois à cette méthode les modifications que comportent l'influence infiniment plus variée des distances sur lesquelles doit porter l'observation, l'étenue de l'échelle qui correspond à cette influence, ainsi que les ressources qui résultent des détails de construction généralement plus maniables des appareils destinés à la pratique ordinaire de la photographie.

Nous avons dit que pour toute opération le repère initial sera toujours fourni par la mise au point visuelle. Si l'on ne possède pas déjà d'échelle de correction antérieurement établie, cette mise au point représentera en même temps la première approximation. Dans le cas contraire on appliquera d'abord la correction indiquée pour cette mise au point ; et c'est la position ainsi corrigée qui constituera la première approximation.

Si l'on voulait s'astreindre à copier la méthode astronomique, après avoir ainsi mis au point sur un objet bien éclairé, riche en détails délicats, s'étendant parallèlement au plan de la glace dépolie et situé à distance connue, on prendrait un premier cliché. A partir de là on prendrait une succession d'autres clichés en modifiant

pour chacun la mise au point, en plus et en moins, de quantités relevées sur la graduation de l'appareil. Le plus irréprochable des clichés ainsi obtenus indiquerait la valeur exacte de la correction correspondant à la mise au point visuelle qui a servi de point de départ. Au besoin on préciserait encore cette indication par l'intercalation d'une nouvelle série de clichés plus resserrés dans l'intervalle des deux qui ont donné les résultats les plus avantageux.

On voit que des tâtonnements ainsi conduits, qu'il y aurait à reprendre pour chacune des valeurs du tirage de la chambre correspondant à la mise au point visuelle aux différentes distances, entraîneraient une dépense considérable de temps et de plaques sensibles. Les ressources de l'appareil photographique usuel permettent de réduire cette dépense dans une mesure notable avec un bénéfice indiscutable pour la supériorité des résultats.

Nous admettons que l'on fait usage d'un châssis à rideau du modèle ordinaire, et que l'appareil est disposé pour que ce rideau fonctionne horizontalement. On aura préparé d'avance une série d'écrans rectangulaires en carton noir mince, ayant tous la hauteur du châssis, avec des largeurs croissant de l'un à l'autre, de telle façon que quand on vient à les appliquer sur le châssis de manière qu'ils en affleurent la base, le premier empiète de deux centimètres par exemple sur le logement de la plaque sensible ; le deuxième de quatre centimètres ; le suivant de deux centimètres de plus encore ; et ainsi de suite jusqu'au dernier qui devra laisser à découvert les deux derniers centimètres de la plaque sensible quand le rideau est complètement tiré. Ces écrans ne seront pas coupés au ras de la base du châssis, mais auront un prolongement qui se replie autour de cette base, de manière que l'écran se trouve entraîné par le châssis quand on introduit celui-ci dans sa rainure, et que sa position soit ainsi invariablement assurée dans la chambre noire. On aura en même temps marqué au crayon sur le bord du rideau les tirages successifs de deux en deux centimètres.

On fera choix d'une vue représentant sur un front étroit, répartis sur une grande profondeur, une variété d'objets d'une identification facile, et dont il soit facile de mesurer la distance ; telle que celle que peut offrir une route bordée d'arbres et de constructions. On encadrera sur les deux premiers centimètres de la glace dépolie l'enfilade de la route ; on mettra soigneusement au point le repère de cette enfilade le plus rapproché de l'observateur. Sans se préoccuper aucunement de la correction relative au foyer chimique, on introduira le châssis, on ouvrira le rideau de deux centimètres, et on procédera à l'exposition des deux centimètres de plaque ainsi découverts. On notera le temps de pose, et on relèvera l'indication accusée par la graduation du chariot.

On retirera le châssis ; on amènera la route à se dessiner sur les deux centimètres suivants de la glace dépolie ; on mettra au point sur un repère un peu plus éloigné que le premier, et on notera de nouveau la graduation correspondante du chariot. On glissera alors le châssis dans la coulisse, mais cette fois en lui faisant entraîner l'écrin qui masque les deux premiers centimètres de la plaque sensible. On ouvrira le rideau de quatre centimètres et on exposera exactement le même temps que précédemment pour rendre les résultats aussi comparables que possible. On continuera de même en introduisant à chaque nouvelle opération un écran de deux centimètres plus long, et en découvrant par le rideau deux nouveaux centimètres de la plaque sensible. Pour chacune de ces expositions on aura préalablement réglé la mise au

point visuel sur un repère de plus en plus éloigné, en relevant toujours scrupuleusement l'indication correspondante de la graduation du chariot.

Quand on aura ainsi exposé par tranches successives la totalité de la plaque sensible, on passera au développement et à toutes les opérations que comporte l'achèvement du cliché. S'il existe un foyer chimique, on constatera alors que celui des repères du terrain qui vient le plus nettement au point sur chaque tranche n'est pas du tout celui pour lequel avait été effectuée la mise au point visuelle de cette tranche ; mais que pour voir celui-ci ressortir avec la plus grande netteté, il faut le rechercher sur une autre tranche. Si l'on rapproche cette constatation, d'une part, du relevé des lectures de la graduation ; de l'autre, des distances connues des repères, on a tous les éléments de l'établissement de deux échelles, que l'on représentera avantageusement par deux courbes, qui donneront la valeur de la correction du foyer chimique de l'objectif soumis aux essais, soit pour toute distance de l'objet à photographier, soit pour toute longueur du tirage de la chambre. Et tous ces résultats n'auront coûté qu'une seule plaque sensible et une opération qui s'exécute beaucoup plus rapidement qu'elle ne se décrit.

La détermination du foyer chimique ou la constatation de son absence n'est d'ailleurs évidemment que la première phase de l'étude des propriétés actiniques de l'objectif. La correction correspondante une fois effectuée quand il y a lieu, d'après les données qui viennent d'être déterminées, il reste encore à s'assurer que toutes les propriétés que nous avons passées en revue dans l'examen détaillé de l'image visuelle se trouvent dans leur ensemble confirmées en dernier ressort par la sanction suprême des résultats obtenus sur la plaque photographique.

(A suivre.)

Commandant LEGROS.

SUR LA REPRODUCTION DES OBJETS DIFFICILES

PAR LA PHOTOMICROGRAPHIE

(Suite) ¹

Dans les deux précédents articles nous nous sommes occupés des règles essentielles et indispensables pour aborder, avec quelques chances de succès, la reproduction des objets à structure fine ; des qualités que devaient posséder les combinaisons optiques et des conditions dans lesquelles il fallait les faire travailler. Il nous reste à énumérer quelques autres règles de moindre importance, sans doute, mais qui sont loin d'être négligeables.

Dans la formule $\epsilon = \frac{\lambda}{2a}$, déterminant le pouvoir résolvant d'un objectif d'une ouverture numérique donnée, la longueur d'onde λ des rayons éclairants entre comme un facteur que nous pouvons faire varier, non pas à notre gré, mais du moins dans une certaine limite. Nous pouvons donc arriver, avec un même objectif, à résoudre des détails plus ténus si, au lieu de rayons d'une longueur d'onde moyenne $\text{op} 550$ nous utilisons seulement des rayons violets dont $\lambda = \text{op} 420$. Toutefois, en pratique, nous nous heurtons alors à deux difficultés, l'une consistant en ce que les rayons violets influençant très peu notre rétine, il est presque impossible d'effectuer une mise au point précise, l'autre réside en ce que les objectifs, simplement achromatiques, n'étant pas corrigés pour cette couleur, ils travailleraient dans de mauvaises conditions. L'éclairage monochromatique violet exigerait que l'on fasse usage d'objectifs apochromatiques, dont la correction est à peu près parfaite pour toute l'étendue du spectre visible.

Avec les objectifs achromatiques de nouvelle construction, il est fort possible, comme l'expérience le démontre, de se servir avantageusement d'un éclairage monochromatique vert ; l'augmentation du pouvoir résolvant est sans doute moindre qu'avec les rayons violets mais elle est encore sensible.

D'autre part, de l'emploi de cet éclairage monochromatique (et ceci s'applique, augmentation de pouvoir résolvant laissé de côté, à tout éclairage monochromatique compris dans la région pour laquelle l'objectif est corrigé) ressort cet autre avantage, qu'une seule nature de rayons concourant à former l'image, on arrive à presque supprimer les spectres secondaires, c'est-à-dire à une délinéation plus franche et plus précise des détails, ce qui facilite la mise au point exacte et, puisque l'image est plus nette sur le verre dépoli, il ne pourra en être que de même sur la plaque photographique qui l'enregistrera.

La lumière verte, ou parfois la lumière jaune, seront donc les radiations que nous adopterons avec les objectifs achromatiques et pour que la pose ne soit pas de ce fait trop allongée, l'emploi simultané de plaques isochromatiques sensibles au jaune et au vert s'impose de lui-même. Comme bénéfice accessoire, je ne fais que signaler pour le moment que cet éclairage monochromatique donnera plus d'oppositions entre le sujet et le fond, si le premier est coloré en bleu ou en violet, comme se pré-

(1) *Revue des Sciences photographiques*, nos 1 et 2.

sentent les bactéries traitées par la thionine, le krystal violet, le bleu de méthylène, etc... Comme nous devons plus tard revenir sur la reproduction des objets colorés, je ne fais pour le moment que signaler le fait.

Je disais un peu plus haut que nous adopterons l'éclairage monochromatique vert, ceci ne doit pas être pris dans l'acception stricte, car, par les moyens simples que nous allons employer pour l'obtenir, il restera toujours associé quelques traces d'autres radiations aux radiations vertes ; pour les avoir parfaitement isolées il faudrait avoir recours à un prisme de forte dispersion, dans le spectre duquel nous ne prendrions que les seuls rayons verts. Moyen trop compliqué et qui ne nous fournirait qu'une très faible lumière avec nos sources courantes d'éclairage, et auquel il n'est pas, d'ailleurs, nécessaire de s'adresser, puisque des écrans colorés, ou mieux encore des liquides colorés, renfermés dans des cuves à faces parallèles nous donnent un faisceau lumineux duquel se trouveront suffisamment éliminées les radiations étrangères, ou bien le peu de celles-ci qui subsistera en sera assez voisin pour ne pas présenter d'effet nuisible, puisque, nous l'avons fait remarquer, les nouveaux objectifs possèdent une correction chromatique assez étendue (de D dans le jaune à F dans le bleu).

Le liquide de Zettnow, au sulfate de cuivre et au bichromate de potasse, était autrefois assez employé comme écran vert ; de nos jours on lui substitue des solutions de couleurs d'aniline qui éteignent moins de radiations de la nature de celles que l'on veut conserver et exigent, par conséquent, une pose moins longue pour obtenir le même effet sur la plaque. Le liquide que j'emploie le plus ordinairement est connu sous le nom d'écran Gifford ; on le prépare en ajoutant à de la glycérine à 28° assez de solution alcoolique de vert malachite et quelques gouttes d'une autre solution d'acide picrique pour que le liquide, examiné au spectroscope sous une épaisseur de 1 cent., ne laisse passer que les rayons voisins de la raie F. (4).

Si je dis que j'emploie ordinairement cet écran vert, j'entends quand il s'agit de diatomées ou autres objets incolores, car pour les objets colorés s'il peut avoir, comme nous le verrons, parfois son application indiquée, il est d'autres cas où il vaut mieux choisir un écran soit d'une autre couleur, soit plus foncé ou plus clair.

Les diatomées peuvent être montées de plusieurs façons, par exemple à sec, on bien incluses dans un médium. Y a-t-il avantage à choisir l'un ou l'autre mode de montage et, si on adopte un médium, quel est celui auquel on donnera la préférence ?

J'ai déjà envisagé la première question en traitant du pouvoir séparateur des objectifs et de la relation qui doit exister entre leur ouverture numérique et celle du cône éclairant qu'il faut leur associer. Comme une préparation à sec ne saurait admettre un cône éclairant même égal à l'unité, et à plus forte raison supérieur à ce chiffre, on ne pourra l'utiliser, en conservant à l'objectif tout le bénéfice de son ouverture utilisable en pratique, si cette ouverture atteint ou dépasse 1,30. Si, d'un autre côté, l'objectif peut travailler avec une ouverture numérique supérieure à 1,00 il est nécessaire que les frustules soient adhérentes à la lamelle, en parfait contact avec sa face

(4) A vrai dire, les radiations vertes et vert bleu ainsi isolées laissent encore apercevoir un peu de rouge, que l'on peut éliminer en plaçant dans la cuve une lame de verre mince, dite *vert signal*. Ajoutons que cette solution doit être conservée à l'obscurité, l'influence prolongée de la lumière en affaiblissant la teinte.

inférieure, sans interposition de la moindre lame d'air ; condition impossible à réaliser.

Donc il faut résérer le montage à sec aux diatomées qui n'exigent pas, pour leur résolution, un objectif dont l'ouverture pratiquement utilisable égale ou dépasse 1,00. A part cette restriction ce mode de montage, quoique fragile, est, comme nous allons le voir, assez recommandable.

Reste le montage dans un milieu que nous avons, nous pouvons le dire de suite, intérêt à choisir très réfringent ou, si l'on aime mieux, doué d'un haut indice de réfraction.

En effet, un corps plongé dans un milieu est d'autant mieux visible qu'il y a plus de différence entre leurs indices de réfraction respectifs. L'indice de la silice, qui forme la carapace des diatomées, est d'environ 1,43, celui de l'eau est 1,33 ; la différence des deux indices est 0,10. Si nous admettons le nombre 10 comme degré de visibilité des diatomées plongées dans l'eau, 11 exprimera leur degré de visibilité lorsqu'elles sont montées dans le baume du Canada, puisque l'indice de ce dernier est 1,54 ; dans le styrax il est plus élevé, l'indice de cette résine étant 1,60, le degré de visibilité y atteint donc 17 ; il devient 22 dans le monobromure de naphtaline (indice 1,66) ; 31 dans l'iодure de méthyle (indice 1,743) et enfin 103 dans le médium arsenical (indice 2,40).

Dans l'air, dont l'indice est pris pour unité, le degré de visibilité est 43, on voit donc que le montage à sec est bien supérieur, sous ce rapport, au montage dans le baume et même dans les médiums courants ; il y a donc lieu de l'adopter toutes les fois que la finesse des détails n'exige pas l'emploi d'une ouverture numérique élevée ou qu'il n'est pas utile de faire intervenir un éclairage à forte obliquité.

Les remarques ci-dessus ne s'appliquent point aux préparations de bactéries colorées ; ces dernières demandent, autant pour leur examen que pour les reproduire, une grande ouverture numérique et un éclairage également très ouvert, mais le montage dans le baume est bien suffisant, car c'est par leur coloration qu'elles sont rendues facilement visibles et non par la différence d'indice de réfraction de leur substance et celle du milieu dans lequel elles sont incluses.

Examinons maintenant les méthodes pratiques qui facilitent la reproduction des objets à structure fine et spécialement des diatomées, puisque c'est parmi celles-ci qu'on les rencontre le plus souvent.

Les stries ou les perles, souvent invisibles en lumière centrale, le deviennent en lumière oblique qui accentue ces détails ou les fait mieux ressortir ; toutefois il ne faut pas abuser de ce moyen, car un éclairage oblique très accentué donne souvent lieu à des images totalement fausses ; il fait, par exemple, apparaître des perles ou des stries en dehors de l'image elle-même de la frustule, c'est-à-dire ne correspondant nullement à des détails réels de l'objet.

L'opérateur doit être assez familiarisé avec la vraie structure des diatomées pour que, en leur appliquant la lumière oblique, l'image obtenue ne montre que ce qui pourrait être vu sans cet artifice.

Comme l'éclairage oblique ne produit son maximum d'effet, ou même un effet utile, que sous un certain azimuth, par exemple lorsque la direction des rayons est perpendiculaire à la direction des stries, il est nécessaire que l'on puisse orienter cette obliquité soit en faisant tourner le diaphragme à fente autour de l'axe optique, ou mieux encore en orientant la diatomée au moyen de la platine tournante du microscope.

Il est enfin évident que lorsqu'on fait usage de la lumière oblique sous une forte incidence, le condensateur doit posséder une grande ouverture numérique et, par suite, être à immersion ; ceci ressort des explications fournies dans les articles précédents.

L'emploi de la lumière oblique enlève, cela se comprend, beaucoup de lumière, ce qui force à prolonger énormément la pose, mais on peut de beaucoup remédier à cet inconvénient en employant la méthode suivante, indiquée par le Dr Spitta : donner au condensateur (au moyen du diaphragme iris) la meilleure ouverture, celle qui délimite le mieux les détails de l'objet, mais sans faire usage de diaphragmes en croissant ou à fente, puis décentrer légèrement le condensateur et rétablir l'égalité d'éclairage en déplaçant le condensateur auxiliaire (ou paralléliseur) d'un côté ou de l'autre, en haut ou en bas, ou en lui donnant une direction légèrement oblique. Par ce moyen l'éclairage oblique est obtenu en n'utilisant que les rayons émis par un seul côté du condensateur, c'est-à-dire qui parviennent obliquement sur l'objet. J'ai souvent mis ce moyen en pratique et j'ai toujours reconnu qu'il fournit des images plus fines que celles obtenues par le décentrement de l'iris ou l'emploi de diaphragmes à fente. C'est en agissant comme le conseille le Dr Spitta qu'a été obtenue l'épreuve de l'*Amphibleura* figurant dans le numéro précédent.

Une condition importante dans la reproduction des objets à structure fine consiste, ainsi que j'ai eu l'occasion de le dire, qu'ils soient placés, à la fois, au foyer du condensateur et de l'objectif, c'est-à-dire qu'ils soient reproduits dans l'image de la source d'éclairage fournie par le condensateur. Cette nécessité proscriit l'emploi des bœufs à manchons incandescents, car la trame de ces manchons se trouverait reproduite en même temps que l'objet ; ce qui n'est pas admissible. Ce sont donc ou des chalumeaux oxyhydriques, ou des flammes libres qu'exigent ces reproductions, et ces dernières seront d'autant meilleures qu'elles seront de plus petite surface et d'intensité lumineuse plus élevée. Sans parler de la lumière solaire, trop incertaine, sous nos climats, nous devons placer au premier rang des sources d'éclairage l'arc électrique, la lumière Drummont ; la première manque de fixité, quoique de grands progrès aient été réalisés dans la construction des lampes à arc ; le chalumeau oxyhydrique donne, au contraire, une lumière parfaitement fixe et c'est bien certainement le mode d'éclairage qu'il faut préférer quand on ne recule pas devant la dépense et la complication qu'il entraîne, puis viennent l'acétylène et le pétrole. Ce dernier ne procure qu'une assez faible lumière, c'est-à-dire exige des poses fort longues quand on travaille sous de fortes amplifications et, inconvénient plus sérieux, les négatifs obtenus avec un si faible éclairage manquent toujours de vigueur ; le sujet ne s'enlève jamais franchement sur le fond. Avec l'acétylène les résultats sont déjà bien meilleurs, c'est une source d'éclairage bien suffisante, ne laissant même guère à désirer pour toute espèce de reproductions photomicrographiques.

Le plan de la flamme, comme du reste celui de la lampe à pétrole, qui doit être à mèche plate, est orienté dans le sens de l'axe optique de l'appareil ; l'intensité lumineuse étant ainsi bien plus considérable, ce n'est qu'avec les objectifs faibles qu'on dispose le plan de la flamme perpendiculairement à l'axe.

Puisque j'ai déjà dit que nous faisions usage d'écrans colorés, il s'ensuit que l'on adoptera les plaques orthochromatiques d'une façon générale, en choisissant des plaques sensibles au jaune et au vert et il y a tout avantage à ce qu'elles soient anti-halo ; une seule expérience comparative démontrera, quoi qu'on en ait dit, que celles-

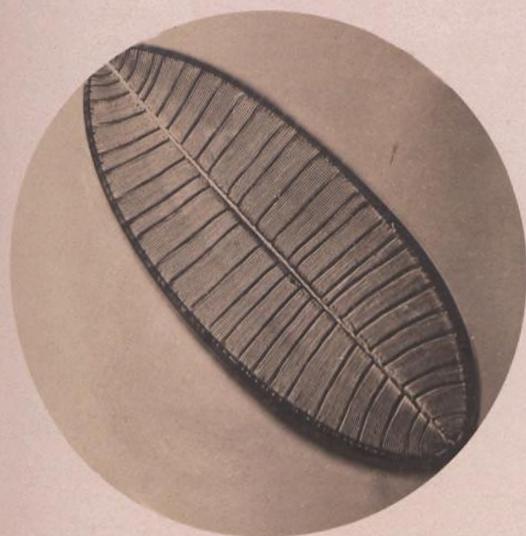


fig. 9

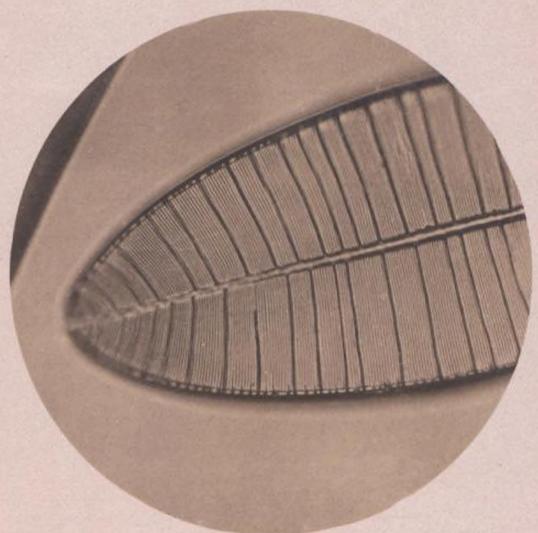


fig. 10

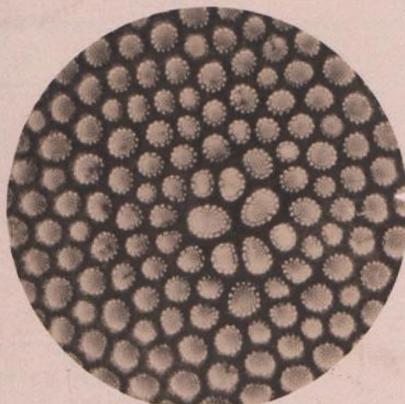


fig. II

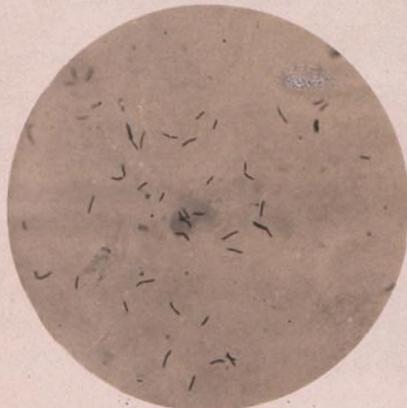


fig. I2

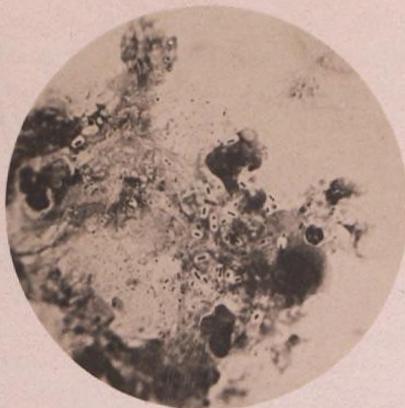


fig. I3

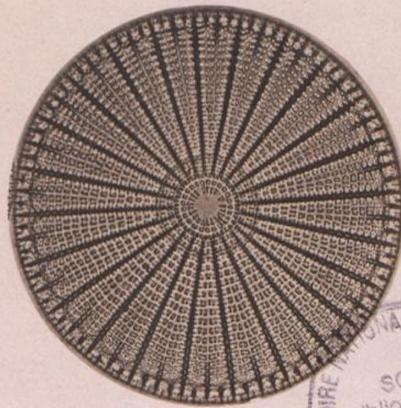
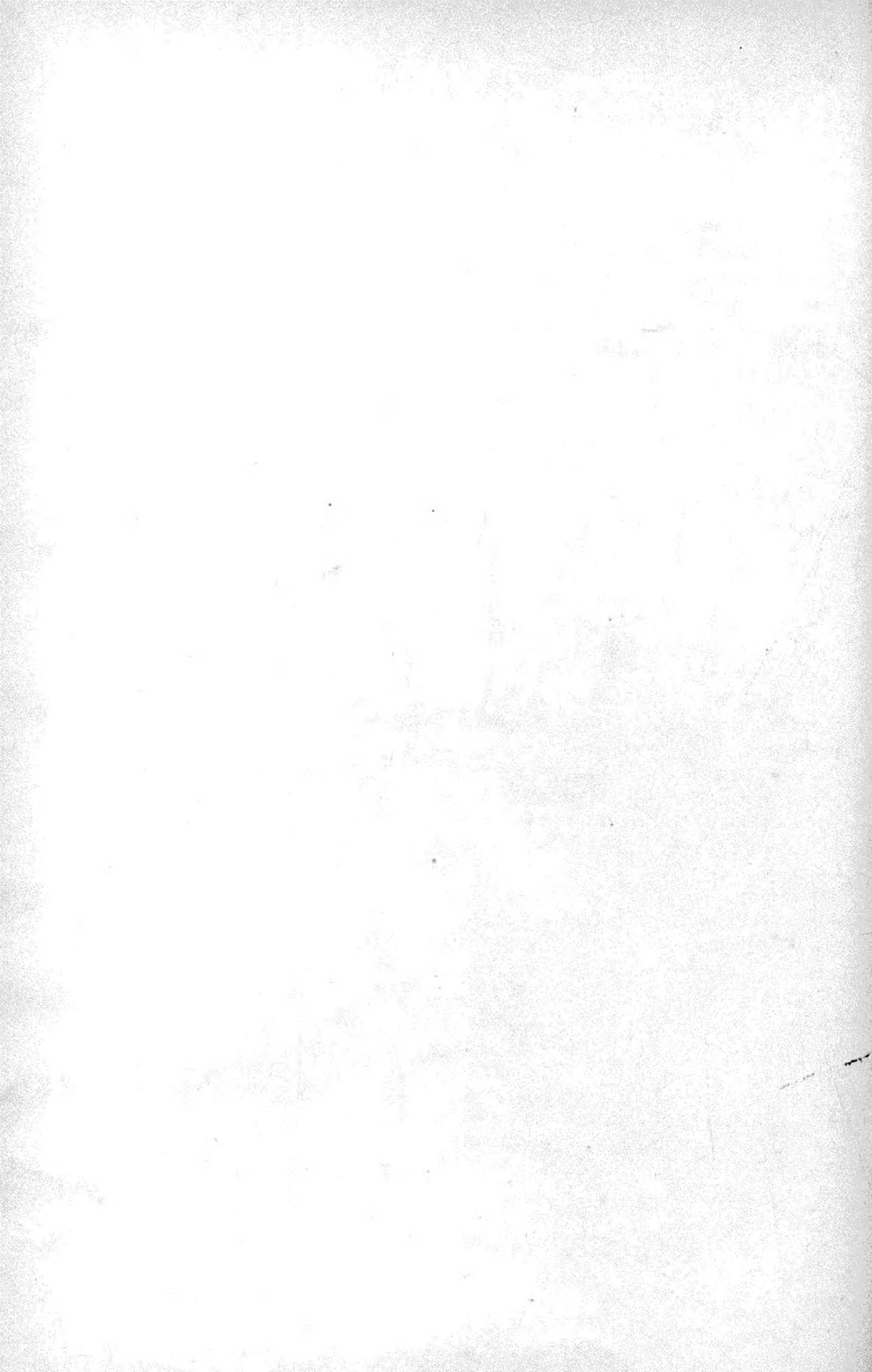


fig. I4

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS & MÉTIERS
SCD
bibliothèque
centrale



ci fournissent des négatifs plus transparents dans les parties qui doivent rester claires et plus intenses dans les fonds.

Comme révélateurs, on choisira ceux qui donnent des négatifs vigoureux et pour le cas qui nous occupe (reproduction de diatomées et autres objets incolores) ceux qui tendent à augmenter les contrastes, l'hydroquinone par exemple, en notant, toutefois, que les formules où il entre des alcalis caustiques donnent rarement de bons résultats avec les plaques isochromatiques, elles les voilent. Je conseillerai donc plutôt le révélateur à l'acide pyrogallique à tous ceux qui savent manier ce réducteur, ou celui à la méthoquinone et formolsulfite (formule Lumière pour clichés posés) qui, plus facilement, donne des négatifs très clairs et très vigoureux.

Avant d'aborder les moyens à mettre en œuvre pour reproduire les objets colorés et spécialement ceux qui présentent des difficultés à cause de la grande différence d'actinisme de leurs parties, je vais donner quelques explications relativement aux planches qui accompagnent cet article.

Les figures 9 et 10 représentent la même diatomée, le *surirella gemma*; la première, à moindre amplification que la seconde, afin de montrer que, dans la plupart des cas, lorsqu'on fait usage d'objectifs simplement achromatiques (c'est avec un objectif à immersion 1/12 de Reichert qu'ont été obtenus ces deux négatifs), il y a à ne pas dépasser une certaine amplification, au delà de laquelle l'image est moins bonne (1). Ce maximum se trouve aux environs de six fois le grossissement initial de l'objectif. Je m'explique : le grossissement d'un objectif de 1/12 étant 125, ce nombre multiplié par 6 = 750, c'est là l'amplification qu'on fera bien de ne pas dépasser. La figure 10, faite avec le même objectif et à l'amplification 1100, nous montre, en effet, quoique ce soit la même frustule qui ait été reproduite que dans le n° 9, que les perles sont moins bien définies, que la netteté générale est loin de comprendre une aussi grande partie de la valve. Il n'en est plus de même avec les apochromatiques qui peuvent, on le sait, supporter de très forts oculaires sans que l'image cesse d'être parfaite, tandis que les achromatiques faiblissent dès que l'oculaire qu'on leur applique a un grossissement supérieur à 10, et encore est-il mieux de ne pas arriver tout à fait à ce chiffre.

Le *surirella* reproduit est monté dans le réalgar et l'éclairage était très légèrement oblique pour le n° 9, un peu plus oblique pour le n° 10. Ecran au vert malachite, condensateur à immersion.

La figure 11 représente les marques secondaires du *coseinodiscus asteromphalus*. La diatomée est montée dans la quinidine, objectif à immersion homogène 1/12; condensateur Conrady de 1,35 O. N. Eclairage très légèrement oblique. Je ferai remarquer que ces marques secondaires constituent un sujet assez difficile pour obtenir les perles bien nettes.

Les figures 12 et 13 représentent des bactéries, l'une (12) le bacille de Koch, tel qu'il se présente dans les crachats de phthisiques et l'autre (13), le pneumocoque de Talamon et Franckel recueilli dans l'expectoration d'un malade atteint de pneumonie.

Les deux négatifs ont été obtenus avec un objectif à immersion de 2 mm., 2 de

(1) Mais il est évident que le négatif parfaitement net obtenu à cette amplification quelque peu réduite, peut facilement fournir à l'appareil d'agrandissement ordinaire des épreuves dans lesquelles les détails seront parfaitement lisibles sans le secours d'une loupe. Cette épreuve ainsi agrandie sera bien supérieure à une épreuve directe de mêmes dimensions.

distance focale et 1,25 O. N.; le condensateur de 1,35 O. N. était employé aux 2/3 environ de son ouverture totale.

La figure 14 représentant un *arachnoïdiscus Ehrenbergii* a été obtenue avec un objectif assez faible (objectif de 12 mm. O. N. 0,45); malgré que les difficultés qu'il y a à produire une bonne épreuve de cette diatomée soient relativement réduites, je la donne comme exemple de la marche à suivre lorsque les détails ne sont pas d'une ténuité extrême : elle consiste à choisir l'objectif de la plus grande distance focale qui permet de les résoudre; on a ainsi une netteté suffisante sur toute l'étendue de la valve et ses divers plans se trouvent nettement définis.

(A suivre.)

L. MATHET.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Production, à froid, des sulfures de phosphore. Observations relatives à l'action de la chaleur et de la lumière sur les mélanges de sesquisulfure de phosphore et de soufre en dissolution dans le sulfure de carbone.

La plupart des sulfures de phosphore peuvent s'obtenir par l'action directe, à chaud, du soufre sur le phosphore ; la réaction est très violente. M. LEMOINE obtient des sulfures plus riches que P^4S^3 par l'union, à température élevée, de ce dernier corps avec le soufre.

Quant aux tentatives de préparation, à basse température, de composés du soufre et du phosphore, à partir des éléments, elles n'ont abouti qu'à la production de composés dont M. BOULOUCH a précédemment précisé la nature (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 21 juillet 1902).

En étudiant l'action de la lumière sur un mélange de sulfure P^4S^3 et de soufre, en solution sulfo-carbonique, M. DERVIN a obtenu, au bout d'un à deux mois, des aiguilles de bisulfure P^3S^6 , un magma cristallin ayant à peu près la même composition et des grains cristallins jaunâtres de formule P^8S^{11} ; cette méthode très lente fournit d'après BOULOUCH des produits complexes et ne peut être considérée comme un procédé de préparation.

M. BOULOUCH obtient des résultats très nets au bout d'un temps assez court, en ajoutant à la solution sulfo-carbonique de soufre et de P^4S^3 quelques paillettes d'iode ; la coloration violette disparaît rapidement, surtout à une vive lumière et, au bout d'un à deux jours, on voit les parois du flacon insolé se tapisser d'une multitude de petits cristaux fort nets qui se groupent en masses légèrement adhérentes au verre.

Les plus beaux cristaux sont obtenus en dissolvant 22 grammes de P^4S^3 et 7 grammes ou un léger excès de soufre dans 200 centimètres cubes de sulfure de carbone et 22 grammes ou un léger excès de P^4S^3 pour 5 grammes de soufre dans 200 centimètres cubes de sulfure de carbone ; dans le premier cas (excès de soufre), on est averti de la fin de la réaction par la réapparition de la couleur de l'iode. La composition des cristaux a toujours été conforme à la formule P^4S^5 .

Pour réaliser, à froid, l'union directe du soufre et du phosphore, M. BOULOUCH a exposé longtemps au soleil des mixtes liquides de ces deux corps, mis en tubes scellés ; après l'insolation, les tubes contenaient un mélange de phosphore ordinaire, de phosphore rouge, de soufre et de sulfure de phosphore difficile à isoler et surtout à cristalliser.

D'autre part, M. BOULOUCH a constaté que le phosphore et le soufre, en solution sulfo-carbonique, ne réagissent pas sensiblement, même à la lumière directe du soleil ; mais que l'addition de quelques paillettes d'iode faisait apparaître, au bout d'un jour ou deux, si le soufre était en excès, une abondante cristallisation sur les parois du flacon exposé à la lumière.

Ces cristaux, formés d'aiguilles jaune très clair correspondent au sulfure de SEILER et RAMME, P^3S^6 .

M. BOULOUCH a pu obtenir aussi P^3S^5 .

Pour lui, l'action catalytique de l'iode se rattache au déplacement de l'iode par le soufre dans les iodures et les iodosulfures de phosphore ; il a constaté aisément ce déplacement.

A l'occasion de la communication de M. BOULOUCH, M. E. DERVIN rappelle qu'il a publié une série d'expériences relatives à l'action de la chaleur et de la lumière sur les mélanges de soufre et de sesquisulfure de phosphore en solution dans le sulfure de carbone (1). Il a

(1) *Bulletin de la Société chimique*, t. XLI, 1883, p. 433.

trouvé que ces deux agents physiques agissaient de la même façon et donnaient naissance aux mêmes produits.

Ainsi, la chaleur ou la lumière agissant sur une solution contenant une molécule de P^4S^3 et une demi-molécule de soufre donne à la fois des aiguilles transparentes légèrement jaunâtres de P^2S^4 (sulfure obtenu par SEILER et RAMME qui d'après la densité de vapeur, correspond à P^3S^6) et des cristaux réunis en masses sphériques plus ou moins volumineuses, rappelant une des formes de la pyrite de fer et répondant à la formule P^8S^{11} ou mieux $P^4S^3 \cdot 2P^2S^4$.

M. BOLOUCH obtient un nouveau sulfure P^4S^5 en ajoutant à des solutions de soufre et de P^4S^3 dans le sulfure de carbone des traces d'iode et en s'aidant de la lumière. Malgré la ressemblance physique qui existerait entre P^4S^5 et P^8S^{11} les analyses de M. DERVIN et ses expériences l'obligent à les considérer comme des sulfures différents.

Il a fait en outre quelques observations supplémentaires inédites.

Avec des solutions renfermant 110 gr. de P^4S^3 et de 16 à 32 gr. de soufre, dissous dans 400 centimètres cubes de sulfure de carbone, on obtient un mélange de P^2S^4 et de P^8S^{11} . Quand la proportion de soufre augmente, on n'obtient plus P^8S^{11} , mais seulement P^2S^4 .

La lumière solaire exige un mois ou deux pour que la réaction soit complète tandis qu'une température de 210° produit le même effet en 2 heures.

La chaleur produit nettement P^2S^4 en très belles aiguilles et P^8S^{11} en grosses masses sphériques parfaitement isolées.

La lumière donne des produits bien moins cristallisés : on observe quelques houppes de belles aiguilles de P^2S^4 , ainsi que de petites masses cristallines de P^8S^{11} ; le reste du dépôt, et c'est la partie la plus abondante, est un magma cristallin qui, purifié à basse température, correspond à P^2S^4 .

(*Académie des Sciences*, 8 février 1904.)

Enregistrement au moyen de la photographie, de l'action produite par les rayons N sur une petite étincelle électrique.

Si les rayons N ne produisent pas par eux-mêmes d'action photographique, il est néanmoins possible d'utiliser la photographie pour déceler leur présence et pour étudier leurs actions. On y parvient, comme l'auteur de cette note, M. R. BLONDLOT l'a indiqué dès le 4 mai 1903, en faisant agir pendant un temps déterminé une petite source lumineuse sur une plaque sensible, tandis que cette source est soumise à l'action des rayons N, puis répétant l'expérience pendant le même temps et dans des conditions identiques, à cela près que les rayons N sont supprimés : l'impression produite est notablement plus intense dans le premier cas que dans le second (1).

M. R. BLONDLOT a, depuis, étendu ces expériences à l'enregistrement des actions produites par des rayons N d'origines diverses et l'a perfectionné, comme il l'indique dans la présente note.

(*Académie des Sciences*, 22 février 1904.)

Essai de représentation de la loi du développement photographique en fonction de sa durée.

Nous avons déjà publié les notes présentées à ce sujet par le Dr Adrien GUEBHARD à la Société française de photographie (*Revue des Sciences photographiques*, no 4, page 30, no 2, page 60). Nous publierons sous peu un article du Dr GUEBHARD qui contiendra in extenso cette communication.

(*Académie des Sciences*, 22 février 1904.)

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 1227.

Application de l'étincelle électrique à la chronophotographie des mouvements rapides.

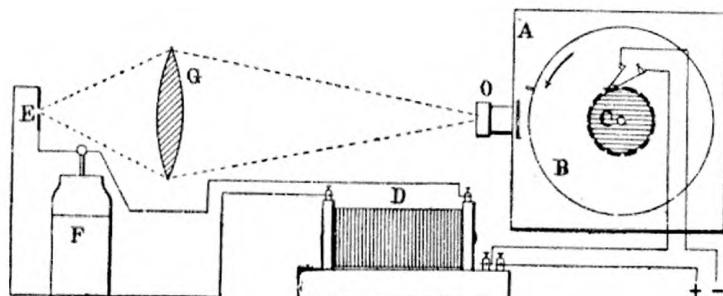
La chronophotographie de mouvements de très courte durée, tels que le battement de l'aile chez l'insecte, exige que l'intervalle de temps qui sépare les prises d'images successives soit extrêmement réduit. Les appareils actuels, où le déplacement de la surface sensible est discontinu comme dans les chronophotographes ou cinématographes à pellicule, ne se prêtent guère à ces études ; les arrêts auxquels la pellicule est soumise limitent la vitesse de translation qu'on peut lui imprimer et, par conséquent, la réduction de l'intervalle de temps qui sépare les images. Ces arrêts sont nécessités par la durée du temps de pose, un déplacement de la surface sensible pendant cette période donnerait du flou ; nous pouvons donc remplacer ce mouvement intermittent par un mouvement continu à condition de réduire le temps de pose à un degré tel que ce déplacement soit assez faible pour ne pas affecter la netteté de l'image.

L'emploi du fond lumineux, tel que nous le fournit la concentration des rayons solaires par un condensateur, permet d'abréger considérablement le temps de pose. M. Marey, en coupant le faisceau lumineux par un disque obturateur percé de fentes étroites et animé d'une grande vitesse de rotation, a obtenu des photographies d'insectes au vol dans $1/25000$ de seconde (1).

Lendenfeld (2) a réduit la pose, par le même procédé, à $1/42000$ de seconde, ce qui lui a permis, le premier, d'employer un mouvement continu pour la dissociation des images et d'atteindre ainsi de grandes fréquences : au moyen de l'oscillation rapide d'un tiroir, il a dissocié sur une plaque fixe des images séparées par des intervalles de $1/2150$ de seconde.

Les séries d'images obtenues par cette méthode ingénierie sont assez courtes et ne se prêtent pas à la synthèse ; elles présentent en outre un certain degré de flou, dû encore à la trop grande durée de la période d'éclairage par rapport à la vitesse de déplacement de l'image.

L'étincelle électrique employée comme source lumineuse permet, en raison de sa faible durée, de réaliser les dissociations les plus rapides, en conservant la parfaite netteté des



images. Mach (3), Boys (4) et d'autres expérimentateurs, ont obtenu, avec l'étincelle produite par la décharge de condensateurs, des photographies isolées de projectiles animés d'une vitesse de plusieurs centaines de mètres à la seconde.

Il nous a suffi, pour obtenir des séries d'images équidistantes, condition nécessaire

(1) Marey, *le Mouvement*, p. 250.

(2) Lendenfeld, *Beitrag. zum Studium des Fluges der Insecten mit Hilfe der Momentphotographie* (*Biologischen Centralblatt*, 1903, Band XXIII).

(3) Mach et Salcher. *Photographische Fexerang der durch Projectile in der Luft eingelegten Vorgänge* (*Sitzungsberichte der Baies. Acad. der Wissensch. Wien*, 1887, Band XCV).

(4) Boys, *les projectiles pris au vol* (*Revue générale des sciences*, 1892, n° 49).

pour pouvoir opérer la synthèse du mouvement analysé, de provoquer les étincelles à des intervalles de temps correspondant à des déplacements égaux d'une pellicule.

La figure montre, d'une façon schématique, le dispositif que nous employons pour assurer ce synchronisme et pour attendre des fréquences considérables.

Dans une boîte A se trouve un cylindre B monté sur un axe horizontal. Sur ce même axe, mais extérieurement à la boîte, est monté un interrupteur rotatif destiné à rompre un certain nombre de fois pendant un tour le circuit primaire d'une bobine d'induction D.

Sur le trajet du courant induit est placé, en dérivation, un condensateur F, et les étincelles en E, entre deux électrodes de magnésium derrière la lentille G : celle-ci concentre les rayons lumineux dans l'objectif O, au foyer duquel tourne le cylindre.

Ce cylindre est entouré d'une pellicule sensible et est animé d'un mouvement de rotation rapide. A chaque tour jaillit en E un nombre d'étincelles correspondant à celui des contacts sur l'interrupteur : il suffit alors de démasquer l'objectif pendant la durée d'un tour, pour obtenir une série d'images régulièrement espacées d'un objet placé entre la lentille G et l'objectif. A cet effet, est disposé derrière ce dernier un obturateur à double volet qui, au moment voulu, est ouvert par le passage d'un taquet dont est muni le bord du cylindre : la fermeture s'effectue automatiquement au tour suivant, au moyen du même taquet.

Avec ce chronophotographe électrique et les courants dont nous disposons à l'Institut Marey, nous avons obtenu des fréquences de 1500 images par seconde.

Lucien BULL,

Académie des sciences, 21 mars 1904.

Sur quelques corps impressionnant la plaque photographique :

M. Edmond van AUBEL dépose sur une plaque de verre de la colophane cassée en petits morceaux et au-dessus une large bande de cuivre rouge mince. Le tout est recouvert d'une plaque photographique enveloppée de papier noir, le côté sensible regardant la colophane.

Le tout est placé dans une boîte en zinc dont la fermeture hermétique empêche complètement l'entrée des rayons lumineux extérieurs. La boîte en zinc est elle-même mise dans une autre boîte étanche à la lumière, par surcroît de précautions.

L'auteur a constaté que, dans ces conditions, deux jours de pose suffisent pour imprimer la plaque ; les résultats obtenus sont identiques à ceux qu'on obtiendrait avec des radiations ; ces radiations traversent le papier noir mais sont arrêtées par la lame de cuivre.

On obtient les mêmes résultats, mais à des degrés différents avec l'acide abcétique, la résine copal, la résine mastic.

M. Van AUBEL fait remarquer la parenté des substances étudiées jusqu'ici avec les terpènes (1).

L'auteur se propose d'examiner si ces substances modifient la conductibilité électrique du sélénium (voir sa note à l'Académie des sciences du 14 avril 1903 analysée dans la *Revue des Sciences photographiques*, n° 2, page 58).

M. Van AUBEL a aussi réalisé l'expérience suivante :

« Dans une petite cuvette en porcelaine, on verse une solution presque saturée de phénol dans l'alcool absolu et à une distance de 1 cm. environ du niveau du liquide, on place une croix formée de deux bandes de cuivre rouge disposées dans un plan parallèle à celui de la surface liquide. Sur cette croix repose une plaque photographique bien enveloppée dans du

(1) Voir : BEILSTEIN, *Handbuch der organischen Chemie*, 3^e édition, 1897, vol. III, p. 534, 560 et 562 et W. J. RUSSEL, dans *Proceedings of the Royal Society*, London, vol. LXIV, 1899, p. 412. Ce dernier travail est analysé dans l'ouvrage : G. H. NIEWENGLOWSKI, *Le Radium*.

papier noir, avec la couche sensible tournée vers la cuvette. Tout le système est placé dans la plus grande obscurité, à l'intérieur d'une caisse convenable. Au bout de vingt-quatre heures, on constate que la plaque photographique est impressionnée et que les bandes de cuivre se sont comportées comme un corps opaque pour les radiations émises par la solution phéniquée. Il convient de faire remarquer que le phénol agité avec de l'eau en présence de l'air, peut donner de l'eau oxygénée sous l'influence de la lumière solaire (1). »

Ces expériences ont des analogies avec les expériences faites par RUSSEL sur l'eau oxygénée et l'essence de térbenthine.

(*Académie des Sciences*, séance du 14 avril 1904.)

Sur la parallaxe du soleil :

Dans cette communication, M. BOUQUET DE LA GRYE indique les méthodes qu'il a employées pour tirer parti des données recueillies par les membres des missions françaises, du passage de Vénus de 1882, et en particulier pour mesurer les clichés obtenus dans diverses stations.

(*Académie des Sciences*, 6 juin 1904.)

Sur la photographie des diverses couches superposées, qui composent l'atmosphère solaire :

En temps ordinaire, l'atmosphère solaire est invisible avec l'œil ou la simple lunette. Grâce à de récentes découvertes, on a pu dévoiler peu à peu la portion de l'atmosphère qui est pour nous extérieure au bord solaire, la portion plus étendue qui se projette à l'intérieur du disque, et, aussi les couches distinctes superposées qui la composent, à partir de la surface, à savoir : la couche renversante, productrice des raies noires du spectre, très mince et brillante ; la chromosphère rouge, plus épaisse, plus riche en gaz légers, et enfin la couronne, très élevée, et constituée surtout par des particules.

C'est en 1892 que la photographie permit d'aborder l'étude de l'atmosphère entière. Tout récemment un progrès sérieux a été réalisé par HALE et TILLERMAN, qui ont appliqué à ces recherches la grande lunette de l'observatoire d'Yerkes (Chicago), la plus grande actuellement en service (1 mètre 05 d'ouverture).

M. H. DESLANDRES, dans sa communication présente quelques remarques sur les travaux des astronomes américains qui ont publié de fort belles reproductions des images obtenues et donne son opinion sur les recherches nouvelles à poursuivre.

(*Académie des Sciences*, 6 juin 1904.)

Méthode pour l'enregistrement continu de l'état d'ionisation des gaz. Ionographe.

M. CH. NORDMANN décrit une méthode qui réalise, en quelque sorte, automatiquement les mesures, et se prête à la fois à l'enregistrement photographique et continu, et à des lectures directes et immédiates, à un moment quelconque, et sans l'intervention d'aucun mode opératoire, l'appareil une fois réglé, pour lequel il propose le nom d'*ionographe*.

(*Académie des Sciences*, 6 juin 1904.)

(1) H. MOISSAN, *Traité de chimie minérale*, tome I, 1904, p. 266. WURTZ (*Dictionnaire de chimie*, 1^{er} supplément, page 4167), article *Phénol* : « Le phénol s'oxyde lentement à l'air, il paraît alors reformer de la phenoquinone. »

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Stabilité des sulfites et bisulfites alcalins :

M. R. NAMIAS n'a pu trouver dans le commerce de sulfites pratiquement purs. Il a employé la méthode iodométrique pour titrer divers sulfites commerciaux de provenances différentes. L'impureté la plus fréquemment trouvée a été le sulfate. Parfois il a constaté la présence d'un peu de carbonate, surtout dans les sulfites préparés en saturant le carbonate par un courant de gaz sulfureux.

Les échantillons les plus purs qu'il ait rencontrés titraient 90 0/0; mais la plupart ne titraient que 60 à 70 0/0; quelques-uns, rares il est vrai, n'étaient qu'à 30 ou 40 0/0.

Il résultait de ses expériences que le sulfite cristallisé se conserve mieux à l'air que le sulfite anhydre; la conservation serait meilleure en chassant l'air des bocaux contenant le sulfite pour le remplacer par du gaz d'éclairage.

Ayant constaté que le métabisulfite de potassium se conserve beaucoup mieux (il a pu en garder deux ans, sans constater d'altération appréciable) il conseille de substituer ce corps au sulfite neutre : on remplace 1 gr. de sulfite cristallisé par 0 gr. 4 de métabisulfite de potassium cristallisé qu'on neutralise pour le ramener à l'état de sulfite neutre; pour cela, on ajoute environ 3 gr. 5 de soude ou 5 gr. de potasse pour 10 gr. de métabisulfite.

Nous avons publié (*Revue des sciences photographiques*, n° 2, page 42 et n° 3, page 70 et page 76) les études, sur le même sujet de MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ dont les conclusions sont différentes de celles de M. NAMIAS.

(*Revue suisse de photographie*, décembre 1903, p. 513)

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

PHOTOHYDROGRAPHIE



APPLICATION DE LA PHOTOGRAMMÉTRIE A L'HYDROGRAPHIE

Le premier numéro de la *Revue des Sciences photographiques* a débuté par un article du commandant LEGROS sur l'utilisation de l'appareil photogrammétrique comme instrument focimétrique. J'y veux voir la preuve que la photogrammétrie, l'art de prendre des mesures à l'aide de la photographie, est considérée comme l'une des applications les plus belles et les plus utiles parmi les innombrables auxquelles l'invention de Niepce et de Daguerre a donné le jour.

Qu'il s'agisse de mesures relatives à des monuments, à des travaux d'art, à des fortifications, à des levés topographiques, la photographie présente sur les diverses méthodes encore en usage d'incontestables avantages. Ces avantages résident dans l'*enregistrement automatique des mesures*; d'où suppression des erreurs de visée ou de lecture dues à l'observateur. Si dans la suite il se glisse une erreur dans les constructions ou les calculs exécutés sur les épreuves photographiques, il suffira de se reporter à ces épreuves pour retrouver l'erreur.

Tous ces avantages ont été appréciés à leur juste valeur dans différents pays, notamment en Allemagne, en Autriche, au Canada; en France les essais ont été plus timides et plus isolés.

J'ai tenté l'application de la méthode photographique à l'*hydrographie ou levé des cartes marines*, et dès le début j'ai été frappé des avantages nouveaux qui se rencontrent dans le tracé des côtes et des îles, avantages qu'on ne retrouve pas dans la topographie à l'intérieur des terres. J'ai essayé de préciser ces avantages et les simplifications qui en résultent dans le matériel et les opérations à terre dans deux communications faites à la Société française de photographie, l'une à sa séance du 6 février 1903 (1), l'autre le 3 juin 1904.

La Marine et l'Hydrographie auraient tort de dédaigner un procédé dont la priorité leur revient en partie. Car le colonel LAUSSEDAUT lui-même, le créateur de la métrophotographie, attribue au célèbre ingénieur hydrographe BEAUTEMPS-BEAUPRÉ l'idée première de l'usage des perspectives (2).

Avant d'aller plus loin, déclarons une fois pour toutes que l'appareil photographique ne saurait être un instrument universel pour effectuer toutes les opérations hydrographiques. Il est de toute évidence qu'il ne peut servir aux sondages. De plus, sauf dans le cas des levés expéditions, la triangulation principale devra être établie avec le plus grand soin à l'aide du théodolite. Ce n'est qu'une fois la triang-

(1) V. le *Bulletin de la Société française de photographie* du 15 avril 1903, ou *Photo-Revue* du 24 mai 1903 et *Bulletin de la Société française de photographie* du 1^{er} août 1904.

(2) Colonel LAUSSEDAUT : *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques*, t. II, p. 14 et suivantes.

lation achevée qu'on exécutera le levé du terrain compris entre les stations et le tracé de la ligne de côté au moyen de la photographie. Pour toute cette seconde partie du travail, l'appareil photographique se substituera aux procédés usuels avec les mêmes avantages qu'il réalise dans la topographie ordinaire et, ainsi que nous l'avons dit plus haut, son emploi en hydrographie entraîne des simplifications nouvelles que nous allons exposer.

1^o Emploi possible d'appareils à main (déTECTives, foldings, jumelles, etc.) parce que l'image de l'horizon de la mer figure le plus souvent dans les clichés. Dans la phototopographie, il est nécessaire d'amener l'axe optique de l'objectif à être rigoureusement horizontal. Cette condition a pour but de déterminer sur les photographies la ligne d'horizon à laquelle on rapporte les mesures. Mais dans les travaux hydrographiques, la ligne d'horizon étant toute tracée sur les clichés par l'image de l'horizon de la mer, il n'est plus nécessaire que l'appareil soit tenu horizontal et l'on peut se servir d'une chambre à main. Cette question des appareils à main est fort attrayante; on transforme ainsi le levé topographique d'une côte en une simple excursion photographique. Nous la laisserons de côté pour le moment, avec l'intention d'y revenir et de la développer dans un article ultérieur.

2^o Une seule photographie prise d'un point élevé suffit pour tracer le contour de la côte embrassée dans la vue. On sait en effet qu'il est facile d'après une seule perspective de reconstituer les positions de tous les points situés dans le géométral ou *plan de terre*. Or ce géométral n'existe que dans les vues de monuments, d'édifices réguliers, où il est constitué par le sol même du bâtiment qui est un plan horizontal. En topographie on ne le rencontre qu'en pays de plaines, où l'appareil photographique perd une grande partie de sa valeur par suite de la difficulté de se placer en un lieu élevé d'où l'on puisse embrasser une grande étendue de terrain et un nombre considérable de points ne se masquant pas les uns les autres. Dans les terrains accidentés, ce qui est le cas le plus général, il disparaît. Dans l'hydrographie, au contraire, on retrouve dans la surface même de la mer un remarquable *plan de terre*, et il est aisément de reconstituer le plan d'un littoral, les contours d'îles, les positions de récifs, de rochers qui émergent, les limites de bancs de sable, etc., à l'aide d'une seule perspective photographique.

M. le Dr Gustave LE BOY a indiqué il y a longtemps (1) le procédé des mires ou des mètres placés verticalement dans le paysage, leur base touchant le plan de terre.

Une seule mire posée en un point quelconque suffit pour reconstituer le plan de tous les points du géométral à l'échelle choisie. Le Dr G. LE BOY, quand il fit connaître cette solution ingénieuse, avait surtout en vue la reproduction de monuments, où tous les objets se trouvent dans des plans de front rapprochés. L'application à la topographie conduirait à des mires de hauteur invraisemblable pour les plans éloignés. L'erreur probable sur la distance calculée est en effet proportionnelle au *carré* de la distance et inversement proportionnelle à la hauteur de la mire.

Mais, si au lieu de placer une base verticale du côté des objets photographiés, on la choisit à l'endroit même où repose l'appareil, les formules restent identiques et l'approximation demeure la même pour une même hauteur de base. Or si l'on suppose l'observateur sur un lieu élevé, on peut prendre comme base verticale la hauteur de

(1) Dr Gustave LE BOY : *Les levés photographiques et la photographie en voyage*, 2 vol. Gauthier-Villars, édit., 1889.

l'objectif au-dessus du niveau de la mer, hauteur qui peut être de plusieurs centaines de mètres, d'une grandeur autrement considérable que toutes les mires que l'on pourrait fabriquer.

C'est là en somme une adaptation photographique de la méthode des dépressions de l'Amiral MOUCHEZ et c'est pourquoi je lui ai donné le nom de *Méthode photographique des dépressions*.

Méthode photographique des dépressions. — L'opérateur monté sur une hauteur, à l'élévation H au-dessus du niveau de la mer, a photographié une portion du littoral ou un groupement d'îlots, etc.

Je suppose que l'appareil était rigoureusement horizontal, la glace dépolie étant dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe optique de l'objectif. Sur la photographie on trace la ligne d'horizon HH , on marque la projection O' du centre optique ou *point principal* et l'on mène la *ligne principale* $O'Y$ perpendiculaire à HH (fig. 1).

L'image de l'horizon de la mer hh est au-dessous de la ligne HH et l'écart entre ces deux lignes est d'autant plus fort que la station est plus élevée au-dessus de la mer. On passe aisément de la première à la seconde, ainsi qu'on le verra plus loin.

On peut restituer le contour de la baie représentée dans la figure, marquer les positions des rochers qui émergent, etc., par la solution graphique indiquée par le colonel LAUSSEDA (1). J'estime le calcul préférable; il donne beaucoup plus de précision, tout en n'étant pas sensiblement plus long que la construction graphique.

On prend comme axes de coordonnées rectangulaires la ligne d'horizon HH et la ligne principale $O'Y$, le point O' étant l'origine. Tout point a de la photographie est rapporté à ces axes et défini par ses coordonnées x et y . Ces deux éléments mesurés avec soin sur la photographie suffisent pour résoudre tous les problèmes de métrophotographie, en y adjoignant bien entendu les constantes de l'appareil et du cliché. Il en est de même dans le cas des appareils à main inclinés, quoique les formules soient un peu plus compliquées; nous le verrons dans une étude subséquente.

Soit donc A un point du trait de côte ayant pour image a (x, y). Pour placer ce point sur la carte, voici la dernière méthode à laquelle je me suis arrêté. Sur la carte on trace la direction $O O'$ de l'axe optique (l'orientation de cet axe s'obtient en relevant sur le terrain l'angle que fait un point quelconque figurant sur la photographie avec un signal ou un point déjà placé). Le point A est à son tour défini sur le plan par ses deux coordonnées X et Y , l'axe des Y étant OO' et l'axe des X une perpendiculaire à OO' menée par O (fig. 2).

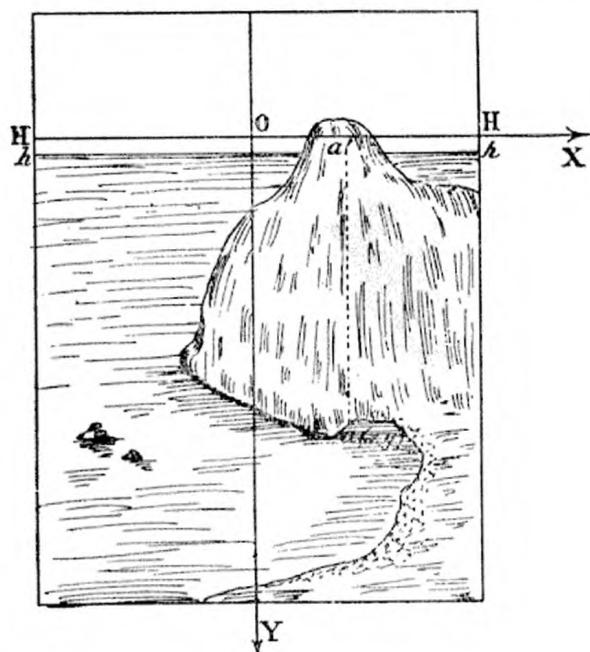


Fig. 1.

(1) Colonel LAUSSEDA, ouvrage cité, p. 66 et suiv. : *Des cas où l'on peut recourir à des vues isolées*.

Ceci posé, on voit aisément que l'observateur étant à la hauteur H au-dessus du niveau de la mer, son plan d'horizon dont la trace sur la photographie est HH' (fig. 1) est à la même hauteur et $aa'=y$ est la réduction, à la distance inconnue Y où se trouve le point A , de la hauteur H sur la photographie. On a donc :

$$Y = H \frac{f}{y}$$

f étant la distance focale principale.

D'autre part la figure 2 montre que l'on a :

$$\frac{X}{Y} = \frac{x}{f}$$

d'où, en remplaçant Y par la valeur trouvée plus haut :

$$X = H \frac{x}{y}$$

et l'on a affaire aux formules excessivement simples :

$$X = H \frac{x}{y} (1)$$

$$Y = H \frac{f}{y} (2)$$

Une règle ou un cercle à calcul résolvent immédiatement ces proportions. Le point A est alors porté sur la carte au moyen de X et de Y pris à l'échelle. En relevant sur la photographie un nombre suffisant de points du littoral et en joignant par un trait continu ces points reportés sur le plan, on a le tracé du contour de la baie sur la carte.

Il sera préférable de prendre deux photographies au moment des étales de flot et de jusant et autant que possible aux marées de syzygies pour avoir la laisse de pleine mer et la laisse de basse mer.

Je donne ci-contre, à titre d'exemple, une photographie représentant une partie de la baie des Cocotiers, au cap Saint-Jacques (Cochinchine); j'ai exécuté le tracé de la ligne de séparation de la mer et de la plage à l'échelle de $\frac{1}{20.000}$ (voir la planche).

Cette photographie fait partie de la série qui m'a servi à exécuter le plan de mouillage de la baie des Cocotiers, en avril 1903, avec l'aide des officiers du « BENGALI », au moyen de la métrophotographie. Un triangle unique a été établi avec grand soin à l'aide du théodolite et rattaché à une base mesurée sur la plage. Des trois sommets du triangle on a pris des photographies qui ont servi tantôt par la méthode des intersections du colonel LAUSSEDAUT, tantôt par le procédé que je viens d'indiquer, à tracer entièrement le plan à l'échelle $\frac{1}{40.000}$.

Stations à la mer. — On peut appliquer du bord la méthode des intersections graphiques du colonel LAUSSEDAUT, grâce à la photographie instantanée. On prend

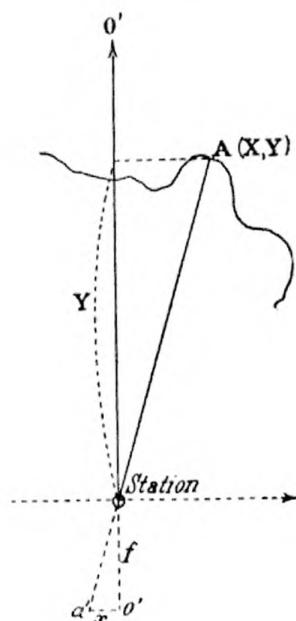
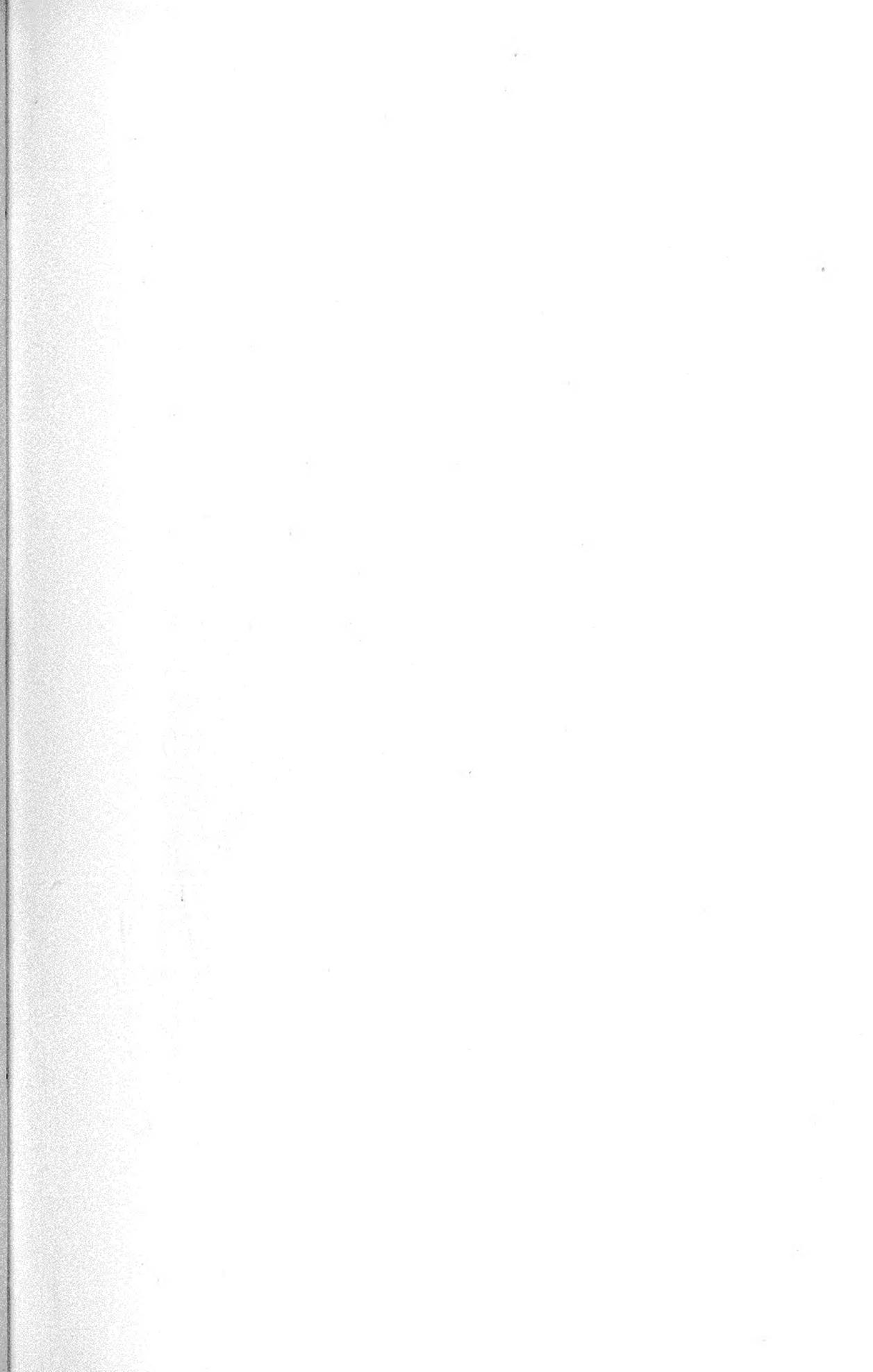
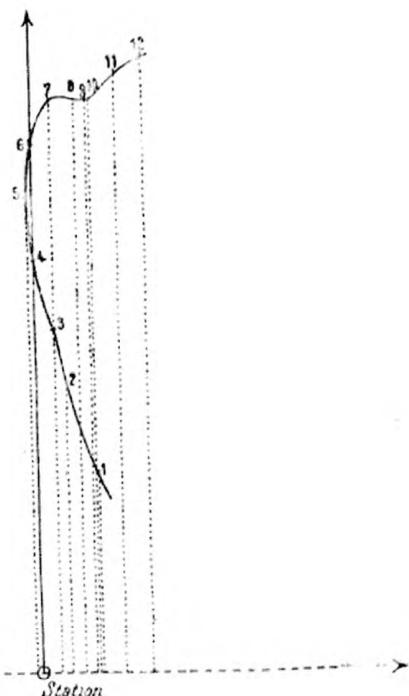


Fig. 2.



SUPPLÉMENT A LA REVUE DES SCIENCES PHOTOGRAPHIQUES.



H. 177^m. — F. 222^{mm}5.

ÉCHELLE : $\frac{1}{20,000}$

N ^o des Points	x	y	X	Y	N ^o des Points	x	y	X	Y
1	+ 56 ^{mm} 2	68 ^{mm} 1	+ 146 ^m	578 ^m	7	+ 7 ^{mm} 0	27 ^{mm} 9	+ 44 ^m 4	1411 ^m
2	+ 28 7	65 1	+ 72 7	702	8	+ 16 0	26 4	+ 107	1416
3	+ 11 9	47 1	+ 44 7	840	9	+ 20 2	26 4	+ 135	1416
4	0	38 8	0	1036	10	+ 21 1	26 4	+ 141	1416
5	- 2 0	34 0	- 10 4	1158	11	+ 31 1	26 6	+ 207	1480
6	0	30 8	0	1278	12	+ 40 8	26 0	+ 278	1515

AOUT 1904.



CAP SAINT-JACQUES (Cochinchine)

BAIE DES COCOTIERS



deux clichés de la même portion de la côte en deux positions successives du bâtiment séparées par une distance convenable.

On enregistre ainsi un nombre considérable d'angles ayant pour origine le même point mathématique, à savoir la position du point nodal d'incidence de l'objectif, et il est inutile de stopper le navire. Avantage précieux de la méthode photographique ; quand on relève les angles au sextant ou au cercle hydrographique, il est nécessaire non seulement de stopper, mais de mouiller et même d'affourcher le bâtiment, à moins qu'on ne se borne à une approximation grossière.

Si dans chaque cliché figurent au moins 3 points connus déjà placés et suffisamment espacés comme écart angulaire, on mesure sur la photographie les angles qu'ils sous-tendent deux à deux et l'on place la station sur la carte au moyen de segments capables.

Si ces points font défaut sur la partie photographiée, deux observateurs prendront au cercle ou au sextant les angles entre les trois points placés au moment où l'on déclenche l'obturateur.

La photographie a surtout le mérite de fournir presque autant de détails topographiques que l'on en désire. On devra toujours l'utiliser pour des levés détaillés ; c'est gâter le procédé de s'en servir pour exécuter uniquement des cartes à très petite échelle.

Quand une côte est longue, régulière, uniforme, sans détails topographiques remarquables à l'intérieur, il est inutile d'avoir recours à la photographie. Sur la côte d'Annam j'avais pris en deux stations 6 clichés de la grande plage uniforme de Djiaï, au sud de Nha-Trang (non appareil n'avait qu'un champ de 42°). Ces photographies ne m'ont été d'aucune utilité. Quelques angles au cercle ont suffi pour le tracé de cette plage uniforme, au contour régulier.

Les stations à la mer devront être faites autant que possible par temps calme et l'on pourra monter l'appareil sur pied, quoique cela ne soit pas nécessaire. Il faudra munir la chambre noire d'un excellent viseur, car le niveau ne donnera plus que des indications aléatoires ; on déclenche l'obturateur au moment où le centre du viseur, — qui devra correspondre exactement au centre du verre dépoli (1), — passe approximativement par l'horizon de la mer ou par le pied de la côte. De cette façon on pourra considérer les photographies comme des perspectives sur un tableau vertical et les traiter comme telles.

Dans les débuts on pourra avoir quelques difficultés à identifier sur deux photographies certains points comme arêtes de rochers, sommets d'arbres, etc., lorsqu'il y a un grand nombre d'images pareilles. Il sera bon d'employer une loupe grossissante qui donnera en même temps une sensation de relief permettant de mieux dégager les points les uns des autres et de les reconnaître d'après leurs positions relatives. Le Dr G. HAUCK a imaginé une méthode de vérification des points identifiés sur deux photographies, qu'on pourra consulter dans l'ouvrage du colonel LAUSSEDAT (2). Je l'ai utilisée pour tracer sur une photographie un lieu géométrique où doit se trouver l'homologue d'un point relevé sur la photographie prise à l'autre extrémité de la base.

(1) Sur le choix et le réglage des viseurs consulter les articles que j'ai publiés dans la *Photorevue* (7 et 14 octobre 1900, 3 et 10 février 1901, 19 avril et 3 mai 1903).

(2) *Recherches* du colonel LAUSSEDAT, tome II, 2^e partie, p. 50 et suivantes.

Pour les stations à la mer il y aura intérêt à se servir d'appareils panoramiques, embrassant un champ horizontal très étendu, pour n'avoir à prendre qu'une seule photographie à chaque station et éviter le stoppage du bâtiment. Quand le champ angulaire dépasse 90° , il devient impossible de recevoir l'image sur une surface plane. Les chambres panoramiques qui arrivent à embrasser un angle de 140° ont leur surface sensible formée d'une pellicule enroulée suivant un cylindre. Le rayon de ce cylindre est égal à la distance focale. L'inconvénient de ce système est de ne pas se prêter à l'application directe de la méthode graphique des intersections. Il faut calculer les angles azimutaux pour tracer les directions qui par leur intersection donnent la position des points sur le plan. Ces angles sont donnés en minutes de degré par la formule

$$\alpha = \frac{O'a'}{f \sin A'} \quad (3)$$

$O'a'$ est la distance d'un point a' de la ligne d'horizon pris pour origine à la projection de l'image sur cette ligne d'horizon ; A' est mesuré sur la photographie développée sur un plan.

(A suivre.)

A. LE MÉE,
Enseigne de vaisseau.

SUR LA CONSTITUTION DES SUBSTANCES RÉDUCTRICES

Susceptibles de développer l'image latente sans être additionnées d'alcali

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ

La propriété que possèdent certaines substances réductrices de permettre le développement de l'image latente en l'absence d'alcali, simplement en présence de sulfite de soude, n'a encore été observée que dans un petit nombre de cas; aussi la relation existant entre cette propriété et la constitution des corps qui la possèdent n'a-t-elle pu être exprimée jusqu'ici d'une façon suffisamment précise.

Dans une première étude (1), publiée il y a environ dix ans, nous avions cru primitivement pouvoir conclure que les seuls corps susceptibles de révéler sans alcali étaient ceux renfermant deux fois la fonction révélatrice. Nous avons reconnu depuis que certaines substances ne renfermant qu'une fois cette fonction peuvent jouir également de la même propriété. Dans la présente étude, nous nous sommes proposés de compléter nos premiers résultats en recherchant d'une part quelles sont les substances pouvant développer en simple solution dans le sulfite de soude, et en examinant d'autre part les conditions que remplit dans ce cas la fonction développatrice.

Nous avons d'abord expérimenté les substances ne renfermant qu'une seule fois la fonction développatrice. On sait que cette fonction dépend de la présence dans un même noyau aromatique de deux groupes oxhydriles (deux groupes amidogènes ou un groupe oxhydrile et un amidogène), substitués soit en para, soit en ortho (2).

Lorsque la fonction développatrice ne renferme que des oxhydriles, le réducteur ne paraît pouvoir fonctionner qu'en présence des alcalis. Tel est le cas de l'*hydroquinone* et de la *pyrocatechine*. Il n'en est pas de même des corps dont la fonction développatrice renferme un seul ou deux groupes amidogènes.

Ainsi le *paramidophénol*,

l'*orthoamidophénol*,

la *paraphénylène diamine*,

l'*orthophénylène diamine*,

l'*ortoluyène diamine*,

peuvent développer l'image latente, s'ils sont dissous dans l'eau additionnée de sulfite de soude.

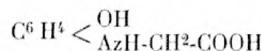
Si le ou les groupes amidogènes sont substitués par des résidus alkylés, la propriété paraît subsister.

(1) A. et L. LUMIÈRE, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893.

(2) A. LUMIÈRE, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892; — ANDRESEN, *Photographische Correspondenz*, 1892.

Ainsi le *méthylparamidophénol* (*métol*),
la *diméthylparaphénylénediamine*
peuvent développer sans addition d'alcali.

Par contre, l'énergie révélatrice est considérablement atténuée, si le groupe amidogène est substitué par un résidu acide comme dans la *glycine* (oxyphénylglycine).

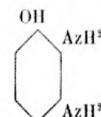


Lorsque les composés réducteurs renferment deux fois la fonction développatrice et que cette fonction est formée exclusivement par des oxhydriles phénoliques, on constate que ces substances peuvent révéler l'image latente sans être additionnées d'alcali, mais l'image apparaît beaucoup trop lentement pour que ce mode de développement puisse être utilisé pratiquement.

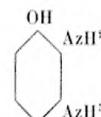
Tel est le cas de l'*acide pyrogallique* et de l'*oxyhydroquinone*. Ces substances en solution dans le sulfite de soude ont un pouvoir révélateur beaucoup plus faible que les composés renfermant une seule fois la fonction développatrice, mais avec un groupe amidogène. S'il y a des groupes amidogènes substitués en même temps que les oxhydriles dans un composé réducteur possédant deux fois la fonction révélatrice, la propriété de développer apparaît avec une activité notablement plus grande que s'il n'y a qu'une seule fonction développatrice.

A cette classe de corps appartiennent :

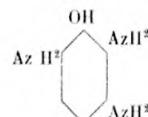
Le diamidorésorcine
(ortho-para)



Le diamidophénol
(ortho-para)



Le triamidophénol
(provenant de la réduction de l'acide picrique)



Ces composés sont utilisés à l'état de chlorhydrates, mais dès qu'ils sont en présence du sulfite de soude, la base est mise en liberté avec formation de chlorure et de bisulfite de sodium. C'est donc bien la base qui agit, comme dans le cas des révélateurs ne renfermant qu'une fois la fonction développatrice. Leur pouvoir réducteur est suffisamment énergique pour qu'ils puissent être utilisés pratiquement en solution dans l'eau additionnée de sulfite alcalin. L'augmentation du nombre de groupes amidogènes dans un même noyau paraît exalter la propriété de développer sans alcali. Ainsi le triamidophénol (provenant de la réduction de l'acide picrique) a un pouvoir réducteur plus énergique que le diamidophénol. Ses propriétés développatrices ne peuvent pourtant pas être utilisées pratiquement, parce que le produit

d'oxydation qui prend naissance pendant le développement tend à produire une réaction inverse de celle du développement.

Nous avons trouvé que non seulement les substances renfermant deux fois la fonction développatrice avec des groupes amidogènes, mais encore d'autres composés peuvent être pratiquement utilisés pour développer l'image latente sans addition d'alcali.

Ce sont les combinaisons des révélateurs à fonction acide avec les révélateurs à fonction basique, dont la *métoquinone* (combinaison de méthylparamidophénol et d'hydroquinone) est l'un des représentants.

Nous avons recherché quelles conditions doivent remplir les deux termes de la combinaison pour que celle-ci possède la propriété de développer pratiquement sans alcali.

Les divers cas qui peuvent se présenter sont les suivants :

1^e Combinaison d'un révélateur à fonction phénolique avec une substance basique ou développatrice ;

2^e Combinaison d'un révélateur à fonction amine avec une substance à fonction phénolique non développatrice ;

3^e Combinaison d'un révélateur à fonction phénolique avec un révélateur à fonction amine.

Dans la 1^e classe de substances, nous avons expérimenté les combinaisons de l'hydroquinone avec différentes bases aromatiques, notamment l'aniline, la toluidine, la quinoléine, et constaté qu'aucune de ces combinaisons ne peut développer pratiquement sans alcali.

Si on remplace dans ces combinaisons l'hydroquinone par d'autres révélateurs phénoliques tels que la pyrocatechine, l'acide pyrogallique, renfermant une fois ou deux fois la fonction développatrice, les produits obtenus ne fonctionnent pas en simple solution dans le sulfite de soude.

Dans la 2^e classe de substances, nous avons examiné comment se comportent une série de combinaisons entre la paraphénylène diamine et divers composés phénoliques non développateurs tels que le phénol, la résorcine, l'orcine, combinaisons dont nous avons indiqué antérieurement la préparation (1).

Toutes ces substances développent lentement l'image latente en l'absence d'alcali, mais cette propriété ne peut être utilisée pratiquement.

Enfin toutes les combinaisons de la 3^e classe, c'est-à-dire celles d'un révélateur à fonction phénolique avec un révélateur à fonction amine, que nous avons expérimentées, fonctionnent sans alcali et lorsqu'elles sont suffisamment solubles dans les solutions de sulfite alcalin, elles peuvent être ainsi utilisées pratiquement.

Dans ce nombre sont toutes les combinaisons de la paraphénylène diamine avec l'hydroquinone (hydramine) et avec la pyrocatechine, mais leur faible solubilité dans les solutions de sulfite alcalin empêche leur utilisation pratique. On ne peut, en effet, préparer avec ces substances que des solutions très diluées d'un faible pouvoir développateur.

La combinaison de méthylparamidophénol et d'hydroquinone (métoquinone), plus soluble que les précédentes, permet de constituer un révélateur d'un pouvoir réducteur énergique, par simple dissolution dans l'eau additionnée de sulfite alcalin.

(1) *Bulletin de la Société française de photographie*, 1899, page 31.

Le pouvoir réducteur de ces révélateurs paraît plus faible que celui des substances renfermant deux fois la fonction développatrice comme le diamidophénol. Par contre on peut augmenter leur énergie développatrice par l'addition d'alcalis carbonatés, même caustiques, et utiliser pratiquement cette propriété, ce qui n'est pas le cas des révélateurs d'une constitution analogue à celle du diamidophénol.

CONCLUSIONS

L'étude précédente permet de tirer les conclusions suivantes :

1^o Pour qu'une substance puisse révéler l'image latente sans addition d'alcali en présence de sulfite alcalin, il suffit qu'elle renferme une seule fonction développatrice dont un des groupes soit un amidogène. Celui-ci peut être substitué ou non pourvu que la substitution ne détruise pas le caractère basique de l'amidogène.

Il faut, en outre, que la substance soit suffisamment soluble dans le sulfite alcalin.

2^o Si la substance ne renferme qu'une fois la fonction développatrice ou bien si elle renferme deux fois cette fonction, mais sans groupe amidogène, la propriété de révéler sans alcali est trop faible surtout dans ce dernier cas pour être utilisée pratiquement.

3^o Le pouvoir réducteur se trouve considérablement renforcé dans le cas où il y a deux fois la fonction développatrice si celle-ci renferme deux groupes amidogènes. Le révélateur peut alors être utilisé pratiquement sans alcali.

4^o Le pouvoir réducteur se trouve également augmenté quoique plus faiblement que dans le cas précédent, si la ou les fonctions basiques du révélateur sont salifiées par les oxhydriles d'un composé phénolique possédant lui-même des propriétés développatrices. Le révélateur est alors également utilisable pratiquement sans addition d'alcali.

5^o La salification des fonctions basiques d'un révélateur par les oxhydriles d'un composé phénolique ne possédant pas de propriétés développatrices, ou bien la salification des oxhydriles d'un révélateur à fonction phénolique par une amine aromatique ne renfermant pas de fonction révélatrice ne fournissent dans aucun cas des composés pouvant développer pratiquement sans addition d'alcali.

LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

DEUXIÈME PARTIE. — LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE EN OPTIQUE MICROSCOPIQUE

CHAPITRE PREMIER

LES RELATIONS DE LA MICROBIOLOGIE ET DE LA TECHNOLOGIE MILITAIRE

Si tout le monde trouve aujourd’hui tout naturel qu’un troupier s’intéresse aux choses de la topographie, et, par suite, à la photogrammétrie avec toutes ses conséquences et dépendances ; on est beaucoup moins généralement porté à admettre qu’il puisse exister une connexion quelconque entre la technologie militaire et la microscopie : nous avions rêvé d’en établir une.

Dans notre enfance, nous avions été vivement impressionné par le récit du désastre des colonnes décimées par le choléra dans les marécages de la DOBRUTCHA. Vers la même époque nous passaient sous les yeux des résumés plus ou moins fidèles des travaux de RASPAIL, d’où il semblait résulter que toute maladie infectieuse a pour origine une invasion d’êtres organisés visibles au microscope. Pour le choléra, la chose était bien simple : il s’agissait, selon toute apparence, d’un *acarus*. Il ne restait plus, pour dépister complètement l’animal, qu’à faire plus ample connaissance avec ses mœurs et avec ses gîtes de prédilection. Grâce à l’expérience acquise, on pouvait espérer que les recherches qu’il restait encore à effectuer seraient moins laborieuses et moins fécondes en déceptions que ne l’avaient été celles dont venait de se dégager définitivement l’histoire de l’acarus de la gale.

Du rapprochement de ces idées à la conclusion que le microscope devait désormais faire partie intégrante de l’outillage technique de l’officier d’état-major chargé d’éclairer la marche des armées de l’avenir, il n’y avait qu’un pas : nous l’avions franchi. Aussi nos premières économies de sous-lieutenant passèrent-elles pour une bonne part dans l’acquisition non point du château de la DAME BLANCHE, mais d’un microscope. C’était un instrument d’un modèle bien élémentaire, mais susceptible de recevoir petit à petit tous les développements désirables. Malheureusement, avant qu’il fût parvenu à son plein épanouissement, la science avait marché dans un sens tel qu’il semblait acquis que la recherche des microorganismes causes des maladies infectieuses constituait dans la généralité des cas un genre d’investigations qu’il serait malaisé de poursuivre à cheval. La stratégie microbienne s’était ainsi trouvée étouffée dans l’oeuf ; et le microscope avait été à peu près délaissé.

Il était cependant prématuré de condamner par trop absolument la conception qui nous avait inspiré. Les études les plus récentes sur la *Malaria* nous ont révélé, pour l’une au moins des affections infectieuses avec lesquelles ont eu maintes fois lourdement à compter les armées en campagne, une cause originelle microbienne, dont il n’est aucunement impossible ni indifférent, même au point de vue de la pratique militaire la plus positive, de déceler la présence, et, en nombre de cas, de combattre

l'action. Dores et déjà il serait permis de taxer de grossière impéritie le général qui aurait de ce chef encouru un désastre pour n'avoir pas su comprendre l'avertissement résultant de la présence de différentes variétés de moustiques, et pour avoir négligé, le cas échéant, les mesures, parfois de la plus grande simplicité, à l'aide desquelles la menace peut être conjurée.

Tout abominables que sont au point de vue de l'Humanité les expériences des médecins américains à Cuba, et si piètement qu'elles aient pu être conduites sous le rapport de la technique scientifique, on ne peut leur dénier le mérite d'avoir éveillé l'attention sur la possibilité de l'intervention dans la transmission de la *Fièvre Jaune* de moustiques d'espèces très rapprochées de celles qui jouent le rôle le plus actif dans la diffusion de la Malaria. Que ces insectes soient encore ici des intermédiaires spécifiquement indispensables à l'accomplissement du cycle de l'évolution du germe infectieux, ou qu'ils n'en soient que le véhicule accidentel et banal, en concurrence avec un plus ou moins grand nombre d'autres, ce n'est assurément pas là question d'état-major. Nous n'avons pas à prendre position dans le débat engagé entre les médecins susmentionnés et le professeur SANARELLI. Il suffit qu'il y ait présomption grave que ces moustiques interviennent dans une proportion notable dans la propagation du fléau, pour qu'il en résulte l'obligation de prendre contre leurs atteintes toutes les mesures défensives compatibles avec les circonstances, que la science pourra suggérer. L'analogie permet d'espérer que celles de ces mesures qui, sur certains points, se sont montrées radicales contre la Malaria ne se trouveront pas ici totalement dénuées d'efficacité.

On conçoit d'après ces considérations que si les travaux du Dr LAVERAN et de ses émules avaient été publiés il y a trente ans, nous n'aurions peut-être pas aussi facilement renoncé à notre rêve. Disons que, si peu encourageante qu'elle se manifestât à l'époque pour nos aspirations originelles sous leur forme la plus ambitieuse, l'évolution de la science, en éclairant l'étiologie de nombreuses épidémies de camps et de casernes, montrait que la pratique militaire pouvait encore avoir à compter avec la microbiologie ailleurs que dans les opérations d'un théâtre de guerre. Aussi ne nous étions-nous jamais complètement désintéressé de cet ordre d'études ; et de temps à autre cherchions-nous à prendre un aperçu au moins sommaire des derniers progrès réalisés dans leur domaine.

Dans une de ces incursions, faite tandis que nous nous trouvions sous l'influence de nos études de photogrammétrie, nous avions été frappé de la pauvreté des moyens dont disposent les micrographes et les constructeurs de microscopes pour la détermination des constantes optiques de leurs instruments. Le *focomètre* SILBERMANN et la méthode DAVANNE-MARTIN, d'ailleurs si élégante, ne sont pas d'une application pratique pour des lentilles dont le diamètre et la longueur focale peuvent s'abaisser au-dessous d'un millimètre, et dont la course totale est limitée à l'épaisseur d'une goutte d'huile à immersion. Avec ces mêmes lentilles, le *tourniquet* du colonel MOËSSARD n'aurait pas le jeu nécessaire pour son évolution ; et d'ailleurs dans cette évolution la lamelle de liquide d'immersion se trouverait transformée en un prisme variable, dont il serait aussi inadmissible de négliger qu'impossible de calculer l'influence.

Le manuel de ZIMMERMANN, das *Mikroskop* l'un des ouvrages les mieux conçus que l'on puisse recommander à tout micrographe désireux de posséder une connaissance théorique complète du microscope et de ses accessoires sans se lancer dans les mystères les plus ardus de l'optique mathématique, ne donne sur ce point capital que des indi-

cations d'une valeur pratique des plus discutables. La variante de la méthode de CORNU qui s'y trouve exposée n'est réellement à recommander que pour des objectifs d'une longueur focale notable. Ainsi, pour mesurer cette longueur le savant professeur se contente d'une simple graduation en millimètres située d'une façon aussi désavantageuse que possible pour une observation précise : la division du tube de tirage du microscope. Or, il s'agit d'évaluer des longueurs qui se chiffrent parfois en leur totalité par quelques dixièmes de millimètres.

En définitive on peut dire que, dans la pratique, les constructeurs aussi bien que les micrographes en sont réduits à la méthode détournée du calcul des grossissements : méthode qui, outre qu'elle est assez laborieuse, est loin d'échapper à toute critique. Mentionnons seulement le fait qu'elle ne tient pas compte de l'intertice des noeuds ; cependant avec des systèmes aussi complexes que les objectifs modernes, il est quelque peu téméraire d'affirmer *à priori* que cette valeur sera constamment négligeable. Aussi d'aucuns agissent-ils peut-être tout aussi judicieusement en se bornant à confronter les lentilles de leur production courante avec une série d'objectifs dont les constantes ont été une fois pour toutes déterminées à loisir avec le plus grand soin, n'importe par quel procédé, et qu'à partir de là ils conservent précieusement à titre d'étalons.

La facilité avec laquelle notre appareil photogrammétrique se prête à l'étude générale des propriétés des objectifs photographiques nous conduisit à supposer qu'il suffirait d'en réduire l'échelle pour le rendre applicable aux besoins de l'optique microscopique. Pour mettre cette idée à exécution, nous fîmes appel à l'expérience du constructeur M. STIASSNIE, le sympathique chef actuel de la maison VERICK, dont l'habileté est justement appréciée de tous les micrographes. Les premiers essais tentés avec son concours réussirent au delà de toute espérance ; et, dès le début ils montrèrent que, pour répondre à toutes les exigences de la pratique, la construction d'un instrument spécial n'est même pas indispensable (1). La méthode se trouve par suite immédiatement à la portée de tout laboratoire scientifique disposant, en vue de quelque destination que ce soit, d'un cercle divisé horizontal donnant la minute. Cette considération nous conduit à penser qu'une description détaillée de ces expériences pourra être de quelque intérêt pour le lecteur.

CHAPITRE II

FOCIMÈTRE MICROSCOPIQUE IMPROVISÉ

§ 4. — ETUDE DE L'OBJECTIF. LONGUEUR FOCALE

Tout le matériel requis pour cette improvisation se réduit à n'importe quel microscope inclinant, pourvu d'une vis micrométrique à tête divisée et de la sous-platine à crémaillère et pignon du condensateur ABBE. Les seules pièces nouvelles nécessaires sont deux bonnettes du modèle des diaphragmes à tube qui accompagnent d'ordinaire le condensateur. L'une de ces bonnettes porte un pas de vis sur lequel peuvent se fixer les objectifs à essayer ; l'autre est disposée pour recevoir à frottement les oculaires.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 29 janvier 1900.

On comprend par là que c'est sur la sous-platine que se montent au moyen de ces bonnettes les systèmes optiques à soumettre aux essais. Pour fixer les idées, supposons d'abord qu'il s'agit d'un objectif. Le tube du microscope est armé d'un oculaire et d'un objectif faibles : l'objectif porté sur un revolver. L'ensemble doit donner un grossissement d'une dizaine à une centaine de fois, selon la longueur focale du système même sur lequel doivent porter les investigations.

Sur la platine est disposé un micromètre au centième ou au dixième de millimètre, ou même au millimètre ; de même que pour le grossissement, selon la valeur approximative des longueurs focales à déterminer. La graduation est tournée en-dessous, faisant face à la sous-platine.

Il est à remarquer que toutes les déterminations de longueurs focales figurant dans les catalogues de constructeurs de microscopes supposent l'emploi sur le micromètre de couvre-objets d'une épaisseur déterminée, uniforme pour tous les instruments sortant d'un même atelier, mais qui n'est pas la même chez tous les constructeurs. L'observation systématique d'objets non recouverts exige un mode de correction spécial, et ne peut être effectuée d'une façon complètement irréprochable avec des objectifs qui ont été réglés en vue de l'emploi d'un couvre-objet. Il est évident que la focimétrie photogrammétrique s'adapte tout aussi bien à l'un des types d'objectifs qu'à l'autre ; mais, pour en tirer des résultats constamment concordants, il est indispensable de connaître les conditions de réglage de chacun d'eux, et de s'astreindre à les observer. Cette considération de l'épaisseur du couvre-objet n'a d'importance essentielle que pour les objectifs des plus courts foyers ; et les micromètres approchant de la longueur d'un centimètre, ou la dépassant, quand de telles longueurs doivent entrer en jeu, restent généralement à découvert ; les objectifs à immersion homogène sont d'ailleurs complètement affranchis de cette influence.

Le microscope préparé comme il vient d'être dit est incliné jusqu'à l'horizontale, et calé sur la plate-forme supérieure du cercle de l'appareil photogrammétrique, ou de tout autre cercle dont on dispose, en face d'une fenêtre ayant des vues sur des objets éloignés : la sous-platine tournée vers le dehors. Le miroir est rejeté de côté de façon à dégager complètement le champ de l'instrument, qui ne doit être éclairé que par la lumière directe de l'extérieur.

Une des difficultés de l'opération est d'obtenir que le micromètre se détache sur une surface suffisamment éclairée, qui n'est pas nécessairement la surface même dans laquelle sera situé le repère dont on fera choix. Au besoin on peut éclairer ce micromètre par l'arrière, à l'aide de l'un quelconque des réflecteurs usités en microscopie.

Le micromètre est d'abord mis au point dans le microscope ordinaire, les traits de la graduation orientés verticalement au moyen du mouvement de rotation de la platine. A l'aide de la crémaillère de la sous-platine et du mouvement du cercle, l'image des objets extérieurs fournie par l'objectif essayé est à son tour mise au point sur le même micromètre, de telle façon que l'image d'une verticale éloignée coïncide avec le trait central de la graduation. S'il s'agit d'un objectif à immersion, il est dûment plongé dans le fluide d'immersion pour lequel il est construit.

Les conditions de la mise au point parallactique sont réalisées au moyen d'un déplacement imperceptible de l'objectif du microscope d'observation sur son revolver. Ce déplacement fausse évidemment le centrage de l'instrument ; mais cet inconvénient, dans la mesure extrêmement restreinte dans laquelle il se produit, est com-

plètement négligeable eu égard à l'objet que nous avons en vue. Il entraîne en tous cas un déplacement simultané des deux images observées; mais si les conditions de la mise au point parallactique étaient effectivement réalisées dans l'observation faite avec la position normale de l'objectif, la coïncidence établie dans ces conditions ne cesse pas de subsister.

Plus encore qu'en photographie, pour l'essai des objectifs à grands angles d'ouverture et à profondeur focale à peu près nulle, avec lesquels la mise au point ordinaire est déjà d'une extrême délicatesse, l'intervention de la méthode parallactique pour la constatation de la coïncidence des plans des images observées est à peu près superflue. Elle devient essentielle pour les objectifs à grande profondeur focale. Il est toutefois à noter que l'illusion et les erreurs auxquelles cette méthode est destinée à parer sont peut-être plus encore inhérentes à l'objectif du microscope d'observation qu'à celui qui est soumis à l'examen. Et le premier est à peu près invariablement un système à faible ouverture et à grande profondeur focale, relevant par conséquent au premier chef de la méthode parallactique.

Aussi bien qu'en focimétrie photographique, dans un fonctionnement idéal du système, le point nodal d'avant de l'objectif essayé, celui qui fait face à l'extérieur, devrait alors se trouver situé sur l'axe de rotation. On se guidera approximativement sur cette considération dans l'installation du microscope sur sa plate-forme; et, pour le principe au moins, cette position du pied du microscope sera repérée sur cette plate-forme, par un trait au crayon par exemple, en vue de réserver la faculté de rectifications ultérieures.

A l'aide du mouvement du cercle, l'image d'un repère extérieur nettement défini préalablement choisi, de préférence une verticale, est alors amenée successivement en coïncidence avec deux traits de la graduation symétriques par rapport au trait central, et aussi voisins que possible des bords opposés du champ du microscope. Note est prise de la longueur $2l$ ainsi interceptée. L'angle $2x$ qui y correspond est relevé par la lecture du cercle aux deux extrémités de l'arc parcouru; et nous retombons dès lors pour la détermination de la longueur focale f sur la formule précédemment trouvée :

$$f = l \cot x.$$

Toujours de même qu'en optique photographique, f est donné par la formule en unités de même nature que celles dans lesquelles est exprimé l ; c'est-à-dire ici en centièmes ou en dixièmes de millimètres ou en millimètres.

Si le repère choisi est une verticale, la verticalité de l'axe de rotation et des traits du micromètre se trouve contrôlée dans cette opération par le fait que l'image de cette verticale peut être amenée dans toute son étendue en coïncidence avec les traits observés aux deux extrémités opposées du micromètre.

On peut se demander si les réfractions qui se produisent dans l'épaisseur du porte-objet ne sont pas susceptibles d'exercer une influence perturbatrice sur les résultats de l'observation. Un peu de réflexion sur l'organisation et le fonctionnement du système suffit pour convaincre que ces réfractions n'interviennent en aucune mesure dans les déterminations. Tout se passe et s'accomplit dans l'intervalle qui sépare de la surface qui porte la graduation les lentilles de l'objectif soumis aux essais. Le microscope d'observation a seul à plonger à travers le porte-objet, et uniquement pour constater une coïncidence. La seule influence perturbatrice réelle est

celle de la lamelle couvre-objet ; mais nous venons de dire que son intervention est purement facultative et conventionnelle ; et qu'il ne tient qu'à l'opérateur de s'en affranchir en faisant usage d'un micromètre non recouvert.

§ 2. — DE LA DISTORSION

La méthode de détermination de la distorsion précédemment décrite en traitant de l'objectif photographique est de tout point applicable à l'objectif microscopique. Après une première détermination de la longueur focale au moyen d'une base l à laquelle correspondait un angle α , on calculera l'angle α_1 , qui correspondrait à une autre base déterminée l_1 si l'on n'avait point à compter avec la distorsion. Amenant alors l'image du repère sur le trait l_1 de la graduation, on relèvera l'angle effectivement accusé par le cercle. Si l'on trouve pour cet angle au lieu de la valeur α_1 une valeur α_2 la différence $\alpha_1 - \alpha_2$, prise avec son signe, pourra être considérée comme une mesure de la distorsion.

Les ressources de l'instrumentation normale du laboratoire de micrographie donnent un moyen facile de réaliser cette même mesure par la détermination de la flèche de la courbure que présentent les images de lignes droites se produisant à des distances plus ou moins grandes du centre du champ optique.

Il suffit pour cet objet de faire appel à la chambre claire qui fait partie essentielle de l'outillage de tout micrographe. Le microscope d'observation est pourvu d'un objectif assez faible pour embrasser sans distorsion marginale appréciable inhérente à lui-même toute l'étendue du champ de l'objectif soumis aux essais. La chambre claire est calée sur le tube du microscope amené à l'horizontale dans une position telle que les arêtes du prisme soient verticales. L'instrument doit être dirigé de façon que son champ embrasse une vue comprenant un certain nombre de verticales. Ces verticales donnent comme image, dans la chambre claire, des droites verticales ; dans l'objectif à l'essai, une ligne incurvée à corde verticale, dont la courbure est plus ou moins accentuée selon la nature de cet objectif et selon la distance au centre. A l'aide du mouvement de rotation du cercle l'une des images de la chambre claire, convenablement choisie, est amenée par tâtonnement à former la corde de l'une des images curvilignes sur la plus grande hauteur possible. Le micromètre, disposé horizontalement, donne alors immédiatement la longueur de la flèche, ainsi que la distance du sommet de la courbure au centre, distance à laquelle cette flèche doit être rapportée. Par la rotation de la platine, le micromètre est alors amené à la verticale, et donne la longueur de la corde par laquelle la courbe est sous-tendue. L'opération est répétée pour différentes régions du champ de l'objectif, dont le repérage est assuré, toujours de même, à l'aide du micromètre.

On voit que ce procédé de détermination ne relève pas à proprement parler de la méthode photogrammétrique ; mais les mouvements du cercle en facilitent beaucoup l'application.

On abrège beaucoup les tâtonnements si, se contentant d'emprunter aux objets étrangers une verticale unique, celle dont l'image est recueillie par l'objectif, on remplace par un fil à plomb porté par un pied mobile celle que l'on doit viser par la chambre claire. Comme, de ce côté, il n'est pas question de distance de mise au point, rien n'empêche de l'installer sur la table même sur laquelle repose l'appareil.

On réduira enfin ces tâtonnements à leur plus simple expression en faisant usage de

la chambre claire à angle variable du Dr MALASSEZ, qui est tout particulièrement appropriée à ces observations. On serait tenté de croire qu'une chambre claire à long bras et aussi à angle variable, telle que celle de REICHERT, dont les visées suivant le prolongement de l'axe optique ne seraient pas masquées par la platine, pourrait apporter aux manœuvres une nouvelle simplification en permettant d'effectuer l'opération complète par l'emploi de la double image d'une seule et même verticale ; mais cette simplification apparente, d'ordre purement matériel, aurait en réalité pour effet de rendre les tâtonnements plus délicats et plus laborieux, surtout en ce qui concerne le réglage de l'éclairage.

Il est également à remarquer que l'emploi d'un oculaire à réseau ne pourrait en aucune façon donner des résultats équivalents à ceux de la chambre claire. En ce cas en effet, l'image du réseau, fournie par la seule lentille de l'œil, est sujette à des distorsions encore plus déconcertantes que celles de l'objectif soumis aux essais.

Notons enfin que quand, du fait de ces distorsions, résultent des divergences appréciables entre les déterminations de longueurs focales effectuées avec des valeurs différentes de la base, c'est, comme pour l'objectif photographique, exclusivement aux valeurs relatives à la région la plus centrale que l'on doit s'en rapporter ; les autres ne servant qu'à fixer les hésitations.

§ 3. — DETERMINATION DES POINTS NODAUX

La longueur focale que nous venons de déterminer est rapportée au point nodal d'arrière, à celui qui regarde le micromètre. Pour déterminer la position de ce point par rapport aux parties matérielles de la monture de l'objectif, ainsi que la « distance frontale », qui est d'un intérêt essentiel en microscopie pratique, on transpose l'objectif essayé sur le tube du microscope à la manière ordinaire, et on l'amène en contact avec le micromètre, retourné lui-même dans sa position normale sur la platine. On met alors au point, exclusivement à l'aide de la vis micrométrique : le déplacement de cette vis, accusé par sa graduation, donne alors la distance frontale. La distance du point nodal à la lentille frontale se déduira en soustrayant cette distance frontale de la longueur focale.

Il va de soi que, dans un instrument spécialement construit pour ces déterminations, c'est l'équipage portant l'objectif à essayer qui sera conduit par la vis micrométrique : ce qui rendra superflue la transposition dont il vient d'être question.

Pour déterminer le point nodal d'avant, on retourne l'objectif sur son support, après avoir enlevé toutes les parties de la monture qu'il est possible d'en détacher sans supprimer de lentille. Si la saillie des parties restant encore de la monture n'empêche pas la mise au point, sur le micromètre ordinaire, de l'image du repère extérieur fournie par l'objectif ainsi retourné, on n'a qu'à reprendre dans ces nouvelles conditions exactement la série des opérations précédentes. On commencera par amener le rebord de cette partie de la monture en contact avec le micromètre ; et c'est à partir de ce rebord que l'on mesurera la distance intérieure du second point nodal, de même que l'on mesurait celle du premier à partir de la face extérieure de la lentille frontale.

En pratique ce mode d'opérer ne sera possible qu'avec des objectifs à longueur focale notable. Pour les objectifs à court foyer, la saillie de la monture, même réduite à sa plus simple expression, rend la mise au point sur les micromètres ordinaires

tout à fait irréalisable. On la rend possible en faisant usage d'un micromètre de la grandeur d'une lentille de microscope, serti au sommet d'un tronc de cône en métal qui peut s'engager jusqu'au contact des lentilles de l'objectif dans la monture de celui-ci. Ce tronc de cône peut être fixé par sa grande base sur une lame de verre porte-objet, ou sur une lame de cuivre de mêmes dimensions qui sera alors percée en son centre.

On peut encore tracer ce micromètre sur la petite base d'un tronc de cône en glace épaisse, de même forme extérieure que le précédent, collé par sa grande base sur un porte-objet. Ainsi qu'il a déjà été dit il n'y a pas à se préoccuper, dans l'une ou l'autre combinaison, des réfractions qui se produisent à travers l'épaisseur du porte-objet ou du bloc de glace.

Enfin il est des objectifs, généralement les plus forts, pour lesquels le foyer principal tourné du côté de l'oculaire, se rapportant aux rayons parallèles ou à la mise au point à l'infini, tombe à l'intérieur du sommet de la dernière lentille du même côté. Pour ces objectifs il n'y a d'autre ressource que de procéder comme nous l'indiquerons en parlant de l'oculaire HUYGENS.

On sait que, pour les objectifs à sec, on doit trouver pour les deux faces la même longueur focale : la double détermination constituera donc sous ce rapport une vérification. Par contre, de même qu'en photographie, la position du point nodal relativement au sommet extérieur de la lentille extrême du même côté de l'objectif peut présenter des différences notables pour les deux extrémités.

Nous avons dit que ce second point nodal, qui se trouvait d'abord point nodal d'avant, est celui par lequel devait théoriquement passer l'axe de rotation dans notre première série d'opérations. C'est à cette première série que se réduira généralement dans la pratique la détermination courante de la longueur focale ; mais la double détermination devient de rigueur quand il s'agit de constituer un type nouveau d'objectif. Elle donne une base nette aux idées que l'on doit se faire sur la position de ce second point nodal, position que l'on pourra par la suite se borner à apprécier approximativement pour l'ajustement, par rapport à l'axe de rotation, de tous les objectifs construits sur le même modèle.

Ce second point nodal offre encore cet intérêt essentiel que c'est à partir de ce point que doit se mesurer la longueur théorique effective du tube du microscope, longueur qui intervient d'une façon essentielle dans le calcul *à priori* du grossissement de l'instrument. Le catalogue de ZEISS, citant DIPPEL, désigne comme représentant cette longueur, qu'il appelle *longueur optique du tube*, l'intervalle qui existe entre le foyer inférieur de l'oculaire et le foyer supérieur de l'objectif : c'est manifestement là un lapsus. Il est d'abord de toute évidence qu'il ne saurait être question ici du foyer *principal* supérieur, qui n'a rien à voir en cet endroit. Le seul foyer supérieur qu'il pourrait y avoir à considérer ici est le foyer conjugué à la position de l'objet soumis à l'observation. Or, ce foyer conjugué est précisément celui que le jeu de la mise au point amène à se fusionner avec le foyer inférieur de l'oculaire. La « longueur optique » définie par ces deux points se trouverait donc, pour tous les cas et pour tous les instruments, réduite à zéro.

Le point d'où émerge l'image recueillie dans le plan focal inférieur de l'oculaire est le point *nodal* supérieur de l'objectif ; et c'est lui seul qui peut intervenir avec une signification quelconque dans la définition de la longueur optique.

La méthode qui vient d'être exposée s'applique de point en point aux objectifs à

immersion, la lentille frontale plongeant dans le fluide d'immersion pour lequel elle est construite; seulement en ce cas on ne trouve plus pour les deux extrémités la même longueur focale; mais deux longueurs focales différentes, dont les rapports varient avec l'indice de réfraction du liquide employé. On arriverait d'ailleurs au même résultat si l'on cherchait à effectuer également la détermination du côté de la lentille frontale en la laissant à sec. On sait qu'il ressort même de là une méthode classique pour déterminer les indices de réfraction des liquides (méthode du Duc de LUYNES).

§ 4. — DÉTERMINATION DE L'ANGLE D'OUVERTURE ET DE L'OUVERTURE NUMÉRIQUE

L'agencement que nous venons de décrire constitue l'appareil le plus élémentaire, le plus ancien, et toujours le plus sûr, pour la mesure de l'angle d'ouverture des objectifs microscopiques. Il est superflu de rappeler de quelle importance est le rôle de cet angle dans la microscopie moderne. C'est à ANDREW Ross qu'est dû l'appareil dont les propriétés se retrouvent dans notre système. Les instruments d'un usage plus délicat qui y ont été substitués, surtout par raison d'économie en ce qui concerne les faibles ouvertures, perdent en grande partie leur raison d'être du moment où le cercle peut revendiquer au nom de services plus généraux et plus étendus sa place dans l'atelier du constructeur et le laboratoire du micrographe.

Pour cet ordre de déterminations, l'objectif à essayer est fixé sur le tube du microscope d'observation, muni de son oculaire; et cette fois c'est le point focal d'avant de l'objectif qui est amené sur l'axe de rotation du cercle. Le champ de vision est complètement débarrassé de tous les accessoires de la sous-platine et du miroir. Pour les angles d'ouverture d'une certaine amplitude, le tube du microscope est même suffisamment enfoncé pour engager l'objectif jusqu'au delà de l'épaisseur de la platine, de façon que les bords de l'ouverture ne puissent en aucune mesure limiter le champ optique. On dirige le microscope vers la flamme d'une lampe placée à deux ou trois mètres; on fait fonctionner le mouvement de rotation de façon à atteindre les deux extrémités du champ horizontal éclairé par la flamme, et on lit l'angle accusé par le cercle pour ce parcours; c'est l'angle d'ouverture (Docteur ARTHUR CHEVALIER, *l'Etudiant micrographique*).

On passe de la connaissance de l'angle d'ouverture à la notation de l'*ouverture numérique* (*Apertur*) introduite par le professeur ABBE et aujourd'hui universellement admise, spécialement pour caractériser les objectifs à immersion, à l'aide de la formule :

$$a = n \sin u$$

dans laquelle u représente la moitié de l'angle d'ouverture déterminé comme il vient d'être dit, et n , l'indice de réfraction du milieu interposé entre la lentille et la lamelle couvre-objet. Pour les objectifs à sec, ce milieu n'est autre que l'air, dont l'indice de réfraction est l'unité. L'expression de l'ouverture numérique se réduit donc alors à $\sin u$; c'est-à-dire que cette ouverture a pour mesure le sinus de la moitié de l'angle d'ouverture.

Pour les objectifs à immersion à eau, l'indice de réfraction n devient 1,34. Il atteint 1,52 pour l'essence de cèdre des objectifs à immersion homogène; et s'élève jusqu'à 1,66 dans le cas de l'immersion au monobromure de naphtaline.

§ 5. — ÉTUDE DES OCULAIRES

L'oculaire de RAMSDEN, ainsi que quelques-uns des types de la série de construction récente des oculaires dits « compensateurs », sont essentiellement des loupes, auxquelles la méthode s'applique sans aucune modification. Toutefois, les montures de quelques-uns des oculaires compensateurs présentent des prolongements incommodes pour l'observation. Il sera avantageux de s'en débarrasser en faisant usage pour les essais d'une monture provisoire.

Les oculaires d'HUYGENS, qui sont les plus généralement employés en microscopie, ne donnent pas d'image extérieure du côté de la lentille collective ; et cependant, c'est de ce côté que la connaissance des éléments cardinaux du système présenterait le plus d'intérêt. La méthode photogrammétrique donne encore le moyen de se tirer de cette difficulté.

Ces oculaires donnent une image du côté de la lentille de l'œil ; et comme on n'a point affaire ici à des systèmes optiques plongeant par leurs deux extrémités dans des milieux à indices de réfraction différents, on sait que les deux longueurs focales sont égales. On sera donc fixé sur ce qui concerne cette longueur focale unique, si l'on opère pour le côté de la lentille de l'œil comme il a été expliqué dans ce qui précède.

Il reste à déterminer la position du plan focal du côté de la lentille collective. Pour cet objet, comme il ne s'agit plus de grandeurs à exprimer en centièmes de millimètres, nous pourrons suivre, en la modifiant légèrement, la méthode exposée par le professeur ZIMMERMANN. Pour son application, le tube intérieur de tirage du microscope, tube qui est divisé en millimètres, porte à sa partie inférieure un pas de vis, sur lequel peuvent se visser les objectifs. On y adapte un objectif faible : quand le tube de tirage est rentré à fond, la lentille frontale de cet objectif doit dépasser le tube extérieur, qui, pour ces déterminations, n'a pas lui-même à porter d'objectif.

L'oculaire à soumettre aux essais est assujetti dans la bonnette de la sous-platine à ce destinée, la lentille collective tournée vers le microscope. On a préalablement tracé au centre de cette lentille une petite croix noire, de préférence à l'encre de Chine, certaines encres chimiques pouvant détériorer le cristal.

La sous-platine est alors montée de façon que l'oculaire vienne, à travers l'ouverture de la platine, si besoin en est, se placer à bonne portée de l'objectif du microscope auxiliaire constitué comme il vient d'être dit. Celui-ci est alors mis au point, *en faisant exclusivement usage du mouvement de tirage du tube divisé*, successivement sur la croix noire ; puis, sur l'image, fournie par l'oculaire, d'un objet extérieur très éloigné.

L'intervalle entre les deux positions du tube de tirage, relevé sur son échelle millimétrique, donne la distance du plan focal au sommet de la lentille collective ; et c'est au plan ainsi déterminé que la distance focale doit à son tour être rapportée.

Dans cette détermination, l'image du repère extérieur peut, comme dans l'essai de l'objectif, être observée par visée directe dans la position horizontale du microscope ; mais on peut aussi effectuer l'observation dans la position verticale, en faisant réfléchir cette image *par le miroir plan*. Il faut se garder de recourir pour cet objet au miroir concave ou au condensateur, qui donnent déjà par eux-mêmes une image rapprochée.

Nous avons dit que c'est à partir du second point nodal de l'objectif que se mesure la longueur théorique du tube du microscope, qui intervient comme l'une des données essentielles dans le calcul des grossissements. L'autre extrémité de cette même longueur est marquée par le plan focal dont nous venons d'apprendre à déterminer la position.

§ 6. — ERREURS DE LA MÉTHODE PHOTOGRAMMÉTRIQUE EN FOCIMÉTRIE MICROSCOPIQUE

Au point de vue théorique, les erreurs de la méthode photogrammétrique en focimétrie microscopique sont identiquement les mêmes qu'en focimétrie photographique ; et il n'y a rien à modifier aux procédés par lesquels elles se calculent ni aux formules qui les expriment. Toutefois l'extrême différence des conditions matérielles auxquelles ces formules s'appliquent de part et d'autre entraîne quelques conclusions pratiques spéciales à l'optique microscopique.

On a pu remarquer que les différentes causes d'erreurs que nous avons analysées tendent en optique photographique à influencer dans une mesure presque équivalente pour chacune d'elles l'exactitude des résultats ; en même temps que leur nature par trop disparate rendrait complètement aléatoire et illusoire toute tentative d'évaluation des effets présumables de leur combinaison.

Il n'en est pas de même en optique microscopique. Tandis que les erreurs relatives liées à l'éloignement du repère n'ont aucune tendance nécessaire à sortir des limites restreintes que nous leur avons précédemment assignées, celles qui se rapportent à la lecture des graduations circulaire et linéaire croissent dans une proportion considérable, et deviennent tellement prépondérantes que l'on peut dire que pratiquement elles entrent seules en compte dans les résultats définitifs.

Le microscopiste, s'il s'attache dans son installation à s'assurer la jouissance d'une vue du ciel bien dégagée d'obstacles, ne recherche pas d'ordinaire ces horizons étendus indispensables pour certaines parties de l'étude des objectifs photographiques. Toutefois il y a lieu de remarquer qu'une simple bougie placée à deux mètres de distance représente déjà un repère situé à mille fois la distance focale quand il s'agit d'un objectif microscopique de deux millimètres de foyer. On ne peut donc pas dire que sous ce rapport la situation soit trop à son désavantage.

La proportion ne se soutient plus en aucune mesure en ce qui est du fait des erreurs de graduation. Nous avons dit que, si le photographe expérimentateur ne se contente pas de la précision du dixième de millimètre pour le quadrillage de sa glace divisée, il n'éprouvera aucune difficulté technique à s'assurer la disposition de quelques repères établis avec la précision du centième de millimètre ; ou du moins, de repères établis avec une exactitude plus ou moins grande, mais vérifiés avec ce degré de précision. En cas extrême, il ne lui serait même pas absolument impossible d'obtenir des vérifications poussées jusqu'au millième de millimètre. Les grossissements nécessaires pour utiliser pleinement dans l'observation ces limites de précision sont encore parfaitement maniables. Or, cette précision du millième de millimètre est également tout ce que peut se flatter de réaliser la pratique réellement courante de la focimétrie microscopique dans les conditions que nous avons définies : nous voulons dire par l'emploi d'un micromètre au centième de millimètre et par l'observation des coïncidences sous un grossissement d'une centaine de fois.

Mais cette erreur absolue qui, en photographie, portait sur une base de dix centimètres au moins, ne s'abaissant qu'exceptionnellement au-dessous de cinq centimètres, s'applique ici à des longueurs qui peuvent se réduire en totalité à deux dixièmes de millimètre; et cela précisément dans le cas le plus intéressant: celui des objectifs de la plus grande puissance. Tandis que du rapprochement de ces chiffres résulte de ce chef pour la focimétrie photographique une erreur relative du cinq millième de la longueur focale, en comptant sur la précision du centième de millimètre de la base, celle qui affecte la focimétrie microscopique s'élève jusqu'au deux-centième en tablant sur le millième de millimètre dans l'observation des coïncidences.

Avec des objectifs de moindre puissance sur lesquels ont également porté nos premières déterminations, la base micrométrique atteignait 1 mm. 4 ; de sorte que cette même erreur absolue n'en constituait plus que le quatorze-centième. Disons d'ailleurs que ces dernières mesures avaient été effectuées dans de mauvaises conditions: avec un micromètre trop court et un grossissement d'observation trop fort eu égard à la faible puissance des objectifs soumis aux essais. Les résultats indiqués ont été depuis très améliorés par l'emploi d'accessoires mieux appropriés à leur destination. Et, *à priori* on ne concevrait pas que les objectifs microscopiques de grande longueur focale, qui ne diffèrent essentiellement en rien des objectifs photographiques, fussent moins favorablement traités par la focimétrie photogrammétrique, qui opère au contraire dans leur cas avec une instrumentation plus avantageuse.

L'erreur afférente à la mesure angulaire acquiert une importance à peu près de même ordre à raison de l'exiguïté des angles sur lesquels elle porte, exiguïté résultant elle-même de la faible étendue du champ des objectifs microscopiques. Nos premières séries d'observations nous ont ainsi donné des valeurs de 2α variant de 14° à 6° ; auxquelles correspondent, pour une erreur d'une minute, des écarts variant du quatre-centième au deux-centième sur la valeur de $\cot \alpha$.

Comme il a été dit, ces deux erreurs se reportent proportionnellement sur la longueur focale, l'une, positivement, l'autre, négativement : la plus forte erreur linéaire correspondant à la plus faible erreur angulaire. On reconnaît également combien elles l'emportent sur toutes les erreurs d'autres provenances, qui, toutes, peuvent sans difficulté être abaissées très au-dessous du millième. On peut donc obtenir une évaluation assez satisfaisante de l'erreur totale présumable en focimétrie microscopique en ne tenant compte que de leur influence. D'ailleurs, ces erreurs élémentaires sont indépendantes l'une de l'autre; on peut donc appliquer à leur combinaison le principe de la méthode des moindres carrés. On arrive ainsi pour cette évaluation de

l'erreur résultante aux limites de $\frac{4}{178}$ à $\frac{4}{198}$ de la longueur focale cherchée.

Les essais primitifs qui aboutirent à ces chiffres avaient été effectués en employant l'objectif complet tel qu'il est livré par l'opticien. Dans des essais ultérieurs, les limites d'erreurs ont pu être sensiblement amendées par la suppression pour ces recherches de toutes les parties de la monture de l'objectif qui ne contribuent pas immédiatement au soutien et à la liaison des lentilles. Ce sont ces parties, et spécialement le diaphragme qu'elles comprennent, qui limitent l'amplitude du faisceau des rayons traversant l'objectif. Leur suppression entraîne l'admission d'un cône lumineux notablement plus ouvert, et, partant, un accroissement proportionné de l'étendue linéaire et angulaire du champ de l'objectif. Il est superflu de faire observer que les minutieuses corrections qui assurent la perfection des objectifs modernes d'ordre

supérieur ne s'étendent pas à ces rayons extra-marginaux ; et que l'intervention de ces rayons ne pourrait être que préjudiciable à l'exquise finesse des images microscopiques les plus délicates. Mais sous les faibles grossissements employés pour les observations focimétriques, ce défaut ne s'est pas manifesté dans une mesure appréciable ; et les avantages de cette disposition ont paru supérieurs aux inconvénients. En définitive, les déterminations faites dans de semblables conditions sur des objectifs de un à trois millimètres de foyer en prenant successivement pour le même objectif plusieurs valeurs différentes de l et de α n'ont pas donné d'écart supérieurs à un centième de millimètre, en dépit de la rusticité de notre installation improvisée (1).

Comme erreur relative c'est évidemment beaucoup moins satisfaisant que et qu'avec des formules identiquement les mêmes donne pour l'objectif photographique la focimétrie photogrammétrique. Ainsi qu'il résulte d'explications déjà données, cela provient de ce qu'en photographie on opère sur des valeurs absolues beaucoup plus élevées ; alors que rien n'empêche de maintenir les erreurs absolues à peu près entre les mêmes limites. En d'autres termes c'est la conséquence fatale du fait que les grandeurs auxquelles s'adresse la microscopie sont déjà en leur totalité du même ordre que les erreurs que les autres branches de la technique scientifique ont la latitude de tenir pour négligeables.

Il est évident qu'ainsi que cela a lieu pour l'objectif photographique, par la simple substitution d'un quadrillage au micromètre linéaire le même dispositif peut se prêter à l'étude complète et détaillée de l'ensemble du champ de l'objectif microscopique. Toutefois pour étendre aussi loin l'application de la méthode, il serait indispensable de substituer en même temps à la vis micrométrique usuelle, qui donne le centième ou le deux-centième du millimètre, une vis accusant au moins le millième de millimètre.

(A suivre.)

Commandant LEGROS.

SUR UNE NOUVELLE MÉTHODE D'OBTENTION DES PHOTOGRAPHIES EN COULEURS

La méthode qui fait l'objet de la présente communication est basée sur l'emploi de particules colorées déposées en couche unique sur une lame de verre, puis recouvertes d'un vernis convenable et enfin d'une couche d'émulsion sensible. On expose par le dos la plaque ainsi préparée, on développe et l'on inverse l'image qui présente alors, par transparence, les couleurs de l'original photographié.

Les difficultés que nous avons rencontrées dans l'étude de cette méthode sont nombreuses, mais les résultats qui accompagnent cette note prouvent qu'elles ne sont pas insurmontables.

Les détails de la préparation sont les suivants : on sépare de la féculle de pomme de terre les particules ayant de quinze à vingt millièmes de millimètre, puis on forme trois lots de ces particules que l'on teint respectivement en rouge orangé, vert et violet. Les poudres colorées ainsi obtenues sont mélangées après dessiccation complète, en proportions convenables, puis on étale ce mélange, à l'aide d'un blaireau, sur une lame de verre, préalablement recouverte d'un enduit poisseux. En opérant avec soin, on arrive à constituer une surface très uniforme ne présentant qu'une seule couche de grains se touchant tous sans aucune superposition. On obture ensuite, par le même procédé de saupoudrage, les interstices qui laisseraient passer de la lumière blanche, à l'aide d'une poudre noire très fine, du charbon de bois pulvérisé, par exemple.

On a ainsi constitué un écran coloré dans lequel chaque millimètre carré de surface représente deux à trois mille petits écrans élémentaires orangés, verts et violet. On recouvre la surface ainsi obtenue d'une couche d'un vernis aussi mince et aussi imperméable que possible et possédant, en outre, un indice de réfraction voisin de celui des grains de féculle, puis on coule finalement sur ce vernis une couche mince d'émulsion sensible panchromatique au gélatinobromure d'argent.

On expose la plaque, à la manière ordinaire, dans un appareil photographique, en prenant toutefois la précaution de la retourner de façon que les faisceaux lumineux venant de l'objectif traversent les particules colorées avant d'atteindre la couche sensible.

Le développement s'effectue comme s'il s'agissait d'un phototype ordinaire, mais si l'on se contente de fixer la plaque à l'hyposulfite de soude, on obtient un négatif présentant, par transparence, les couleurs complémentaires de celles de l'objet photographié. Pour rétablir l'ordre des couleurs, il suffit, après développement, d'inverser l'image en dissolvant l'argent réduit par cette opération, puis, sans fixer, de développer ensuite le bromure d'argent non influencé par la lumière lors de l'exposition dans la chambre noire.

On obtient ainsi, par des manipulations à peine plus compliquées que les manipulations usuelles, des représentations colorées des sujets photographiés, et l'examen direct aussi bien que microscopique des images qui accompagnent cette note montre, croyons-nous, que cette méthode peut conduire, par la suite, à des résultats pratiques.

AUGUSTE ET LOUIS LUMIÈRE

Communication à l'Académie des Sciences.

SUR LES SENSIBILISATEURS COMPLÉMENTAIRES

H. W. VOGEL a trouvé que les inconvénients dus à l'emploi de la cyanine pour la préparation des plaques sensibles au rouge, peuvent être corrigés si au lieu de cyanine seule, on emploie un mélange de cyanine et de rouge de quinoléine. Ce qu'il appelle l'azaline n'est qu'un mélange de ces deux produits.

Si nous examinons au spectroscope les plaques préparées avec une solution ammoniacale de cyanine (1 partie cyanine, 6.000 parties d'eau, 4.000 p. d'alcool, 10 p. d'ammoniaque) et que nous les comparons aux plaques préparées à l'azaline (4 p. cyanine, 10 p. rouge de quinoléine, 10.000 p. d'eau et alcool, 10 p. ammoniaque), nous trouvons dans ces dernières plaques, indépendamment des caractéristiques de la cyanine, une bande de sensibilisation dans le vert, due au rouge de quinoléine, et un accroissement notable de la rapidité avec une tendance beaucoup moins prononcée aux taches que s'il est fait emploi de la cyanine seule. L'éosine en présence de la cyanine agit de même.

Plus tard, j'ai démontré que l'écran formé par la grande quantité de rouge de quinoléine peut être atténué si on emploie un sensibilisateur moins coloré que l'on obtient en précipitant la majeure partie du rouge de quinoléine primitif par le rouge de glycine. Les plaques préparées de cette façon sont beaucoup plus claires que les plaques à l'azaline et elles se conservent beaucoup mieux, car elles ne retiennent après lavage qu'une très petite quantité de colorant. Le même résultat peut être obtenu en réduisant la quantité de rouge de quinoléine.

Des observations plus récentes m'ont démontré que les éosines et le rouge de quinoléine, ainsi qu'un petit nombre de colorants, qui par eux-mêmes n'ont aucune propriété sensibilisatrice, ont également une grande valeur comme colorants supplémentaires avec les isocyanines. Par exemple, l'action du rouge de quinoléine avec le nitrate de rouge de méthyl (nitrate d'isocyanine par l'iodo-méthyl-quinaldine et l'iodo-méthyl-quinoléine) est tout à fait remarquable. Si on baigne une plaque dans une solution de nitrate de rouge de méthyle (à 1/50.000), malgré le soin que l'on peut avoir de la sécher rapidement, cette plaque aura une tendance au voile. Mais si le bain sensibilisateur est additionné de rouge de quinoléine, ou simplement d'érythrosine (1 partie de nitrate de rouge méthyle, 4 parties rouge de quinoléine, 400 parties alcool, 50.000 p. d'eau), la plaque après lavage ne manifestera aucune tendance à se voiler; sa conservation sera excellente, même si le séchage se fait lentement. La courbe de sensibilité n'en est nullement altérée, du moins en ce qui concerne la hauteur absolue des maxima. Toutefois la courbe est moins élevée et les maxima moins proéminents. En substituant l'érythrosine au rouge de quinoléine on remarque la même suppression du voile, mais la bande spectrale est moins continue.

Avec le nitrate de rouge d'éthyle (nitrate de l'isocyanine par l'iodo-éthylate de quinoléine et l'iodo-éthylate de quinaldine) on observe même fait et les plaques sont exemptes de voile même si on les sèche lentement et irrégulièrement. Le rouge

de quinoléine agit également bien avec le pinachrom et l'orthochrom. Ces sensibilisateurs qui, avec la plupart des plaques, montrent une tendance au voile, sont absolument exempts de ce défaut si on les mélange avec une quantité correspondante de rouge de quinoléine (de 1 pour 5 ou 1 pour 6). L'emploi d'autres isocyanines est rendu possible pour sensibiliser les plaques pour le rouge si on les additionne de rouge de quinoléine. Par exemple, le nitrate d'éthyl-cyanine (quinoline-lepidine-éthyl-cyanine) donne une bonne sensibilité au rouge jusque 670μ mais avec une grande lacune vers 535μ et les plaques sont voilées, tachées, striées. En utilisant le rouge de quinoléine, on obtient d'excellentes plaques panchromatiques, exemptes de voile et donnant de bons résultats. Voici une bonne formule :

Nitrate d'éthyl-cyanine (1 : 1.000 eau et alcool)	40 cc.
Rouge de quinoléine (1 : 1.000 eau et alcool)	50 cc.
Eau	500 cc.
Ammoniaque	3 cc.

La sensibilité est très régulière et s'étend jusque 670μ . — Tous les sensibilisateurs de la classe des cyanines et isocyanines semblent être favorablement affectés par le rouge de quinoléine et il y aurait de ce fait possibilité d'introduire de nouveaux sensibilisateurs optiques de cette série.

Dr A. MIETHE.

(*Laboratoire photochimique de l'Ecole technique de Berlin*).

SOCIÉTÉS SAVANTES

Polaristobométreographie ou polarimètre enregistreur faisant périodiquement le point par un mouvement alternatif de l'analyseur.

Des études sur l'apparition de quelques précipités (1) et leur temps de formation m'ont conduit à chercher une méthode précise pour la mesure du temps des réactions en général.

Les variations qu'éprouvent dans ces conditions certaines propriétés optiques m'ont paru pouvoir être utilisées de préférence à toute autre. Déjà M. HURION (2) a suivi les modifications de l'intensité de la lumière transmise à travers un liquide, dans lequel se forme un précipité. Mais les appareils ne m'ont pas semblé pouvoir se prêter aisément à l'enregistrement. L'étude des modifications du pouvoir rotatoire m'a paru plus commode à observer, sans impliquer d'ailleurs que ces modifications correspondent directement à des variations corrélatives de l'état chimique.

Pour enregistrer ces modifications, j'ai imaginé un dispositif qui utilise un cinématographe GAUMONT et un polarimètre LAURENT à pénombre convenablement modifiés.

L'appareil cinématographique et le polarimètre sont placés sur un même banc et reliés par un soufflet. L'oculaire du polarimètre été supprimé. L'objectif du cinématographe est placé après ce dernier et la lame demi-onde immédiatement avant l'analyseur, d'une manière analogue à celle adoptée par M. DONGIER (3) dans son analyseur à pénombre. Cette disposition permet, avec un objectif à très court foyer, d'avoir une image plus grande avec un recul moindre, ce qui est commode pour les transmissions mécaniques, utilisées dans ce dispositif et permet de réduire les dimensions de l'appareil. Ayant besoin d'avoir un assez grand nombre d'images, dans des temps relativement courts, j'ai dû, d'après les résultats obtenus par MM. CHAUVIN et Ch. FABRE (4) dans l'application qu'ils ont faite de la photographie au polarimètre à pénombre, avoir recours à une lumière monochromatique autre que la lumière jaune, et plus actinique : j'ai choisi la lumière violette et M. JOBIN m'a construit une lame demi-onde pour les rayons violets. La lumière violette pourrait être empruntée à un spectre dont on isolerait la région convenable, mais j'ai trouvé plus simple d'utiliser une source puissante, telle que l'arc électrique ou une lampe Nernst de 3 ampères, dont je filtrais la lumière à travers un écran coloré constitué par des solutions combinées de violet de gentiane ou de méthyle et d'indigo carmin.

Le mouvement de l'appareil cinématographique, qui est actionné par une dynamo, est transmis par une vis tangente à un arbre longeant parallèlement le polarimètre. Sur cet arbre est montée une came dont la rotation imprime un mouvement alternatif à un équipage qui entraîne à la fois l'analyseur et la lame demi-onde, si bien que l'égalité de teinte des deux plages se trouve automatiquement faite à des intervalles réguliers, mais pour des angles différents, si cependant le pouvoir rotatoire de la substance a changé. On peut faire varier l'amplitude du mouvement avec l'excentricité de la came, sa période avec le pas de la vis, et la région du déplacement avec la longueur de la tige qui transmet le mouvement de la came à l'équipage. Le déplacement du demi-disque de quartz, par rapport à un fil azimatal,

(1) Société française de Photographie, 1^{er} avril 1904.

(2) Comptes-rendus, 22 juin 1891, p. 4431.

(3) Annales de Physique et de Chimie, 7^e série, t. XIV, p. 448.

(4) Comptes-rendus, 16 nov. 1891, p. 691.

donne sur chaque image la variation de l'angle dont l'analyseur a tourné pour faire l'égalité de teinte des deux plages.

On peut ainsi obtenir de 5 à 10 images et, comme sur ces séries successives d'un même nombre d'images on peut lire, en même temps que la valeur de l'angle pour laquelle a lieu l'égalité de teinte, le retard ou l'avance de ce point à des intervalles qu'on est libre de choisir, il est ensuite aisément de relever les variations ainsi enregistrées.

Sans doute le procédé est limité aux substances qui agissent sur la lumière polarisée, mais il offre l'avantage d'enregistrer avec précision les modifications que ces substances subissent dans toutes les conditions qui modifient leurs pouvoirs rotatoires.

Gaston GAILLARD

(*Académie des Sciences*, 22 février 1904.)

Sur l'emploi d'images stéréoscopiques dans la construction des plans topographiques. Note de M. LAUSSE DAT.

Le procédé graphique habituellement employé pour construire le plan d'un terrain représenté par des vues photographiées est dérivé de celui qui est si connu des topographes, sous le nom de *méthode des intersections*. Les vues que l'on combine deux à deux doivent être prises alors de stations suffisamment espacées pour que les rayons visuels, aboutissant aux images d'un même point et projetés sur le plan, se coupent sous des angles qui ne soient pas trop aigus.

On a objecté que les vues prises ainsi de stations éloignées les unes des autres, modifiant sensiblement l'aspect du paysage, il devient difficile d'identifier les deux images d'un même point et qu'il peut en résulter des incertitudes et même des erreurs. On a répondu à cette objection en indiquant un moyen rigoureux de vérification. Mais les opérateurs exercés, ayant l'aptitude nécessaire, en ont rarement besoin.

Toutefois, les formes plastiques du terrain se trouvant pour ainsi dire écrasées sur chacune des vues isolées et différentes en apparence, quand on passe de l'une à l'autre, on avait songé, depuis assez longtemps, à recourir à la stéréoscopie pour tracer plus sûrement les courbes de niveau qui représentent ces formes.

A la vérité, il fallait pour cela s'assujettir à doubler le nombre des vues à prendre, et ce n'est que très exceptionnellement qu'on s'y était décidé.

Aujourd'hui, la stéréoscopie tend à s'introduire sérieusement dans la photographie, en substituant une nouvelle méthode, celle des *parallaxes*, à la méthode des *intersections*. Seulement ce n'est plus, à proprement parler, la stéréoscopie ordinaire que l'on emploie, mais une stéréoscopie *exagérée* qui donne au paysage un relief saisissant se prêtant à des mesures de distances et de hauteurs, éléments de construction des plans.

Pour obtenir l'effet habituellement recherché de l'illusion physiologique de la vision binoculaire, les deux vues doivent être prises de points écartés l'un de l'autre comme les deux yeux, mais en rapprochant ensuite les deux images obtenues, dans un stéréoscope, l'illusion du paysage naturel est remplacée par une autre que l'on peut comparer à la vue d'un modèle en relief, analogue à ceux des places fortes ou des ports de mer qui se trouvent aux Invalides et au Musée naval.

On démontre aisément que ce *plan-relief virtuel* est une réduction du relief naturel dans le rapport de l'intervalle des yeux à l'écartement des deux stations. Ainsi deux vues prises de stations espacées de 6 m.50 ou de cent fois l'intervalle moyen des deux yeux, juxtaposées dans un stéréoscope, donnent la sensation d'un modèle en relief à l'échelle de 1/100.

Je mets sous les yeux de l'Académie deux spécimens de ces couples de vues, l'un correspondant à une base de 19 m.50, et l'autre à une base de 58 m.90. La première donne le

modèle en relief du village de Royat, à l'échelle de 1/300, et la seconde un modèle d'une région des Alpes dolomitiques d'Autriche, à l'échelle de 1/900 environ.

La profondeur à laquelle on peut encore appliquer au paysage l'expression de *modèle en relief* est d'autant plus grande que l'échelle est plus petite. Dans la pratique, dont il va s'agir, on se tient d'ailleurs nécessairement dans des limites beaucoup plus étroites.

Avant d'aller plus loin, je crois devoir rappeler que les premiers essais de stéréoscopie exagérée ont été faits en Suisse, autour de la Jungfrau, dès 1858, par BRAUN, de Dornach, et que les résultats obtenus par cet habile et ingénieux photographe avaient beaucoup frappé HELMHOLTZ qui, de son côté, avait cherché à en obtenir d'analogues, à l'aide de son *télestéréoscope* qu'il dirigeait immédiatement sur le paysage, et dont la base était nécessairement assez petite.

On s'est avisé, dans ces derniers temps seulement, d'utiliser les effets de cette stéréoscopie exagérée pour la construction des cartes topographiques. En recourant, par exemple, à l'instrument de haute précision du Dr PULFRICH, d'Iéna, désigné sous le nom de *stéréocomparateur*, dont j'ai déjà eu l'occasion d'entretenir l'Académie à propos de ses applications à l'Astronomie, on parvient, par la méthode des parallaxes, à rapporter, sur un plan et à une échelle déterminée, les positions relatives d'autant de points que l'on peut en avoir besoin pour tracer la projection horizontale des divisions du terrain et des courbes de niveau des *parties du paysage qui conservent un relief suffisant*.

Le principe des opérations à effectuer par la méthode en question est d'ailleurs on ne peut plus simple, quel que soit l'appareil de mesure que l'on emploie.

Pour abréger les explications, nous supposerons que les deux stations sont au même niveau et il doit être entendu d'ailleurs, que, dans tous les cas, les images sont situées dans un même plan vertical passant par ces deux stations. Celles-ci ayant été mises en place sur le papier, ainsi que la direction, c'est-à-dire l'orientation de l'axe optique de l'objectif de l'appareil pour l'une des stations, et d'un autre côté tous les points de chacune des images pouvant être rapportés à la ligne principale, et à la ligne d'horizon comme axes coordonnés, la différence des abscisses d'un même point mesure la parallaxe du point correspondant de l'espace dans le plan horizontal et l'on voit facilement que, la distance focale de l'objectif et l'écartement des deux stations étant connus, la projection horizontale de la distance du point considéré en résulte ainsi que sa direction rapportée à celle de l'axe optique de l'objectif tracée sur le papier. Les différences de niveau se déterminent d'ailleurs comme dans la méthode ordinaire.

Le stéréocomparateur dont j'ai fait exposer un dessin sert d'abord à voir stéréoscopiquement l'ensemble des deux vues à l'aide de lentilles offrant un champ suffisant, puis, quand on a remplacé ces lentilles par le système de microscope représenté sur la figure, à mesurer mécaniquement les abscisses et les ordonnées des différents points considérés. C'est à l'extrême précision des vis micrométriques de cet appareil qui donnent le centième de millimètre qu'est due l'exactitude des résultats que j'ai cru devoir signaler à l'Académie. Quant à la marche systématique à adopter pour relever rapidement les détails du plan ou les points des différentes courbes de niveau, je ne saurais les indiquer ici, pas plus que les procédés graphiques expéditifs destinés à simplifier les constructions.

Il me suffira de donner un aperçu de l'expérience faite dans le courant de l'été dernier, aux environs d'Iéna, sous les auspices du général major SCHULZE, chef de la section topographique, par M. Paul SELIGER, topographe royal, avec la coopération du Dr PULFRICH.

On voit sur le plan exposé (qui est à une échelle triple de l'original), les différentes parties de la montagne du Kernberge, étagées les unes derrière les autres comme sur les photographies, jusqu'à une distance de 3000 m ; l'échelle du plan original était de 1/10000, ce qui permettait d'évaluer sur ce plan les distances à 1 m près, et ce degré de précision est aussi celui sur lequel on peut compter jusqu'à cette limite de 2500 m à 3000 m avec la base de 100 m.

Avec une base plus grande ou plus petite, cette limite varie naturellement et la question de l'échelle que l'on emploie doit être également prise en considération pour la fixer ; mais je ne veux pas entrer dans cette discussion. Ce qui me semble surtout digne de la plus grande attention, c'est que l'un des expérimentateurs, très familier avec la méthode du lever à la planchette, laquelle se pratique nécessairement et toujours péniblement sur le terrain, et qui l'a comparée avec celle de la stéréométrophotographie laquelle, une fois les photographies obtenues, s'emploie par tous les temps dans le cabinet, a déclaré qu'elles conduisaient aux mêmes résultats.

Le stéréocomparateur du Dr PULFRICH, dont on peut voir un modèle au Conservatoire des Arts et Métiers, est un appareil admirablement construit, mais d'un prix élevé et d'un maniement délicat.

Un autre inventeur, M. FOURCADE, attaché au service forestier au Cap de Bonne-Espérance, en a imaginé indépendamment un tout à fait analogue avec lequel il semblerait que les mesures facilitées par l'emploi d'un *réseau* de Gautier seraient exécutées plus rapidement. M. FOURCADE doit avoir entrepris, de son côté, des expériences dont nous ne connaissons pas encore les résultats,

Il convient de faire remarquer, avant de terminer, qu'avec l'un comme l'autre de ces instruments, ce n'est que par voie indirecte, et non par la vue simultanée de l'ensemble des couples d'images, que l'on met à profit leurs propriétés.

Mais on a aussi cherché à utiliser celles de la stéréoscopie proprement dite, ce qui constitue une troisième méthode distincte de celle des intersections et de celle des parallaxes, en opérant directement sur les modèles en relief virtuels. Je ne désespère pas de pouvoir faire connaître assez prochainement à l'Académie les résultats d'essais poursuivis en Allemagne et chez nous, pour réaliser la conception due au savant arpenteur général du Canada, M. E. DEVILLE, d'un instrument déjà désigné par anticipation sous le nom de *stéréoplanigraph*, dont je dois me contenter aujourd'hui de montrer l'organe principal. Cet organe, comme on le verra en s'en approchant, permet de disposer le modèle en relief du paysage de manière à en pouvoir suivre les accidents avec un point de mire mobile, porté par une armature dont les mouvements sont communiqués à un crayon qui en laisse la trace sur le papier.

Mais comme l'échelle du modèle en relief est généralement très grande et que le point de mire et son armature seraient entraînés trop loin de l'opérateur, il a fallu chercher des moyens optiques ou mécaniques de réduire les figures déduites du modèle et c'est cette seconde partie du stéréoplanigraph qui est encore à l'étude.

Colonel LAUSSEDA.

(*Académie des Sciences*, 30 mai 1904.)

Enregistrement photographique de l'apparition de certains précipités.

M. Gaston GAILLARD, au cours de recherches faites à un point de vue plus général, a étudié, par la photographie, les conditions dont dépend le temps que mettent à apparaître certains précipités, ainsi que la durée de leur formation.

Les premières recherches ont porté sur quelques hyposulfites et notamment sur l'hyposulfite de sodium.

L'auteur se contentait d'abord de compter au moyen d'un chronomètre le temps qui s'écoule avant l'apparition du trouble opalescent qui se produit lors de la précipitation de ces sels par les divers réactifs qui la déterminent.

Mais il est assez difficile de saisir exactement avec l'œil et de noter, même pour les précipités qui sont les plus lents à se former et, surtout, pour ceux qui se forment encore dans les solutions très étendues, le moment précis de leur apparition ou bien les changements

de coloration par lesquels ils peuvent ensuite passer ; aussi M. GAILLARD a-t-il essayé de les fixer par la chronophotographie qui permet de grouper toute une série de tubes à essais remplis de solutions de concentrations différentes et dans lesquels on verse le même réactif ; ou de même concentration, et dans lesquels on verse alors des réactifs différents, afin d'obtenir, sur une même pellicule, ces phénomènes successifs dans toutes leurs phases et avec leurs relations réciproques. Les tubes sont placés devant une chambre obscure constituée, par exemple, par une caisse noire intérieurement et formant fond noir, la disposition par transparence ayant semblé moins avantageuse à l'auteur.

Les résultats obtenus sont traduits sous forme de courbes qui sont plus expressives que les chiffres servant à les construire, en portant en abscisses l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'instant où l'on verse le réactif et celui de l'apparition du trouble et en portant en ordonnées les valeurs de la concentration ; chaque courbe a été obtenue en maintenant constant le volume du réactif et en faisant varier la concentration d'un même volume de solution.

M. Gaston GAILLARD a pu, par cette méthode, mettre en évidence les faits suivants :

1^o En faisant varier uniquement la concentration de la solution du sel et en lui donnant des valeurs de plus en plus faibles, on obtient une courbe qui, dans les cas étudiés, présente l'allure d'une logarithmique descendante dont l'asymptote est parallèle à l'axe des temps et semble assez voisine de lui ;

2^o Pour la solution du même sel, en faisant varier soit la nature du réactif, soit sa dilution, on obtient des courbes différentes ;

3^o Quand on fait réagir les composés que donne un même corps ou des corps de propriétés voisines on peut dire, d'une façon générale, qu'on obtient des courbes se superposant les unes aux autres d'une façon régulière ;

4^o En opérant avec un même acide, l'acide chlorhydrique pur à 22° par exemple, sur des solutions différentes telles que les hyposulfites d'ammonium, de sodium, de strontium, les courbes se superposent encore dans l'ordre des poids atomiques des métaux, la plus basse correspondant à l'hyposulfite d'ammonium.

L'auteur se propose de continuer ces intéressantes études.

(Société française de photographie, 14 avril 1904.)

ERRATUM

Par suite d'un malentendu, la figure 3 du mémoire de M. le commandant LEGROS sur *la Focimétrie photogrammétrique* a été omise dans le numéro de juin de la *Revue des sciences photographiques* et le passage qui la concernait a par erreur renvoyé le lecteur à la figure 1. Nous donnons ci-dessous cette figure 3 qui devait logiquement accompagner la démonstration de la page 85, ligne 10. Ce passage doit être rétabli comme suit :

Rien de plus facile que de construire géométriquement cette grandeur. Soit (fig. 3) N le point nodal d'avant de l'objectif, sommet normal des angles qu'il définit; AA' la portion de la graduation horizontale de la glace quadrillée, transportée symétriquement vers l'avant,

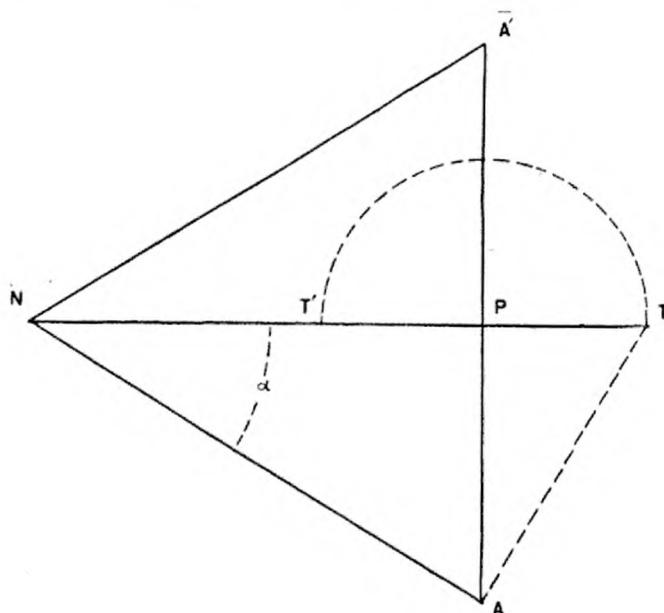


Fig. 3.

qui soustend l'angle 2α , et que nous avons désignée par $2l$; NP, la longueur focale f qui constitue la hauteur du triangle isoscele ANA' , si au point A nous élevons à AN la perpendiculaire AT jusqu'à la rencontre en T de l'axe optique prolongé, dans le triangle rectangle TAP dont le côté AP est précisément la longueur l , l'angle TAP sera égal à ANP ou à α . Par conséquent TP représentera en vraie grandeur la valeur $l \operatorname{tg} \alpha$ de notre erreur e , que toutefois il y aura lieu de transposer en sens contraire de P vers N en PT'.

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

DEUXIÈME PARTIE. — LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE EN OPTIQUE MICROSCOPIQUE



CHAPITRE III

FOCIMÈTRE PHOTOGRAMMÉTRIQUE POUR OPTIQUE MICROSCOPIQUE

§ 1. — DESCRIPTION DE L'INSTRUMENT

En appliquant au contrôle du travail courant de ses ateliers l'agencement dont nous venons d'exposer le fonctionnement, le constructeur M. STIASNIE en a jugé les résultats assez satisfaisants pour le déterminer à nous prier de l'aider à fixer cet agencement en un instrument spécial, dont on pût avec toute facilité et sans préparation aucune, mettre à tout instant les services à contribution. La genèse de cet instrument, découlant naturellement de tout ce qui précède, justifie suffisamment le nom que nous lui avons donné.

Il va de soi que la direction de nos efforts communs a tendu à apporter dans la construction toutes les améliorations qui peuvent distinguer d'un assemblage plus ou moins incohérent de pièces dont le rapprochement n'avait jamais été prévu, un instrument expressément établi en vue d'un but parfaitement déterminé. Différentes observations déjà relevées au cours de cette étude ont pu faire pressentir sur quels points il avait été jugé particulièrement désirable de porter ces améliorations.

Le focimètre photogrammétrique pour optique microscopique (fig. 4) a pour base un cercle divisé C monté sur vis calantes. Ce cercle pourrait d'ailleurs à peu près aussi bien, sans grand inconvénient, avoir son pied encastré dans une plate-forme horizontale massive en bois, solidement assise sur la table de travail (1) : les raffinements du réglage en verticale n'ayant ici qu'un intérêt secondaire, de beaucoup primé par la considération d'une parfaite stabilité. Au centre de l'alidade, faisant corps avec elle, et ayant pour axe l'axe de rotation, s'élève une colonne verticale qui supporte l'ensemble du système optique. Le cercle et son alidade possèdent des mouvements de rotation indépendants l'un de l'autre et commandés par des vis de rappel ; ce qui permet de faire partir toutes les observations du zéro de la graduation ou d'une grande division bien définie et choisie d'avance de cette graduation. On obtient ainsi directement les angles α par une lecture unique du cercle, sans qu'il soit besoin de recourir à une soustraction.

A son sommet la colonne porte, formant le T, un fort coulant horizontal T à section triangulaire, dans lequel glisse à frottement sous l'action d'une crémaillère et

(1) On trouvera particulièrement commode de le monter sur un pied photographique d'atelier à élévation, pourvu de la vis de serrage des pieds géodésiques.

d'un pignon p une forte tringle métallique de même section, sur laquelle courent les différentes pièces de la partie optique.

Le glissement de la tringle a pour objet de permettre d'amener sur la direction de l'axe de rotation le point nodal d'avant des systèmes optiques essayés : soit dès le début, au jugé (fig. 4); soit, après une première détermination approximative, avec une plus grande précision. Pour la facilité des rectifications de cet ajustement, quand on apprécie qu'il peut être utile d'en effectuer, l'une des faces de la tringle est divisée en millimètres; et le coulant porte en regard de cette division un vernier.

Le support de la partie optique rappelle dans ses traits généraux la charpente d'un microscope amené à la position horizontale. Le plan vertical de symétrie de cette charpente est le plan vertical qui renferme l'axe de rotation ainsi que l'axe de

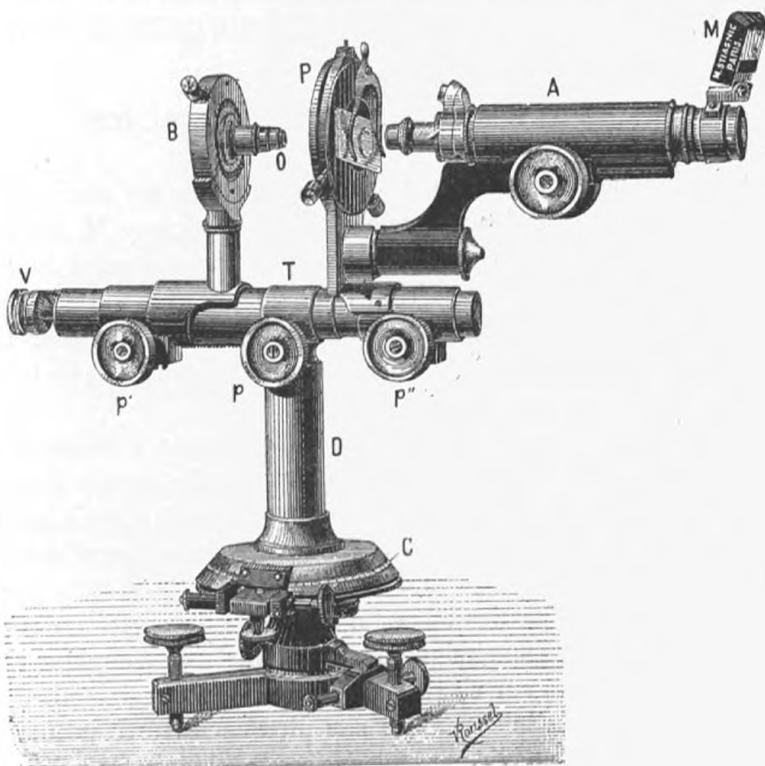


Fig. 4. — Focimètre photogrammétrique.

la tringle horizontale. Cette partie optique se décompose en deux équipages distincts possédant des mouvements indépendants l'un de l'autre : l'un A qui correspondrait au microscope ordinaire avec sa platine, faisant ici fonction de microscope d'observation ; l'autre B qui représenterait la sous-platine. Chacun de ces équipages est porté par un coulant ajusté sur la tringle horizontale, et se déplaçant le long de cette tringle à l'aide de pignons p' , p'' , qui engrènent sur la crémaillère.

Ces deux coulants sont fortement échancrés dans le sens de leur longueur de manière à pouvoir l'un et l'autre chevaucher sur le coulant central. Cette disposition a pour objet de permettre d'amener à volonté au-dessus de l'axe de rotation soit l'objectif du microscope, soit le système optique porté par la sous-platine, en engageant au besoin l'un ou l'autre jusqu'à travers l'ouverture de la platine.

Le microscope d'observation est un microscope d'un modèle léger, qui, pour l'étude des systèmes optiques des plus grandes longueurs focales, peut être remplacé par une simple loupe. Une vis de rappel peut lui imprimer, dans un sens perpendiculaire à son axe, un mouvement de translation qui permet, d'abord par un déplacement imperceptible, de réaliser les conditions de la mise au point parallactique ; puis, par un déplacement de plus grande amplitude, de procéder à l'étude méthodique complète de toute l'étendue du champ des systèmes optiques.

La platine P est du modèle ordinaire, pourvue des mouvements de rotation et de translation que l'on trouve aujourd'hui dans tous les microscopes bien montés. La face de travail est tournée du côté de la sous-platine, et c'est de ce même côté que sont fixés les valets. L'ouverture centrale est de dimensions suffisantes — cinq à six centimètres — pour rendre possible dans de bonnes conditions l'étude des objectifs microscopiques du plus long foyer, celle des oculaires, et même celle des plus faibles objectifs photographiques ; objectifs de photo-jumelles, de petits détectives, etc.

La sous-platine a une ouverture variable, et réglable par des vis de serrage, dans laquelle s'ajustent, directement ou par l'intermédiaire de bonnettes appropriées, les systèmes optiques à soumettre aux vérifications. Pour le centrage de ces systèmes, elle est pourvue des mêmes mouvements de rotation et de translation dans son plan que la platine elle-même. Dans le sens de la marche des rayons lumineux, le déplacement de l'équipage qu'elle constitue est commandé, comme il vient d'être dit, par un pignon p' engrenant sur la crémaillère de la tringle principale : c'est là le mouvement rapide, dont l'amplitude est mesurée par un vernier. Mais elle possède en outre un mouvement lent, qui lui est imprimé par une vis micrométrique à tête divisée V accusant le centième de millimètre, du modèle en usage dans les microscopes de la construction la plus soignée.

Pour l'essai des objectifs les plus puissants, le mouvement rapide a simplement pour rôle de permettre d'amener la lentille frontale en contact avec le micromètre, la vis micrométrique étant au zéro de sa graduation. La mise au point s'effectue ensuite exclusivement à l'aide de la vis micrométrique ; l'intervalle parcouru, relevé sur la tête de cette vis, est alors la distance frontale de l'objectif. Pour les systèmes optiques à plus long foyer, dont la mise au point par la vis serait par trop fastidieuse, et pour lesquels la même précision n'est pas indispensable, le mouvement rapide est seul employé ; et la vis n'a pas à intervenir.

Notons que ce serait aller à l'encontre de toutes les règles des méthodes de précision des sciences d'observation que prétendre effectuer une telle détermination en partie à l'aide de la graduation du mouvement rapide, pour la compléter à l'aide de celle du mouvement lent. Les deux ordres de mesure n'ont pas une base commune ni une précision comparable ; leurs résultats ne peuvent s'additionner. La faute serait particulièrement grave dans le cas des objectifs puissants, qui réclament rigoureusement le plus haut degré de précision que l'appareil permette de réaliser, et dont les données se trouveraient complètement faussées.

Les différents coulants ont une course suffisante pour se prêter à l'étude d'oculaires dont la longueur focale s'élève jusqu'à 125 mm., et, par suite, à celle des objectifs photographiques de même foyer.

On remarquera que, dans le modèle représenté par la figure, modèle de la construction originale établi par tâtonnements successifs, la tige sur laquelle coulissent les différentes parties du système est cylindrique ; le tube du microscope d'observa-

tion ne possède que les mouvements usuels de translation suivant l'axe; et le déplacement latéral nécessaire à la vérification de la mise au point parallactique se réduit à la manœuvre d'un élément de revolver commandé par une vis de rappel: reproduction sensiblement améliorée du dispositif de l'agencement improvisé.

On remarquera également que, encore comme dans le cas de l'agencement improvisé, le micromètre a été figuré fixé sur la face de la platine qui regarde le microscope d'observation. L'instrument peut évidemment fonctionner ainsi, le seul point essentiel étant que le micromètre soit tourné du côté du système optique soumis aux essais. Mais, bien que les deux faces de la platine aient été établies de façon à pouvoir recevoir les valets et les préparations, c'est la face opposée qui doit être considérée comme face de travail normale: elle est seule utilisable pour la mesure de l'angle d'ouverture.

§ 2. — EMPLOI DE L'INSTRUMENT. — OBJECTIFS

L'emploi de l'instrument ressort surabondamment des explications sur lesquelles nous nous sommes étendu à l'occasion du matériel improvisé. Quelques détails succincts seront suffisants pour le préciser.

L'instrument, le microscope tourné vers l'observateur, est établi d'aplomb en face du repère. Disons que, pour ce repère, le constructeur M. STIASSNIE, après essais comparatifs, est arrivé à faire choix de préférence d'un fil à plomb suspendu devant une fenêtre et observé d'une extrémité à l'autre de son atelier. Les conclusions établies dans ce qui précède au sujet de l'objectif photographique montrent que la distance que peut donner une semblable disposition est pleinement suffisante quand il s'agit de longueurs focales réellement microscopiques.

Le système optique O que l'on se propose d'étudier est fixé dans l'ouverture de la sous-platine à ce destinée, par l'intermédiaire d'une bonnette appropriée s'il y a lieu. Le micromètre est mis en place sur la platine, le dessus tourné vers le système optique.

Pour une première opération, au moyen des mouvements de translation et de rotation de la platine et de la sous-platine, on ajuste le centrage de l'instrument de telle façon que le micromètre et l'image fournie par le système optique se détachent correctement au centre du champ du microscope d'observation. La verticalité des traits du micromètre ainsi que l'aplomb de l'ensemble de l'appareil se vérifient en même temps, avec toute l'exactitude désirale en cette circonstance, par la constatation de la coïncidence de l'image du repère vertical avec les traits du micromètre les plus rapprochés des deux extrémités horizontales du champ optique, pour une rotation de l'étendue de ce champ.

Cela fait, pour procéder aux mesures proprement dites, s'il s'agit d'un objectif à court foyer, on commence par amener la tête de la vis micrométrique au zéro de sa graduation, en ménageant à cette vis une marge suffisante pour que la mise au point complète puisse s'effectuer en la dévissant. Faisant alors exclusivement usage du mouvement rapide par la crémaillère, on amène la lentille frontale de l'objectif essayé en contact avec la lamelle qui recouvre le micromètre, lamelle dont l'épaisseur sera conforme aux conventions établies.

On assure la correction de la mise au point du microscope d'observation sur le

micromètre, qui doit être convenablement éclairé par l'avant ou par l'arrière. L'image fournie par le système optique est à son tour mise au point sur le micromètre ; mais cette fois en faisant exclusivement usage de la vis micrométrique. Un déplacement latéral imperceptible du microscope d'observation établit les conditions de la mise au point parallactique.

Un mouvement de translation de totalité de la tringle horizontale, effectué au moyen du pignon central *p* amène alors la position approximative du point nodal d'avant du système optique sur la direction de l'axe de rotation. D'après les considérations précédemment exposées, on peut se rendre compte que, même pour les recherches de précision poursuivies après une première approximation, l'observation d'un fil à plomb, qui se détache sur l'axe de rotation et sur un repère quelconque tracé extérieurement sur la monture de l'objectif à hauteur du point nodal d'avant, suffit amplement pour assurer cet ajustement dans la mesure utile pour l'exactitude des déterminations définitives.

La distance focale se détermine alors par l'application normale de la méthode photogrammétrique. Le parcours accusé par la graduation de la vis micrométrique donne immédiatement la distance frontale correspondant à l'épaisseur de la lamelle couvre-objet dont on a fait usage.

S'il s'agit de systèmes optiques de moins grande puissance, le contact de la lentille frontale avec le micromètre, aussi bien que la mise au point ultérieure du système, s'effectuent exclusivement à l'aide du mouvement rapide. La distance frontale est accusée par la différence des lectures relevées au vernier aux deux extrémités de son parcours.

On ne doit pas perdre de vue au cours de ces opérations la remarque faite précédemment au sujet de l'inconvénient qu'il y aurait à vouloir combiner des mesures relevées partie au vernier, partie à la vis micrométrique ; et bien se rappeler que l'on ne peut ainsi qu'abaisser le degré de précision du vernier lui-même. Toutefois, comme il résulte parfois d'une telle manœuvre quelque bénéfice au point de vue de la commodité et de la rapidité des recherches, il n'y a pas grand inconvénient à y avoir recours dans les observations courantes pour lesquelles la précision du vernier a pu être jugée surabondante. Elle est formellement proscrite dans les cas où le résultat doit être exprimé en divisions de la vis micrométrique. Le vernier ne peut alors être consulté qu'à titre de simple renseignement : uniquement pour prévenir des erreurs d'un tour entier de vis micrométrique.

La distorsion se mesure, exactement comme dans le cas de l'agencement improvisé, à l'aide de la chambre claire MALASSEZ à angle variable M montée sur le tube du microscope d'observation.

§ 3. — MESURE DE L'ANGLE D'OUVERTURE

En étudiant la mesure de l'angle d'ouverture à l'aide du focimètre microscopique improvisé, nous avons dit que, pour cette détermination, c'est le foyer d'avant de l'objectif soumis aux essais qui devait être amené sur l'axe de rotation. Il faut convenir que l'agencement improvisé ne se prête pas aussi avantageusement qu'on pourrait le souhaiter à la vérification rigoureuse de cette condition, vérification qui est au contraire des plus faciles avec l'instrument spécial. L'étude effectuée par le

moyen de ce dernier instrument nous montrera heureusement que la plus simple approximation qu'est à même de réaliser avec l'appareil improvisé tout observateur tant soit peu soigneux est pleinement suffisante pour répondre aux exigences de la pratique ; elle lui suggérera en même temps les points sur lesquels il devra plus particulièrement porter son attention pour arriver à améliorer cette approximation.

Pour cette détermination, avec l'instrument spécial comme avec l'agencement improvisé, l'objectif à essayer est transporté sur le microscope d'observation. Le micromètre est comme toujours établi sur la face de travail, face extérieure, de la platine ; mais cette fois la graduation tournée vers le microscope. Le coulant qui porte le microscope, de même que la tringle sur laquelle court ce coulant, sont l'un et l'autre pourvus d'un trait de repère ; et la coïncidence de ces deux traits correspond à la position dans laquelle la face de travail de la platine passe par l'axe de rotation du cercle.

On a préalablement enlevé tout l'équipage de la sous-platine. La graduation du micromètre est mise au point dans le microscope ; le foyer de l'objectif se trouve dès lors dans le plan de la face de travail de la platine, et, du même coup, sur l'axe de rotation. Le micromètre est alors enlevé ; et il ne reste plus qu'à procéder à la mesure de l'angle comme dans le cas de l'agencement improvisé.

Nous avons vu que le principe de la méthode est d'ANDREW ROSS ; ce détail de mise au point se rattacherait plutôt au procédé de M. GILLETT cité par JABEZ HOGG, *The Microscope*, qui mettait au point sur une aiguille montée sur le prolongement de l'axe de rotation.

Le dispositif de M. GILLETT, tel que le décrit le Dr JABEZ HOGG, est notablement plus compliqué ; mais nous ne sommes pas du tout convaincu de l'utilité de sa complication, au moins pour l'objet que nous avons actuellement en vue. En regard du microscope mobile qui porte l'objectif soumis à l'examen est installé un second microscope qui reste fixe, et dont l'axe se confond avec le prolongement de l'axe du microscope mobile quand celui-ci est dans la position centrale de son parcours. On commence par mettre le microscope fixe au point également sur l'aiguille axiale. On en enlève alors l'oculaire, que l'on remplace par un couvercle métallique percé en son centre d'une très petite ouverture, et devant cette ouverture on dispose une source lumineuse. Les rayons lumineux émis par cette source suivent évidemment en sens inverse la même marche que ceux qui émanaient de l'aiguille dans la mise au point. Ils donnent par conséquent dans le microscope mobile l'image nette d'un point lumineux, qui reste perçu comme tel dans une certaine partie de l'étendue de la course de ce microscope autour de l'axe de rotation. Cette disposition, d'après le Dr JABEZ HOGG donnerait une grande précision à la mesure de l'angle d'ouverture ; mais cette appréciation nous paraît reposer sur une équivoque. Le secteur dans l'étendue duquel l'œil perçoit dans le microscope mobile une image nette du point lumineux ne correspond pas du tout à l'ouverture de l'objectif, mais bien à celle de l'oculaire, qui n'a rien de commun avec la première. L'ouverture de l'objectif est mesurée par l'amplitude du secteur pour lequel l'intérieur du tube reste illuminé ; et il est probablement plus préjudiciable qu'avantageux pour la précision de l'observation de s'exposer à faire naître des réflexions irrégulières de lumière entre les parties brillantes des deux objectifs nécessairement très rapprochés.

PHOTOHYDROGRAPHIE

APPLICATION DE LA PHOTOGRAMMÉTRIE A L'HYDROGRAPHIE (1) (*suite*)

Instruments à employer. — Un grand nombre d'instruments ont été proposés sous les noms de *photothéodolites*, *photogrammètres*, *phototachéomètres*, etc. Ce sont pour la plupart des théodolites dans lesquels on a encastré une chambre noire. Ces appareils répondent parfaitement à leur destination et donnent toute la précision désirable. Mais on peut utiliser une chambre noire ordinaire, bien construite, en lui faisant subir les transformations simples et peu coûteuses que je vais énoncer.

Il faut d'abord munir la chambre d'un niveau sphérique encastré dans l'épaisseur de la planchette derrière la glace dépolie ou de deux niveaux cylindriques à bulle d'air calés suivant des directions rectangulaires. Ces niveaux ont pour but de mettre la planchette qui supporte la chambre parfaitement horizontale. C'est là une condition essentielle quand on ne veut pas s'astreindre à choisir les stations de façon à faire figurer une portion de l'horizon de la mer dans les clichés.

On se procure en outre une tête de pied spéciale permettant de faire tourner la chambre sur son axe sans qu'elle cesse de rester horizontale.

J'ai fait choix de la tête de pied « Guros ». La figure ci-jointe (fig. 3) dispense d'une longue description. Le plateau inférieur B est muni d'un niveau E et de trois vis calantes F qui permettent de rendre l'axe de rotation de la partie supérieure A vertical. Quand la chambre a été amenée horizontale à l'aide de son propre niveau, elle conserve donc son horizontalité quand on la fait tourner de 0° à 360° . L'instrument est muni d'une double graduation servant à contrôler grossièrement les déplacements horizontaux ou verticaux qui lui sont imprimés.

L'objectif devra donner des images complètement exemptes de déformations et il est de toute nécessité d'employer un rectilinéaire. L'obligation d'embrasser un champ aussi vaste que possible dans les opérations topographiques, pour réduire le nombre de stations et de clichés, conduirait à adopter des objectifs grands angulaires. Mais il faut avoir soin de garder à l'objectif une distance focale suffisante. En effet, la chambre noire agit comme instrument de mesure en construisant des triangles semblables ; le triangle tracé dans l'appareil a pour hauteur la distance focale. Pour obtenir des mesures précises, il faudra donc que cette distance focale ne descende pas au-dessous d'une certaine valeur. On sera dans de bonnes conditions

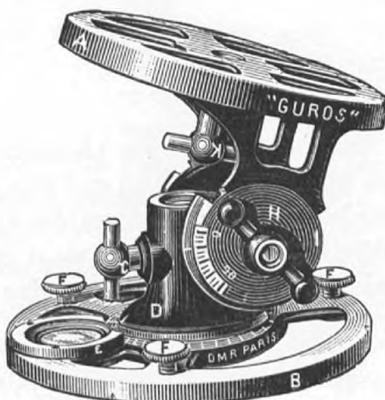


Fig. 3.

avec un objectif de 0m20 à 0m30 de foyer. Les formats 13×18 et 18×24 semblent les plus convenables. Si l'on emploie des formats plus petits et des objectifs à court foyer, pour obtenir la même précision il faudra avoir recours à l'agrandissement.

Détermination des constantes de l'instrument. — Les diverses façons de déterminer la distance focale se trouvent dans tous les traités de photogrammétrie.

J'ajouterai la suivante, qui semble la plus commode pour l'hydrographe.

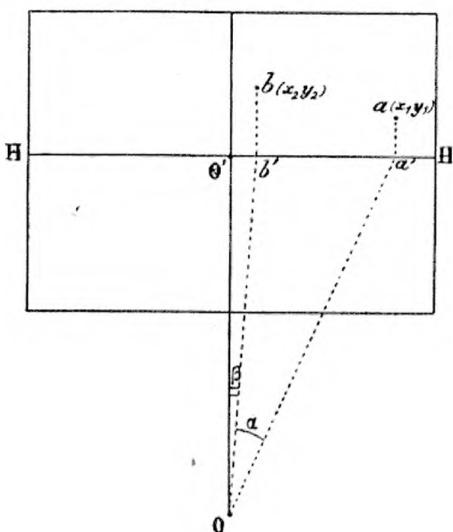


Fig. 4.

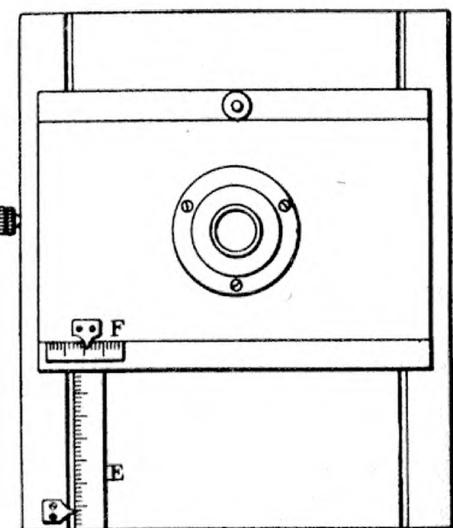


Fig. 5.

Considérons sur une photographie deux points bien reconnaissables A et B dont les images sont $a(x_1y_1)$ et $b(x_2y_2)$ (fig. 4). Si l'on suppose le plan d'horizon rabattu sur le plan de la photographie en le faisant tourner autour de H H comme charnière, le centre optique vient en O tel que $OO' = f$. Si α et β désignent les angles azimutaux que font les directions de A et B avec l'axe optique, on voit que l'on a :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x_1}{f} \text{ et } \operatorname{tg} \beta = \frac{x_2}{f}$$

$$\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta} = \frac{f(x_1 - x_2)}{f^2 + x_1 x_2}$$

d'où :

$$f^2 \operatorname{tg}(\alpha - \beta) - f(x_1 - x_2) + x_1 x_2 \operatorname{tg}(\alpha - \beta) = 0 \quad (4)$$

Cette équation du second degré en f permet de calculer la distance focale, après avoir mesuré $x_1 x_2$ sur la photographie, si l'on a eu soin sur le terrain de mesurer la différence d'azimut $\alpha - \beta$ entre les points A et B en montant le théodolite à la même place que l'appareil photographique ou plus simplement au moyen du cercle ou du sextant si les points sont sensiblement au même niveau que l'observateur. L'équation (4) fournit deux racines; il est évidemment facile de reconnaître celle qui convient. L'équation est générale, quelles que soient les positions relatives des points A et B pourvu qu'on ait soin de considérer les angles et les x comme positifs à droite de o' et négatifs à gauche de ce point.

Il sera préférable de relever une série de points bien visibles combinés deux à deux et de prendre ensuite la moyenne des valeurs obtenues pour f .

J'indiquerai maintenant les méthodes que j'ai imaginées pour repérer la ligne d'horizon et le point principal, basées sur l'emploi de l'horizon de la mer. J'ai tout d'abord gradué — ceci n'a rien de nouveau — les deux planchettes d'objectif de la façon suivante. Sur chaque planchette on a vissé un fragment d'un double décimètre en buis gradué en demi-millimètres. Vis-à-vis de chaque graduation, on a fixé un index métallique (Fig. 5).

Ces échelles permettent de mesurer les déplacements verticaux et latéraux imprimés à l'objectif.

Pour avoir la ligne d'horizon automatiquement tracée sur les prototypes, la plupart des constructeurs placent à toucher la surface sensible deux aiguilles horizontales de part et d'autre du cliché ; ces aiguilles laissent leur image sur la photographie et il suffit de joindre les extrémités de ces images pour avoir, sauf correction ultérieure, la ligne d'horizon. D'autres ont imaginé de tendre deux fils en croix qui impriment leur image et conduisent au même résultat.

Ces procédés, surtout le dernier, ont l'inconvénient de gâter des clichés qui, indépendamment des mesures qu'ils sont destinés à fournir, peuvent offrir un intérêt documentaire et même pittoresque.

J'ai adopté la méthode suivante. J'ai fait construire un cadre en cuivre noir dont l'intérieur affecte exactement la forme d'un rectangle ; ce cadre est assujetti sans ballottements possibles à l'arrière de la chambre noire, à toucher le volet du châssis. C'est par le centre de figure de ce cadre, sur lequel vient s'appliquer tantôt la monture du verre dépoli, tantôt les châssis, que l'on fait passer l'axe optique de l'objectif. L'ouverture intérieure de ce cadre est calculée de façon à être légèrement plus petite que le format des plaques sensibles, de sorte que chaque cliché présente sur son pourtour une bordure transparente A B C D, A' B' C' D' qui s'imprime en noir sur les photocopies.

Si le réglage a été fait — et si l'objectif n'a pas été décentré — le centre O' du rectangle A B C D représente le point principal (fig. 6).

La distance entre le cadre de la chambre et la surface sensible ne dépassant généralement pas 1/2 centimètre, les bords de ce cadre s'impriment d'une façon assez nette sur le cliché, sans pénombre appréciable. La netteté sera d'autant plus grande que le diaphragme sera plus petit, mais elle sera dans tous les cas suffisante.

Sur le cadre en question on colle provisoirement une feuille de papier dioptrique sur laquelle on a tracé préalablement un rectangle de dimensions égales à A B C D — et qu'on fait coïncider avec lui — ainsi qu'un réseau de lignes perpendiculaires respectivement parallèles aux côtés AB et BC du rectangle, à l'écart d'un millimètre environ entre elles. Ce quadrillage servira dans le repérage de la ligne d'horizon et du point principal. On a marqué aussi soigneusement le centre O' du rectangle sur le papier dioptrique.

Exécution du réglage par l'horizon de la mer. — Par temps calme on dresse

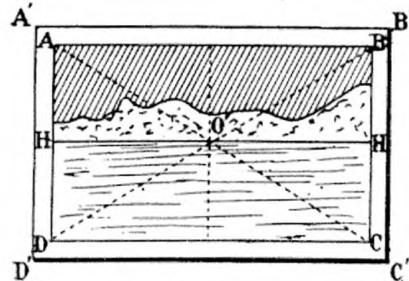


Fig. 6

l'appareil sur une plage, aussi près que possible de la mer, de façon à ce que l'élévation de l'objectif au-dessus de l'eau soit au plus de deux ou trois mètres. On braque l'appareil vers le large et on assure l'horizontalité à l'aide du niveau du pied et de celui de la chambre noire (fig. 7). En regardant sous le voile noir le papier dioptrique — qui joue le rôle de verre dépoli — on met au point d'abord et l'on déplace en hauteur l'objectif jusqu'à ce que l'image de l'horizon de la mer passe par le point O' marqué sur le papier dioptrique.

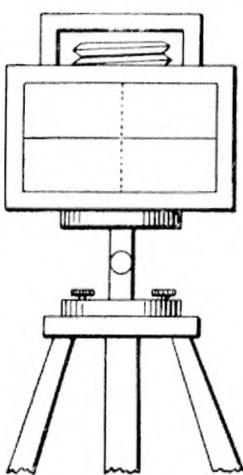


Fig. 7.

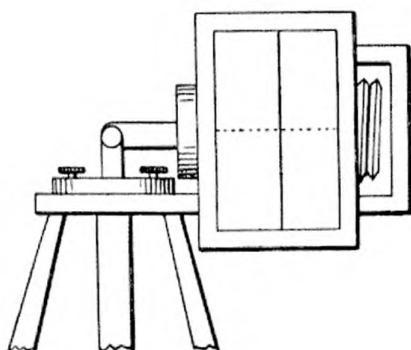


Fig. 8.

On note alors avec soin la division marquée par l'index sur l'échelle E (fig. 5).

On renversera ensuite l'appareil sur le côté en le faisant basculer de 90° (fig. 8) jusqu'à ce que l'image de l'horizon de la mer devienne parallèle aux lignes horizontales du réseau quadrillé. On déplace encore en hauteur l'objectif (ce qui se fait cette fois par la planchette latérale) jusqu'à ce que l'horizon de la mer passe à nouveau par le point O'.

Par la première opération nous avons amené l'axe optique à être contenu dans le plan perpendiculaire au cadre passant par la grande médiane du rectangle. La deuxième opération a conduit l'axe optique à passer par le plan perpendiculaire au cadre mené par la petite médiane. L'axe optique se confond donc désormais avec l'intersection de ces deux plans, c'est-à-dire qu'il perce le cadre au centre du rectangle.

On note alors la division marquée par l'index sur l'échelle F.

On a représenté dans la figure la chambre noire placée dans le sens de la largeur ; on répétera l'opération pour la position en hauteur.

Cas du décentrement. — J'ai supposé jusqu'ici que l'on faisait passer l'axe optique par le centre du cadre. Mais lorsqu'on photographie d'un point élevé, si l'on veut que les premiers plans figurent sur le cliché, il est nécessaire d'abaisser l'objectif de plusieurs centimètres, de manière à reporter l'horizon tout en haut de la photographie.

Dans le cas où l'objectif est bien au centre du cadre, autrement dit que les index occupent sur leurs graduations respectives les positions notées par le réglage décrit plus haut, on a sur chaque photographie le point principal en prenant le centre du cadre dont les bords sont imprimés en noir sur l'épreuve. La ligne d'horizon est la parallèle aux côtés horizontaux du rectangle menée par ce point.

Si l'on a abaissé l'objectif de n millimètres au-dessous de sa position moyenne, ce qu'on lit sur la division de la planchette E, on aura abaissé le point principal de n millimètres sur le cliché renversé, c'est-à-dire qu'on aura élevé ce point de n millimètres sur la photographie redressée.

Même chose pour les déplacements latéraux, en remarquant qu'un écart de l'objectif *à droite* (pour un observateur placé sur l'avant de l'objectif et regardant ce dernier) se traduit par un écart du point principal *à droite* sur la photocopie. On aura d'ailleurs rarement besoin de recourir aux déplacements latéraux.

Remarquons que, puisque $AC = CB$, on a aussi $A'_1 C'_1 = C'_1 B'_1$ et le point C'_1 étant encore le centre de figure de la projection du cadre, on le place aisément sur la photographie.

$$C'_4O'_4 \equiv C'_4O' + O'O'_4 \equiv C'_4O' + n$$

Les triangles semblables $O'C'C$ et CO_1O nous donnent :

$$\frac{C'_1O'}{OO_1} = \frac{CO'}{CO}$$

d'où :

$$C_4' O' = n \frac{e}{f-e}$$

Done;

$$C'_1O'_1 = n \left(1 + \frac{e}{e-f}\right) = n \frac{f}{f-e}$$

$$C'_i O_i = An(5) \quad \text{en posant: } A = \frac{f}{f-e} (6)$$

A est un coefficient calculé une fois pour toutes ; si e est très petit vis-à-vis de f , il sera très voisin de l'unité.

On voit donc qu'il suffit de prendre sur l'épreuve le point O' , à la distance $A\alpha$ au-dessus de C' , pour avoir le point principal.

Correction de la ligne d'horizon sur une photographie. — Lorsque l'horizon de la mer figure sur une photographie, on a un moyen très précis de contrôler la ligne d'horizon vraie.

L'image de l'horizon de la mer sur la photographie n'est pas rigoureusement une droite ; elle en dévie d'autant plus que la station d'où la photographie a été prise est plus élevée. En effet cette image est l'intersection par le plan de la surface sensible du cône mené par le centre optique tangentielle à la surface du globe. Comme la surface

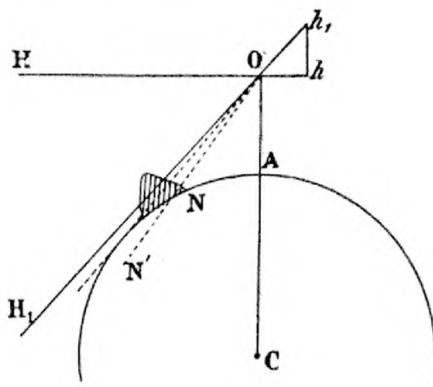


Fig. 10.

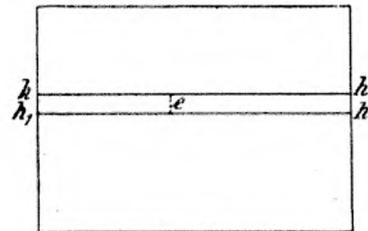


Fig. 41.

sensible est parallèle à l'axe du cône, puisque nous supposons la plaque sensible verticale, c'est donc une hyperbole. Mais le cône est si ouvert et par suite la section si aplatie qu'elle se confond très sensiblement avec la tangente en son milieu sur la photographie.

Soit O la station, à l'élévation $O A = H$ au-dessus du niveau de la mer ; hh étant la ligne d'horizon vraie, h_1h_1 l'image de l'horizon de la mer relevé en H_1 par suite de la réfraction, δ la dépression apparente $H O H_1$, e l'écart entre les deux lignes hh et h_1h_1 (fig. 10 et 11), on a :

$$e = f \operatorname{tg} \delta \quad (7)$$

La dépression apparente δ est donnée par la table XV de Caillet en fonction de H (1).

On tracera sur la photographie *redressée*, *au-dessus* de l'image de l'horizon de la mer, une ligne parallèle à la première et à une distance égale à $f \operatorname{tg} \delta$. Cette ligne sera la ligne d'horizon vraie et on y rapportera toutes les mesures.

Si au lieu de l'horizon de la mer, on a sur le cliché le pied d'une côte N (fig. 10) sensiblement perpendiculaire à l'axe optique, située en deçà de l'horizon visuel (2), on peut encore passer de l'image du pied de la côte à la ligne d'horizon vraie. Il suffit de prendre, au lieu de la dépression apparente de l'horizon, la dépression apparente HON' du pied de la côte. Si ζ désigne cet angle (t. XIV de Caillet) en fonc-

(1) La table de Caillet ne donne la dépression apparente de l'horizon que jusqu'à 420 m., hauteur qu'on dépassera souvent dans l'application de la méthode des dépressions. Mais on calcule facilement δ par la formule : $\delta = 4,8 \sqrt{H}$.

(2) L'angle δ est donné en minutes de degré, la hauteur H étant exprimée en mètres.

(2) C'est-à-dire à une distance en milles de l'observateur inférieure à $4,8 \sqrt{H}$.

tion de la distance de la côte et de l'élévation de l'observateur), la correction à faire est

$$\epsilon = f t g \zeta \quad (8)$$

Tracer par conséquent sur la photographie la ligne $h\ h$ à la distance ϵ au-dessus de l'image du pied de la côte.

Stéréoscopie. — La méthode des intersections du colonel LAUSSEDA^T, la première en date, suppose les deux stations assez éloignées l'une de l'autre pour que les lignes de construction ne se rencontrent pas sous des angles trop aigus. Dans ces derniers temps on a tenté de résoudre le problème de la métrophotographie en procédant dans un ordre d'idées tout différent et en s'appuyant sur les propriétés de la stéréoscopie. Les deux objectifs sont braqués parallèlement, mais leur distance mutuelle est de quelques dizaines de mètres, au lieu de 7 cm à 8 cm seulement (écart des yeux) comme dans la stéréoscopie ordinaire. Ces bases sont donc notablement inférieures à celles que requiert la méthode des intersections où les objectifs sont braqués obliquement et dans des directions autant que possible rectangulaires.

M. le colonel LAUSSEDA^T a fait à ce sujet une communication à l'Académie des sciences.

« Les deux photographies rapprochées l'une de l'autre, dit-il, et placées dans un stéréoscope, donnent aussitôt une sensation de relief du terrain et de tout ce qui le recouvre tel qu'il est permis d'en comparer l'effet à celui que produirait la vue d'un modèle solide exécuté à une petite échelle dont le rapport est celui de l'écartement des yeux à la distance des deux stations, c'est-à-dire à la longueur de la base artificielle (1). »

Plusieurs inventeurs, le Dr PULFRICH, M. E. DEVILLE, M. FOURCAUD, M. CASES, sont partis de là pour établir d'ingénieux appareils. L'un d'eux, le *stéréoplanigraphé*, permet de construire directement *par le tracé sur le relief virtuel du paysage vu dans le stéréoscope* le plan topographique et les courbes de niveau.

En parlant de ces appareils, M. le colonel LAUSSEDA^T dit dans sa communication :

« Je crois devoir les signaler particulièrement à l'attention des explorateurs, des géologues, des aéronautes, des topographes et même à celle des hydrographes, la longueur des bâtiments devenant plus que suffisante pour permettre d'y installer deux appareils identiques qui fonctionneraient instantanément et simultanément à l'aide d'un déclenchement électrique.

« Je ne crois pas me tromper en supposant qu'un système de ce genre serait appelé à rendre les plus grands services dans la reconnaissance des côtes et je crois savoir qu'on s'en préoccupe dans d'autres marines. »

Sans aller jusqu'à l'emploi des instruments cités plus haut, dont quelques-uns ne sont pas encore au point, la stéréoscopie ainsi comprise est destinée à rendre les plus grands services en hydrographie, en ce qui concerne le niveling. En effet le niveling exact n'est pas nécessaire à des cartes marines, il suffit de déterminer avec précision les sommets. Le relief peut être ensuite indiqué d'une façon approchée en supposant de préférence le plan éclairé obliquement.

(1) *De l'emploi du stéréoscope en topographie et en astronomie*, par M. le colonel Laussedat (comptes rendus, t. CXXXVI, p. 22, séance du 5 janvier 1903).

Les stéréoscopies obtenues dans les conditions indiquées, avec des bases variant de 5 à 100 mètres, suffiront la plupart du temps, en les examinant dans un stéréoscope ordinaire, à montrer aux yeux de quelle façon les hachures doivent être orientées et espacées. Prendre ces photographies de préférence d'un point élevé. En les examinant dans le stéréoscope, on a l'illusion d'apercevoir la carte en relief de la contrée ; les îles, les montagnes se séparent, les contours s'arrondissent, tandis qu'à l'œil nu ou sur une photographie ordinaire les divers plans se confondent en un seul.

Les premiers essais que j'ai tentés dans cette voie m'ont donné les résultats les plus satisfaisants. J'ai reconnu qu'une légère convergence des objectifs n'avait pas d'influence sur le résultat final.

Photographie en ballon, en cerf-volant. — La prise des vues soit en ballon, soit en cerf-volant, exige un matériel spécial coûteux et encombrant. Mais, étant donnée en métrophotographie la supériorité de vues obtenues de cette façon, je me permettrai d'en toucher quelques mots. L'emploi des ballons en hydrographie est un peu à l'ordre du jour ; M. l'Ingénieur hydrographe RENAUD les a proposés récemment pour la découverte des roches sous-marines. Les avantages des vues aériennes prises soit en ballon, soit à l'aide d'un cerf-volant, sur des tableaux inclinés ou horizontaux, sont de tout premier ordre :

1^o On peut atteindre par ce procédé des stations élevées, embrasser une plus grande étendue, découvrir mieux et plus complètement les contours des îles et de la côte, atteindre enfin une plus grande précision.

2^o Quand l'axe optique a été dirigé suivant la verticale, c'est-à-dire l'épreuve prise sur un tableau horizontal, l'image n'est autre chose que la carte à une échelle qui est donnée par le rapport de la distance focale de l'objectif à la hauteur de l'appareil au-dessus du sol. M. le colonel LAUSSEDAUT a imaginé un appareil consistant en une sorte de chambre d'agrandissement munie d'un sténopé dont le but est de transformer automatiquement une vue prise sous une certaine inclinaison en une vue horizontale.

Si les ballons sont d'un emploi bien difficile à bord des navires, les cerfs-volants ne participent pas au même degré à ces inconvénients. Des cerfs-volants de petites dimensions suffiront en photographie ; il ne leur faudra qu'une force ascensionnelle réduite pour emporter dans les airs l'appareil photographique à une hauteur pouvant atteindre 1000 mètres ; une vitesse de 4 noeuds suffit pour maintenir en l'air le cerf-volant. Un mécanisme de déclenchement, facile à organiser et qu'on manie d'en bas, permet d'impressionner la plaque sensible quand le système a la hauteur voulue (1).

Dans des parages comme la baie d'Halong au Tonkin, formée de multiples îles rocheuses se masquant les unes les autres et aux sommets presque toujours inaccessibles, on conçoit que cerfs-volants ou ballons seraient d'un grand secours.

Manipulations. — Le traitement des plaques et papiers en métrophotographie n'offre rien de particulier. On peut toutefois observer que l'hydrographe aura souvent à opérer dans la zone tropicale et qu'il devra prendre des précautions spéciales pour éviter les accidents qu'occasionne une température élevée, tels que décolle-

(1) Consulter le livre de M. J. LECORNU : *Les Cerfs-Volants*, 1902, Librairie Nony.

ment ou soulèvement de la gélatine, phénomène de la réticulation, etc. J'ai exposé dans un livre spécial les précautions dont on doit s'entourer (1).

Je traiterai de l'emploi des appareils à main, si utiles dans les levés expéditifs, dans un prochain article. Pour le moment je terminerai cet aperçu rapide sur les services que la photogrammétrie est appelée à rendre en hydrographie par cette conclusion.

Le bâtiment qui s'organisera pour recourir à la méthode photographique toutes les fois que son emploi sera indiqué gagnera un temps considérable dans l'exécution d'une hydrographie détaillée. Avec un laboratoire bien outillé, suffisamment vaste et aéré, des manipulateurs bien dressés les uns au développement des clichés, les autres au tirage des épreuves, le travail de la minute ne sera pas plus long qu'avec les procédés usuels et comme à terre le temps gagné est très considérable, l'avantage restera à la photographie.

A. LE MÉE,
Enseigne de vaisseau.

(1) A. Le Mée, *La Photographie dans la navigation et aux colonies*, 4 vol., 1902, Ch. Mendel, éditeur.

SUR LA REPRODUCTION DES OBJETS DIFFICILES

PAR LA PHOTOMICROGRAPHIE

(Suite) (1)

Avant de poursuivre notre sujet, je tiens à rectifier une petite erreur qui s'est glissée dans le premier renvoi de la page 50 (n° 2 de la présente revue). Au lieu de : « le condensateur à grande ouverture n° 31 de la maison Leitz », il faut lire « le condensateur à grande ouverture n° 31 de la maison Zeiss ».

Cette rectification faite, il convient de compléter ce qui a trait à la reproduction des objets à structure fine en insistant sur ce que j'avais omis de faire remarquer que les objectifs puissants, comme le recommandent, d'ailleurs, tous les constructeurs, doivent être employés avec une longueur de tube bien déterminée, qui est de 160 mm. pour les objectifs construits sur le continent, et de 250 mm. pour les objectifs anglais, et aussi avec une épaisseur bien déterminée des couvre-objet, qui doit être en moyenne de 0 mm. 15 à 0 mm. 47.

Ces deux obligations, que l'on ne fait guère que mentionner dans les traités, sans en donner la raison, méritent cependant quelques lignes de développement, ne serait-ce que pour se rendre bien compte des considérations théoriques qui les motivent. En ce qui concerne la première, on sait que les oculaires ne sont, en général, composés que de simples verres convergents, c'est-à-dire assez fortement entachés d'aberrations, que l'on compense par une aberration de signe contraire laissée à dessein aux objectifs. En d'autres termes, au lieu de réaliser dans ces derniers un système lenticulaire qui dévie les rayons périphériques plus fortement que les rayons centraux, comme le fait une lentille simple convergente, ou même de réunir en un même point de l'axe tous les rayons réfractés, on les construit de telle sorte que les rayons marginaux soient un peu moins déviés que ceux du centre ; ils sont, en un mot, achromatisés ou compensés par excès. Cet excès est facilement reconnaissable à ce que le foyer le plus rapproché est bordé d'un liseré bleu, tandis que dans une lentille simple convergente (corrigée par défaut), ce liseré est rouge. L'opticien combine les courbures de l'objectif, de manière que l'excès de correction compense exactement le défaut d'achromatisme de l'oculaire considéré dans son entier.

Or, ce n'est qu'entre des limites assez rapprochées de distance de l'objectif à l'oculaire que l'achromatisme de l'ensemble est réalisé avec le plus de rigueur, puisque en éloignant de plus en plus l'oculaire de l'objectif, la lentille de champ, conservant un diamètre fixe, n'embrasse guère que les rayons centraux qui ne sont pas affectés d'excès de corrections ; pour que l'achromatisme soit aussi parfait que possible, cette lentille de champ doit, à la fois, recueillir et les rayons du centre et ceux de la périphérie.

Le raisonnement contraire nous indiquerait comment un objectif corrigé pour

(1) Voir *Revue des Sciences photographiques*, nos 1, 2 et 4.

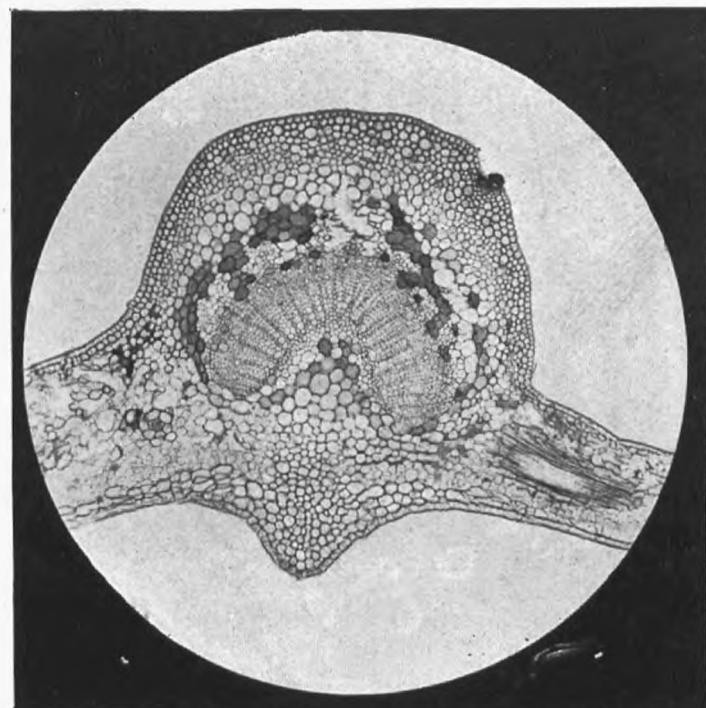


FIG. 15. — Pétiole de feuille de laurier-cerise.

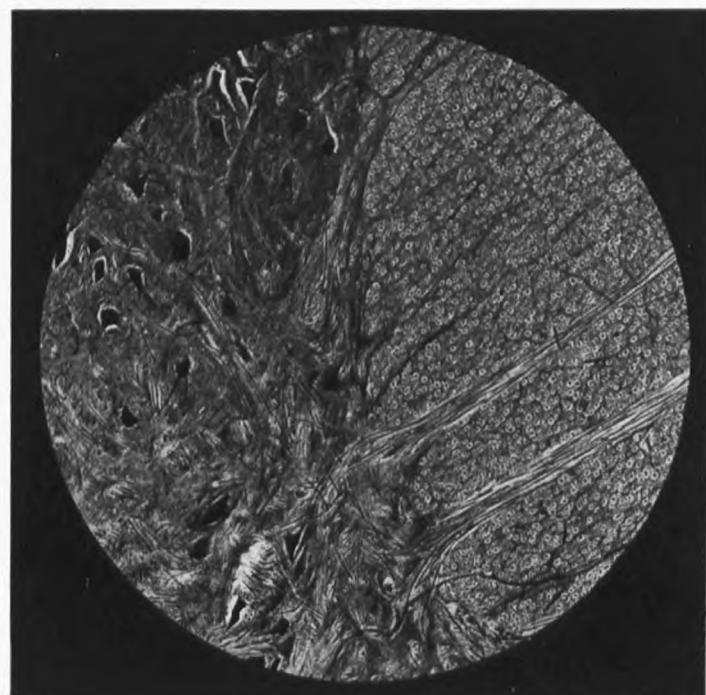
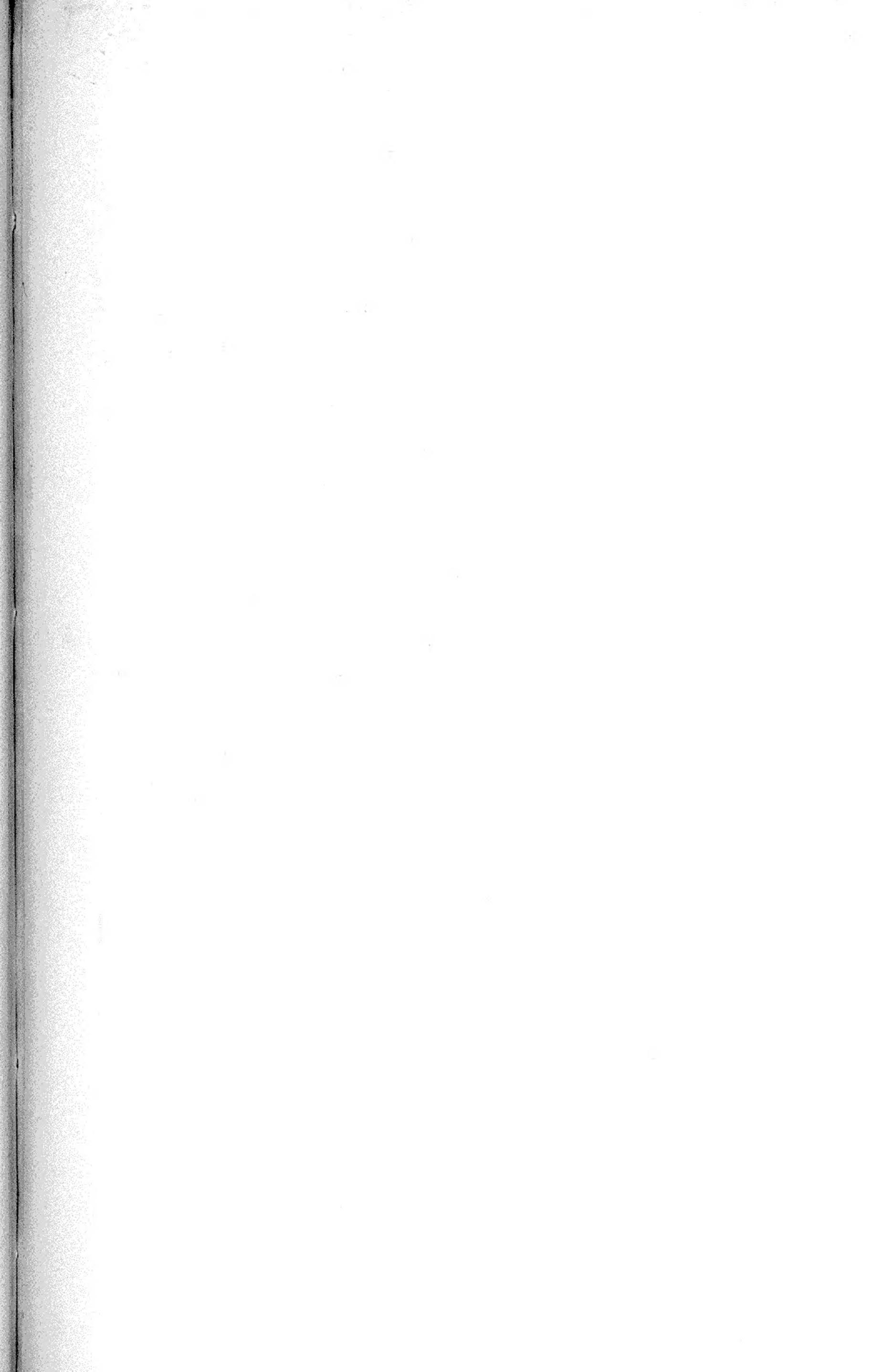


FIG. 16. — Coupe de moelle épinière.





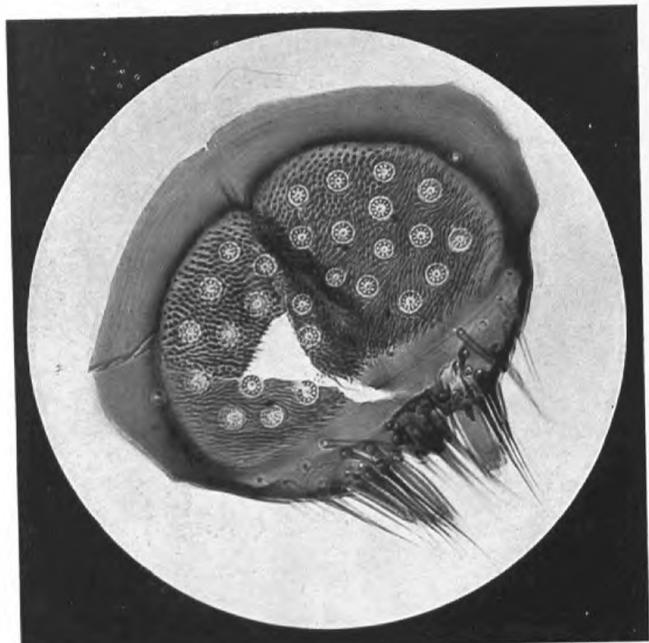


FIG. 17. — Pygidium de puce.

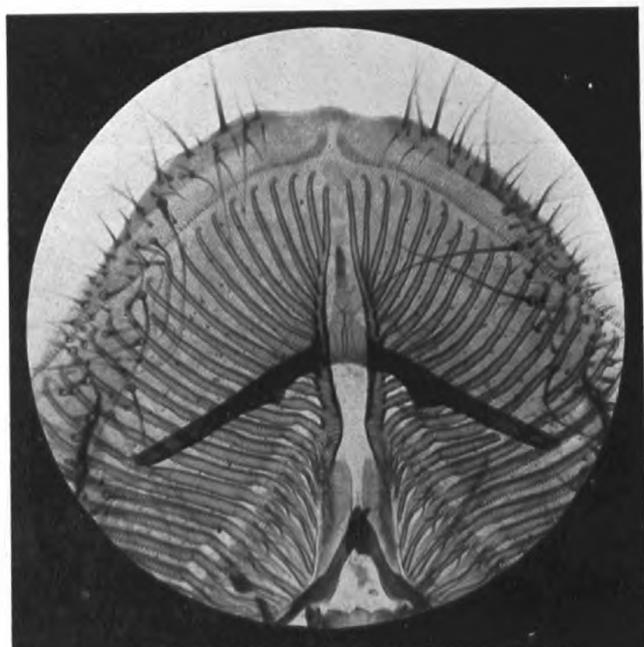


FIG. 18. — Trompe (proboscis) de mouche.



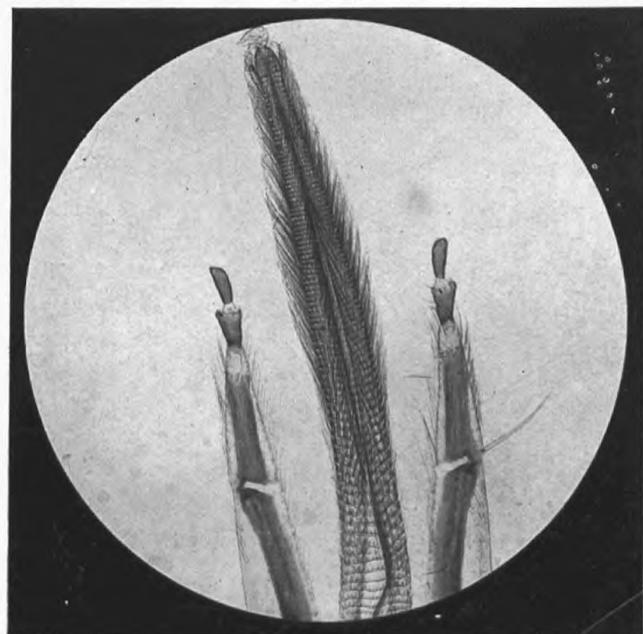


FIG. 19. — Langue d'abeille ouvrière.

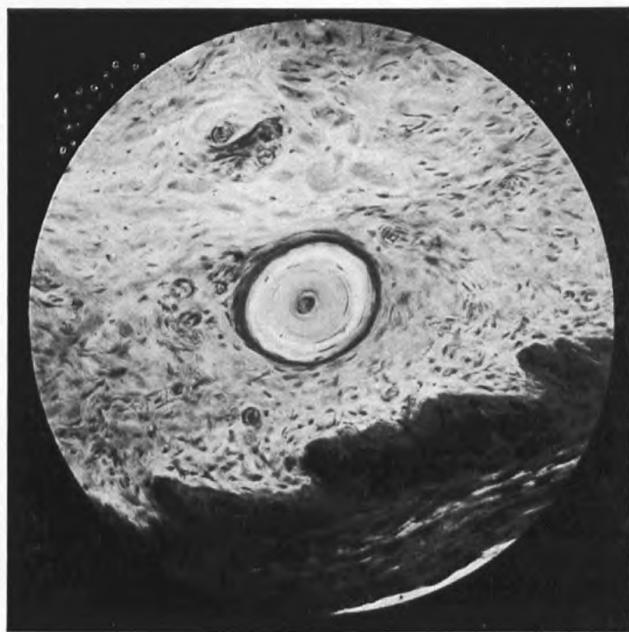


FIG. 20. — Corpuscule de Herbst.



une longueur de tube de 25 cent. travaille dans de mauvaises conditions lorsqu'on l'emploie avec une moindre longueur, par exemple sur le tube continental de 160 mm.

L'objectif est d'autant plus sensible aux variations de longueur de tube qu'il possède une plus grande ouverture, parce que les rayons centraux et marginaux extrêmes concourent alors sous un plus grand angle; comme conséquence l'espace de corrections se trouve d'autant plus réduit.

Examions la seconde condition, celle de faire usage de couvre-objet d'épaisseur uniforme, du moins quand le grossissement est considérable, c'est-à-dire que l'objectif est de foyer réduit et à grande ouverture. La lamelle représente une lame à faces parallèles et dévie, en conséquence, les rayons lumineux qui en rencontrent obliquement la surface. Il en résulte que les rayons émanant d'un même point P (fig. 1) de l'objet prennent, après avoir traversé cette lamelle AB, des directions RT, LE telles qu'ils semblent issus de deux points différents $P'P''$, situés l'un au-dessus de l'autre; c'est-à-dire qu'après cette réfraction ils ne semblent plus homocentriques et cette différence d'homocentricité est variable avec l'épaisseur de la lamelle. L'objectif doit donc être construit de façon que, pour une épaisseur donnée de AB, les rayons qui émergent de la face supérieure de la lamelle aillent se réunir sur l'axe optique en une série de points situés l'un au-dessus de l'autre, mais disposés en un ordre inverse des points P, P', P'' .

Si cette condition n'est pas remplie, si la lamelle est, en d'autres termes, plus épaisse ou plus mince que celle qui répond à la correction de l'objectif, ces points seront dédoublés; l'image obtenue sera donc confuse.

On peut, il est vrai, détruire en partie ce défaut d'homocentricité, c'est-à-dire corriger l'influence de la trop grande ou de la trop faible épaisseur de la lamelle, en allongeant légèrement le tube dans le premier cas et en le raccourcissant dans le second, mais le résultat est meilleur si l'on fait varier la distance relative des lentilles de l'objectif, ainsi que cela a lieu dans les objectifs dits à *correction*. Plus la lamelle est épaisse, plus il faut rapprocher les lentilles les unes des autres; toutefois, dans la pratique on rend la lentille frontale seule mobile, ce qui suffit pour corriger les variations d'épaisseur des lamelles courantes.

Longueur du tube et épaisseur des lamelles sont deux facteurs dont il faut tenir compte pour tirer le meilleur parti possible d'un objectif; le second perd, toutefois, de son importance lorsqu'il s'agit d'objectifs à immersion homogène, sujet sur

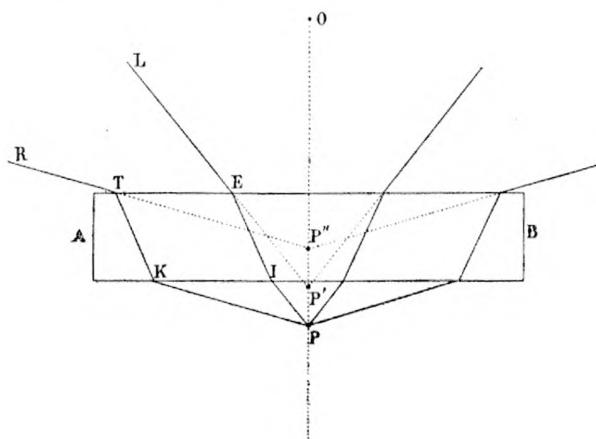


Fig. 1

lequel je ne crois pas utile de m'étendre, puisque au début de ces articles j'ai supposé que le lecteur était au courant des observations microscopiques et avait une parfaite connaissance des systèmes optiques qu'il emploie.

Nous allons maintenant examiner successivement d'autres classes de sujets difficiles à reproduire et, pour suivre l'ordre que nous nous sommes tracé au début, nous allons nous occuper tout d'abord des objets colorés.

La difficulté que l'on rencontre pour reproduire des préparations colorées peut provenir de la nature même de l'objet ou de la façon dont il a été coloré. En effet, plusieurs procédés de coloration, parfaits ou très démonstratifs pour l'examen oculaire, conviennent peu à la reproduction photographique ou du moins celle-ci ne répond pas à ce que l'œil permettait d'apprécier. Cela peut provenir de ce que l'association des couleurs utilisées s'y oppose, soit que l'intensité de la coloration ait été poussée à l'excès ou, qu'au contraire, elle soit insuffisante.

D'une façon générale et au point de vue de leur aptitude à être reproduites par la photographie, les préparations microscopiques peuvent être rangées en trois catégories.

1^o Celles dont les éléments, tout en présentant une bonne élévation, sont sans contrastes trop accusés et possèdent une coloration d'intensité convenable ;

2^o Celles qui comprennent des objets incolores ou dont la coloration est insuffisante ou passée et dont les contrastes sont peu marqués ;

3^o Celles dont certains éléments sont presque opaques ou actiniquement opaques, tranchant ainsi violemment sur le fond ou sur les autres parties de la préparation qui sont beaucoup plus claires.

Les préparations qui peuvent être rangées dans la première catégorie constituent ce que l'on peut dénommer des préparations parfaites ou bien réussies ; leur reproduction n'offre pas de difficultés réelles, quelles que soient, d'ailleurs, les matières colorantes dont on ait fait usage. Elles ne nous retiendront donc pas longtemps, je n'aurai qu'à indiquer la marche à suivre pour que, dans la reproduction, les éléments soient représentés, non seulement dans leurs détails, mais encore avec la valeur relative de ton qui permet de les bien différencier à l'observation directe.

Puisque nous avons à reproduire des objets colorés avec leur valeur de teinte relative, il est évident que nous employerons des plaques orthochromatiques, dont nous compléterons la sélection au moyen d'écrans de teinte appropriée.

Pour fixer les idées, nous supposerons que l'on adopte les plaques orthochromatiques de la Maison Lumière, dont il existe, comme l'on sait, trois séries : la série A, comprenant des glaces sensibles au jaune et au vert ; la série B, des glaces sensibles au jaune et au rouge ; celles de la série C, étant dites panchromatiques, parce que leur sensibilité s'étend à tous les rayons visibles du spectre.

Comme écrans, nous aurons encore recours aux solutions de matières colorantes dans la glycérine ; on préparera à diverses concentrations pour avoir, dans chaque teinte, des écrans de force graduée. Un petit spectroscope de poche m'a semblé toujours à peu près indispensable pour l'essai de ces solutions et les amener simplement au point où, examinées à travers la cuve à faces parallèles de 1 cent. d'épaisseur, elles éteignent suffisamment les radiations étrangères.

Les solutions jaunes seront obtenues avec le jaune naphtol ou la tartrazine, ou encore avec l'acide picrique.

Les solutions jaune-orangé seront composées avec l'orangé G. de Grubler, additionné d'une trace d'écarlate de Biebrich.

Pour le rouge j'ai adopté le picro-carmin d'Orth, plus ou moins allongé de glycérine.

J'ai eu déjà l'occasion de mentionner la composition de la solution verte, c'est l'écran de Gifford au vert de méthyl avec une trace d'acide picrique.

Si je donne la préférence aux écrans liquides, c'est, d'abord, à cause de la facilité que l'on a d'en varier l'intensité, d'en préparer de toutes les teintes possibles et cela pour un prix insignifiant, la seule dépense réside dans l'achat fait, une fois pour toutes, de la cuve à faces parallèles ; enfin on peut ajouter que ces solutions jouent aussi le rôle d'écran athermane.

Supposons d'abord que l'on ait à reproduire un objet n'ayant subi que la simple coloration, que nous pourrions, par conséquent, appeler monochrome ; que cette coloration ait été obtenue au moyen du carmin, de l'hématoxyline, de la safranine, du vert d'iode, du bleu méthylène, etc....

Pour reproduire une telle préparation, nous emploierons, si la coloration est bleue ou violet foncé, des plaques série A et un écran jaune clair ; si la coloration est bleue ou violet clairs, des plaques de la série A et un écran jaune foncé.

Si la préparation est colorée en rouge foncé, orangé ou rouge orangé, prendre une plaque de la série B et un écran orangé ou un écran jaune suivi de l'écran rouge.

Si en emploie les deux écrans mentionnés en dernier lieu, ce qui est préférable à l'écran orangé seul, on effectuera une partie de la pose avec l'écran jaune, soit la moitié de celle reconnue nécessaire avec ce seul écran, puis on lui substitue l'écran rouge clair et, avec celui-ci, on donne une nouvelle exposition dont la durée est le double de celle de la première et quelquefois même le triple, si l'objet est, par exemple, rouge foncé. L'impression avec deux écrans n'est toutefois utile que si la préparation renferme des détails différenciés par une gradation d'intensité de la coloration monochrome, tandis que l'écran orangé seul suffit si la teinte est uniforme, s'il s'agit, par exemple, d'un frottis contenant des bactéries colorées au rouge de Zielh. Je ferai remarquer que pour des préparations de même nature, mais dont les bactéries sont colorées en bleu ou violet clairs, l'écran vert et une plaque série A sera la combinaison qui donnera les meilleurs résultats.

Les préparations que l'on a le plus souvent à reproduire sont à double ou à triple coloration ; pour en obtenir une épreuve dans laquelle tous les détails soient bien lisibles et à peu de chose près à leur valeur relative, nous nous conformerons à la règle suivante :

Faire usage d'une plaque présentant le maximum de sensibilité possible pour les éléments les moins actiniques, et choisir un écran qui éteigne plus ou moins fortement les rayons de même teinte que les éléments dont la coloration a le plus d'activité chimique.

S'il s'agit, par exemple, d'une coloration colorée au picro-carmin, c'est-à-dire dont certains éléments sont colorés en jaune et d'autres en rouge, nous emploierons une plaque de la série B et un écran rouge clair ou jaune orangé.

Il y a souvent avantage avec de telles préparations à faire successivement usage de deux écrans ; c'est ainsi que nous agirons si nous voulons reproduire une coupe dont les tissus sont colorés en rouge au milieu desquels on rencontre des microbes colorés en bleu assez clair (disons en passant que parmi les préparations courantes,

celles dont je viens de citer l'association de teintes présentent toujours de sérieuses difficultés ; nous arriverons probablement au meilleur résultat en nous servant d'une plaque série B et effectuant une partie de la pose avec un écran orangé qui sera ensuite remplacé par un écran rouge. J'ai réuni dans la planche qui accompagne cet article des reproductions de sujets divers mais qui peuvent tous être rangés dans la première catégorie. La figure 15 représente une coupe transversale du pétiole de feuille de laurier cerise, colorée à l'hématoxyle et au vert d'iode. La coupe de moelle épinière (n° 16) constitue un sujet monochrome, en ce sens qu'elle a été simplement colorée au carmin ammoniacal. Les trois autres figures, représentant le frigidium de puce, la partie terminale du proboscis du *musca vomitoria* et la langue de l'abeille ouvrière, sont également la reproduction d'objets monochromes, puisque les préparations ont été faites en conservant à ces objets leur couleur naturelle jaune ou gris clairs ; toutefois la langue d'abeille a été partiellement décolorée à l'eau oxygénée pour la rendre plus transparente.

Enfin la figure 20, corpuscule de Grandry pris dans le bourrelet marginal du bec supérieur du canard, a été photographiée d'après une coupe colorée au picro-carmin.

(A suivre)

L. MATHET

ÉTUDES SPECTROGRAPHIQUES APPLIQUÉES AU PERFECTIONNEMENT DU PROCÉDÉ TRICROME

Par le Docteur J.-M. EDER

Ce travail, présenté par l'auteur en 1902 à l'Académie Impériale des Sciences de Vienne, a été réimprimé depuis sous le titre de *Spectralanalytische Studien über photographischen Dreifarben-druck*; nous en donnons ci-dessous un résumé aussi concis que possible.

Au point de vue industriel, les procédés trichromes les plus importants étant les impressions typographiques et phototypiques, c'est de cette application que nous nous occuperons plus particulièrement; les encres employées généralement sont le jaune de chrome, la laque de garance et le bleu milori.

Le spectre solaire est partagé au moyen d'écrans colorés en trois zones, savoir: l'une de l'extrême rouge jusqu'au voisinage de la raie D pour l'écran orangé, entre les raies D et F pour l'écran vert et de voisinage de F jusqu'à l'extrême violet; tantôt ces zones empiètent un peu l'une sur l'autre, tantôt elles laissent entre elles des intervalles correspondant à des radiations arrêtées par les trois écrans, tantôt enfin elles se rejoignent exactement sans intervalles ni empiètement. Les théoriciens qui, jusqu'à présent, ont recommandé l'un ou l'autre de ces trois modes de réglage, n'ont généralement pas établi pratiquement l'exactitude de leurs déductions en présentant des travaux industriels basés sur les principes qu'ils préconisaient; comme, d'autre part, les industriels se gardent bien de faire connaître la nature ou les formules des écrans qu'ils utilisent, il était indispensable d'entreprendre parallèlement une étude méthodique de divers types d'écrans et l'essai pratique dans un atelier de reproductions industrielles; c'est ce qui a été entrepris dans les laboratoires et ateliers de l'Ecole Impériale et Royale des Arts graphiques à Vienne.

Si l'on pouvait préparer une plaque idéalement panchromatique, c'est-à-dire également sensible à toutes les couleurs spectrales, le problème se simplifierait considérablement, car on n'aurait à se préoccuper que de la détermination d'un jeu d'écrans corrects; mais malheureusement une telle plaque n'existe encore pas; toutes celles que l'on peut actuellement soit se procurer, soit préparer soi-même, présentent non seulement des maxima et des minima de sensibilité, mais aussi des lacunes. Lors même que l'on utilise des plaques distinctes pour chacun des trois groupes de radiations, on constate dans la zone pour laquelle chacune d'elles est utilisée des variations considérables; ainsi beaucoup de plaques orthochromatiques sensibles au jaune et au vert sont de beaucoup plus sensibles au jaune qu'au vert, tandis que l'on devrait avoir une même sensibilité pour le jaune, le vert et le bleu véritable.

Remarquons avant d'aller plus loin que le problème se complique encore par le fait qu'il n'y a pas proportionnalité entre la luminosité de diverses radiations dans le spectre et celle de la lumière réfléchie par des pigments de même nuance. Ainsi, suivant les auteurs, on admet que le jaune spectral, pris au voisinage de la raie D, est de 10 à 30 fois plus lumineux que le bleu spectral pris à F 2/3 G (à une distance de F égale aux 2/3 de l'intervalle entre F et G) et de 20 à 90 fois plus lumineux que le bleu extrême pris en G, tandis que le jaune pigmentaire n'est que 6 à 14 fois plus lumineux que le bleu pigmentaire; le jaune spectral en D est considéré comme de 20 à 40 fois plus lumineux que le rouge à mi-distance entre B et C, tandis que le jaune pigmentaire n'est que 3 à 7 fois plus lumineux que le rouge

pigmentaire ; remarquons d'ailleurs que l'éclat respectif des diverses régions n'est pas le même en passant d'un spectre de réseau à un spectre de prisme ou même d'un spectre de prisme à un autre. Enfin, un écran coloré déterminé n'absorbe pas complètement certaines radiations pour se laisser traverser complètement par d'autres ; avec de faibles éclaircements et des durées de poses restreintes, on constate qu'un groupe très étroit de radiations parvient seul à s'inscrire sur la plaque photographique, mais au fur et à mesure que l'éclaircement ou la durée de pose croissent, la bande photographiée s'étend de plus en plus ; il ne suffit donc pas d'indiquer qu'un écran se laisse traverser par telle région du spectre puisque l'étendue de la région admise varie avec la quantité de lumière et la durée d'action de cette lumière.

Si l'on admet que dans un bon négatif les régions les plus opaques ne doivent pas avoir une densité (logarithme de l'opacité) supérieure à 2,5, on devra régler la quantité de lumière, le temps de pose et le mode du développement de telle sorte que la densité de la région la plus active du spectre photographié ait pour densité 2,5 et rechercher dans ces conditions quelle est l'action photographique des couleurs les moins actives admises par l'écran. Si cette méthode ne peut encore donner de résultats absolus, étant donné que la latitude dans la durée de pose et dans le développement influence la gradation du négatif, elle semble être celle des méthodes susceptibles de fournir les résultats les plus directement utilisables.

De multiples expériences ont montré qu'avec de courtes durées de pose, les radiations dont l'intensité est réduite par l'écran à 30 ou 40 % n'ont plus aucune action ; avec les poses moyennes, on fait intervenir jusqu'aux radiations réduites à 10 % de leur intensité primitive ; enfin avec les longues poses avoisinant la surexposition, les radiations dont l'intensité a été réduite à moins de 5 % de leur valeur primitive donnent encore une teinte dont la densité va de 0,4 à 0,5 quand la densité des parties les plus opaques est 2,5. Ceci suppose évidemment que les plaques employées ne présentent pas elles-mêmes un minimum de sensibilité pour les régions les plus assombries par l'écran.

Pratiquement, on n'aura d'image vigoureuse qu'avec celles des radiations transmises par l'écran avec une intensité au moins égale à 20 % de l'intensité de la radiation la moins absorbée et l'on n'aura de demi-teintes réellement utilisables dans une région donnée que si l'intensité des radiations transmises dans cette région est au moins égale à 10 % de l'intensité des radiations les moins absorbées ; au-dessous de ces valeurs, les demi-teintes obtenues sont si faibles qu'il n'y a plus lieu d'en faire état pour la reproduction trichrome.

La nature des écrans à utiliser étant intimement liée à celle des encres utilisées, il est indispensable de connaître les radiations transmises et celles absorbées par les trois encres fondamentales ; c'est ce qu'indiquent les trois graphiques ci-contre.

Le jaune de chrome a un pouvoir couvrant considérable ; il réfléchit totalement le rouge, l'orangé, le jaune et le jaune verdâtre jusque vers F : l'absorption s'accuse dans le vert à partir de la longueur d'onde 542 $\mu\mu$ pour devenir presque complète entre 500 et 480 ; le bleu, le violet et l'ultra violet sont complètement absorbés.

La laque de garance est parfaitement transparente pour le rouge ; l'absorption commence vers la longueur d'onde 602, est complète de 592 à 500, devient très faible vers 486 et s'annule à 470 $\mu\mu$ pour laisser passer intégralement le bleu, le violet et l'ultra violet.

Le bleu milori absorbe la totalité du rouge et de l'orangé ; en couche mince, il transmet complètement le vert, mais en couche épaisse, il absorbe tout le vert comme le montre la courbe en trait discontinu de la figure 3.

Les couleurs pigmentaires appliquées soit par peinture, soit par impression, réfléchissent toujours un mélange de radiations, et notamment des radiations situées de part et d'autre de la région dont la nuance se rapproche le plus de celle du pigment considéré ; c'est ainsi que nous venons de voir que le jaune de chrome réfléchit, outre le jaune, le rouge orangé et le vert ; les pigments verts réfléchissent en outre du vert spectral, du jaune et du bleu,

et souvent même aussi une bande étroite de l'extrême rouge ; les pigments violet réfléchissent une proportion notable de bleu et de rouge. Cette propriété des couleurs pigmentaires explique le fait expérimenté que des écrans présentant des lacunes permettent cependant à toutes les couleurs d'une peinture d'agir plus ou moins.

Le cliché devant fournir le monochrome jaune doit être produit par les radiations bleu violacé, et le vert ne doit pas agir plus sur cette plaque que le rouge ou le jaune. On peut donc utiliser pour l'impression de ce cliché soit le collodion humide ou de l'émulsion au collodion à base de bromo-iodure d'argent, soit des plaques au gélatinobromure ou au gélatinochlorure d'argent, toutes préparations dont la sensibilité est maxima pour le bleu

Fig. 1.

Jaune de Chrome.



Fig. 2.

Laque de Garance

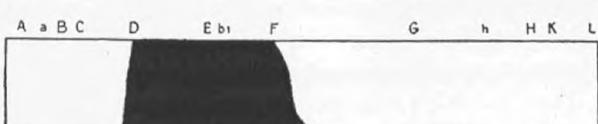


Fig. 3.

Bleu de Milori



et le violet. La plaque au collodion humide, développée en bain acide donne avec un temps de pose normal une image complète des violet et des bleus jusqu'à la longueur d'onde $437 \mu\mu$; le bleu brillant et le bleu verdâtre ne peuvent s'y inscrire, même par surexposition, non plus que le vert, le jaune, l'orangé, ni le rouge ; si l'image n'était pas troublée par l'ultra violet on pourrait donc exécuter au collodion humide sans écran le négatif du jaune. Le gélatinochlorure d'argent, bien que possédant un maximum de sensibilité dans le violet, ne peut être avantageusement utilisé en trichromie par suite de sa trop faible sensibilité au bleu brillant ; la sensibilité à cette couleur apparaît par surexposition mais trop faiblement pour être pratiquement utilisable ; l'émulsion au collodion à base de bromure et d'iodure d'argent peut être employée. Avec une durée de pose suffisante, le gélatinobromure d'argent est très sensible au violet et jusqu'au bleu brillant ; il est faiblement sensible au bleu verdâtre et, avec de très longues poses, il peut donner une image jusque vers la raie D, mais la sensibilité pour ces régions est trop minime pour être utilisable. La pratique a montré que le bleu verdâtre réfléchi par les couleurs pigmentaires agissait trop énergiquement sur les préparations au gélatinobromure, d'où la nécessité d'employer un écran violet ; les écrans bleus, tels que ceux fournis par la solution ammoniacale d'un sel cuivreux, donnent de moins bons résultats.

Un point important à considérer est que dans l'impression en plusieurs couleurs, chaque négatif doit présenter la même gradation des demi-teintes ; des mesures d'opacités effectuées sur des échelles de teintes obtenues dans le sensitomètre Scheiner montrèrent que la gradation n'est pas altérée par l'interposition d'une cuve renfermant une solution de violet de méthyle au $1/10.000^{\circ}$ ou de violet acide au $1/2000^{\circ}$.

Il n'est pas facile de préparer des plaques répondant à toutes les conditions désirables de sensibilité pour l'exécution du négatif du rouge ; la sensibilité doit s'étendre depuis la raie D jusqu'à la raie F, soit dans le jaune depuis la limite de l'orangé jusqu'au vert, à la limite

du bleu, y compris même le bleu verdâtre. La plaque sensibilisée à l'érythrosine (1) est la plus communément employée ; elle fournit d'assez bons résultats mais n'est pas suffisamment sensible au bleu verdâtre, pour lequel elle présente précisément un minimum, et est en revanche trop sensible au jaune ; il serait donc maladroit d'employer, comme on l'a quelquefois toléré, un écran jaune aux lieu et place de l'écran vert qui doit au contraire laisser passer intégralement le vert bleuâtre et atténuer un peu le jaune pur. La plupart des plaques orthochromatiques du commerce sont d'ailleurs sensibilisées à l'érythrosine. L'éosine et les autres colorants du même groupe donnent une sensibilité plus grande dans le vert pur, mais la sensibilité générale et la sensibilité au bleu verdâtre étant moindre que dans le cas de l'érythrosine, on se trouverait amené à l'emploi de poses plus longues. L'émulsion au collodio-bromure sensibilisée aux éosinates d'argent, soit à partir de la tétrabromofluorescéine (sel de sodium), soit avec l'éthyléosine, la phloxine, etc., convient mieux que le gélatino-bromure traité à l'éosine ; la fluorescéine donne une très grande sensibilité au vert, mais est moins sensible pour le jaune-verdâtre ; à tous ces colorants, on doit préférer dans l'émulsion au collodion l'emploi de la monobromofluorescéine (2) qui donne dans le vert sombre une sensibilité égale à celle donnée par la fluorescéine, mais agit moins vigoureusement que l'éosine dans le jaune verdâtre, ce qui précisément est à désirer. À 100 cc. d'une émulsion telle que le collodion du Dr Albert, on ajoute 40 cc. d'une solution alcoolique à 2 p. 1000 de monobromofluorescéine, additionnée facultativement, dans certains cas, d'un peu d'éthyléosine. Toutes les plaques ainsi traitées ayant une sensibilité considérable pour le bleu et le violet, sensibilité propre au bromure d'argent, on doit en tous les cas employer un écran vert.

Le cliché du bleu est exécuté sous écran orangé sur une plaque sensible au jaune et au rouge, depuis la raie D et le plus loin possible dans le rouge mais au moins jusqu'au delà de C. Suivant l'auteur, le noir de laine et la nigrosine donneraient de bons résultats, et pourraient même reproduire le spectre jusqu'en A avec des poses assez longues, mais ces colorants n'ont plus en quelque sorte qu'un intérêt historique, maintenant que le Pinachrome peut donner à la plaque au gélatino-bromure une sensibilité pour le rouge qu'aucun opérateur n'eût osé rêver. Dans le cas de l'émulsion au collodion, on donnera la sensibilité nécessaire en ajoutant à chaque 100 cc. d'émulsion commerciale 5 cc. d'une solution alcoolique à 2 p. 1000 de monobromofluorescéine et 5 cc. d'une solution alcoolique à 2 pour 1000 de violet à l'éthyle, puis plongeant la plaque après étendage de l'émulsion dans une solution à 2 p. 1000 de nitrate d'argent non acidulé et exposant à l'état humide. On ajoute la monobromofluorescéine pour accroître la sensibilité générale et donner des images plus pures. Les émulsions récemment sensibilisées avec ce mélange peuvent quelquefois voiler ; elles travaillent sans voile après une ou deux semaines de repos ou même dès leur sensibilisation, si on plonge les plaques sitôt après la pose dans une solution très étendue d'acide acétique.

En ce qui concerne la nature des écrans colorés, l'auteur fait tout d'abord remarquer qu'un écran n'est nullement déterminé par l'étendue de ses bandes d'absorption ni par la position de ses minimum, car nombre de colorants absorbent encore beaucoup de lumière même dans la zone où ils sont le plus transparents. Ainsi par exemple le violet acide 4 B de Bayer, tout à fait comparable d'aspect au violet de méthyle mais plus stable à la lumière donne, en solution, cinq fois plus concentrée que celle du violet de méthyle, un très bon écran violet, mais il exige une pose beaucoup plus longue par suite d'une absorption assez notable du bleu et du violet que l'œil, même armé du spectroscope, est impuissant à cons-

(1) Les travaux de VALENTA, de HÜBL et de KÖNIG ont d'ailleurs amené à divers procédés de sensibilisation beaucoup plus parfaits.

(2) Jusqu'à ces derniers temps, ce colorant ne pouvait être obtenu régulièrement dans le commerce ; il est maintenant préparé à l'état chimiquement pur aux usines de Hoechst.

tater mais que révèle nettement la plaque photographique, surtout par essais spectrographiques.

Les écrans colorés employés par l'auteur sont des solutions colorées renfermées dans des cuves à faces parallèles de 10 mm. d'épaisseur inférieure ; il insiste sur l'absolue nécessité de désigner explicitement les marques, numéros et nom du fabricant de chacune des matières colorantes indiquées, le même nom désignant quelquefois chez divers fabricants des produits très différents. En outre des essais spectrographiques, il indique dans son mémoire les coefficients d'absorption de divers colorants pour toutes les longueurs d'onde, de 10 en $10 \mu\mu$; nous ne pouvons évidemment reproduire ici ces précieuses indications de

Fig. 4.
Plaque à l'Erythrosine
Ecran Auramine
et Vert Janus G

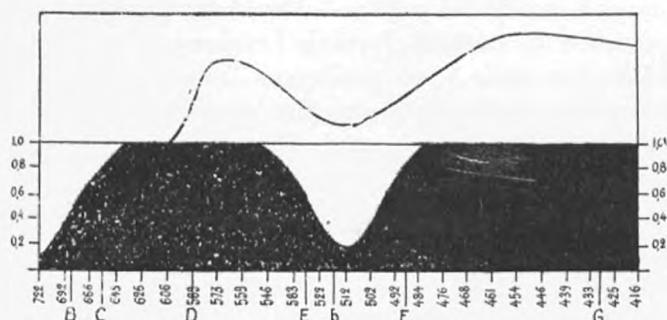


Fig. 5.
Ecran Hübl

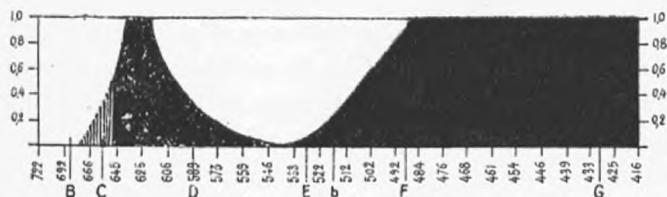
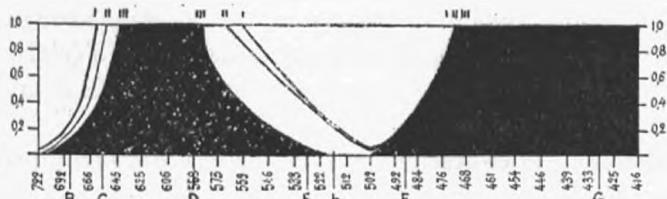


Fig. 6.
Ecrans au Bleu 4B
et au picrate d'ammoniaque



caractère trop essentiellement théorique, mais nous tenons cependant à en montrer l'intérêt par un exemple : un écran au violet de méthyle à $1/10.000^{\circ}$, lorsqu'il est récemment préparé a une transparence variant de 0.88 à 0.18 (1 représenterait la transparence absolue) de la longueur d'onde $694 \mu\mu$ à $625 \mu\mu$; après quelques semaines d'exposition à la lumière il a acquis une transparence absolue dans cette région ; en revanche, la transparence va de 0.13 à 0.03 entre les longueurs d'onde 618 et 483 tandis que sur la solution neuve cette région était complètement absorbée ; enfin la transparence complète ne commence qu'à la longueur d'onde 465 tandis qu'elle commençait à la longueur d'onde 440 sur la solution neuve. Ces variations montrent à l'évidence la nécessité de tenir ces solutions à l'obscurité dans l'intervalle des emplois et de les renouveler fréquemment. Les plaques sensibilisées au bain d'érythrosine exigent, comme nous l'avons vu, un écran vert atténuant une notable proportion du jaune et laissant passer à sa pleine intensité le bleu verdâtre : un écran à base de vert Janus G LUCIUS MEISTER et d'auramine O BAYER ; les deux graphiques (fig. 4) montrent que le maximum de transparence de cet écran correspond précisément au minimum de sensibilité de ces plaques.

Pour cuves de 49 millim. la composition du liquide à employer est :

Eau	400 cc.
Solution à 4 % d'Auramine	40 cc.
Solution à 4 % de Vert Janus G.	40 cc.

Cette formule d'écran présente cependant l'inconvénient de déposer à la longue, aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière, un précipité jaune cristallin dû à une altération progressive de l'auramine, et d'autre part son manque de transparence allonge notablement la pose ; aussi l'auteur lui préfère-t-il un écran à base de bleu nouveau breveté 4 B de Bayer et de picrate d'ammonium, formule I ci-dessous, tandis que pour les plaques orthochromatiques Lumière, série A, on préférerait la formule II et pour des plaques au collodion sensibilisées à la monobromofluorescéine on se tiendrait à la formule III dans laquelle le jaune domine (encore faut-il quelquefois diluer le liquide dans ce dernier cas).

	I	II	III
Solution à 5 % de picrate d'ammonium	30 cc.	30 cc.	30 cc.
Solution à 4 % de bleu nouveau breveté 4 B Bayer	45 cc.	40 cc.	5 cc.
Eau	85 cc.	85 cc.	85 cc.

Le graphique ci-contre (fig. 6) montre l'effet de ces trois proportions de colorants.

La formule d'écran vert de Hübl au vert acide et au bichromate de potassium dont l'absorption est figurée ci-contre (fig. 5) est très lumineuse et donne des résultats satisfaisants, lorsqu'il n'est pas nécessaire d'atténuer surtout le jaune, mais il n'est pas utilisable avec les plaques sensibilisées à l'érythrosine, l'absorption commençant beaucoup trop tôt dans le vert bleuâtre.

L'auteur étudie ensuite l'absorption de divers colorants tels que bichromates de potassium et d'ammonium, orangé 2, auramine et rouge Tolan ; en ce qui concerne ce dernier colorant, souvent indiqué dans la préparation des écrans rouges, il devrait être réservé, à dose suffisamment élevée pour la confection des verres d'éclairage pour laboratoires, car il ne laisse passer absolument que le rouge extrême, mais donne des résultats incorrects comme écran pour la sélection.

Nous résumons ci-dessous les données pratiques employées aux ateliers de l'Ecole Impériale et Royale des Arts Graphiques de Vienne pour l'exécution de clichés sélectionnés et tramés directement, l'original étant éclairé en bonne lumière électrique.

CLICHÉ DU JAUNE

Ecran : Eau pure.

Surface sensible : Collodion humide bromo-ioduré.

Pose préalable sur papier blanc : Diaphragme rond F/50, 40 secondes.

Pose sur le sujet : Diaphragme rond F/25 ou F/18 (1), 2 à 3 minutes.

— Diaphragme carré à diagonales prolongées . . . } environ F/12, 40 secondes.

(1) Ce nouveau colorant est fabriqué dans la qualité ordinaire par la Badische Anilin et à l'état chimiquement pur par les Fabwerke de Hoechst.

CLICHÉ DU ROUGE

Ecran : Formule I ci-dessus au bleu 4B et au picrate.

Surface sensible : Collodion Albert sensibilisé à la monobromofluorescéine.

Pose préalable sur papier blanc : Diaphragme rond F/50, 30 secondes.

Pose sur le sujet : Diaphragme rond F/25, 2 minutes.

— Diaphragme carré, E/18 environ, 1 minute.

CLICHÉ DU BLEU

Ecran : Jaune naphtol à 2⁰/₀₀.

Surface sensible : Collodion Albert sensibilisé au violet d'éthyle et à la monobromo-fluorescéine.

Pose préalable sur papier blanc : Diaphragme rond F/50, 30 secondes.

Pose sur le sujet : Diaphragme rond F/25, de 1 1/2 à 2 minutes.

— Diaphragme carré F/18, 30 secondes.

Les négatifs au collodion humide sont développés au sulfate de fer avec addition d'acide acétique ; les négatifs à l'émulsion sont développés à l'hydroquinone et fixés à l'hyposulfite. Les renforcements se font comme à l'ordinaire.

Traduction L.-P. CLERC pour le Procédé.

(1) Pour les clichés exécutés à taille égale, on opérera à F/18 ; pour les clichés exécutés en réduction à moitié, à F/25.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Effets chimiques de la lumière : Action de l'acide chlorhydrique sur le platine et sur l'or.

Les métaux se partagent en deux classes fondamentales, suivant qu'ils sont attaqués par les acides dénués de propriétés oxydantes, tels que l'acide chlorhydrique, avec dégagement d'hydrogène (métaux alcalins ou alcalino-terreux, fer, zinc, etc.), ou bien qu'ils résistent à ces acides (argent, mercure, or, platine, etc.). Ces derniers métaux se distinguent à leur tour, lorsqu'on opère en présence de l'oxygène libre : les uns absorbent lentement ce gaz, avec formation de sels (chlorure de cuivre, d'argent, etc.) : d'autres demeurent inaltérables dans ces conditions (or, platine, etc.).

J'ai reconnu que l'inaltérabilité de l'or et du platine par l'acide chlorhydrique cesse lorsqu'on opère en présence de la lumière et à la température ordinaire, surtout en ajoutant dans les liqueurs une trace d'un sel peroxydable à l'air, tel que le chlorure manganeux. Il convient d'opérer avec l'acide fumant, c'est-à-dire renfermant une certaine dose d'hydracide libre, non combiné à l'eau, et possédant une tension de vapeur propre et notable.

Ces réactions, d'ailleurs, n'ont pas lieu dans une obscurité complète.

Voici les expériences qui ont duré du 15 février 1904 au 26 mai 1904 ; c'est-à-dire 4 mois :

1. *Or pur*, en lame brillante : 2 gr., 6594 ; 200 cc. d'acide chlorhydrique fumant, d'une densité égale à 1,478 (36 pour 100). Le tout a été introduit dans un flacon de 2 l., rempli d'air, et le flacon a été conservé dans une obscurité complète. Au bout de ce temps, la lame d'or pesait 2 gr., 6597 ; elle était inaltérée. L'acide ne contenait aucune trace d'un métal précipitable par l'hydrogène sulfuré, dans une liqueur acide ou alcaline.

2. *Or pur*, 0 gr., 7114. — Mêmes épreuves, en ajoutant à la liqueur 1 gr. de chlorure manganeux pur. Obscurité complète. Poids final : 0 gr., 7103.

Ces expériences confirment l'inaltérabilité de l'or pur par l'hydracide concentré, dans l'obscurité ; même en présence de l'air et d'un chlorure peroxydable par l'oxygène libre, tel que le chlorure manganeux.

3. *Or pur* : 0 gr., 4233. Mêmes épreuves avec l'hydracide pur. Le flacon était placé à l'air libre, sur une terrasse exposée à la lumière de tous côtés, pendant quatre mois.

Poids final : 0,4403. Perte : 0,013.

La liqueur renferme du chlorure d'or, manifesté par l'hydrogène sulfuré en liqueur acide fournissant du pourpre de Cassius, etc.

4. *Or pur* : 0 gr., 7292. Mêmes épreuves, avec addition d'un gramme de chlorure manganeux. Le flacon exposé à la lumière pendant quatre mois, à côté du précédent.

Poids final : 0,7132. Perte : 0,026.

La lame d'or est dépolie à sa face supérieure. Sa face inférieure, déposée à plat sur le fond du flacon est restée en grande partie brillante. Cette perte est plus forte que la précédente ; mais le poids de l'or était plus considérable.

Il résulte de ces expériences que, sous l'influence de la lumière et de l'oxygène, l'or est lentement attaqué par l'acide chlorhydrique fumant.

Cette attaque a lieu aisément en présence du chlorure manganeux ; ce qui s'explique, d'après les expériences par lesquelles j'ai montré que la présence d'une trace de chlorure manganeux, dans l'acide chlorhydrique fumant, détermine la formation d'une certaine

dose de chlore libre, sous les influences combinées de l'air et de la lumière (1); tandis que cet acide parfaitement pur demeure inattaqué, sans fournir de chlore, dans les mêmes conditions.

Mais il n'en est pas de même en présence de l'or; ce métal donnant lieu à une certaine dose de chlorure d'or, même avec l'acide chlorhydrique pur et fumant, exempt de sel de manganèse ou de fer, sous l'influence prolongée de la lumière.

5. *Platine en lame* brillante : 0 gr., 3621. 200 cc. acide fumant. Flacon de 2 l. rempli d'air.

Mêmes conditions que plus haut, dans l'obscurité complète, 4 mois.

Poids final : 0 gr., 3613.

Aucune trace de métal dissous.

6. *Platine en lame* : 0 gr., 3044. Obscurité.

Mêmes conditions, avec addition de 1 gr. de chlorure manganeux.

Poids final : 0 gr., 3036.

Il résulte de ces expériences que le platine en lame n'est pas attaqué par l'acide chlorhydrique fumant, dans l'obscurité, avec ou sans sel manganeux.

7. *Platine en lame* : 0 gr., 4803. Lumière.

Mêmes conditions que ci-dessus, avec l'hydracide seul.

Au bout de quatre mois, poids final : 0 gr., 4753. Perte : 0 gr., 005.

La liqueur renferme du chlorure platinique dissous.

8. *Platine en lame* : 0 gr., 4369. Lumière. Mêmes conditions, avec addition d'un gramme de chlorure manganeux. Flacon placé à côté des trois précédents. Après quatre mois, poids final : 0 gr., 4250. Perte : 0 gr., 0119.

Il résulte de ces expériences que le platine pur a été lentement attaqué par l'acide chlorhydrique fumant sous l'influence de la lumière.

L'attaque, en présence du chlorure manganeux, sur des poids comparables, a été à peu près double de l'attaque en l'absence de ce sel ; ce qui en établit l'influence accélératrice. Mais sa présence n'est pas indispensable.

La lumière agit, dans ces expériences, pour déterminer l'attaque des métaux, de même que dans les oxydations accomplies par l'air atmosphérique sur les composés organiques ; elle provoque une fixation d'oxygène libre, qui déplace le chlore de l'acide chlorhydrique. Envisagée à ce point de vue, elle détermine des effets comparables à ceux de l'oxygène électrolytique (2).

(Communication de M. BERTHELOT, à l'Academie des Sciences, 30 mai 1904.)

Sur l'adaptation de la plante à l'intensité de la lumière.

Chaque phénomène photochimique ou photomécanique considéré isolément s'effectue entre des limites déterminées d'intensité lumineuse. Comme les phénomènes photochimiques et photomécaniques des plantes se produisent pour des intensités très différentes, on ne peut pas douter que la plante, dans sa totalité, ne se soit accommodée à des intensités moyennes de lumière. Mais ce problème se complique par le fait qu'un même phénomène photochimique ou photomécanique s'accomplit chez les différentes plantes à des intensités lumineuses différentes.

Pour étudier ce problème, M. WIESNER s'est occupé pendant plusieurs années de mesurer la quantité de lumière reçue par les plantes. Ce sont les résultats de cette étude qu'il résume dans sa communication.

(Académie des Sciences, 30 mai 1904.)

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 6^e série, t. XIX, p. 317.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 5^e série, t. XVIII, p. 396.

Action de la lumière sur l'anthracène.

MM. LUTHER et F. WERGERT ont étudié l'action de la lumière sur l'anthracène qui est transformé en dianthracène. La quantité de dianthracène formé semblant être proportionnelle à la quantité de lumière reçue par unité de temps, on pourrait utiliser cette action de la lumière pour déterminer la quantité totale de lumière utilisée dans certaines expériences.

(*Académie royale des sciences de Berlin*, 3 mai 1904.)

Comparaison de courbes à diverses échelles.

Pour comparer des courbes construites à différentes échelles, pour augmenter ou diminuer dans un rapport donné les ordonnées d'une courbe, M. G. J. BURCH emploie deux lentilles cylindriques d'égale puissance qui servent à projeter les courbes sur un écran.

Si on place une des lentilles, son axe étant vertical, à une distance u de l'objet; l'autre lentille, son axe étant horizontal, à une distance v de l'écran, l'image projetée sur celui-ci est agrandie $\frac{v}{u}$ fois verticalement et $\frac{u}{v}$ fois horizontalement. On a entre u et v la relation

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

(*Société royale de Londres*, 10 mars 1904.)

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Expériences sur l'orthochrome.

La transformation des préparations sensibles ordinaires en préparations panchromatiques s'effectuait, jusqu'à présent, au moyen de la cyanine, indiquée jadis par VOGEL : l'emploi de ce colorant, par suite de la présence d'impuretés, dont on n'avait pu jusqu'ici le séparer, et, par suite aussi de son insolubilité dans l'eau, présentait d'assez nombreux inconvénients; la cyanine devait, en outre, être mélangée à d'autres colorants destinés à compléter son effet.

Le Dr KÖNIG, de la fabrique de colorants Lucius Meister et Bruning de Hoechst-sur-Mein, entreprit il y quelques années l'étude des dérivés de la cyanine et parvint à isoler à l'état de pureté absolue une série de nouveaux colorants, tous particulièrement intéressants au point de vue de l'orthochromatisme, et parmi lesquels il faut citer, en première ligne, l'*orthochrome T* et l'*éthylcyanine T*.

L'*orthochrome T*, colorant rouge violacé, est de propriétés assez analogues à celles du rouge éthyle, employé en ces dernières années par MIETHE et TRAUBE ; mais, d'une part, son prix est très inférieur et, d'autre part, il donne aux plaques une sensibilité beaucoup plus étendue dans le rouge.

Deux spectres ont été photographiés avec le spectrographe normal à réseau de diffraction moulé TALLENT, construit par Calmels, l'un sur plaque Lumière étiquette bleue, l'autre sur plaque de même émulsion traitée à l'*orthochrome T* (1). M. F. MONPILLARD a mesuré à l'aide de son opacimètre comparateur les opacités aux divers points des négatifs de ces spectres, ce qui lui a permis de dresser un graphique de comparaison, donnant la mesure du noircissement pour les diverses radiations ; la pose avait bien entendu été la même pour les deux plaques. On constate, sur ce graphique, l'existence de légers minima de sensibilité à la raie F (bleu verdâtre) et à mi-distance entre D et E (vert jaunâtre ; ces minima disparaissent d'ailleurs si la pose est quelque peu prolongée ; on constate enfin une diminution de la sensibilité pour le violet extrême, et cette particularité est le plus généralement avantageuse ; avec les poses courtes, comme c'est le cas pour les spectres qui ont été comparés, la sensibilité se limite à mi-distance entre C et D (limite de l'orangé et du rouge) ; avec des poses plus longues et, surtout par l'emploi d'écrans jaunes convenables, la sensibilité s'étend dans le rouge jusqu'à mi-distance entre les raies B et C, soit bien au delà de la limite de sensibilité du plus grand nombre des plaques orthochromatiques ou panchromatiques que l'on puisse actuellement se procurer. Enfin les spectres obtenus et le graphique de M. MONPILLARD montrent que le traitement des plaques par l'*orthochrome T* n'abaisse pas leur sensibilité générale comme le faisait le traitement par la cyanine.

L'*éthylcyanine T* qu'on emploie de la même façon que l'*orthochrome*, orthochromatise pour le jaune et le rouge jusqu'en B.

Il est bon de signaler ce fait, encore inexpliqué, que les propriétés de ces sensibilisateurs ne se manifestent pas indistinctement sur toutes les marques de plaques.

(Le Procédé, janvier 1904, p. 5.)

M. A. PAYRE a fait de nombreuses expériences sur les propriétés de l'*orthochrome* ; nous extrayons de son travail, paru en anglais, les remarques suivantes dont nous empruntons la traduction à la revue *Le Procédé* :

(1) Pour l'usage, on baigne les plaques deux minutes dans le bain :

Eau distillée.	200
Ammoniaque pure.	2
Solution au $\frac{1}{100^{\circ}}$ d' <i>orthochrome T</i>	3 à 4 cc.

On rince deux à trois minutes en eau fréquemment renouvelée et on sèche. Les plaques ainsi traitées se conservent plusieurs mois sans rien perdre de leur sensibilité.

L'auteur a eu surtout en vue l'influence de la sensibilisation de plaques commerciales au moyen de l'orthochrome T sur la sensibilité générale. En opérant tout d'abord sur des plaques de sensibilité moyenne, il constata que la sensibilité générale était quadruplée, lorsque les essais étaient effectués à la lumière d'une bougie ; répétant l'expérience sur une plaque extra-rapide l'accroissement de sensibilité n'était plus que de 3 à 5, mais, fait curieux à constater, la sensibilité générale ainsi acquise était exactement la même que celle obtenue sur la plaque lente après traitement à l'orthochrome. Il semblerait donc que la sensibilité générale des plaques ainsi traitées soit, dans une certaine mesure, indépendante de la sensibilité primitive.

L'accroissement de la sensibilité apparente est moins considérable lorsqu'on opère soit avec la lumière du jour, soit avec la lumière de l'arc électrique, la lumière étant alors plus riche en radiations bleues et violettes qui agissent plus énergiquement sur la plaque ordinaire que sur la plaque traitée à l'orthochrome. Il est facile avec un écran jaune pur ne multipliant que très faiblement la pose, d'obtenir sur les plaques baignées à l'orthochrome un rendu très correct des couleurs quand on opère en lumière naturelle ou à la lumière de l'arc ; avec les sources de lumière plus jaunes, telles que bougies, lampes à pétrole, gaz ou incandescence électrique, l'emploi de tout écran est inutile et l'on peut obtenir directement un rendu parfait.

La grande sensibilité de ces plaques pour le jaune les rend précieuses pour tous ceux qui ont à opérer en lumière plutôt jaune ; la pose est alors réduite de plus de moitié en même temps que le rendu se trouve amélioré. A titre d'exemple, l'article est accompagné, en outre d'une série de clichés de spectres exécutés avec le spectrographe Tallent, d'une photographie prise au théâtre avec l'éclairage normal de la scène, en une demi-seconde à l'ouverture de F/8 ; avec les objectifs très lumineux dont on dispose actuellement, il serait donc possible, en certains cas, de faire presque de la photographie instantanée au théâtre, de sa place et sans autorisation d'aucune sorte.

Des expériences spectrographiques de l'auteur, résulte que la plaque sensibilisée à l'orthochrome donne une marge plus étendue vers le rouge qu'une plaque sensibilisée à la cyanine exposée pendant trois fois plus de temps.

(*Photography*, 28 mai 1904.)

Sensibilisateurs.

M. R. NAMIAS a étudié, au point de vue thermochimique les principales réactions provoquées par la lumière : les unes sont des réactions exothermiques, la lumière accomplit alors un véritable travail ; les autres sont endothermiques, la lumière agit comme exciteur. L'auteur insiste surtout sur les phénomènes de sensibilisation et rappelle qu'il a décrit en particulier, dans le *Jahrbuch für Photographie* l'action sensibilisante de l'oxalate d'argent.

Les sensibilisateurs chimiques que l'on mélange aux haloïdes d'argent sont ou ne sont pas sensibles à l'action de la lumière ; quand ils sont sensibles, leur sensibilité est inférieure à celle de l'haloïde : tel est le cas des citrate, tartrate, lactate, albuminate, oxalate d'argent.

Il y a lieu de distinguer les *sensibilisateurs optiques* dont l'effet est dû simplement à une absorption de radiations et les *sensibilisateurs chimiques* pour lesquels l'absorption est accompagnée d'une transformation en énergie chimique.

La sensibilité n'augmente pas avec la quantité de sensibilisateur optique introduite : pour certaines radiations, une quantité infinitésimale suffit ; si on dépasse une certaine limite la sensibilité au lieu d'être augmentée est diminuée et peut parfois être annulée.

L'étude des sensibilisateurs offre un vaste champ aux chercheurs ; en particulier elle est entièrement à faire en ce qui concerne certaines radiations telles que les rayons X, les rayons Becquerel, etc.

(D'après *Phot. Correspondenz.*)

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

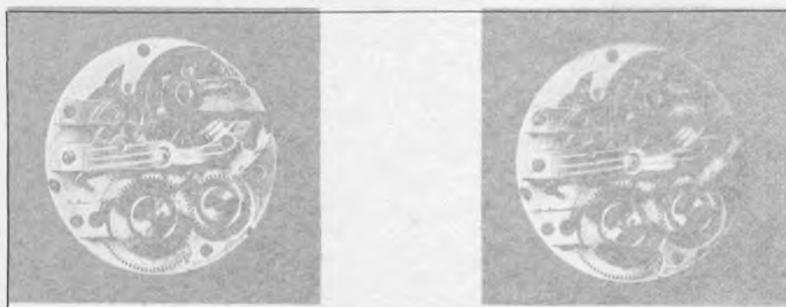


FIG. 5. — Montre : Relief correct.



FIG. 6. — Montre : Relief exagéré.



FIG. 7. — Coquillage.



FIG. 8. — Oeil humain.





PHOTOGRAPHIE STEREOSCOPIQUE A COURTE DISTANCE

EFFETS DIVERS DE RELIEF STEREOSCOPIQUE (1)



Le charme tout spécial que revêt l'image photographique quand elle est sous forme stéréoscopique, justifie la vogue dont jouissent actuellement les appareils qui, sous un format restreint, permettent de reproduire, avec leur relief et leur aspect vrai, les sites et les objets photographiés.

Ces appareils sont construits généralement pour reproduire des sujets de grandes dimensions ; ils se prêtent mal à la photographie de petits objets qui exigeraient, pour figurer à une échelle convenable sur les épreuves, qu'on pût opérer de très près.

D'autre part, quand on exécute, à des distances de plus en plus faibles, la photographie stéréoscopique d'un objet avec un appareil binoculaire O_1O_2 , construit d'après les données courantes, c'est-à-dire avec un appareil dont l'écart des objectifs est fixe et égal à celui des yeux (63 millimètres environ), on ne tarde pas à rencontrer une difficulté. Les images A_1A_2 de la partie centrale A de l'objet visé (fig. 1, a) cessent de tomber sur les centres M_1, M_2 des parties de la plaque sensible où doivent s'imprimer les deux épreuves. Le point A_1 est décentré à gauche, tandis que A_2 l'est à droite. De sorte que l'une des épreuves contient surtout la moitié gauche du sujet, l'autre contenant surtout la moitié droite. La partie commune aux deux épreuves, la seule pour laquelle apparaît le relief, se réduit alors à une bande de plus en plus étroite à mesure que l'on opère de plus près. La largeur de cette bande peut même tomber à zéro, si l'on opère à une distance suffisamment faible. On a alors une épreuve évidemment inutilisable au stéréoscope.

La figure 2 donne l'aspect d'une pareille épreuve. C'est celle d'un mouvement de montre photographié à la distance de 45 centimètres à l'aide d'un vérascope.

Même avant d'arriver à cette limite, on rencontre une autre difficulté. Dans le tirage de l'épreuve positive, qui nécessite, comme on sait, l'interversion des deux cli-

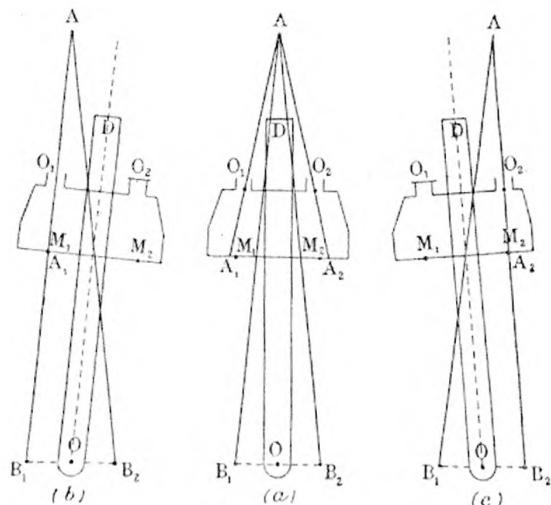


Fig. 1.

(1) Communication faite à la Société française de physique, Séance du 7 mars 1902.

chés droit et gauche, le décentrement des points A_1 , A_2 subsiste, mais en sens contraire. La distance qui sépare les points A_1 , A_2 sur cette épreuve devient plus faible que celle des yeux. De sorte que, quand cette photographie est placée dans un stéréoscope à lentilles convergentes, de foyer équivalent à celui de l'appareil photographique, les yeux doivent faire un effort de convergence d'autant plus grand que le décentrement est lui-même plus grand. Il en résulte une difficulté croissante, et même bientôt l'impossibilité, d'obtenir la superposition stéréoscopique de la partie commune aux deux épreuves.

On pourrait songer, pour éviter cet inconvénient, à écarter l'une de l'autre, en sens contraires, les deux épreuves positives, de manière à augmenter la distance des points

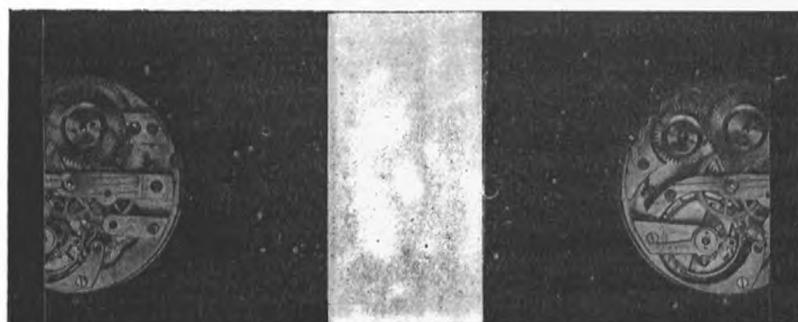


Fig. 2.

correspondants A_1 , A_2 et, par suite, à diminuer l'effort de convergence des yeux. Mais cette manière d'opérer, outre qu'elle ne remédierait en rien à la première difficulté signalée, entraînerait dans la forme apparente de l'objet reconstitué une altération mise en évidence et étudiée en détail par M. CAZES (1). Cette altération consiste en une augmentation progressive de l'épaisseur apparente de l'objet, comparativement à ses dimensions transversales. Cette augmentation d'épaisseur s'exagérerait en même temps que les déplacements latéraux qu'on ferait subir aux images, et, par suite, à mesure que l'on opérerait de plus près. On arriverait alors bientôt à avoir, aux courtes distances, des objets reconstitués paraissant avoir une épaisseur deux ou trois fois plus grande que leur épaisseur réelle, comparativement à leurs dimensions hauteur et largeur.

En résumé, par cette manière de faire, on aboutirait à un développement croissant du relief, qui deviendrait bientôt exagéré et inacceptable en pratique.

J'ai combiné un dispositif de banc optique qui, tout en corrigeant le premier défaut, permet d'atténuer également le second d'une manière systématique, de façon à donner un relief pratiquement satisfaisant.

L'appareil photographique O_1O_2 est placé sur une réglette OD , le long de laquelle on peut le faire glisser, de manière à l'amener à telle distance que l'on veut du sujet A à photographier. Cette réglette peut tourner autour de son extrémité O . Orientons-la de manière que le centre du sujet A se trouve sur la ligne de symétrie de l'appa-

(1) L. CAZES, *Stéréoscopie de précision*, p. 23; Pellin, éditeur, 21, rue de l'Odéon.

reil (fig. 4, a), les images de A tomberont en A_1 , A_2 ; nous aurons le décentrement des images indiqué plus haut. C'est ce décentrement qu'il s'agit de corriger.

Considérons, à droite et à gauche du point O, deux points B_1 , B_2 , placés symétriquement et séparés par une distance égale à celle des objectifs O_1 , O_2 . Tirons les lignes AB_1 et AB_2 , et faisons tourner tout le système autour de O, de manière que l'objectif O_1 vienne sur la ligne AB_1 . Cette position de l'appareil est représentée (fig. 4, b). On voit que l'image A_1 , de A tombe maintenant au milieu M_1 de la partie gauche de la plaque sensible. Le sujet se retrouve donc centré, et cela, quelle que soit la position de l'appareil le long de la réglette OD, puisque, quand on le fait glisser sur toute cette longueur, l'objectif O_1 reste sur la ligne AB_1 . On fera donc une première pose à l'aide de l'objectif O_1 , en ayant soin de masquer O_2 .

Faisons ensuite tourner à nouveau tout le système autour de O, de manière à amener l'objectif O_2 sur la ligne AB_2 (fig. 4, c). Nous aurons, de même, l'image A_2 , de A, centrée au milieu M_2 de la plaque de droite. Nous ferons donc une seconde pose avec l'objectif O_2 en masquant O_1 . Les deux images droite et gauche ainsi centrées seront alors optiquement superposables dans toute leur étendue, quand on les placera dans le stéréoscope. Cette superposition se fera facilement et sans efforts anormaux de convergence des yeux, puisque, grâce au déplacement de la plaque sensible d'une pose à l'autre, la distance des images correspondantes A_1 , A_2 , sur cette plaque, est devenue égale à la distance qui sépare les deux objectifs, c'est-à-dire les deux yeux.

Mais ce même déplacement entraînerait la déformation en profondeur de l'objet, indiquée plus haut, si l'écart des objectifs au moment des deux poses était resté égal à celui des yeux. Il suffit d'examiner la fig. 4 (a), pour voir qu'il n'en est pas ainsi. En effet, les deux objectifs O_1 , O_2 , au moment où on les utilise pour les deux poses, se trouvent respectivement sur les deux lignes AB_1 , AB_2 . Tout se passe donc comme s'ils avaient présenté, au moment de ces deux poses, un écart fictif égal à celui intercepté entre les deux droites AB_1 , AB_2 , par la ligne O_1O_2 . Cet écart est inférieur à O_1O_2 . Toutes les autres conditions restant les mêmes, cet écart sera d'autant plus petit que le centre de rotation O de la réglette sera plus éloigné en arrière de l'appareil, puisque la longueur B_1B_2 est constante et égale à O_1O_2 . Si donc le point O est mobile le long de la réglette, on pourra, en déplaçant ce point, faire varier l'écart fictif des objectifs et, par suite, l'épaisseur apparente de l'objet reconstitué.

L'expérience montre que, quand on opère à la distance de 20 centimètres, par exemple, de l'objet à reproduire, avec un appareil tel qu'un vérascope (foyer des objectifs, 55 millimètres), on obtient une épreuve donnant, au stéréoscope, la sensation de l'épaisseur vraie de l'objet en éloignant le centre de rotation O à une distance considérable (1 à 2 mètres) en arrière de l'appareil. Si l'on donnait à la réglette OD cette même longueur, pour placer le centre de rotation O à son extrémité, on aurait un appareil très encombrant et difficile à manier. Grâce au dispositif qui va être décrit, on peut, tout en ne donnant à la réglette qu'une faible longueur, la faire tourner autour d'un centre fictif placé à telle distance que l'on veut en arrière de l'appareil et, par suite, obtenir, pour un objet donné et à une distance donnée, tous les degrés de relief que l'on désire.

Soit OB la réglette (fig. 3, a), supposée débarrassée de l'appareil photographique, et O son centre de rotation. À l'extrémité opposée, elle porte une coulisse $C_1C'_1$, avec un butoir intérieur B, qui permet de l'amener sans tâtonnements dans les positions voulues pour effectuer les deux poses. Un coup d'œil jeté sur la fig. 4 permet de

reconnaître immédiatement que la longueur de cette coulisse doit être pratiquement égale à la distance qui sépare les objectifs, si l'on suppose que l'objet A à photographier se trouve à l'extrême de la réglette. Admettons que la longueur de cette réglette soit jugée trop faible pour placer le point O à une distance suffisante, on remplacera ce point O par une deuxième coulisse $C_2C'_2$, plus courte que la première

(fig. 3, b) et munie elle-même d'un butoir intérieur B'. Si, pour faire les deux poses nécessaires, on a soin de pousser à fond les coulisses contre les butoirs, alternativement à droite et à gauche, on voit (fig. 3, b) que tout se passera comme si la réglette avait tourné autour du point O'. Ce point sera d'autant plus éloigné que la longueur de $C_2C'_2$ sera plus voisine de celle de $C_4C'_4$.

Pour une longueur égale des deux coulisses, le point O' serait rejeté à l'infini. Le déplacement de l'appareil photographique, d'une

pose à l'autre, deviendrait un simple déplacement transversal par translation, égal à la distance même des objectifs. Les deux épreuves droite et gauche seraient alors identiques et le relief nul.

En pratique, on donnera à la coulisse $C_2C'_2$ une longueur égale à celle de $C_4C'_4$, mais on limitera la course de l'extrême postérieure de cette réglette à telle fraction que l'on voudra de cette longueur. J'ai adopté pour cela deux disques DD' tournant autour des deux points excentriques E, E', et pouvant se fixer, à l'aide de vis de pression, dans telle position que l'on veut autour de ces deux points. L'intervalle qu'ils laissent entre eux varie avec cette position des disques ; par suite, le déplacement de l'extrême postérieure de la réglette se trouve limité à telle valeur que l'on désire.

C'est donc par le déplacement de ces disques D, D' que l'on obtiendra, pour l'objet photographié, tel degré de relief que l'on jugera convenable. J'ai pris, de cette manière, une série de dix épreuves d'un même mouvement de montre, photographié à la distance de 45 centimètres avec des positions du point O variables depuis l'infini jusqu'à la ligne O_1O_2 elle-même, c'est-à-dire avec un écart des objectifs variable depuis zéro jusqu'à la distance même qui les sépare sur la chambre noire (63 millimètres). Ces épreuves, examinées chacune à leur tour, donnent l'illusion d'une montre qui, tout en conservant un diamètre constant, prendrait une épaisseur variable de zéro à plusieurs centimètres. Parmi ces épreuves, l'une donne l'illusion correcte de l'épaisseur réelle de la montre : c'est celle qui a été prise pour une position du centre de rotation O placée à 1^m,50 en arrière de l'appareil. Cela correspond à un écart fictif des objectifs égal à 6 millimètres environ.

Les figures 4 et 4 bis donnent une vue d'ensemble de l'appareil, en perspective, et en projection horizontale.

On voit en F F' les deux disques excentriques maintenus en place par deux bou-

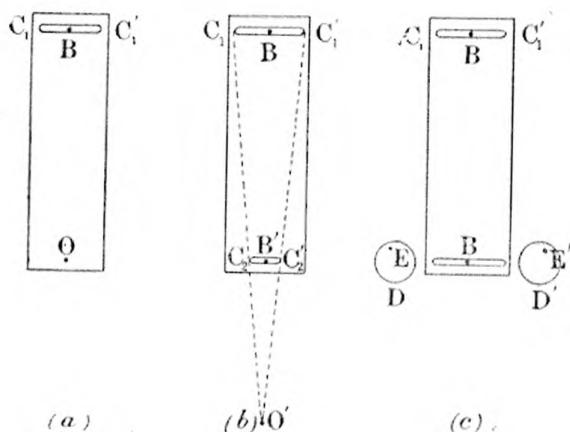


Fig. 3.

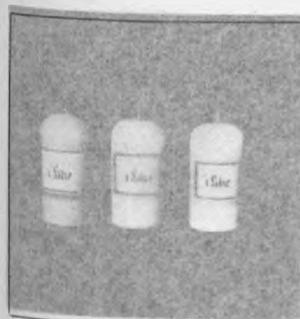
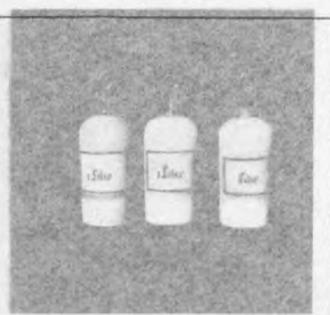
FIG. 9. — *Trois flacons.*

FIG. 9 bis.

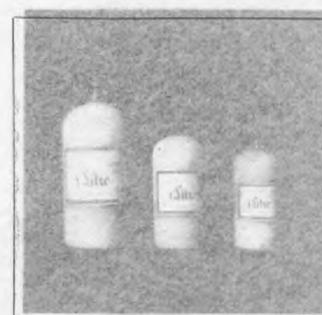
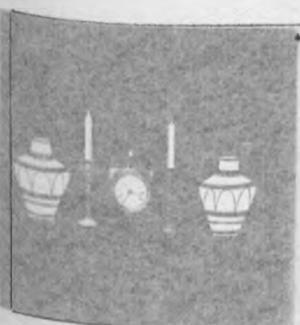
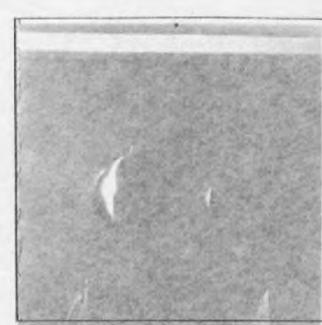
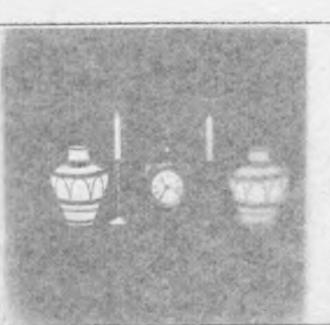
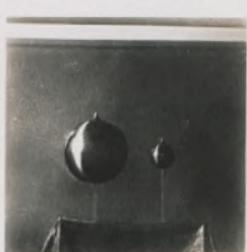
FIG. 10. — *Flacons et verres.*

FIG. 10 bis.

FIG. 11. — *Boules dans l'espace.*

FIG. 11 bis.

FIG. 12. — *Garniture de cheminée.*FIG. 12 bis.
PLANCHE II.



SCD
BIBLIOTHÈQUE CENTRALE
CONSEIL NATIONAL
DES MÉTIERS

tons de serrage I I'. C est l'objet à photographier et P l'appareil stéréoscopique qui sert à en donner l'épreuve binoculaire.

Nous donnons en 5 et 6 la reproduction de deux photographies des mouvements de montre dont il vient d'être question. La figure 5 correspond au relief correct et la fig. 6 au relief exagéré.

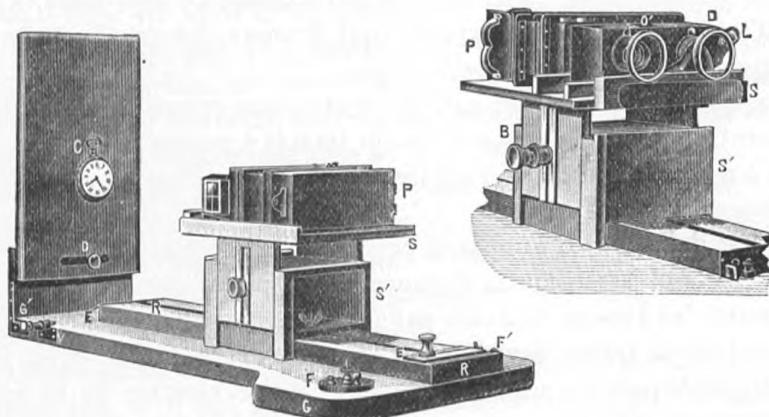


Fig. 4.

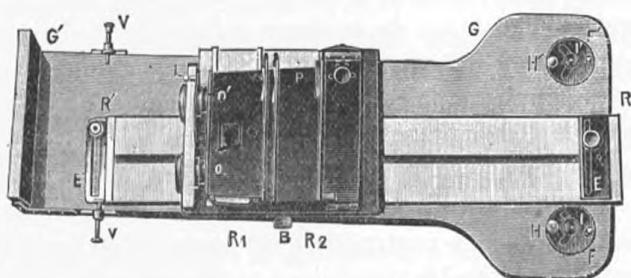


Fig. 4 bis.

Si l'on se reporte à la fig. 4, on voit que, dans le déplacement qu'on donne à tout le système pour faire travailler, chacun à leur tour, les deux objectifs, la plaque sensible ne reste pas parallèle à elle-même : sa direction varie d'un angle égal à celui des deux droites (AB_1), (AB_2). Quand on utilise les épreuves au stéréoscope, elles se retrouvent alors dans le même plan. M. CAZES (4) a étudié en détail l'influence que peut avoir cette rotation du plan des épreuves autour d'un axe vertical ; il a montré qu'elle doit nuire à la reconstitution stéréoscopique de l'objet. Mais, en fait, nos yeux possèdent à ce point de vue, comme à beaucoup d'autres, une assez large latitude de fonctionnement, grâce à laquelle le défaut en question peut être considéré comme pratiquement nul entre certaines limites. Dans l'exemple cité plus haut, l'angle que font entre eux les plans des deux épreuves, c'est-à-dire l'angle B_1AB_2 , est de 4 à 5° seulement. Cet angle est bien au-dessous de la limite pour laquelle le défaut serait appréciable, dans les conditions où j'ai utilisé pratiquement le banc optique en question (faible épaisseur des objets photographiés, champ modéré, etc.), et on obtient

(1) L. CAZES, *Stéréoscopie de précision*, p. 27.

encore de bonnes images stéréoscopiques pour une valeur trois à quatre fois plus grande de cet angle.

Au lieu de chercher à reproduire toujours, par voie stéréoscopique, la sensation de l'épaisseur vraie de l'objet, il peut y avoir intérêt, pour certains sujets, à diminuer ou à exagérer cette épaisseur. Par exemple, si l'on veut reproduire, par voie stéréoscopique, une médaille dont les reliefs sont peu accusés, on diminuera la distance des disques DD' et on aura une photographie qui donnera des reliefs et des creux plus accentués que ceux de la médaille elle-même.

De même, dans une pièce de mécanique de structure compliquée et délicate, comme un mouvement de montre, il pourra y avoir intérêt à exagérer l'épaisseur apparente, de manière à mieux faire saisir à l'œil les positions des pièces d'assemblage du mécanisme, les unes derrière les autres.

Nous venons de voir que l'appareil précédent est spécialement destiné à photographier de petits objets à courte distance. Il est alors nécessaire de se préoccuper du déplacement des images fournies par les deux objectifs, ces images se formant d'autant plus loin en arrière des objectifs que l'on opère de plus près. Dans les appareils photographiques à soufflet, c'est par un tirage variable de ce soufflet qu'on amène les images à se former toujours sur la plaque sensible. Mais dans la plupart des appareils à main existant aujourd'hui dans le commerce, la plaque sensible est placée, une fois pour toutes, dans le plan focal des objectifs : l'appareil est réglé pour les grandes distances : pratiquement, il est au point pour tous les objets compris depuis l'infini jusqu'à une distance de quelques mètres de l'appareil. Quand on veut prendre une photographie à une distance plus faible, on adapte aux objectifs des lentilles convergentes supplémentaires connues sous le nom de bonnettes.

Le dispositif que j'emploie emprunte les deux combinaisons à la fois. J'annexe à l'appareil (véroscope) trois rallonges interchangeables qui s'intercalent entre la chambre noire et le magasin à plaques sensibles. Ces rallonges ont des épaisseurs respectivement égales à 1, 2 et 4 centimètres, de sorte qu'en les employant séparément, ou deux par deux, ou en les réunissant toutes les trois, on a 7 longueurs différentes de foyers conjugués. Les figures 4 et 5 montrent le véroscope muni de deux de ces rallonges R₁ R₂.

En outre, on peut munir les objectifs de bonnettes L, L', soit convergentes, soit divergentes, dont chacune fournit, avec les rallonges, 7 nouvelles combinaisons de foyers. On a ainsi, avec 3 rallonges et quelques paires de bonnettes, un nombre de combinaisons permettant de reproduire, à une échelle convenable, un sujet de grandeur quelconque.

La possibilité d'obtenir, à l'aide d'un appareil simple et facile à manœuvrer, des épreuves stéréoscopiques de petits objets, à courte distance, étend considérablement le champ ouvert à celui qui s'occupe de ce genre de photographie. Une simple fleur, un brin d'herbe, un bijou, un insecte, un échantillon minéralogique cristallisé, un médaillon, un bibelot quelconque sont autant de sujets qui abondent autour de l'amateur et qui lui fourniront matière à épreuves intéressantes qu'il contemplera avec le plaisir tout particulier que produit toujours, même chez ceux qui en ont une grande habitude, le relief stéréoscopique.

Nous donnons ici, à titre d'exemples, la photographie d'un coquillage et d'un œil humain (fig. 7 et 8, planche I).

Ajoutons, pour ceux qui ne craignent pas d'aborder la photographie des couleurs

(par la méthode trichrome, par exemple) que c'est précisément surtout dans les objets de petites dimensions (fleurs en particulier) qu'ils trouveront une foule de sujets. Il suffit d'annexer à l'appareil photographique employé, les trois écrans colorés, pour prendre à la suite les uns des autres les trois clichés nécessaires à l'obtention des trois négatifs colorés. J'ai obtenu très facilement, dans ces conditions, de bonnes épreuves qui joignent au charme du relief stéréoscopique, celui de la couleur.

Enfin avec le banc qui vient d'être décrit, rien n'est plus facile que de reproduire, au format de l'appareil que l'on possède, une épreuve stéréoscopique de format quelconque. J'ai reproduit, de cette manière, au format vérascopique, une série d'épreuves du format commercial courant et même des épreuves 13×18 dont la plupart étaient des radiographies obtenues à l'aide des rayons X.

Il est non moins facile d'extraire d'une épreuve stéréoscopique un détail intéressant (tel que la tête d'un personnage dans un groupe) en l'amplifiant de manière à lui faire occuper toute l'étendue du champ. Il suffit, pour cela, d'employer toutes les rallonges et des bonnettes suffisamment puissantes pour pouvoir faire la copie du sujet à quelques centimètres de distance.

Illusion cinématographique dérivée d'un effet de relief stéréoscopique variable. — Nous avons vu plus haut que, par la simple manœuvre des deux disques D, D', on peut obtenir une série de photographies d'un même objet présentant, au stéréoscope, une épaisseur apparente systématiquement croissante. Supposons qu'on examine toutes ces épreuves les unes après les autres, en les faisant défiler rapidement dans un cinématographe binoculaire : on devra avoir l'illusion de la déformation continue, et d'avant en arrière, de l'objet. J'ai construit un appareil cinématographique qui m'a permis de vérifier que le résultat est bien celui prévu. Remarquons que ce résultat très différent de celui réalisé par les cinématographes ordinaires, puisqu'on a ici l'illusion du mouvement en profondeur, tandis que les cinématographes courants donnent seulement l'illusion de ce mouvement dans les directions transversales hauteur et largeur.

Comparaison entre l'observation d'une épreuve photographique à l'œil nu et son observation par l'intermédiaire d'un stéréoscope. — Dans les expériences précédentes, j'ai eu souvent l'occasion de comparer, avec soin et en détail, l'effet produit par la contemplation de l'objet lui-même à celui obtenu par l'observation de ses photographies, soit à l'œil nu, soit à l'aide du stéréoscope. Cela m'a permis de relever fréquemment une particularité que l'on a déjà signalée comme un défaut de la représentation graphique d'un objet par la photographie simple. J'ai été alors amené à opérer dans des conditions donnant, d'une manière intense, le défaut en question.

Supposons que l'on photographie simultanément plusieurs objets *semblables* géométriquement, mais *de grandeurs différentes*, en les plaçant à des distances de l'appareil qui soient entre elles comme les rapports de similitude de ces objets. Ils seront tous vus sous le même angle par l'objectif photographique. Ils se trouveront alors tous reproduits sur la plaque sensible avec des grandeurs identiques. Si l'on examine directement à l'œil nu cette épreuve plane et si l'on n'a pas de termes accessoires de comparaison, on jugera *identiques* en dimensions ces objets *qui ne sont que semblables*. L'aspect de l'épreuve sera absolument faux, comparativement à la réalité.

Admettons maintenant que l'épreuve ait été prise en double avec un appareil stéréoscopique, et que nous l'examinions au stéréoscope. Grâce à la sensation de profondeur donnée par cet appareil et à la variation de l'angle de convergence des yeux

quand on passera de l'examen de l'objet le plus rapproché A à celui du plus éloigné Z, on reconstituera la vérité. On continuera bien à voir Z sous le même angle que A; mais comme la vision stéréoscopique fera sentir que Z est plus loin que A, on le jugera par là même de dimensions plus grandes. Cet effet se produit avec une telle intensité que, pour rendre l'impression éprouvée dans ce cas, on doit dire que le stéréoscope *fait réellement voir Z plus grand que A*, malgré l'identité de dimensions de ses images rétinianes et de celles de l'objet le plus proche.

La fig. 9 (planche II) représente trois flacons photographiés dans ces conditions. Ils paraissent identiques et rangés côte à côté, à la même distance de l'observateur, à tel point que, si l'on n'était pas prévenu, on ne songerait pas à mettre en doute la sincérité des trois étiquettes qui attribuent aux trois flacons la même contenance de 1 litre.

Cependant leurs contenances réelles sont respectivement 2 litres, 1 litre et 580 cm³.

On peut observer cette photographie, sans la découper dans la page où elle figure, en utilisant le système optique d'un stéréoscope quelconque qu'on enlève de l'appareil en dévissant une simple vis.

Comme tout le monde peut ne pas avoir de stéréoscope pour faire cette expérience, j'ai adjoint à la fig. 9 la fig. 9 bis qui montre les mêmes objets photographiés, mais en les plaçant, cette fois, côte à côté à la même distance de l'appareil photographique. On les voit alors avec leurs rapports réels de grandeurs. L'examen stéréoscopique de la fig. 9 donne la sensation de ces rapports réels de grandeur d'une manière aussi parfaite que l'examen direct de la fig. 9 bis à l'œil nu, mais les trois flacons apparaissent alors, en perspective, à des distances différentes de l'observateur, ce que la fig. 9, examinée à l'œil nu, ne permet certainement pas de soupçonner.

La figure 10 (planche II) montre, d'une manière plus complète, l'inexactitude d'aspect d'une photographie faite dans des conditions analogues ; elle contient deux types d'objets, flacons et verres de laboratoire. Sur cette photographie, examinée à l'œil nu, on juge les trois flacons identiques en dimensions et les trois verres inégaux, alors que c'est précisément l'inverse qui est vrai. La figure 10 bis correspond à 10 comme 9 bis correspondait à 9.

La figure 11 (planche II) exagère encore l'inexactitude d'aspect donnée par la photographie plane en laissant croire la plus grosse celle des deux sphères qui est à droite, alors qu'en réalité, elle a un diamètre trois fois plus petit que celle de gauche. On voit encore en 11 bis le rapport exact de ces dimensions. Mais l'examen de l'épreuve 11 au stéréoscope fait sentir que la plus grosse sphère est trois fois plus loin de l'observateur que la plus petite.

Enfin la figure 12 (planche II) montre, sur des objets d'un caractère plus familier, à quel point une photographie peut être trompeuse. Elle simule une garniture de cheminée dans laquelle les objets, placés à droite et à gauche de la pendule paraissent parfaitement symétriques au point de vue de la grandeur et semblent rangés, bien en ligne, sur la tablette de la cheminée.

L'examen stéréoscopique de l'épreuve montre qu'il en est tout autrement et révèle immédiatement à l'observateur que les dimensions en hauteur et en diamètre du chandelier de droite sont une fois et demie plus grandes que celles du chandelier de gauche tandis que le vase de droite n'est, en ce qui concerne ses dimensions, que les deux tiers de celui de gauche. On y reconnaît aussi, sans hésiter, que les deux vases sont

en carton découpé et que l'illusion de rotundité que semble en donner le dessin plan n'est qu'une apparence elle-même trompeuse.

Enfin, au lieu d'être rangés sur une même ligne, ces objets sont placés à des distances très variables en profondeur et la tablette de cheminée aurait dû avoir, pour les contenir tous, dans la position où ils étaient placés pour la photographie, une largeur de plus de cinquante centimètres.

La figure 12 (bis) montre les mêmes objets rangés, cette fois, en ligne, avec leurs rapports de grandeurs réelles.

Comme conséquence de ces faits, on est amené à mettre en doute, pour un certain nombre de cas, la légitimité d'une méthode adoptée généralement dans les cours de dessin, et qui consiste à prendre à bras tendu et avec une réglette graduée, les mesures des dimensions relatives des divers objets à faire figurer sur le dessin. Il est clair qu'un dessin fait dans ces conditions, bien que géométriquement exact au point de vue de la perspective, comme le serait une photographie, pourra présenter néanmoins un aspect faux par rapport à la réalité.



Fig. 13.

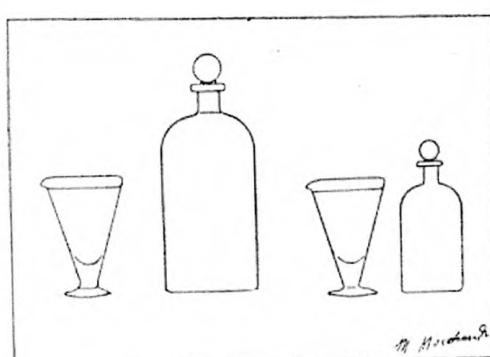


Fig. 13 (bis).

J'ai cherché à vérifier expérimentalement cette conséquence, en faisant exécuter par deux dessinateurs non prévenus à l'avance des dessins d'objets empruntés à la fig. 10 (deux flacons inégaux et deux verres égaux). Après avoir installé le premier de ces dessinateurs à l'endroit même où était placé l'appareil photographique, je l'ai prié de prendre, à bras tendu, les mesures des dimensions des objets placés devant lui, et de traduire le résultat aussi fidèlement que possible sur le papier. J'ai prié, au contraire le second (qui, naturellement, n'avait pas été prévenu de ce qu'avait fait le premier) de ne prendre aucune mesure, mais de chercher à bien se rendre compte de la forme et des dimensions des objets, par leur simple examen à distance, et de traduire le résultat sur le papier, de manière que le dessin donne la meilleure traduction possible des objets véritables. Les fig. 13 et 13 bis montrent les deux dessins faits dans ces conditions. On voit que le résultat est bien le même que celui que donnent les photographies 10 et 10 bis. Le dessin 13, exécuté d'après des mesures, est précisément celui qui a un aspect faux par rapport à la réalité.

La conclusion de ceci paraît donc être que, lorsqu'on aura à dessiner, d'après nature, un sujet dans lequel la perspective jouera un rôle important, et dans lequel des objets figureront, les uns dans des premiers plans très rapprochés, les autres dans des arrière-plans très éloignés, il ne faudra pas croire qu'on obtiendra néces-

sairement le meilleur effet possible en traduisant strictement les résultats donnés par les mesures. Il pourra y avoir intérêt à diminuer les résultats des mesures faites sur les premiers plans, et à forcer, au contraire, ceux des mesures faites sur les derniers plans. A cet égard, la photographie pourrait être très utile aux peintres et aux dessinateurs, dans les cas embarrassants, en leur montrant immédiatement si l'épreuve photographique, prise du point de vue choisi, a un aspect assez peu correct pour qu'il y ait lieu d'appliquer des rectifications dans le sens qui vient d'être indiqué.

Il n'est pas difficile, d'ailleurs, de s'assurer, sur des tableaux faits par des peintres de talent, que des rectifications de ce genre ont été faites, sciemment ou non, par eux, dans l'exécution de ces tableaux.

Les contradictions et inexactitudes relevées sur les épreuves des fig. 9, 10, 11 et 12 mettent finalement en évidence, avec une grande intensité, ce fait déjà signalé bien souvent : *Dans la photographie plane, l'importance des premiers plans, au point de vue de la dimension des objets qui y figurent, est fortement augmentée au détriment de celle des derniers plans, qui est fortement diminuée. La vision stéréoscopique rectifie ces défauts et rend naturelle une image qui, examinée à l'œil nu, serait inacceptable.*

Dans une collection quelconque d'épreuves stéréoscopiques, on en trouve qui, vues à l'œil nu, montrent des objets peu intéressants du premier plan qui envahissent la moitié de la surface totale de l'image, tandis que les derniers plans, qui contiennent la partie intéressante du sujet, passent à peu près inaperçus, à cause de la dimension trop restreinte de leur image. Avec le stéréoscope, l'aspect de ces épreuves est tout à fait transformé ; spontanément, l'œil néglige les premiers plans pour aller chercher, au fond de l'épreuve, les particularités intéressantes du dernier plan. Ce fait est bien connu de tous ceux qui s'occupent de stéréoscopie.

La figure 14 (planche III) en est un exemple bien net. Cette photographie, examinée à l'œil nu, paraît se composer presque exclusivement de la vue, de dos, des deux personnes placées au premier plan. Les personnages de l'arrière-plan qui sont pourtant les plus importants dans cette circonstance, attirent à peine l'attention à cause des dimensions exiguës de leur image.

Avec l'examen stéréoscopique l'impression est tout autre. L'œil va d'instinct, à travers la foule, chercher les personnages du dernier plan et ne porte pour ainsi dire plus son attention sur ceux du premier.

Il est un autre genre d'inexactitude que le stéréoscope peut corriger dans une épreuve photographique : c'est celle qui est due à une inclinaison très prononcée de l'axe de l'appareil, soit vers le haut quand on prend une vue d'un monument élevé, soit vers le bas quand on prend une vue plongeante.

Soit AB (fig. 15) le sujet à photographier, que nous supposons rectangulaire, et O l'objectif placé à un niveau peu élevé au-dessus de la base B du monument. Si l'axe de l'appareil photographique est orienté dans la direction horizontale, la plaque sensible sera verticale, c'est-à-dire parallèle au monument AB. L'image de AB formée en A₁B₁ sera rectangulaire, comme le sujet lui-même, ainsi qu'on le reconnaît immédiatement à la seule inspection de la fig. 15. Si l'on regarde l'épreuve de face, comme A'₁B'₁, on aura une impression correcte qui sera celle d'un monument rectangulaire vertical, semblable au sujet.

Supposons, au contraire, qu'on dirige l'axe de l'appareil photographique vers le haut, comme on le fait souvent pour comprendre tout le sujet dans le champ de la plaque sensible. Alors l'orientation de cette plaque changera : elle cessera d'être

verticale et, par suite parallèle au sujet AB. Elle se présentera dans une direction inclinée, telle que B_1A_2 . La fig. 15 montre que, sur cette plaque sensible, la dimension A_2 de l'image de A sera maintenant plus petite que celle de B_1 , image de B. L'image définitive du monument ne sera plus rectangulaire comme tout à l'heure ; elle sera rétrécie vers le haut, et, vue de face, elle aura la forme du trapèze $A'_2B'_1$. Lorsqu'on regardera cette image, et qu'on l'interprétera en perspective comme un dessin quelconque, on n'aura pas l'illusion d'un objet vertical de forme trapézoïdale, mais bien celle d'un objet rectangulaire se renversant en arrière, et paraissant couché sur un plan incliné. On trouve bien cet effet sur la fig. 16 (planche III) dans laquelle le sujet choisi se rapproche, autant que possible, de la forme théorique rectangulaire imaginée pour l'explication précédente. C'est précisément pour éviter ce défaut qu'on applique aux objectifs des appareils photographiques le dispositif bien connu sous le nom de décentrement, qui permet de faire entrer tout le sujet dans le champ de l'appareil, tout en laissant la plaque sensible verticale.

D'autre part, lorsqu'on examine directement à l'œil nu un monument élevé, au pied duquel on se trouve placé, il est nécessaire de diriger vers le haut les axes des yeux pour le voir en entier. La direction de la rétine au fond de l'œil cesse alors d'être verticale et la forme de l'image rétinienne, au lieu d'être rectangulaire, devient trapézoïdale, comme dans le cas précédent. Malgré cela, on n'a pas l'illusion du renversement du monument en arrière ; on le voit vertical. Il faut donc admettre qu'il y a là une question d'éducation de l'œil, en vertu de laquelle nous établissons instinctivement, par le fait d'une longue habitude, et même sans nous en rendre compte, une corrélation entre le degré d'inclinaison de notre rétine dans l'espace, par rapport à la verticale, et la forme trapézoïdale plus ou moins accusée de l'image rétinienne.

Quand les deux termes entre lesquels nous établissons cette corrélation par l'habitude et l'éducation se correspondent, nous avons la sensation correcte de la verticalité de l'objet. Si, au contraire, ces deux termes sont en discordance, l'objet paraît incliné sur la verticale.

Si cette manière de voir est exacte, on devra, en plaçant la photographie trapézoïdale de l'objet dans un stéréoscope, continuer à voir cet objet incliné en arrière, si l'on dirige horizontalement l'axe du stéréoscope. Mais, si on le dirige peu à peu vers le haut, de manière que la direction de la rétine suive le même mouvement, il arrivera un instant où la direction de cette rétine dans l'espace sera précisément celle qu'il aurait fallu lui donner pour obtenir, en regardant l'objet lui-même, les deux images rétinianes que le stéréoscope en donne à ce moment. La corrélation entre les deux termes variables dont je viens de parler existera alors, et on devra retrouver la sensation de la verticalité de l'objet. Si l'on dépasse cette inclinaison, le sujet devra sembler se renverser en avant. L'expérience montre que c'est bien ainsi que

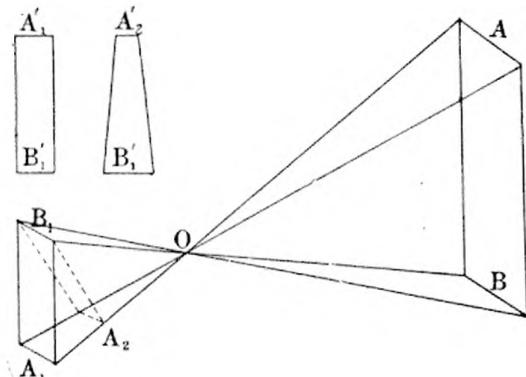


Fig. 14

les choses se passent. M. RICHARD a fait remarquer depuis longtemps que les épreuves obtenues dans les conditions qui viennent d'être expliquées, par un appareil stéréoscopique (vérascope, par exemple), ont un aspect invraisemblable et inacceptable quand on les regarde directement à l'œil nu, en les tenant verticalement. Leur observation dans un stéréoscope n'améliore pas leur aspect, si on laisse l'axe de l'instrument horizontal ; mais, si on le dirige peu à peu vers le haut, on voit l'objet se redresser pour devenir vertical quand on atteint le degré d'inclinaison voulu.

Les figures 47 et 48 (planche III) se rapportent à deux épreuves qui donnent d'une manière très nette le résultat que l'on vient d'indiquer. La première représente les piliers métalliques qui supportent la « Grande Roue de Paris » au Champ de Mars. Elle a été prise du pied même de ces piliers, l'appareil étant dirigé vers le haut dans une position peu éloignée de la verticale.

La seconde, pour ainsi dire réciproque de celle-là est, au contraire, une vue *plongeante* prise du sommet de la même Grande Roue sur l'extrémité de la « Galerie des Machines » et les constructions avoisinantes. Les objectifs de l'appareil étaient alors orientés vers le bas suivant une direction encore voisine de la verticale.

Si l'on regarde ces épreuves au stéréoscope, en ayant soin d'orienter celui-ci comme l'était l'appareil photographique lui-même au moment de la prise des épreuves, les sujets reprennent leur aspect et leur position normale au lieu de présenter l'aspect étrange qu'ils ont lorsqu'on examine directement les épreuves à l'œil nu.

J'ai fait de nombreuses expériences, dans des conditions variées et avec des angles d'inclinaison allant jusqu'à 70° sur la verticale, pour m'assurer que c'est bien lorsque l'inclinaison du stéréoscope est identique à celle de l'appareil photographique qu'on retrouve la meilleure sensation de la verticalité de l'objet. J'ai adapté à l'appareil photographique, d'une part, et au stéréoscope, d'autre part, un cercle gradué qui permet de mesurer leurs inclinaisons. En inclinant le stéréoscope sous le même angle que l'appareil photographique, on a l'objet reconstitué avec sa véritable position dans l'espace. Une inclinaison plus grande ou plus faible fait paraître, au contraire, l'objet reconstitué incliné en avant ou en arrière. On peut même, à l'aide de l'instrument muni de son cercle gradué, retrouver ainsi instinctivement, et avec une approximation de quelques degrés, l'angle sous lequel était incliné l'appareil photographique, lorsque l'épreuve a été prise. La sensation de la verticalité de l'objet reconstitué pour une inclinaison convenable du stéréoscope est alors assez nette pour que l'expérience réussisse très bien, même quand elle est réalisée par une personne n'ayant jamais vu, dans la réalité, l'objet lui-même.

E. COLARDEAU,
Professeur de Physique au Collège Rollin.



FIG. 14. — *Mairie.*

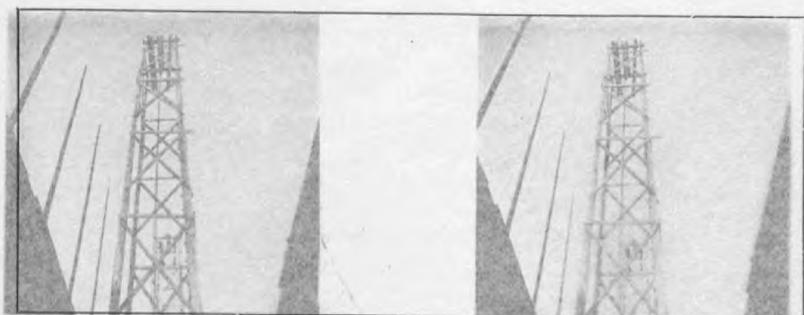


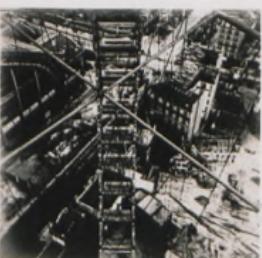
FIG. 16. — *Échafaudage.*



FIG. 17. — *Grande roue (vue d'en bas).*



FIG. 18. — *Grande roue (vue d'en haut).*





NOTICE SOMMAIRE SUR LA MÉTROPHOTOGRAPHIE

DEPUIS SES DÉBUTS JUSQU'A SES PLUS RÉCENTS PROGRÈS

Les lecteurs de cette Revue connaissent sans doute, au moins de nom, la *métrophotographie*, c'est-à-dire l'art qui a pour objet de retrouver les vraies dimensions et les positions relatives des différents objets représentés sur des vues photographiées.

En nous en tenant à ce qui intéresse les architectes et les topographes (les météorologistes, les géologues, les biologistes même y ont également recours) (1), les principes de cet art sont toujours d'une grande simplicité.

Pour les édifices, dont les formes sont habituellement terminées par des lignes droites verticales ou horizontales ou par des courbes bien définies, on se trouve en présence du problème inverse de celui de la *perspective monumentale* dont la solution est pour ainsi dire la même et est enseignée partout.

D'un autre côté, quand il s'agit d'étudier géométriquement les accidents de la surface et le relief, la plastique du terrain, d'après des paysages pris de points de vue différents, on n'a, par une analogie très naturelle, qu'à se reporter aux méthodes les plus usuelles de la topographie dans lesquelles la perspective joue implicitement un très grand rôle. Pour la construction du plan en particulier, c'est-à-dire de la projection horizontale de la surface du sol, on est ainsi conduit à recourir à celle qui est si connue sous le nom de *méthode des intersections*.

Pour ce qui est de la détermination du relief, le procédé à suivre est le même que celui qui sert couramment à déduire les différences de niveau de la station d'où l'on observe et des divers points plus ou moins éloignés dont on a déjà déterminé les distances à cette station. C'est un calcul facile, basé sur la connaissance de ces distances et sur celle de la *hauteur* ou de la *dépression apparente* du point correspondant par rapport à l'*horizon du point de vue* situé lui-même à une hauteur connue au-dessus du sol.

Toute la théorie de la *restitution des plans d'après des vues de paysages dessinées ou photographiées*, est à la rigueur contenue dans ces quelques lignes. Aussi certains topographes professionnels, peu disposés à changer leurs habitudes, ne manquent-ils pas de dire que ce n'est pas la peine d'aller chercher la perspective ou même la photographie dont on s'est bien passé jusqu'à présent, cette dernière pouvant tout au plus être admise, à titre documentaire. D'ailleurs, ajoutent-ils, il n'y a vraiment là rien de nouveau et ce serait détourner le sens des mots que d'avoir la prétention d'y voir une méthode particulière, puisque c'est toujours la vieille méthode des intersections.

Enfin, et cela ne manque pas d'une certaine gaité, ils ont fini par découvrir que,

(1) Les astronomes, on le sait, n'ont pas aujourd'hui d'auxiliaire plus puissant que la photographie qui a transformé, pour eux, l'art d'observer.

pour conduire à des résultats possibles, il fallait à la photographie des *terrains faits exprès* !

Bien que ce curieux théorème ait servi de point de départ à d'autres arrêts des mêmes pontifes qui, malgré leurs dénégations embrouillées, n'ont d'autre but que la proscription pure et simple de la photographie dans l'art de lever les plans, je ne crois pas nécessaire de nous arrêter davantage à de pareilles simplicités. Ce qui est beaucoup plus vrai, c'est qu'il y a effectivement de grandes étendues de terrains qui semblent avoir été *faits exprès* pour déjouer toute tentative d'exploration sérieuse autrement qu'à l'aide de la photographie.

Encore une fois, il serait bien inutile de relever ici des objections et des critiques qui datent de plus d'un demi-siècle et n'en sont pas devenues meilleures pour cela. La seule réponse à y faire aujourd'hui — et c'est l'objet de cette notice — est de fournir la preuve que si certains de nos compatriotes, appartenant pour la plupart aux services intéressés — ce qui est très regrettable — s'obstinent encore à ignorer, à nier le parti que l'on peut tirer de la photographie pour l'étude rapide du terrain et même pour la construction des cartes (il y a d'ailleurs déjà d'assez nombreuses exceptions en dehors du monde officiel et jusque dans son sein), l'art dont il s'agit est cultivé avec le plus grand succès dans plusieurs pays étrangers, sous les auspices de l'autorité compétente. Il est même en train d'y faire de tels progrès que les plus indifférents, les plus hostiles chez nous sont bien près de s'en émouvoir, comme nous le verrons plus loin.

J'arrive à l'historique des origines de la métrophotographie. Le lecteur voudra bien me pardonner de me mettre en scène dès le début, mon âge seul pouvant expliquer et justifier ce que je vais avancer.

Mon attention, comme celle de mes contemporains, avait, en effet, été attirée sur le sujet dont nous nous occupons, dès 1839 (j'étais alors élève à l'Ecole polytechnique) par le rapport d'Arago sur la découverte de Daguerre, qui en faisait déjà prévoir presque toutes les conséquences. Un peu plus tard, en 1846, ayant été chargé de reconnaissances étendues sur la frontière des Pyrénées et d'études topographiques rigoureuses (il est de mode aujourd'hui de dire *topométriques*) à Cambo, sur la Nive, la lecture d'un autre rapport de l'illustre secrétaire perpétuel de l'académie des sciences sur la mission de deux officiers français, Galinier et Ferret, en Abyssinie, me suggérait l'idée d'appliquer la méthode qui y était expressément recommandée par son éminent confrère et collègue, l'ingénieur-hydrographe Beautemps-Beaupré. Cette méthode consistait à recourir aux vues pittoresques pour contrôler ou même pour effectuer des reconnaissances en voyage, et les résultats vraiment merveilleux auxquels était parvenu Beautemps-Beaupré lui-même, à la mer, en dessinant, *d'une embarcation mobile et à main levée, des vues de côtes* qu'il rectifiait par des mesures d'angles exécutées rapidement à l'aide du cercle de réflexion de Borda (1) étaient bien faits pour inspirer confiance à ceux qui voudraient l'imiter à terre. Dans ce cas même, les stations étant fixes, on devait évidemment pouvoir opérer au moins aussi bien, et le colonel du génie Leblanc, très avisé et très habile dessinateur, se servit en effet avantageusement de cette méthode dans diverses circonstances où il lui eût été difficile de s'y prendre autrement.

(1) Voy. *Méthode pour la levée et la construction des cartes et des plans hydrographiques* par Beautemps-Beaupré, Paris, imprimerie impériale, 1811, déjà publié en 1808.

Je fis d'abord comme le colonel Leblanc, mais malgré le soin avec lequel je dessinais mes vues, ce qui me prenait beaucoup de temps, les résultats que j'obtenais étaient loin de me satisfaire, dès que les points considérés s'éloignaient un peu. La photographie me revint alors en mémoire ; seulement, à cette époque, c'était encore un art difficile à pratiquer, et je prévoyais qu'il faudrait attendre assez longtemps avant d'en pouvoir faire un usage courant. J'avais eu heureusement l'occasion, quelque temps auparavant, de voir entre les mains d'un de mes amis, Auguste Bourgeois, élève et neveu du savant architecte Caristie, de beaux dessins de monuments faits par son oncle, en Grèce et en Italie, à l'aide d'une chambre claire de Wollaston, et nous avions fait ensemble quelques essais satisfaisants avec ce même instrument.

De retour à Paris, à la fin de 1848, je me procurai une chambre claire et je recommençai ces essais dans le but de les faire servir à des expériences de mesure sur des monuments et sur des paysages. Il se présenta toutefois une légère difficulté. Les images virtuelles que l'on voit dans la chambre claire manquent de fixité ; elles se déplacent pour peu que l'on remue la tête ; il y a une *parallaxe*. Wollaston avait bien indiqué des moyens de la faire disparaître, mais ils étaient encore insuffisants à certains égards et je dus m'attacher à les perfectionner.

Après y être parvenu, avec le concours de l'excellent artiste G. Froment que m'avait indiqué Arago, au cours d'une première conversation, je retournai à l'observatoire pour en entretenir de nouveau le grand physicien qui voulut bien m'encourager à remplir ainsi le programme qu'il avait tracé lui-même dans son rapport sur Daguerre, en reconnaissant que la photographie n'était, en effet, pas encore en état de donner des images parfaitement géométriques, dans un champ aussi étendu (60° au moins) que celles que je lui soumettais et qu'il saisissait plutôt avec les yeux de l'esprit, car sa vue était déjà bien compromise.

C'était en 1850 et les résultats que j'avais montrés à Arago se rapportaient à deux reconnaissances d'une partie de la forteresse du mont Valérien et de l'un des fronts du fort de Vincennes que j'ai publiées à diverses reprises parce qu'elles précisent une date ; car on n'avait en effet jusqu'alors rien fait de pareil, je veux dire d'autant rigoureusement exact par la méthode des perspectives appliquée à la topographie. Encore une fois j'espère que l'on me pardonnera ces détails qui ont surtout, si je ne m'abuse, le mérite de renseigner nettement sur la genèse, je ne dirai pas d'une découverte, mais tout au moins de l'une des applications les plus fécondes de la photographie.

Les vues prises à la chambre claire étaient dessinées sur une *planchette parfaitement horizontale* et d'après les propriétés de l'appareil, quand il est bien construit, elles étaient identiques avec celles que l'on eût obtenues sur un *tableau vertical* transparent placé au devant de l'œil de l'observateur, à une distance égale à celle de l'œilleton de la chambre claire à la planchette, distance facile à mesurer et correspondant à celle de la vision distincte, de $0^m,30$ environ pour une vue ordinaire.

En traçant sur la feuille de dessin, avec les précautions nécessaires que facilite la chambre claire munie d'organes de précision, la *ligne d'horizon* et la *ligne principale de la perspective* qui se coupent au *point principal*, on a les axes coordonnés auxquels on peut rapporter les différents points du paysage pour en conclure la direction et la hauteur apparente positive ou négative de chacun d'eux.

Nous donnons sur la figure 1 une vue de la chambre claire montée sur la planchette horizontale portée elle-même par un pied à 3 branches. On voit sur la feuille de papier fixée sur la planchette la ligne d'horizon H H, la ligne principale V V

et le point principal P obtenus par une construction assez simple que nous ne pourrions pas indiquer ici faute de place.

La figure 2 est la reproduction à une échelle réduite à l'échelle de 1/2 de l'un des fronts du fort de Vincennes.

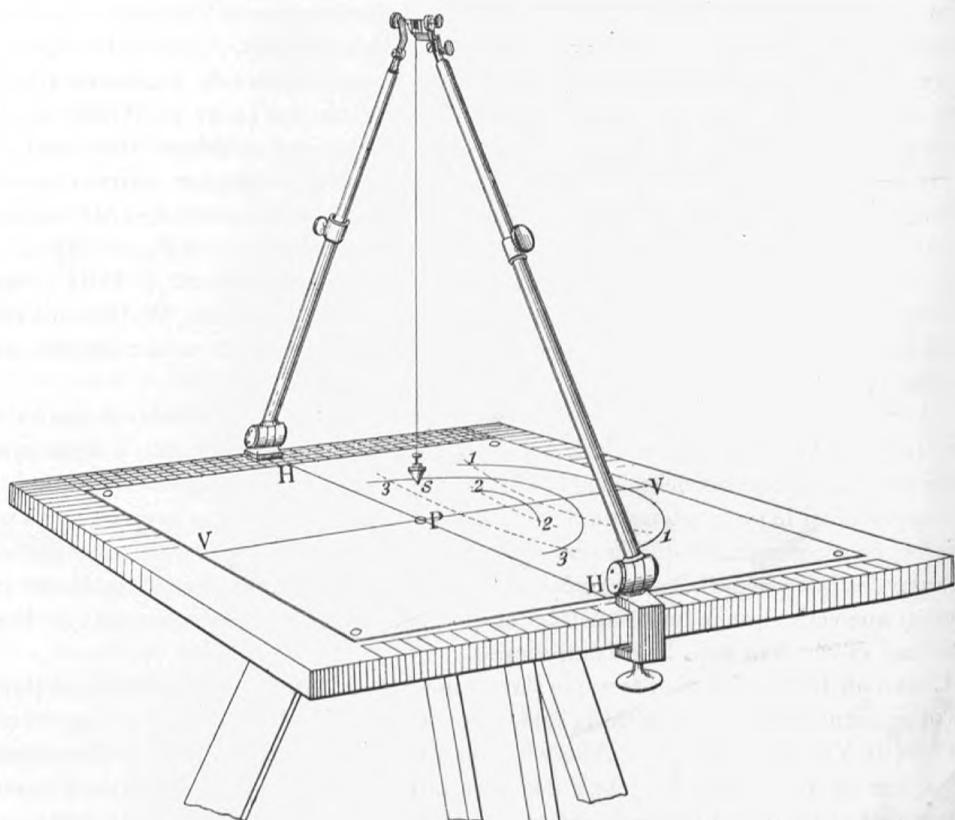


Fig. 1.

Voici maintenant quelques explications théoriques complémentaires qui faciliteront l'intelligence complète de la méthode.

En jetant un coup d'œil sur le schéma suivant (fig. 3), on se rendra aisément compte de la manière dont on doit disposer les vues, d'abord pour construire le plan, puis pour déterminer les différences de niveau des points que l'on a besoin de considérer successivement dans le but de réunir les éléments nécessaires pour représenter le relief du terrain (conventionnellement, à l'aide de courbes fictives dites sections horizontales, comme nous l'expliquerons plus loin).

Ainsi S_1 et S_2 étant deux stations dont la distance $S_1 S_2$ a été mesurée et réduite à l'échelle adoptée, et les angles $P_1 S_1 S_2$ et $P_2 S_2 S_1$ des axes des images avec la base $S_1 S_2$ étant également mesurés, ce qui permet de tracer les projections $S_1 P_1$ et $S_2 P_2$ de ces axes, aux points P_1 et P_2 qui en sont les extrémités, ou même les perpendiculaires $H_1 H_1'$ et $H_2 H_2'$, projection des lignes d'horizon de chacune des vues que l'on

peut considérer aussi comme les traces des plans des deux tableaux $T_1 U_4$, $T_2 U_2$ rabattus autour de ces lignes d'horizon.

Avant de disposer ainsi les vues, on doit y avoir cherché les images des mêmes points remarquables du paysage et auprès d'elles on inscrit le même chiffre ou la

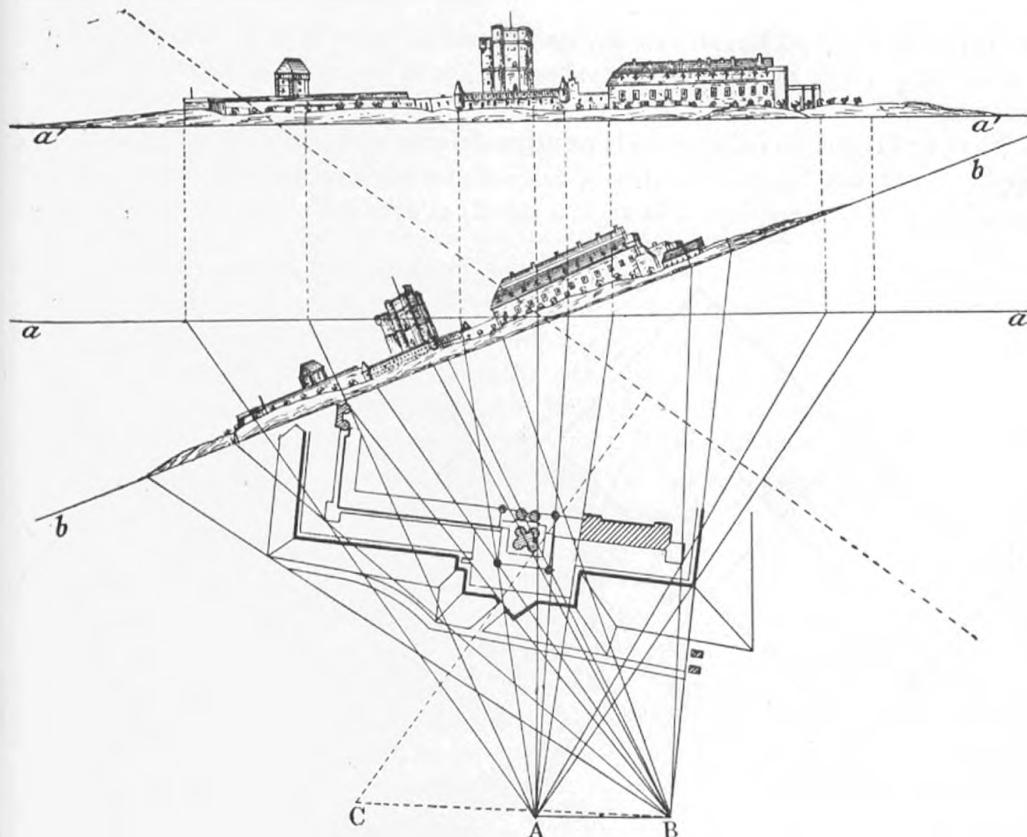


Fig. 2.

même lettre. C'est une notation de ce genre qui a été adoptée sur la figure 3 pour les images des points supposés de l'espace (m), (n), (r). En projetant les images de ces points sur leur ligne d'horizon respective en m'_1 , n'_1 , r'_1 , sur la vue $T_1 U_4$ et en m'_2 , n'_2 , r'_2 , sur la vue $T_2 U_2$, les intersections des lignes de jonction aboutissant aux points de même désignation déterminent sur le plan les projections m , n , r , des points de l'espace.

Il n'est évidemment pas nécessaire de justifier ce procédé qui s'explique de lui-même et il est clair, en même temps, que les *distances en mètres* des points ainsi déterminés à chacune des stations s'obtiennent immédiatement en portant leurs projections $S_1 m$, $S_1 n$, $S_1 r$ ou $S_2 m$, $S_2 n$, $S_2 r$, sur l'échelle du plan.

Les différences de niveau de chacun de ces points avec l'une ou l'autre des stations s'en déduisent alors très aisément. Considérons, par exemple, le point (m) de l'espace projeté en m sur le plan. Sa hauteur apparente au-dessus de la ligne d'horizon $H_1 H_1$ étant $m_1 m'_1$ on obtiendra simplement sa vraie hauteur (m) m (au-dessus du

plan d'horizon de la station S, lequel est de 1m,25 à 1m,50 en général au-dessus du sol), à l'échelle du plan, par la proportion :

$$(m) m : m_1 m'_1 = S_1 m : S_1 m'_1 \text{ d'où } (m) m = S_1 m \times \frac{m_1 m'_1}{S_1 m'_1}.$$

$m_1 m'_1$ et $S_1 m'_1$ étant mesurés en millimètres sur la figure et leur rapport multiplié par la valeur de $S_1 m$ exprimée en mètres, (m) m se trouvera de même évaluée en mètres.

Nous ne faisons qu'indiquer ici le principe de cette opération du niveling qui, appliqué sur des figures exécutées à des échelles convenables, s'effectue avec une grande rapidité (en employant la règle à calcul) et avec une exactitude dont le degré

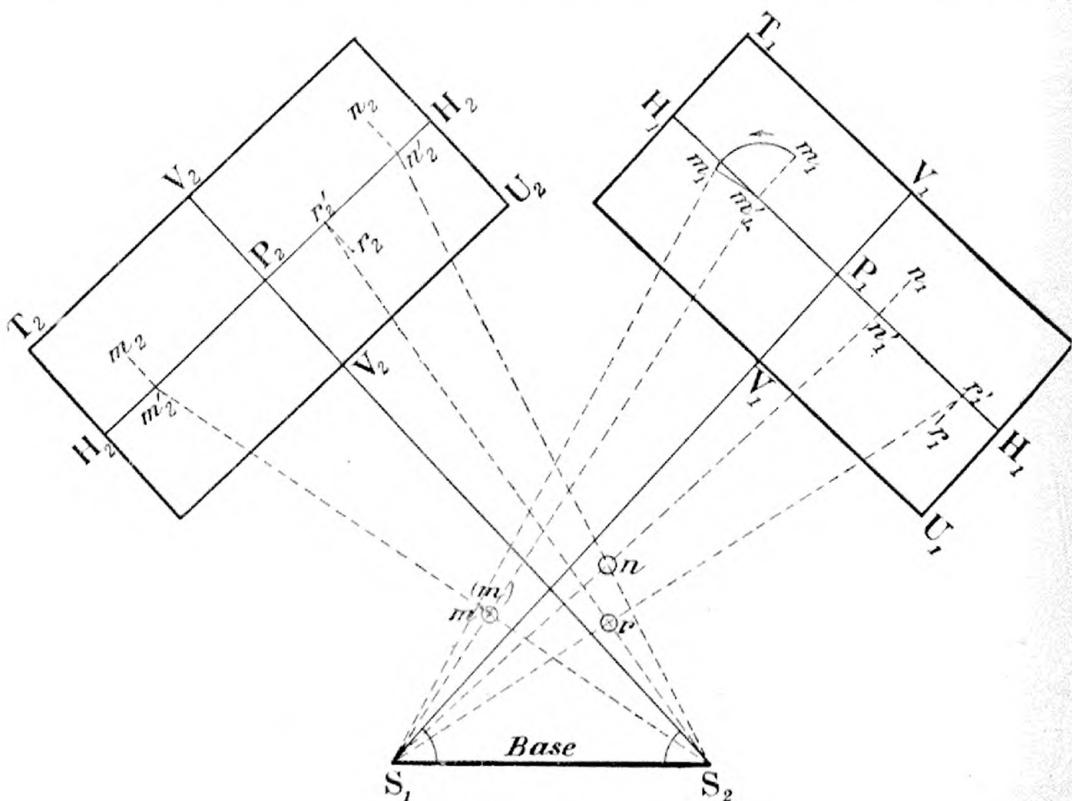


Fig. 3

dépend des éléments mis en jeu : échelle du plan, grandeur de la base, distance du point de vue au tableau (S P) qui, lorsqu'on emploie la photographie, n'est autre que la distance focale de l'objectif. Dans tous les cas, pour chacun des points, on a toujours un moyen de vérification puisqu'on peut le rapporter successivement aux deux stations S_1 et S_2 dont on connaît la différence de niveau, mesurée par les méthodes ordinaires.

Cet exposé rapide mais déjà assez complet a sans doute suffi pour convaincre le lecteur qui aura pris la peine de le suivre attentivement que la méthode, tout à

fait analogue à celle des intersections exécutée à l'aide de la planchette, ne présente aucune autre difficulté que celle de l'*identification* des images des mêmes points du paysage sur les deux tableaux, le changement des points de vue modifiant, comme on sait, plus ou moins sensiblement l'aspect de ce paysage. Il ne faudrait cependant pas, comme l'ont fait les gens mal disposés, s'exagérer cette difficulté généralement plus apparente que réelle, car la preuve est faite depuis longtemps qu'avec un peu d'attention et une certaine aptitude moins rare qu'on ne serait disposé à le supposer (1), et le nombre des points que l'on identifie ainsi sûrement est incomparablement supérieur à celui des points que l'on pourrait déterminer sur le terrain, en se servant de la planchette. Tandis en effet qu'avec ce dernier instrument on ne cherche et l'on ne peut obtenir que des *repères* assez peu nombreux auprès desquels on se transporte ensuite pour y rattacher les détails qui lesavoisinent; en combinant deux à deux les vues photographiées qui remettent *simultanément* sous les yeux de l'opérateur les mêmes objets dans leur ensemble, on parvient, avec un peu d'habitude, à en retrouver les divers éléments et à les reconstituer, souvent en entier avec deux vues et, au besoin, avec des vues complémentaires généralement destinées à aller plus loin, prises d'autres stations convenablement choisies.

Peut-être reconnaîtra-t-on, après cela, que si le procédé dont il s'agit est en effet fondé, comme celui de Beautemps-Beaupré, sur la méthode générale des intersections, on y a recours à des données et à des moyens d'exécution qui le distinguent de tout autre, enfin qu'il jouit de propriétés qui lui méritent sans doute une qualification particulière. Celle-ci s'est en effet imposée, pour le cas général, sous le nom d'*Iconométrie* (*Bildmesskunst* des Allemands), et comme à présent c'est la photographie qui joue le plus grand rôle, sous celui de *métrophotographie* (*Photogrammetrie* des Allemands), ou sous celui de *phototopographie* (*Fototopografia* des Italiens et des Espagnols).

Après d'assez nombreux tâtonnements commencés dès 1850, mais rendus pénibles par la lenteur et la complication des procédés techniques de la photographie, à cette époque, et par l'imperfection des objectifs, nous avions enfin pu remplacer la chambre claire par la chambre noire en 1859.

Grâce aux expériences multipliées que nous avions faites dans l'intervalle, tant en France qu'à l'étranger, expériences dont les résultats avaient été, pour plusieurs d'entre elles, contrôlées par les soins du Comité des Fortifications, nous n'avions eu, après avoir fait construire par l'excellent artiste Brunner, le premier *photothéodolite* qualifié simplement de *chambre noire topographique*, qu'à suivre les mêmes errements.

Cette même année 1859, une commission de l'Académie des Sciences composée de MM. Daussy et Laugier rapporteur, prenait la peine de venir assister à toutes les opérations, aux deux stations choisies par elle : l'une des tours Saint-Sulpice et le petit observatoire de l'Ecole Polytechnique, dont la distance mesurée sur un plan à l'échelle de $\frac{1}{6667}$ (de M. Emmery, ingénieur en chef des ponts et chaussées apporté par l'un des commissaires), était de 1233 m.

Les épreuves du format 18×24 prises avec un objectif dont la distance focale était

(1) Tout le monde cependant n'a pas cette aptitude, même parmi les topographes de profession. Mais cela ne prouve qu'une chose, c'est qu'il s'agit d'un art d'une certaine délicatesse et il ne faut pas s'attendre à le voir pratiqué par ceux qui sont privés du sens correspondant. Les sourds n'ont jamais fait de musique, ils sont même instinctivement ennemis de ceux qui en font.

de 0 m. 426 donnaient un champ utilisable de 30° à 35°; malgré un temps des plus défavorables, je ne voulus pas remettre l'expérience à un autre jour et je dus me servir d'épreuves assez mal venues. Les commissaires m'ayant désigné une douzaine de monuments plus ou moins éloignés parmi ceux que l'on découvrait des deux stations, j'opérai à l'échelle indiquée de $\frac{1}{6667}$, et après avoir tracé mes deux faisceaux de

rayons visuels (se reporter aux fig. 2 et 3) sur un papier à calquer et marqué les points des monuments indiqués, je remis ce papier à MM. Daussy et Laugier. Ceux-ci le portèrent sur le plan de M. Emmery et constatèrent avec une grande satisfaction que les points obtenus y coïncidaient exactement avec leurs homologues (1).

Je compléterai ces renseignements officiels en transcrivant *in extenso* le passage suivant du rapport de M. Laugier dans lequel on verra le genre de services que pouvait et que pourrait encore rendre la chambre claire associée à la photographie.

« Pour que les plans construits d'après la photographie, est-il dit dans ce Rapport, présentent toute l'exactitude dont la méthode est susceptible, il faut s'assurer que les images photographiées n'ont éprouvé aucune déformation sensible ; voici le moyen dont M. Laussedat s'est servi pour cet examen.

« Au point même d'où la vue photographiée a été prise, on établit une planchette sur laquelle on fixe la photographie. Deux tiges articulées qui supportent le prisme d'une chambre claire s'adaptent aux côtés de la planchette ; en faisant varier la distance du prisme au plan et en réglant sa position, on arrive facilement à superposer l'image (virtuelle) de la chambre claire et celle de la photographie. La superposition ainsi établie pour les objets situés près du point principal de la perspective doit avoir lieu également pour les objets éloignés ; et comme l'image fournie par la chambre claire dépasse de beaucoup celle de l'épreuve (il en était ainsi à cette époque), on a d'excellents repères dans les lignes qui sont sur les bords de celle-ci et qui doivent se trouver dans le prolongement des mêmes lignes prises sur l'image de la chambre claire, si l'objectif ne donne lieu à aucune déformation. Dans cette position du prisme, sa distance au plan de la planchette est égale à la distance focale de l'objectif. »

Il y aurait une légère modification à apporter à la fin de cette rédaction. Ainsi, l'image virtuelle donnée par la chambre claire que l'on superpose à celle de l'épreuve photographique étant naturellement colorée produit l'illusion que l'autre l'est aussi. C'est cette expérience assez suggestive pour avoir beaucoup intéressé les commissaires qui fournit le meilleur moyen de circonscrire l'étendue du champ de l'épreuve n'ayant subi aucune déformation.

Les conclusions entièrement favorables du rapport de M. Laugier ayant été adoptées par l'Académie des sciences, il serait sans doute inutile de multiplier ici les témoignages d'approbation et d'encouragement donnés à la méthode par les plus hautes autorités, comme le comité des fortifications et le ministre de la guerre, et de faire connaître la série des expériences de plus en plus satisfaisantes poursuivies pendant dix ans, d'abord par une commission d'officiers de la division du génie de la garde impériale, en 1861 et 1862, puis par M. le capitaine du génie (depuis commandant) Javary depuis 1863 jusqu'en 1871. Nous nous bornerons à constater que l'instrument dont nous faisions usage était, en définitive, une chambre noire ordinaire simplement

(1) *Rapport sur un mémoire de M. LAUSSEDA*, etc., dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. L, janvier-juin 1860, p. 4127 et suivantes.

munie des organes de précision les plus indispensables (1), tandis que d'autres essais faits à diverses reprises avec des appareils plus ou moins ingénieux qui fournissaient des *images cylindriques* ou en *perspective rayonnante* n'ont conduit qu'à des résultats tout à fait insuffisants dans la pratique.

Nous verrons bientôt que les innombrables applications de la photographie à l'art de lever les plans entreprises et poursuivies depuis près de quarante ans en Prusse et depuis une vingtaine d'années dans la plupart des pays civilisés sont toutes fondées sur la méthode que nous avons proposée et qui avait en effet surtout le mérite d'être à la fois simple et rigoureuse,

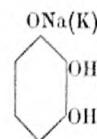
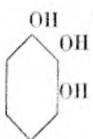
(A suivre)

COLONEL A. LAUSSEDAT.

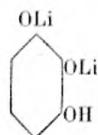
(1) Nous aurons l'occasion de donner plus loin divers dessins de ces *photothéodolites*, comme on les a qualifiés depuis.

SUR LE DÉVELOPPEMENT EN SOLUTION ALCALINE AVEC LES RÉVÉLATEURS FONCTIONNANT HABITUELLEMENT EN SOLUTION SULFITIQUE

On sait que les révélateurs photographiques peuvent être divisés en deux catégories : la première comprend les substances qui ne peuvent développer pratiquement qu'en solution alcaline ; dans la seconde rentrent les substances qui acquièrent leur pleine fonction révélatrice par la seule addition d'un sulfite alcalin. Dans la première catégorie nous possédons des substances qui peuvent être employées indifféremment avec des alcalis caustiques ou carbonatés, comme l'hydroquinone, le paramidophénol, l'édinol, etc.; d'autres, comme le pyrogallol, employé habituellement en solution carbonatée ou ammoniacale, ne peuvent fonctionner en solution caustique que sous certaines conditions. Si dans les révélateurs au pyrogallol les alcalis caustiques dépassent une certaine limite on obtient des liquides très oxydables (on sait que les solutions pyrogalliques additionnées de soude ou de potasse servent en analyse pour absorber l'oxygène), noircissant vite à l'air et produisant sur les plaques photographiques un double voile : photographique et coloré. C'est à VALENTA que revient l'honneur d'avoir établi le premier, d'une façon scientifique, la composition d'un révélateur au pyrogallol et aux alcalis caustiques, ne possédant pas les inconvénients signalés (1). Valenta a montré que, pour obtenir des révélateurs utilisables en pratique, il ne faut additionner la solution sulfitique de pyrogallol que de la quantité d'alcali caustique nécessaire pour salifier une fonction phénolique, c'est-à-dire pour transformer le pyrogallol en monophénate alcalin :



Si au lieu d'employer, comme alcali, la soude ou la potasse, on emploie la lithine caustique, on peut même salifier 2 groupes OH :

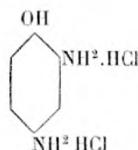


Les révélateurs ainsi constitués donnent des liquides ne noircissant pas à l'air

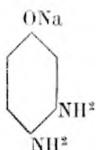
(1) EDER, *Jahrbuch* 1903, p. 406.

outre mesure et développant l'image photographique avec une très grande rapidité. Les recherches de VALENTA ont été confirmées récemment par VAUBEL (1).

M'inspirant des travaux de VALENTA, j'ai institué des essais dans le but de déterminer quelle est la quantité maxima d'alcali qu'on peut ajouter, sans obtenir de voile, à un révélateur fonctionnant habituellement en solution sulfitique, comme l'amidol. On sait que l'amidol est le chlorhydrate du diamidophénol de la formule suivante :



Si l'on additionne une molécule de cette substance de 3 molécules d'alcali caustique on met en liberté la base et on la transforme en phénate :



J'ai trouvé que dans ces conditions on peut développer l'image latente sur gélatino-bromure sans produire plus de voile qu'avec un révélateur sans alcali. Les solutions ainsi préparées sont presque incolores et peuvent être laissées à l'air pendant quelques heures sans coloration appréciable. Elles développent environ 3 fois plus rapidement que le révélateur sans alcali, en donnant des négatifs à gradation moins brusque. Ce fait rend ce révélateur très précieux pour le développement des plaques sous-exposées, qui dans les conditions habituelles donnent des négatifs durs. L'addition d'alcali ne doit pas dépasser la limite indiquée plus haut, car si l'on en ajoute un excès on obtient un liquide à propriétés complètement différentes : il s'oxyde rapidement à l'air en se colorant en bleu et produisant au développement un voile très prononcé. La formule suivante, qui correspond aux conditions indiquées, donne de bons résultats en pratique :

Eau	4 litre.
Sulfite de soude anhydre	3 gr.
Amidol	5 - -
Solution de soude caustique à 10/0 .	30 cc.

Ceci constitue le révélateur normal qu'on peut encore diluer avec son volume d'eau dans le cas de sous-exposition très forte.

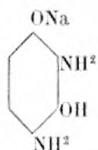
J'ai institué des essais analogues avec un révélateur qui se rapproche par ses pro-

(1) *Chemiker-Zeitung*, 1904, p. 213.

propriétés de l'amidol. C'est le chlorhydrate de diamidorésorcine qui nécessite 4 molécules d'alcali caustique pour sa transformation complète en phénate :

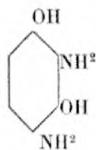


L'expérience a montré qu'un révélateur ainsi constitué ne peut être utilisé en pratique, car il voile même le gélatino-bromure non impressionné. J'ai alors diminué la quantité d'alcali caustique de façon à neutraliser une seule des fonctions phénol, pour obtenir le composé :



Ce révélateur, quoique un peu moins oxydable, ne peut encore être employé en pratique, car il possède au point de vue du voile des propriétés analogues au diphenate.

Mais si l'on diminue encore la quantité d'alcali, de façon à mettre seulement en liberté la base sans la salifier :



on obtient un révélateur utilisable, qui développe sans voiler. Ce révélateur est même plus lent que le révélateur ordinaire, contenant du sulfite seul, sans addition d'alcali. Ceci s'explique par la faible solubilité de la base diamidorésorcine, dont une part se précipite et devient ainsi inactive.

En résumé nous pouvons dire que :

- 1) L'amidol semble pouvoir développer en solution alcaline si l'on ne dépasse pas la quantité d'alcali caustique nécessaire pour la transformation en phénate;
- 2) La diamidorésorcine ne semble pouvoir développer qu'en solution neutre, c'est-à-dire qu'on ne doit pas dépasser la quantité d'alcali nécessaire pour la mise en liberté de la base.

LÉOPOLD LÖEBEL

LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

DEUXIÈME PARTIE. — LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE EN OPTIQUE MICROSCOPIQUE

CHAPITRE III

FOCIMÈTRE PHOTOGRAMMÉTRIQUE POUR OPTIQUE MICROSCOPIQUE

Il doit être bien entendu que nous n'avons nullement la prétention d'opposer le focimètre photogrammétrique à l'*apertomètre d'ABBE* comme instrument spécialement approprié à la détermination de l'ouverture des systèmes optiques. Nous ferons toutefois remarquer qu'en ce qui concerne la détermination de l'ouverture aplanétique des condensateurs, détermination dont nous allons nous occuper, le focimètre présente peut-être des ressources que n'offre pas au même degré l'apertomètre. Reconnaissions d'ailleurs qu'avec l'un comme avec l'autre de ces instruments, la technique de cette détermination particulière laisse encore trop à désirer pour qu'on puisse la considérer comme fixée.

§ 3 bis. — ERREUR SUR LA MESURE DE L'ANGLE D'OUVERTURE

Pour déterminer la valeur de l'erreur que peut entraîner sur la mesure de l'angle d'ouverture une incorrection dans l'ajustement du foyer de l'objectif sur l'axe de rotation, considérons ce qui se passe dans le plan horizontal passant par l'axe optique (fig. 5). Supposons que l'axe de rotation, au lieu de passer par le foyer d'avant O de l'objectif, passe par un point O' de l'axe optique distant de O d'une quantité OO' que nous appellerons δ . Soit L le point lumineux sur lequel s'effectue la visée, distant de l'axe de rotation d'une quantité O'L que nous désignerons par D. Soient O' et O'L' les directions extrêmes des rayons qui dans une révolution de l'instrument autour de son axe rendent lumineux le champ de l'objectif. L'angle réel d'ouverture de l'objectif est l'angle LOL', que nous désignerons par 2α . L'erreur commise quand on prend pour 2α l'angle LO'L' accusé par le cercle est évidemment pour chacune des deux moitiés de ces angles représentée par l'angle OLO' ou ϵ .

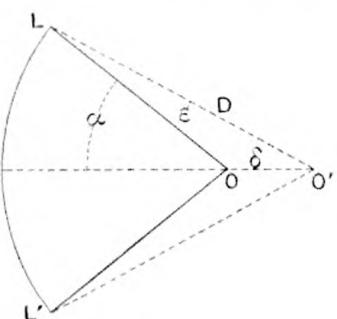


Fig. 5

Le triangle OLO' donne : $\frac{\sin \epsilon}{\sin \alpha} = \frac{\delta}{D}$; d'où : $\sin \epsilon = \frac{\delta}{D} \sin \alpha$.

δ pouvant toujours être ramené à une valeur très faible par un ajustement tant

soit peu soigneux, l'arc ou l'angle correspondant à ε peuvent être considérés comme directement mesurés par leur sinus.

On voit que cette erreur rentre encore dans la catégorie de celles qui sont directement proportionnelles à l'erreur d'ajustement dont elles sont la conséquence, et inversement proportionnelles à la distance sur laquelle elles portent : susceptibles d'être pratiquement annulées à la volonté de l'opérateur par l'emploi d'un repère suffisamment éloigné. Elle appartient également encore à la catégorie des erreurs systématiques, à valeur nettement déterminée, dont on est à même d'effectuer la correction dès que l'on a la possibilité de mesurer les différents éléments en fonction desquels elles s'expriment.

Au point de vue pratique il ressort encore de la formule que, même avec une valeur limitée de la distance D, des erreurs minimes δ de l'ajustement peuvent être considérées comme négligeables. C'est ainsi qu'il n'y a pas à se préoccuper des incertitudes de l'ajustement approximatif de l'agencement improvisé. A plus forte raison n'y a-t-il pas à tenir compte d'un défaut de planéité du micromètre employé dans la mise au point, non plus que de la présence ou de l'absence sur ce micromètre d'une lamelle couvre-objet. Il en résulte encore que dès que l'on aura une fois assuré dans toutes les règles l'ajustement d'un premier objectif pour l'observation, on pourra, pour tous les objectifs de la même force et de la même construction, se contenter de les amener à vue d'œil à la même position.

§ 4. — ÉTUDE DES OCULAIRES

Pour déterminer la situation du plan focal d'un oculaire qui ne donne pas d'image extérieure du côté de sa lentille collective, on commence par déterminer sa longueur focale du côté de la lentille de l'œil. A cet effet cet oculaire est d'abord, à l'aide d'une bonnette appropriée, ajusté dans l'ouverture de la sous-platine, la lentille de l'œil tournée vers la platine, sur laquelle est fixé le micromètre ; et on procède exactement comme pour un objectif.

L'oculaire est alors retourné dans sa bonnette, la lentille collective tournée vers le microscope d'observation. Comme dans le cas de l'emploi du matériel improvisé, le sommet de cette lentille a été marqué d'une croix noire. Le micromètre est supprimé.

Par une manœuvre simultanée du microscope d'observation, du coulant de la sous-platine, et de l'oculaire lui-même dans sa bonnette, la croix noire est mise au point dans le microscope de telle façon que le zéro du vernier du coulant se trouve arrêté soit au zéro même de la graduation de la tringle, soit à un nombre rond de cette graduation. Un butoir convenablement disposé peut permettre de supprimer ces tâtonnements en rendant cette partie de l'opération automatique. La manœuvre en elle-même a pour but d'éviter les complications et les causes d'erreurs inhérentes à une double lecture des subdivisions du vernier. Le système tout entier est alors dirigé sur le repère éloigné.

Sans plus toucher au microscope, et en faisant exclusivement usage du mouvement de la sous-platine, on met au point l'image du repère : lecture est faite de l'échelle à vernier. L'étendue du parcours relevé à partir de la position initiale représente la distance du plan focal au sommet de la lentille.

ACADEMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

Etude photographique du spectre de la planète Jupiter.

L'étude des spectres des planètes présente une importance considérable, parce qu'elle permet de connaître la composition de leurs atmosphères. Les bases de cette étude sont dues à M. JANSSEN (1862) qui a provoqué les recherches de M. MILLOCHAU qui a réussi à photographier plusieurs spectres de la planète Jupiter.

Ces spectres, qui s'étendent de la raie F à la raie C, ont été obtenus en employant l'objectif visuel de la grande lunette de l'observatoire de Meudon (84 cm de diamètre et 16 cm de distance focale) et un spectrographe composé d'un collimateur à lentille achromatique (50 cm. de distance focale), d'un prisme taillé sous l'angle de 60° et d'une chambre noire photographique munie d'un objectif achromatique ayant comme distance focale 29 cm, 2.

Des essais préalables ont conduit l'auteur de cette intéressante communication à employer des plaques panchromatiques de la maison Lumière, plaques qui lui ont donné des résultats bien supérieurs à ceux obtenus avec les autres plaques essayées.

Le dispositif employé pour le spectrographe a permis d'employer une fente assez large (environ 0mm,075) permettant cependant d'obtenir, dans le spectre de Jupiter, les raies solaires relativement fines avec un temps de pose de 90 minutes.

Par suite de l'état du ciel, M. MILLOCHAU n'a pu obtenir d'épreuves utilisables que le 29 décembre 1903, 2, 16, 26 et 29 janvier 1904. Il n'a pu faire qu'une épreuve de comparaison du spectre lunaire, le 26 janvier 1904.

Le spectrographe employé était fixé à une monture permettant d'orienter la fente dans toutes les directions, notamment, dans trois positions :

1^o Parallèlement à la ligne des pôles de Jupiter, afin de comparer le spectre des bandes à celui du reste du disque ;

2^o Parallèlement à l'équateur de la planète afin de distinguer les raies planétaires des raies telluriques par l'inclinaison des premières par rapport aux secondes, en raison de la rotation de Jupiter ;

3^o Suivant une direction faisant un angle de 45° avec ces deux premières positions, afin de faire en même temps les deux comparaisons.

Les épreuves obtenues ont été agrandies quatre fois par un procédé imaginé par M. MILLOCHAU, procédé qui permet, au moyen de reproductions successives, de faire varier l'intensité relative des diverses parties d'un cliché photographique et de mettre en relief des détails trop faibles pour être facilement visibles sur le négatif original.

Les spectres obtenus montrent nettement cinq bandes d'absorption spéciales à l'atmosphère de Jupiter.

Les résultats obtenus — pour le détail desquels nous renvoyons au texte même de la communication de M. MILLOCHAU — confirment par des documents photographiques les observations oculaires faites par les astronomes qui se sont occupés des spectres planétaires et les conclusions qui ont été déduites de ces observations.

(Académie des Sciences, 13 juin 1904).

Essai d'une méthode photographique pour étudier l'action des rayons N sur la phosphorescence.

Les changements d'éclat produits par les rayons N sur des écrans phosphorescents au

sulfure de calcium n'étant pas perçus aussi facilement par tous les expérimentateurs, il est de plus en plus nécessaire d'obtenir des résultats objectifs dont on puisse tirer des conclusions en toute certitude.

C'est dans ce but que M. E. ROTHÉ a essayé d'appliquer au sulfure une méthode analogue à celle par laquelle M. BLONDLOT a montré d'une façon indiscutable que les rayons N augmentent l'éclat d'une petite étincelle électrique. Le cas du sulfure est beaucoup plus compliqué parce que sa phosphorescence diminue avec le temps et la méthode des expériences croisées n'a pas fourni de résultats satisfaisants à M. ROTHÉ.

Aussi, renonçant à éliminer cette diminution d'éclat, il s'est au contraire attaché à étudier la décroissance de la phosphorescence et à mettre en évidence, par un artifice, les variations introduites par des causes extérieures. La méthode décrite par M. ROTHÉ n'est pas encore susceptible d'une grande précision : mais elle semble être la seule pouvant actuellement donner des indications certaines sur l'effet des rayons N.

Cette méthode consiste à placer à une faible distance d'une plaque photographique (5mm. environ) un petit écran circulaire de sulfure de calcium phosphorescent ; après une pose de 5 secondes le négatif révèle une impression, tache circulaire très noire au centre, dégradée, accompagnée d'une pénombre. La phosphorescence diminue avec le temps et, après un intervalle de 20 secondes, par exemple, une deuxième impression donne une tache moins noire et moins large. En produisant ainsi des impressions correspondant à des poses égales, au bout d'intervalles de temps égaux, on obtient sur le négatif une série de taches noires dont le diamètre s'affaiblit à mesure que la phosphorescence décroît. On représente graphiquement cette diminution d'éclat du sulfure en portant en abscisses les intervalles de temps qui séparent les poses successives et en ordonnées les diamètres des taches obtenues. Dans les cas les moins favorables, où la pénombre se détache mal sur le fond clair de la plaque, on peut encore mesurer le diamètre à 0mm,5 près.

Les courbes ainsi obtenues sont très régulières, sans discontinuité aucune. Mais si, au lieu de laisser la phosphorescence décroître spontanément, on introduit périodiquement une cause quelconque de perturbations tendant à augmenter ou à diminuer l'éclat du sulfure (radiations calorifiques, rayons N, rayons N₄, etc.), la courbe cesse d'être régulière et les perturbations sont accusées par des discontinuités.

De l'ensemble des résultats obtenus par M. ROTHÉ il résulte que les rayons N paraissent sinon augmenter l'éclat du sulfure, du moins diminuer la vitesse avec laquelle sa phosphorescence décroît.

L'auteur espère rendre cette ingénieuse méthode plus sensible, diminuer le temps de pose et l'intervalle séparant deux expériences successives.

(Académie des Sciences, 20 juin 1904).

Perfectionnements apportés au procédé photographique pour enregistrer l'action des rayons N sur une petite étincelle électrique.

M. R. BLONDLOT indique quelques perfectionnements à la méthode qu'il a précédemment décrite (1) : les rayons N sont concentrés sur l'étincelle à l'aide d'une lentille d'aluminium placée de manière à ce qu'elle forme sur l'étincelle un foyer conjugué du filament de la lampe Nernst. Il est utile, tant pour la photographie que pour l'examen de l'étincelle, de couvrir le verre dépoli d'un papier noir percé seulement d'un trou de 18 mm. de diamètre vis-à-vis de l'étincelle : par ce moyen, l'impression photographique est mieux limitée et plus nette. Enfin M. BLONDLOT emploie, pour le développement, un bain agissant très lentement.

(Académie des Sciences, 27 juin 1904.)

(1) *Comptes-rendus*, t. CXXXVIII, p. 4227.

Sur un nouveau procédé de photographie trichrome.

L'analyse des couleurs de l'objet à reproduire se fait comme d'ordinaire en photographiant cet objet trois fois, à travers des verres de couleur. Les trois négatifs obtenus a , b , c servent à produire trois clichés positifs a' , b' , c' . Il reste à superposer ces positifs et à les colorer afin de refaire la synthèse des couleurs. C'est ici que ma méthode diffère de celle en usage.

Pour superposer les trois positifs, je les copie à la chambre noire en projetant leurs images successivement sur une même plaque sensible D, en ayant soin que le repérage soit exact. La plaque sensible D est une lame de verre portant une mince couche de gélatine bichromatée. D'autre part, il faut avoir fabriqué d'avance trois réseaux de diffraction sur verre α , β , γ , convenablement calculés. On applique ces trois réseaux successivement contre la lame D pendant que l'on copie les trois positifs ; ils s'impriment donc successivement sur la surface de D, partout où les positifs a' , b' , c' présentent des parties transparentes.

L'épreuve triple D étant développée à l'eau chaude puis séchée, il faut l'observer en lumière parallèle ; car elle est invisible à la lumière diffuse. On la regarde par transparence, dans une chambre obscure, en l'éclairant par un bec de gaz éloigné ; en même temps on applique à sa surface une lentille convergente ; il faut avoir soin de mettre l'œil au foyer de cette lentille, marqué par un oïilletton. On déplace peu à peu l'appareil jusqu'à ce qu'on observe les couleurs. Les trois réseaux α , β , γ ont été tracés de telle manière que le rouge, le vert et le bleu soient déviés dans la même direction par les trois réseaux.

L'avantage de ce procédé est qu'une fois le positif D obtenu on peut en obtenir aisément des reproductions en le copiant sur une couche de gélatine bichromatée.

(Communication de M. R.-W. Wood, à l'Academie des Sciences, 27 juin 1904.)

De la présence d'hydroquinone dans le poirier.

MM. G. RIVIÈRE et G. BAILHACHE ont démontré la présence d'hydroquinone dans les bourgeons foliés du poirier qui en renferment de 3 à 5 grammes par kilogramme, d'extraction très facile. Le pommier ne renfermerait pas d'hydroquinone qui y serait remplacé par la phlorizine.

(Académie des Sciences, 4 juillet 1904.)

Sur différents résultats récemment obtenus par la métrophotographie :

Le colonel LAUSSEDAUT avait déjà le 30 mai dernier entretenu l'Académie des premiers essais faits avec le stéréocomparateur du Dr PULFRICH pour étudier le terrain par la stéréoscopie ou plus exactement par la méthode des parallaxes.

Ces expériences, faites aux environs d'Iéna, dans un pays moyennement accidenté, avaient permis de démontrer qu'avec une base de 100 mètres on pouvait relever les détails et le relief du terrain représenté par des courbes de niveau jusqu'à 2500 mètres et 3000 mètres de distance.

De nouvelles expériences qui viennent d'être faites dans le sud du Tyrol, pays de hautes montagnes, sous la direction du savant colonel Baron von HÜBL ont donné des résultats encore plus concluants : avec une base de 254 mètres, deux photographies du format 18×24 que le colonel LAUSSEDAUT montre à l'Académie, ont suffi pour permettre de construire la plus grande partie d'une carte à l'échelle de $\frac{4}{2500}$ également soumise à l'Académie, carte

qui comprend des montagnes abruptes dont les sommets atteignent 3000 mètres de hauteur et sont éloignées de 8 kilomètres de la base. Les courbes de niveau, très étudiées, sont tracées sur cette carte à l'équidistance de 20 mètres.

Dans une autre expérience communiquée par le colonel Von HÜBL la base ayant été portée

à 318 mètres on a pu atteindre la distance de 12 kilomètres et, *avec les deux photographies de 18×24 seulement, on a relevé une superficie de 20 kilomètres carrés.*

Enfin le colonel LAUSSEDAT annonce la publication, sous la direction de M. E. DEVILLE, de la carte des Selkirks, voisins des montagnes rocheuses, exécutée à l'échelle de $\frac{1}{60.000}$ avec courbes de niveau de 30 mètres en 30 mètres. Les deux campagnes d'été de 1901 et 1902 ont suffi aux habiles opérateurs (MM. Arthur O. WHEELER; H.-G. WHEELER et M. P. BRIDGLAND) pour étudier photographiquement, dans tous ses détails, une surface de 250 kilomètres carrés comprenant de nombreux glaciers, des rochers dont les sommets dépassent 3.000 mètres, de profonds ravins, des forêts d'une grande étendue et pour préparer un rapport sur cette région. La construction et la gravure, effectuées avec un grand soin, ont été effectuées pendant trois hivers.

Le colonel LAUSSEDAT conclut de ces diverses expériences que la méthode des parallaxes réalise un progrès considérable et mérite la plus sérieuse attention de la part de plusieurs de nos services publics, peut-être jusqu'à ce jour un peu trop indifférents.

(*Académie des sciences, 8 août 1904.*)

BIBLIOGRAPHIE

Spectres de flammes; variations spectrales d'ordre thermique. — Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris par M. Charles de WATTEVILLE, licencié en droit. Evreux, imprimerie de Charles Herissey, 4, rue de la Banque, 1904.

On peut ranger en deux catégories principales les spectres que nous savons obtenir : ceux qui sont produits par des sources thermiques (flammes, etc.) et ceux qui sont donnés par des sources électriques en même temps que thermiques comme l'arc et l'étincelle.

« L'étude des premiers, seuls connus au début de la spectroscopie, a été, depuis, négligée comparativement à celle des seconds ; elle laisse à désirer, en particulier, au point de vue des différences que présentent les spectres des parties constitutives de la flamme, qui se composent de deux régions principales : le *cône intérieur ou noyau* et la *flamme* proprement dite qui entoure le noyau. Or, en général, pour obtenir ces spectres, on se contente d'introduire la substance à examiner dans la flamme déjà formée : c'est le procédé qui a été employé dès les commencements par BUNSEN, ROSCOÉ, MITSCHERLICH qui se servaient d'un fil de platine portant une trace du sel considéré. Il a été perfectionné par MM. EDER et VALENTA qui, par un dispositif nouveau, ont permis le renouvellement continu et automatique dans la flamme de la substance essayée (1). De son côté, le professeur HARTLEY s'est servi de la flamme du chalumeau oxydrique dans laquelle il plaçait, à l'aide d'une lamelle de cyanite, la matière étudiée (2).

« M. GOUY, au cours de recherches qu'il faisait sur la photométrie des flammes colorées par l'addition aux gaz combustibles de la poussière d'une dissolution saline, vit apparaître dans le spectre de ces flammes une série d'autres raies dues au métal contenu dans la dissolution. Ces raies, au lieu d'être produites par toute la flamme comme celles qu'on y connaît déjà, étaient émises seulement au voisinage du cône bleu intérieur qui donne naissance au spectre de Swan. Les observations de M. GOUY s'étaient bornées à l'examen de quelques raies du spectre visible (3). »

D'après les conseils de M. le professeur SCHUSTER et sous sa direction, M. de WATTEVILLE a repris, au moyen de la photographie, cette étude afin de l'étendre à la partie ultraviolette du spectre et de pouvoir découvrir les raies trop faibles pour être visibles à l'œil.

Les résultats obtenus par ce physicien, tout en confirmant ceux qui ont été obtenus avant lui par d'éminents expérimentateurs tels que MM. EDER et VALENTA, et M. HARTLEY, les étendent très notablement puisque, d'après le mode même d'expérimentation de ces savants, leurs données ne s'appliquent qu'à la partie externe de la flamme. En effet, un nombre considérable de raies invisibles, même quand on se sert du chalumeau à oxygène et gaz d'éclairage, apparaissent par le simple emploi de l'air auquel le sel est préalablement mêlé.

Le dispositif employé par M. de WATTEVILLE pour la production des flammes est sensiblement celui qui a été imaginé par M. GOUY. Des modifications ont été apportées à l'appareil de ce physicien ; ces modifications, tout en étant légères, ont cependant une certaine importance lorsqu'il s'agit d'obtenir un fonctionnement aussi automatique que possible pendant les huit heures souvent nécessaires à la prise des photographies.

Dans ses recherches, l'auteur s'est servi de deux genres de spectrographes :

1^o *D'un spectrographe à réseau concave* construit pour M. SCHUSTER et d'après ses indications par la Société d'instruments scientifiques de Cambridge, se composant d'une caisse en bois ayant sa plus grande dimension supérieure à un mètre, à l'une des extrémités de laquelle se trouve le réseau fixé verticalement sur une plateforme qui peut être déplacée latéralement et en hauteur, au moyen de trois vis calantes. A l'autre extrémité de la caisse se trouve le châssis photographique, sorte de châssis en bois à l'intérieur duquel on peut maintenir à l'aide de ressorts et déplacer le long de deux tringles en fer ayant la courbure

(1) *Wiener Denkschr.*, 60, 4893.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 5^e série, t. XVIII, 1879.

voulue, l'oculaire qui sert à la mise au point et aux observations à l'aide de l'œil. C'est également contre ces tringles qu'on place la pellicule sensible appuyée fortement par une pièce de bois cintrée qui ferme le châssis. Le réseau est un beau réseau concave de Rowland comprenant 15.000 traits au pouce et ayant une longueur utile de trois pouces et demi. Son rayon est de un mètre et, sur les pellicules sensibles employées, une longueur de un millimètre correspond à une différence de longeur d'onde d'environ 46,8 unités d'Angström. Le réglage effectué (réglage que M. de WATTEVILLE décrit en détails dans son mémoire) on procède à la mise au point photographique, à l'aide des trois moyens dont on dispose : le rapprochement de la fente ou son éloignement du réseau (ce qui modifie d'une façon égale la mise au point de toutes les radiations), le déplacement du réseau parallèlement à lui-même ainsi que sa rotation autour de l'axe vertical passant par son centre, deux mouvements qui, à l'inverse du précédent, modifient inégalement les distances des divers foyers à la pellicule sensible. On arrive ainsi à corriger les défauts de netteté de toute l'étendue du spectre ou seulement de l'une de ses extrémités. L'emploi méthodique de ces déplacements permet d'atteindre un réglage parfait après un certain nombre de tâtonnements.

Toutes les photographies de spectres de flammes ont été prises avec un spectre de comparaison qui était celui de l'étincelle ou de l'arc du métal étudié. La durée de la pose de la flamme étant extrêmement longue, on avait soin de prendre le spectre de comparaison au milieu de cette pose afin d'établir une moyenne au cas où des variations de température de l'appareil seraient intervenues pour produire un élargissement des raies de la flamme.

2^e *De spectrographes prismatiques* dont l'un, destiné à la partie visible du spectre, est muni d'un prisme Rutherford de Steinheil. L'autre qui répond aux indications du professeur EDER (1) se compose de deux lentilles et d'un excellent prisme de Cornu, en quartz, travaillés par M. WERLEIN, de Paris, et permet d'obtenir toute l'étendue du spectre sur la même plaque photographique.

Pour le réseau, M. de WATTEVILLE a employé des pellicules orthochromatiques d'Edwards, révélées au chlorhydrate de diamidophénol et sulfite de sodium et pour les appareils à prismes des plaques orthochromatiques Lumière A sensibles au jaune et au vert, B sensibles au jaune et au rouge, développées au Cristallo.

Toutes ces surfaces sensibles ont donné de bons résultats, à part leur manque connu de sensibilité pour la région verte du spectre, inconveniente que M. de WATTEVILLE n'a pas pu atténuer à l'aide des sensibilisateurs qu'il a étudiés.

Quant aux temps de pose, ils ont été en moyenne de huit heures pour le réseau, de trois à quatre heures pour le prisme de verre, de six heures pour celui de quartz. Il est évident, dit M. de WATTEVILLE, que ces durées gagneraient à être prolongées encore pour la partie ultraviolette du spectre où l'appareil en quartz augmente non seulement l'intensité, mais encore le nombre des raies données par le réseau.

Il n'appartient pas à cette revue, essentiellement photographique, d'indiquer les procédés de mesure employés par l'auteur et les résultats numériques qu'il a obtenus ; nous renvoyons donc à son mémoire pour les détails.

Nous nous contenterons de reproduire les conclusions de son intéressant travail :

« 1^e J'ai donné la description de spectres de flammes beaucoup plus riches en raies que ceux qu'on a étudiés jusqu'ici.

« 2^e J'ai démontré que ces spectres pouvaient s'étendre dans la partie ultraviolette plus loin qu'on ne l'admettait, puisque la raie 2199 de l'étain y est encore visible.

« 3^e J'ai établi la division de la flamme en régions qui, au point de vue spectral, se différencient par la présence déterminée de raies.

« 4^e Enfin, une expérience, dont les détails feront l'objet d'une étude spéciale, m'a montré des variations du spectre de l'arc alternatif accompagnant celles de la phase du courant. »

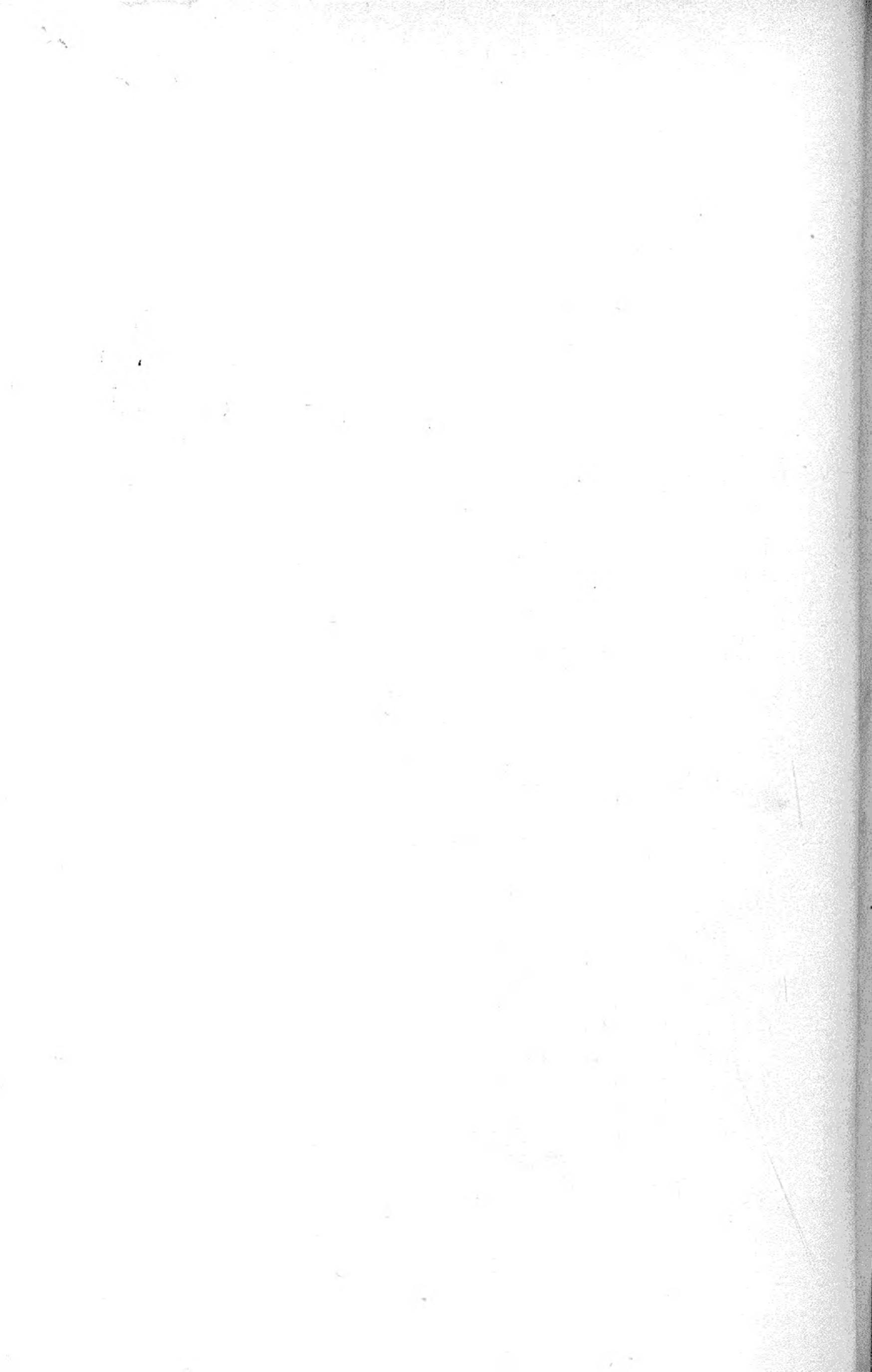
G.-H.-N.

(1) *Wiener Denkschr.*, 57, 1890



FIG. 21. — *Phora rufipes*.





SUR QUELQUES APPAREILS NOUVEAUX

DESTINÉS AUX ÉTUDES SENSITOMÉTRIQUES

ET RÉSUMÉ HISTORIQUE DES MÉTHODES EMPLOYÉES ANTÉRIEUREMENT

Par C.-L.-K. MEES et S.-E. SHEPPARD

PLAN D'ENSEMBLE



Machine pour l'étendage de l'émulsion : nouveau dispositif permettant un coulage très précis de l'émulsion sur un petit nombre de plaques. — Dispositif d'éclairage. Appareil complètement clos, comportant un disque à secteurs de Hurter et une lampe étalon à acétylène. — Développement. — Thermostat assurant une température déterminée et constante au bain révélateur. — Photomètres. — Emploi du spectrophotomètre de Hüsner et de quelques nouveaux dispositifs pour la mesure des opacités sur les clichés obtenus.

Généralités. — On a imaginé depuis 1880 un grand nombre d'instruments en vue d'exprimer par un certain nombre de constantes expérimentales les propriétés caractéristiques des plaques photographiques et les divers phénomènes dont elles sont de siège. Le plus important des travaux entrepris dans cette voie fut celui de MM. DRIEFIELD et HURTER qui créèrent en 1890 une méthode entièrement nouvelle pour la détermination de la sensibilité des plaques photographiques, cependant leur méthode ne prévoit en aucune façon l'expression des propriétés que manifeste la plaque étudiée au cours de son développement. Nous avons montré dans *The Photographic Journal* de février et de juillet 1903 que ces propriétés de la plaque photographique peuvent être complètement exprimées par un certain nombre de constantes numériques, et nous avons en même temps indiqué une méthode pour la détermination de ces constantes.

Au cours de nos travaux, nous avons été amenés à modifier divers appareils et à en créer de nouveaux pour étudier l'ensemble des propriétés de la plaque photographique et à traduire ces propriétés sous forme de constantes sensitométriques.

Ces instruments comprennent : 1) un appareil destiné à donner à une plaque une série graduée de lumières très exactement connues ; 2) un appareil pour développer les plaques à une température et pendant un temps bien déterminés ; 3) un appareil pour la mesure précise des densités (logarithmes des opacités) obtenues sur la plaque après développement. A ces instruments, nous avons dû par la suite adjoindre un appareil pour couler sur plaques une couche parfaitement uniforme d'émulsion, ce qui est indispensable pour tout travail précis concernant la plaque photographique.

Nous nous proposons aussi d'annexer à ce mémoire une discussion critique des divers appareils utilisables, et une bibliographie aussi complète que possible des méthodes sensitométriques et des questions connexes.

Appareil pour le coulage de l'émulsion. — Nous avons constaté, dès nos premières recherches, que les inégalités d'épaisseur de la couche d'émulsion dans les plaques

sensibles du commerce constituaient une source d'erreurs considérables. HURTER et DRIFFIELD, dans leurs expériences, avaient d'ailleurs souvent constaté des erreurs de 14 0/0, et même, dans un cas, une erreur de 30 0/0.

Si cependant l'émulsion est coulée sur glace, on peut obtenir industriellement une couche assez uniforme, avec laquelle les erreurs n'excèdent pas 2 0/0. Mais cette approximation est encore insuffisante pour la détermination des caractéristiques d'une plaque.

Nous aurons donc à examiner séparément :

- a) Le support sur lequel la plaque est disposée pour le coulage ;
- b) L'appareil distributeur, servant à couler l'émulsion sur la plaque ;
- c) Les moyens à employer pour le déplacement relatif de *a* et de *b*.

1. — *Le support.*

Dans le cas le plus favorable, il serait probablement avantageux que, dans une machine à couler l'émulsion, la plaque soit fixe, et le distributeur mobile, mais industriellement cette disposition est impraticable ; elle serait même déjà très compliquée

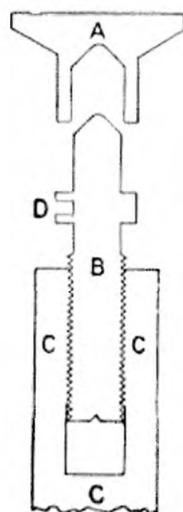


Fig. 1.

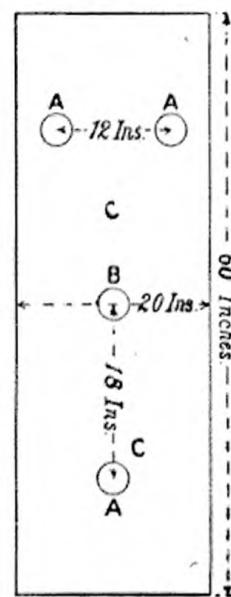


Fig. 2

sur une petite échelle. Il semble donc pratiquement nécessaire que ce soit toujours la plaque qui doive se mouvoir sous le distributeur.

Dans le plus grand nombre des machines industrielles, la plaque est portée par un ruban sans fin, refroidi par son passage dans une cuve à eau ; dans d'autres, la plaque est poussée sur des rouleaux ; dans un cas comme dans l'autre, il est extrêmement difficile de maintenir la plaque en situation rigoureusement horizontale pendant son déplacement.

Pour nos expériences un très petit nombre de plaques était suffisant ; il suffisait donc de faire glisser bien horizontalement un marbre, recevant les plaques à couler, sur un banc parfaitement dressé sous le distributeur ; il eût été possible d'établir ce banc en fer, et de monter le marbre sur galets, mais il eût été difficile dans ces conditions de maintenir les plaques parfaitement de niveau pendant leur marche ; on s'arrêta donc au dispositif suivant :

Quatre colonnes d'acier C de 5 cm. de diamètre et de 1 m. 20 de hauteur se terminent à leur partie supérieure par des vis calantes B sur chacune desquelles repose une des calottes de bronze A recevant le banc (fig. 4). Le diagramme (fig. 2) montre la disposition de ces quatre colonnes. Au moyen d'un niveau très précis placé au centre du banc, en B, on met de niveau par le réglage des trois vis calantes AAA, puis amenant le niveau vers C, on amène la vis calante B à l'affleurement du banc.

Le banc représenté dans la fig. 2 est constitué par une dalle de glace, épaisse de 25 mm. mesurant 50×150 cm et dont le dos est douci. Le marbre portant les plaques à couvrir d'émulsion est disposé comme suit : Les plaques sont formées de glaces minces de 25×105 mm ou occasionnellement 36×105 mm ; ces plaques ont leurs bords dressés bien d'équerre, de façon à ce que les diverses plaques amenées au contact forment une plaque homogène sans solution de continuité ; on emploie également un assez grand nombre de plaques, coupées dans la même feuille de glace, mais dont les bords ne sont pas nécessairement dressés avec la même précision ; les plaques sont assemblées côté à côté sur une plaque de glace choisie ; les six plaques que l'on utilisera pour les mesures sont complètement entourées d'autres plaques dressées, et celles-ci sont à leur tour complètement entourées d'une seconde ceinture de plaques non dressées. La glace 25×35 cm portant ces plaques est elle-même posée sur une autre glace 22×35 cm qui forme le chariot proprement dit. Toutes ces glaces doivent être choisies aussi minces que possible, de façon à alléger le plus possible l'appareil.

2. — *Le distributeur.*

Le distributeur de l'émulsion est formé d'une cuve étroite A (fig. 4) en métal platiné, dont les dimensions intérieures sont $23 \times 7 \times 1$ cm et qui est complètement enveloppé d'une cuve à eau chaude B de $28 \times 7 \times 11$ cm. Le fond de cette

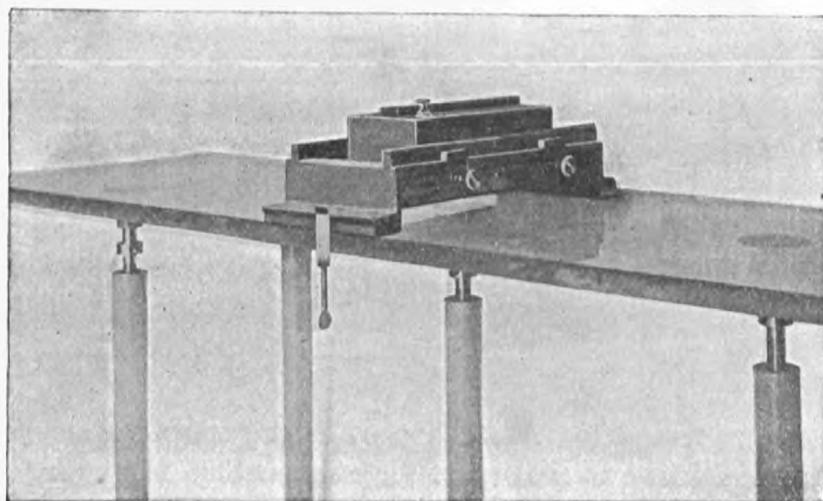


Fig. 3.

cuvette est constitué par deux lames, représentées par la fig. 5, et laissant entre elles une fente A, guidée comme le sont les fentes de spectroscopes ; les faces en sont travaillées avec un soin extrême ; les deux lames sont isolé-

ment ; l'une d'elles est commandée par les deux vis micrométriques à tête graduée BB ; la course de l'autre est limitée par les vis de butée DD, elle vient au repos s'appliquer sur l'autre lame de façon à former la fente, sous la poussée des ressorts ; la fente n'est dès lors ouverte et de la largeur préalablement déterminée, qu'au moment où l'on manœuvre le levier C qui fait alors appliquer la lame sur ses butées. Sous la cuve est un tablier C (fig. 4) le long duquel l'émulsion coule jusque sur

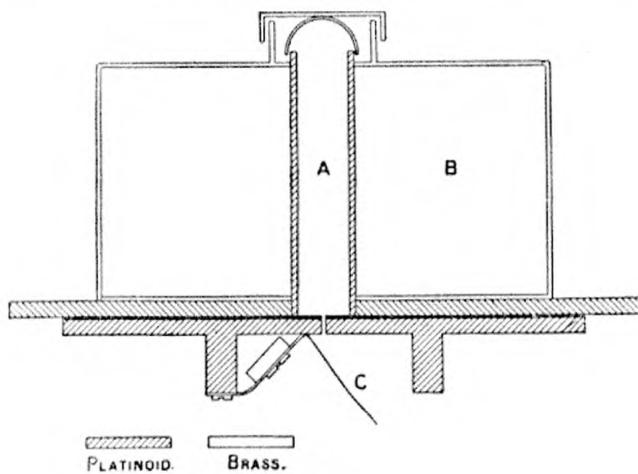


Fig. 4

la plaque, après qu'on l'a ajusté à l'un des bords de la fente. Toutes ces pièces métalliques doivent être faites du même métal platiné que la cuve à émulsion. Le distributeur est fixé sur un pont à surfaces bien dressées et fixé au milieu du banc par des presses à vis ; la disposition d'ensemble de l'appareil est montrée par la fig. 3.

3. — *Entrainement de la plaque.*

La dalle de glace formant le chariot porte-plaques ci-dessus décrit est garnie de velours noir sur sa face inférieure, de façon à pouvoir glisser régulièrement sur le banc ; aux deux extrémités de ce chariot sont fixés des crochets auxquels est fixée une corde passant à l'arrière du banc sur une poulie de renvoi et, à l'avant sur une poulie motrice, actionnée à vitesse uniforme par un petit moteur à air chaud.

SENSITOMETRES

Tout sensitomètre comporte essentiellement deux parties distinctes que nous examinerons séparément, à savoir : a) une source de lumière d'intensité constante et b) un appareil permettant de fournir à la plaque des quantités de lumière connues, en progression déterminée.

Sources de lumière. — La question des sources de lumière et des étalons est essentiellement une question photométrique que nous n'examinerons que sommairement ; suivant l'usage, nous distinguerons les étalons primaires ou étalons proprement dits, et les étalons secondaires, ou dérivés, ces derniers étant d'ailleurs les plus importants au point de vue pratique.

Sur la question des étalons primaires, nous renvoyons le lecteur aux traités spéciaux de photométrie et aux mémoires signalés ci-après dans l'appendice bibliographique ; notons seulement qu'un tel étalon doit, non seulement fournir une lumière constante, mais pouvoir être reproduit identique à lui-même de façon à constituer

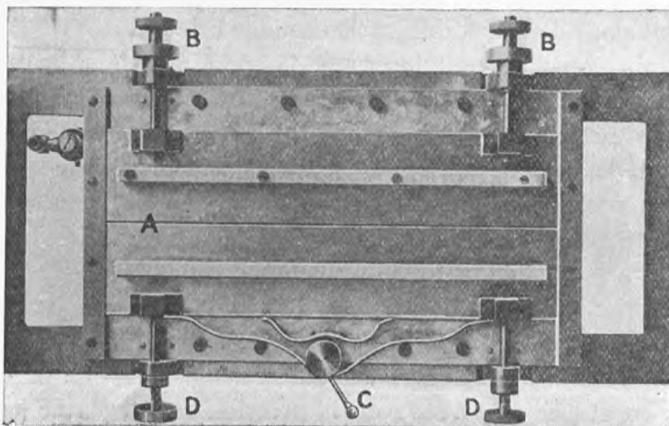


Fig. 3

une unité de lumière. L'étalon VIOLE au platine incandescent est actuellement reconnu impraticable ; en dehors de la bougie ou du carcel, on utilise la lampe Hefner-Altnek, à l'acétate d'amyle, et la lampe Vernon-Harcourt, au pentane, ou encore une modification de cette dernière, due à Sommance ; c'est cette dernière

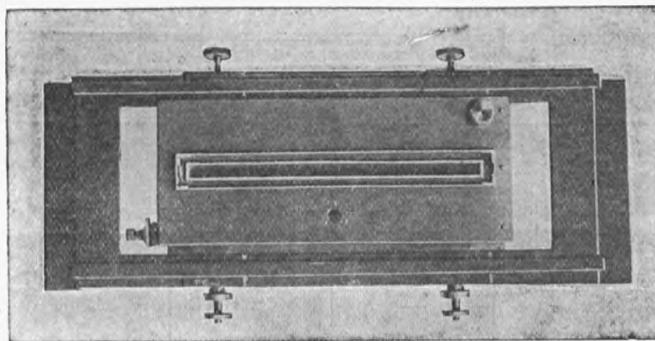


Fig. 6

disposition que nous avons adoptée pour la mesure de l'intensité de notre lumière constante ; de l'air passe sur un bain de pentane et, mélangé aux vapeurs, descend par son poids jusqu'au brûleur dont l'intensité sera constante et parfaitement définie si les dimensions de l'appareil sont celles indiquées et que la flamme ait une hauteur déterminée.

Les sources de lumière constante utilisables comme étalons secondaires sont beaucoup plus nombreuses. HURTER et DRIEFFIELD dans leurs recherches bien connues utilisèrent la bougie étalon ; sir W. de W. ABNEY employa la lampe à l'acétate d'amyle, et le Dr EDER, dans son important travail sur la sensitométrie (1), a préféré

(1) Dr J. M. EDER, *Sensitométrie des plaques photographiques*, traduction E. Belin, Paris, 1904.

une lampe à benzine, tandis que VOGEL avait conseillé jadis l'emploi d'un poids constant de magnésium brûlé sous une longueur constante. On peut enfin considérer comme constante l'intensité d'une lampe électrique à incandescence alimentée par une batterie d'accumulateurs et contrôlée par un voltmètre. Mais il est bon de remarquer que l'intensité proportionnelle à une puissance élevée du voltage, varie considérablement pour de très faibles variations de celui-ci.

Dans nos essais, nous avons adopté une lampe à acétylène brûlant ce gaz pur sous pression constante; un diaphragme permettant de n'utiliser qu'une faible région de la flamme; les brûleurs du type « Naphey » assurent actuellement un mélange très satisfaisant de l'acétylène avec l'air; le gaz était purifié par son passage dans deux éprouvettes renfermant l'une de la soude caustique et l'autre du chlorure de chaux; avant de se rendre au brûleur il traversait un grand récipient muni d'un manomètre. Par la suite, nous avons eu connaissance, grâce à l'obligeance du Dr Meyer Wildermann, d'un dispositif imaginé par lui pour ses études sur « la statique et la dynamique chimiques sous l'influence de la lumière » (1) et l'avons adopté.

Causes d'erreurs dans les flammes d'acétylène, ou autres. — La première condition à réaliser est la constance rigoureuse de la pression du gaz; avec les appareils que nous utilisons, les variations restaient inférieures à 1 0/0; les erreurs de cet ordre n'affectent que peu une flamme diaphragmée comme le montre le tableau ci-dessous, dressé d'après nos expériences sur notre premier dispositif et où E désigne la lumi-nosé en bougies mètres secondes et D la densité, définie comme dans les travaux de Hurter et Driefield, mesurée sur les plaques développées, le gaz étant, dans quatre séries d'expérience, débité respectivement sous les pressions de 3, 4, 5 et 6 1/2 centimètres.

E.	Log. E.	D ₃	D ₄	D ₅	D _{6,5}
209	2.321	1.226	4.330	4.233	4.46
406,4	2.026	4.037	4.463	4.018	4.040
53,2	1.725	844	973	896	850
27,9	1.446	600	760	651	653
12,98	1.114	373	508	464	468
7,65	0.884	—	298	286	293

Construisant les courbes correspondantes, on en déduit pour la valeur de l'intensité :

P log i	3 ^{cm}	4 ^{cm}	5 ^{cm}	6,5 ^{cm}
	0.74	0.49	0.49	0.49

Soit donc une valeur constante pour les pressions comprises entre 4 cm. et 6 cm. 5.

(A suivre).

(Traduction L. P. CLERC).

(1) *Philosophical Transactions of the Royal Society* (Londres) et *Zeitschrift für Physik Chemie*.

SUR LA REPRODUCTION DES OBJETS DIFFICILES

PAR LA PHOTOMICROGRAPHIE

(Suite et fin)

Les objets de la deuxième catégorie, c'est-à-dire ceux qui sont incolores et très transparents en même temps, ou dont la coloration est insuffisante, ou enfin ceux dont les contrastes sont peu marqués sont toujours difficiles à reproduire, à tel point qu'il faut avec eux se contenter souvent d'un résultat assez médiocre.

Les objets transparents sont surtout difficiles à reproduire lorsque leur substance possède un haut indice de réfraction et qu'il n'est pas possible de mettre les détails de leur structure en évidence au moyen de la lumière polarisée.

J'ai pu cependant obtenir, la plupart du temps, avec ces corps à haut indice, des négatifs très acceptables, en les reproduisant sur fond partiellement noir ; résultat auquel on arrive en plaçant en avant du condensateur un disque qui intercepte seulement la partie centrale des rayons lumineux, de cette façon l'objet n'est éclairé uniquement que par des rayons obliques. Dans tous les cas le diaphragme central doit être de diamètre moindre que celui qui produirait l'éclairage sur fond noir.

Aux diaphragmes opaques je préfère de beaucoup les diaphragmes transparents colorés, tels que les a conseillés J. RHEINBERG ; je ne décrirai point ici cette méthode dénommée par son auteur : « *Eclairage à colorations multiples* », cela nous entraînerait trop loin, je renverrai ceux des lecteurs que la question pourrait intéresser au Journal de M. TEMPÈRE : *Le Micrographe préparateur*, n° 1, année 1902, dans lequel j'en ai publié une description détaillée.

Je puis certifier que, bien employé, ce procédé facilite singulièrement la reproduction de beaucoup d'objets qui se confondraient sans cela avec le fond et dont il serait impossible d'obtenir une image un peu définie.

Je ferai cette remarque que si pour l'examen oculaire on doit faire choix d'écrans colorés de telle sorte que l'objet assume une teinte impressionnant assez vivement la rétine et se détache sur un fond relativement obscur, on recherchera au contraire, pour la reproduction photographique, un fond de teinte très actinique et pour l'objet une teinte qui le soit assez faiblement ; à moins qu'on ne vise une épreuve dans laquelle le sujet se détache en clair sur un fond sombre, ce qui peut être avantageux dans certains cas.

Dans la deuxième catégorie d'objets nous avons rangé non seulement ceux qui sont incolores et très transparents, mais aussi ceux dont la coloration est peu accusée ou insuffisante. Ce sont là encore des sujets difficiles à reproduire et desquels il est impossible d'obtenir une bonne épreuve quand la matière colorante est de teinte très actinique. La règle à adopter en pareil cas consiste à choisir des plaques dont la sensibilité soit faible pour la teinte de l'objet et à leur associer un écran qui intercepte les rayons de cette même teinte.

C'est, on le voit, une règle toute contraire à celle qui concerne les préparations de la première catégorie ; un ou deux exemples vont nous faire mieux comprendre la façon de l'appliquer. Supposons qu'il s'agisse de reproduire une préparation faiblement colorée en violet par l'hématoxyline ou en bleu par le bleu méthylène : nous prendrons une plaque de la série A, sensible au jaune, mais un peu moins sensible qu'une plaque ordinaire aux radiations bleues et violettes et nous ferons usage d'un écran jaune foncé destiné à éteindre les radiations bleues et violettes.

Si, au contraire, la coloration était jaune-clair ou rouge très clair, nous aurions employé une plaque ordinaire et un écran vert.

Il nous reste à considérer les préparations qui doivent être rangées dans la troisième classe : c'est une préparation naturellement très opaque ou trop colorée et cela avec une matière colorante antiphotogénique, cas fréquent lorsqu'on veut photographier des insectes ou des préparations trop épaisses.

En règle générale, *il faudra toujours avoir recours à une exposition prolongée, éviter tout écran qui intercepte les rayons de même nature que ceux de l'objet et employer une plaque possédant le maximum de sensibilité pour cette teinte.*

Supposons par exemple un insecte d'une forte couleur brun-rougeâtre, nous ferons usage d'une plaque de la série B et nous l'exposerons sans écran.

La difficulté sera plus grande si l'objet, à côté de parties presque opaques ou très peu photogéniques, en présente d'autres transparentes ou très photogéniques ; cas encore fréquent chez les insectes, dont le corps est brun, peu transparent, tandis que les pattes, les antennes et surtout les ailes sont très peu colorées et facilement traversées par les rayons lumineux. Avec de pareils sujets il sera souvent avantageux de s'écartez de la règle ci-dessus et de faire usage d'un écran de même teinte que celle des objets peu colorés ; mais on comprend que cette façon d'agir ne répond que partiellement au but, car l'écran, en diminuant l'actinisme des parties trop transparentes, diminue en même temps celui des parties trop denses parce que leur teinte est généralement de même nature que celle des premières ; aussi est-on obligé de se contenter, la plupart du temps, d'un négatif trop peu venu dans certaines parties et sureposé dans d'autres. On s'efforcera de combattre ce défaut par une pose très largement calculée, en employant des plaques anti-halo et en conduisant le développement en conséquence, c'est-à-dire en se servant d'un révélateur très dilué et dont l'agent actif donne peu de contrastes.

La planche XVII qui représente le *Phora rupifer* démontrera qu'en opérant ainsi que je viens de le dire, on parvient parfois à surmonter toutes ces difficultés. Dans cet exemple j'avais affaire à un moucheron dont le corps et surtout la tête sont fortement colorés en noir-brun, les pattes ont cette même teinte mais beaucoup plus faible, enfin les ailes sont à peu près incolores ; c'est donc un objet qui répond suffisamment à ceux que l'on peut classer dans la troisième catégorie.

Dans d'autres cas analogues j'ai pu obtenir des négatifs très passables, en développant largement au moyen d'un révélateur de concentration normale et traitant la plaque, une fois fixée et lavée, par le persulfate d'ammoniaque.

Pour ces sujets à grands contrastes les difficultés peuvent être si diverses, qu'il est impossible d'énoncer une marche à suivre bien déterminée ; l'initiative, beaucoup de raisonnement et de nombreux essais, sans jamais se contenter d'un à peu près, sont, je crois, la seule chose qu'on puisse indiquer.

On voudra bien remarquer que la division des préparations en trois classes aussi

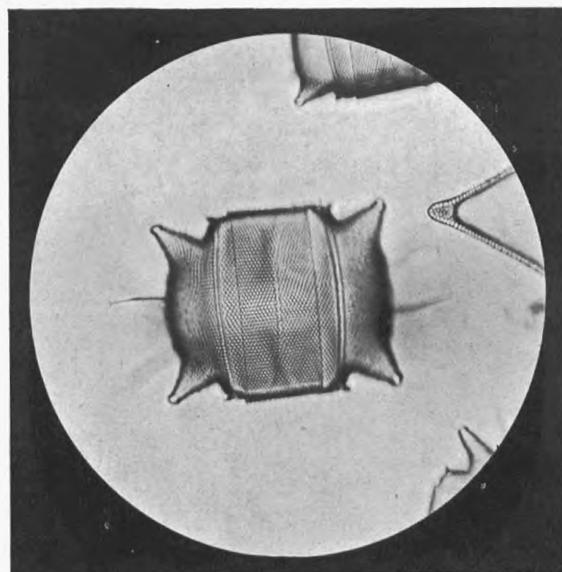


FIG. 22. — *Ariceratum spinosum*.
(En une seule pose.)

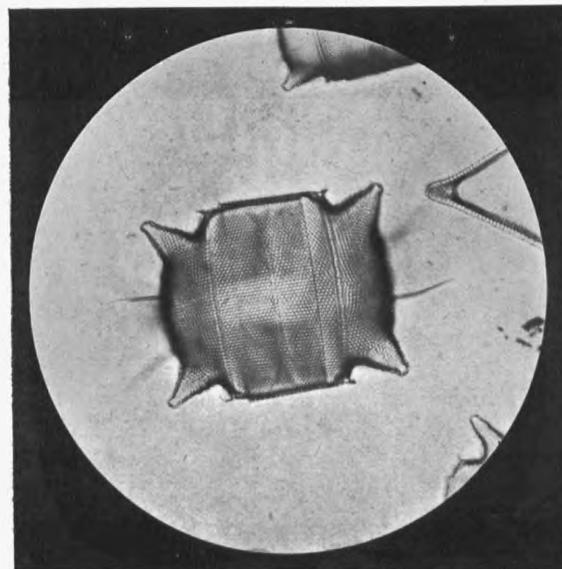
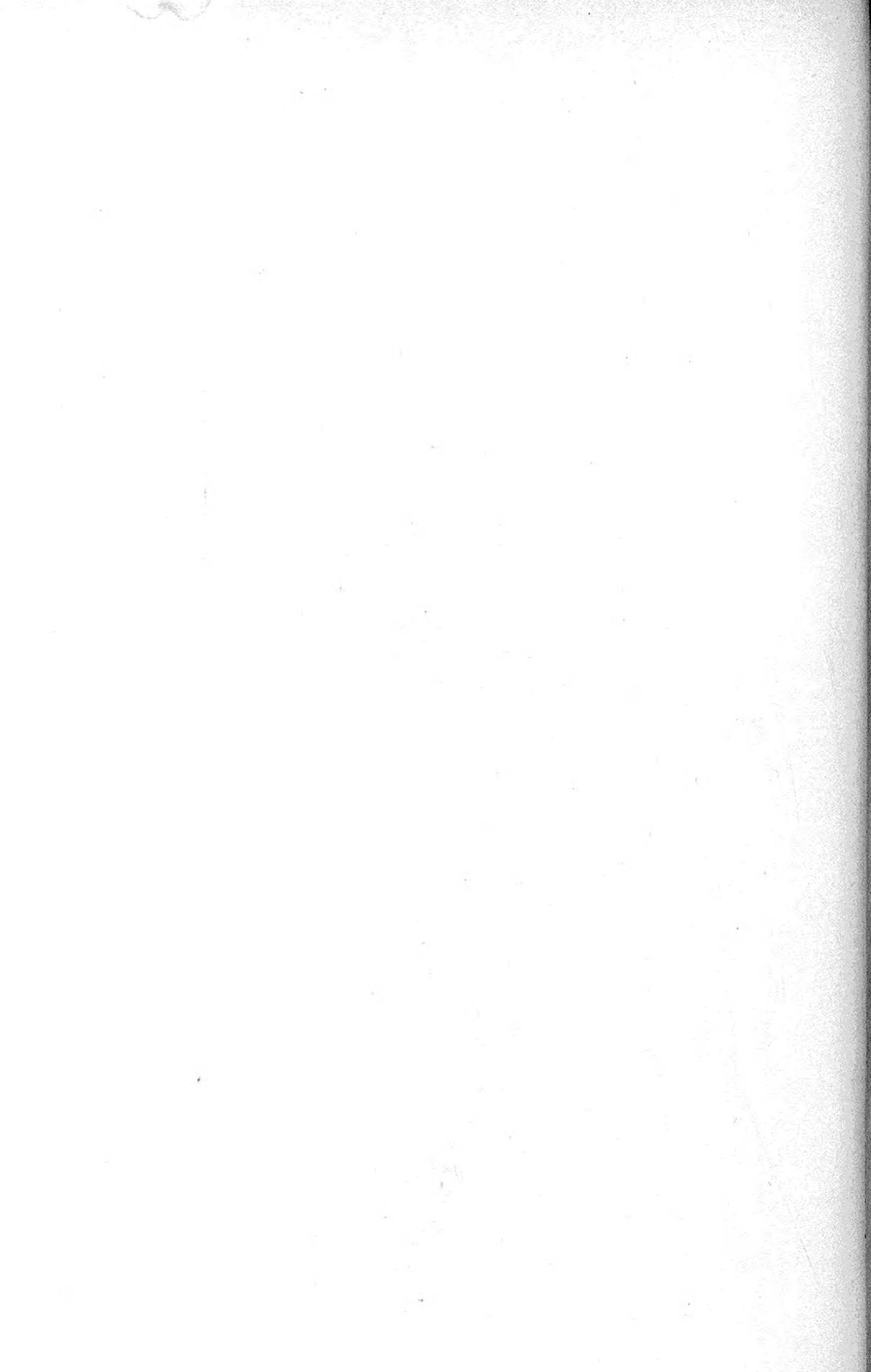


FIG. 23. — *Triceratum spinosum*.
(En trois poses successives.)





distinctes que nous les avons admises ne doit pas être adoptée d'une façon absolue. En effet, si un pareil classement peut être fait pour un grand nombre, il en est beaucoup d'autres pour lesquelles on pourra se trouver dans l'embarras. Néanmoins si l'on a bien saisi les explications qui précèdent on jugera bien vite quelle est la meilleure marche à suivre pour obtenir une épreuve dans laquelle chaque élément soit reproduit dans ses détails et à sa valeur relative. Ici, comme en toute autre chose, les plus longues explications ne sauraient suppléer à la pratique.

Nous arrivons maintenant à la dernière classe d'objets que j'indiquais au début de ces articles, c'est-à-dire à ceux qui étant relativement épais comprennent, par conséquent, divers plans qu'il est impossible d'avoir à la fois nettement définis, surtout si ces objets, par la finesse de leurs détails, exigent des objectifs puissants pour en obtenir la résolution.

On sait qu'en rétrécissant l'ouverture du cône éclairant, en ne faisant, en un mot, usage que des rayons centraux ou sensiblement centraux, on augmente le pouvoir pénétrant des objectifs. Toutes les fois donc qu'on voudra reproduire un objet dit épais, on diminuera l'ouverture de l'iris du condensateur ; par ce moyen on pourra souvent obtenir une netteté suffisante des divers plans mais il faudra éviter d'aller jusqu'au point où il se produit des phénomènes de diffraction.

La réduction de l'ouverture de l'iris appliquée à un objectif à grande ouverture numérique, n'équivaut pas, toutefois, à l'emploi d'un objectif de même foyer mais de moindre ouverture. En effet, si les deux objectifs semblent devoir travailler dans les mêmes conditions lorsqu'on a réduit pour l'un et pour l'autre l'ouverture du cône éclairant à la même valeur, ce résultat cesse d'être vrai dès qu'une préparation est interposée sur le trajet des rayons, car les éléments de cette préparation réfractent ces rayons qui, ainsi déviés, atteignent l'objectif avec une direction angulaire plus ouverte que celle que leur avait imprimée le condensateur diaphragmé.

Un objectif à faible ouverture pourra ne pas admettre ces rayons réfractés qu'un objectif plus ouvert utilisera, il en résulte que l'image fournie par le premier sera plus nette en profondeur que celle que donnera le second, bien que, de prime abord, par l'ouverture du cône éclairant, qui est la même pour les deux, on puisse considérer leurs pouvoirs pénétrants comme rendus égaux.

Les objets d'une épaisseur notable demandent donc à être reproduits avec des objectifs de faible ouverture numérique ; c'est la raison pour laquelle, lorsque la résolution n'est pas le but principal et que l'amplification n'est pas considérable, il est avantageux d'employer des objectifs du type *Planar*, ou analogues, que plusieurs constructeurs font figurer sur leurs prix-courants.

Mais en ne considérant que les objectifs ordinaires de microscope, nous pouvons, par un moyen simple, réduire leur ouverture numérique et nous éviter ainsi de posséder pour chaque longueur focale un système à grande et un autre à faible ouverture. Ce moyen consiste à munir le tube, du côté du pas universel, d'un adaptateur à diaphragme iris dont l'ouverture complète soit d'assez grand diamètre pour ne pas intercepter les rayons lumineux émergeant des divers objectifs qu'il peut recevoir. En le fermant plus ou moins nous rétrécirons, au contraire, le cône émergent. Un examen oculaire démontrera bien vite que cette manœuvre améliore le pouvoir de pénétration, mais que, poussée à l'excès, il y a perte de netteté et d'étendue. C'est donc par un examen préliminaire de la préparation que l'on déterminera, pour un objectif donné, l'ouverture de ce diaphragme qu'il y a lieu d'adopter.

Le moyen que je viens d'indiquer ne pourra guère être applicable, ou du moins ne répondra qu'imparfaitement au but de l'objet, tout en étant d'une certaine épaisseur, est en même temps d'une structure tellement fine qu'il faille, pour en obtenir la résolution, avoir recours à un objectif puissant, c'est le cas de bon nombre de diatomées parmi lesquelles nous pouvons citer les *Triceratium*, certains *Campylodiseus* ou *Craspedodiseus*. La seule méthode que l'on puisse alors employer est celle que l'on désigne sous le nom de *Méthode des poses successives*, que l'on trouve décrite dans la plupart des *Traité de photomicrographie*. Cette méthode ne fournira des résultats à peu près certains que si le mouvement micrométrique du microscope est irréprochable comme précision.

Je donne fig. 22 et 23 la reproduction d'un *Triceratium spinosum* obtenue, la première, en une seule pose, et la seconde, en trois poses successives. Dans cette dernière, l'ensemble de la valve est plus satisfaisant, les détails apparaissent à peu près à tous les plans, sans être nulle part aussi finement reproduits que dans le plan de netteté de la fig. 22.

La reproduction des coupes bactériologiques, outre la difficulté souvent inhérente au mode de coloration adopté pour les tissus, d'une part, et pour les microbes de l'autre, en offre une seconde à cause de leur épaisseur. En effet, aussi minces qu'elles soient, ces coupes doivent être considérées comme épaisses, vu les grandes amplifications et les objectifs de faible distance focale qu'on doit employer. La netteté se limite presque à un plan mathématique et il ne faut pas songer à leur appliquer la méthode des poses successives, un seul essai démontrerait le mauvais résultat qu'on obtiendrait. Pour reproduire de pareilles préparations, deux méthodes bien distinctes sont employées : les uns, suivant l'exemple de NEUHAUSS, recommandent de rétrécir l'ouverture du cône éclairant jusqu'à ce qu'il ne soit plus que le tiers environ de l'ouverture de l'objectif ; on tâche ainsi de répartir la netteté dans les divers plans. D'autres, au contraire, sont d'avis qu'il faut laisser au cône éclairant une ouverture égale à celle de l'objectif pour limiter la netteté à un seul plan, les détails des autres étant absolument confus et peu apparents. Je suis d'avis qu'il ne faut pas être exclusif et qu'il y a lieu d'adopter tantôt l'une, tantôt l'autre méthode : si, par exemple, les bactéries sont de forme allongée (bacilles), comme dans le champ il s'en rencontre qui sont parallèles aux surfaces de section et d'autres possédant toutes les obliquités possibles par rapport à ces mêmes plans, il me semble que l'épreuve la meilleure sera obtenue en réduisant l'ouverture du cône éclairant ; si les bactéries sont de forme ronde ou de très petites dimensions, l'emploi d'une grande ouverture donnera une image plus nette et mieux arrêtée de ces organismes.

L. MATHET.

LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

DEUXIÈME PARTIE. — LA FOCIMÉTRIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE EN OPTIQUE MICROSCOPIQUE

CHAPITRE III

FOCIMÈTRE PHOTOGRAMMÉTRIQUE POUR OPTIQUE MICROSCOPIQUE

§ 5. — ÉTUDE DES CONDENSATEURS

Le condensateur est dans une certaine mesure complètement assimilable à un objectif. D'ailleurs on peut généralement obtenir d'excellents résultats en employant comme condensateurs des objectifs qui possèdent à la fois une ouverture numérique convenable et une distance frontale suffisante pour permettre la mise au point à travers une lame porte-objet. On ne considère généralement en France le condensateur que sous le rapport de son ouverture numérique ; mais il est évident qu'il n'est pas moins susceptible d'être également caractérisé par sa longueur focale. Le focimètre photogrammétrique est tout aussi bien adapté à la mesure de l'une et de l'autre de ces deux grandeurs.

Pour la détermination de sa longueur focale, et aussi, de sa distance frontale, qui n'est pas un trait moins essentiel de sa construction, le condensateur prend tout simplement dans la sous-platine la place normale d'un condensateur, et, à partir de là, on opère exactement comme pour un objectif.

Pour la détermination de l'ouverture, on procède encore comme pour un objectif, en transportant le condensateur sur le tube du microscope en guise d'objectif. Pour cet objet, on détache du tube du microscope le cône qui reçoit d'ordinaire les objectifs, et on y substitue une bague portant un diaphragme iris, sur laquelle peuvent se fixer soit le condensateur, soit le cône porte-objectif lui-même armé de son objectif. Il est de toute nécessité de s'assurer, en enlevant l'oculaire, qu'aucun diaphragme intérieur ni aucun rebord de tube de tirage n'empêche d'arriver jusqu'à l'oculaire les rayons lumineux qui peuvent traverser la zone marginale extrême de la grande lentille du condensateur. Il n'y a évidemment pas à attendre d'un condensateur ainsi transformé en objectif la finesse de définition d'un objectif de premier ordre : tout ce qui nous importe c'est qu'il donne une image très suffisamment nette pour nos déterminations. Il est bien clair d'ailleurs qu'un condensateur non corrigé des aberrations sphérique et chromatique peut être pris comme le type d'un système optique à l'égard duquel toute tentative de mise au point parallactique serait chimérique.

L'ouverture déterminée comme il vient d'être dit est l'ouverture brute, la seule dont semblent se préoccuper les micrographes du Continent : il en va tout autrement

de la part des micrographes anglais. Tandis que les constructeurs et les micrographes du Continent, fascinés par les travaux mémorables d'ABBE, semblaient s'être résignés à copier servilement et à employer passivement ses modèles, les constructeurs et les micrographes anglais, tout en ne tenant pas moins ABBE pour le roi incontesté du microscope moderne, s'attachaient avant tout à se pénétrer de ses principes et à en poursuivre les applications. Ils ne laissaient passer aucune doctrine d'ABBE sans se l'assimiler, aucun instrument de sa création sans en faire l'acquisition et sans le soumettre aux essais et à la critique les plus minutieux ; et le résultat de leurs consciencieuses recherches est loin d'avoir été une quantité négligeable. Comme d'autre part les micrographes allemands ont ignoré à un degré invraisemblable et qui pourrait presque passer pour de l'affection ce qui se faisait en Angleterre (1), il se trouve qu'à l'heure actuelle l'outillage microscopique allemand doit être considéré comme sensiblement inférieur à l'outillage microscopique anglais. C'est ainsi que depuis de longues années on peut observer dans les modèles de microscopes anglais, de troisième et de quatrième catégorie, spécialement établis à l'intention de la bourse des étudiants, des dispositifs qui ne se rencontrent que dans les plus récents, les plus exceptionnellement luxueux et les plus dispendieux des modèles de ZEISS, pris comme prototypes de tous les microscopes du continent.

C'est surtout dans la question de la construction et de l'emploi du condensateur que les constructeurs et les micrographes allemands pourraient puiser quelques enseignements utiles auprès de leurs collègues anglais. Il conviendrait cependant de dire que pas plus les uns que les autres ne semblent se douter que DUFARDIN, réalisant une conception de BREWSTER, avait il y a plus de soixante ans posé de la façon la plus catégorique les principes qui paraissent constituer à l'heure actuelle le dernier mot de la technique microscopique anglaise en matière de condensateur : à savoir que le condensateur doit nécessairement être achromatique, aplanétique, réglé pour l'épaisseur du porte-objet employé, et rigoureusement mis au point sur l'objet soumis à l'observation.

Du principe que le condensateur doit être aplanétique, les micrographes anglais concluent qu'un condensateur n'est utilisable pour les observations de haute précision, pour les observations *critique* (selon l'expression consacrée chez eux pour désigner l'observation dont toutes les conditions ont été si scrupuleusement ajustées que toute dérogation à cet ajustement, pour l'une quelconque d'entre elles, en quelque sens que ce soit, a pour conséquence inévitable une diminution de la perfection de l'image observée) que dans les limites de la portion de son ouverture pour laquelle il est aplanétique. Par suite on doit tenir pour illusoires les ouvertures numériques fantastiques des condensateurs non corrigés. C'est ainsi que MM. NELSON et DALLINGER réduisent à 0,50 O. N. l'ouverture numérique utile du condensateur ABBE non achromatique de 1,40 O. N., auquel ils attribuent un écart d'un demi-

(1) Rien ne saurait donner une idée plus nette de cette étrange inconscience que le fait que ni les six grandes pages de bibliographie de l'ouvrage déjà cité de ZIMMERMAN, ni les dix-huit pages de bibliographie du *Manuel de technique microscopique* de BOEHM et OPPEL ne font l'honneur d'une mention à l'ouvrages *The microscope and its revelations* de CARPENTER et DALLINGER qui serait cependant à coup sûr une *régulation* pour la plupart de leurs lecteurs, et peut-être, pour les auteurs eux-mêmes. Disons que l'on peut à moins de frais acquérir un excellent aperçu de l'état actuel de l'instrumentation microscopique anglaise par la lecture de l'ouvrage beaucoup moins coûteux : *Modern Microscopy* de CROSS et COLE.

millimètre entre les longueurs focales des rayons centraux et des rayons marginaux. A leur compte, le premier condensateur ABBE de 1,20 O. N aurait donc constitué un recul non seulement sur le condensateur de POWELL et LEALAND de 1854, ainsi qu'ils le disent ; mais sur le condensateur de DUJARDIN de 1838. Si l'on ne prend le soin de l'exclure par un diaphragme, le surplus de l'éclairage aplanétique, qui est seul utile, constitue simplement un nuage lumineux diffus, qui ne fait que troubler l'observation. Un agencement savant de diaphragmes à ouvertures annulaires graduées permet toutefois de le répartir en une série de nappes lumineuses coniques strictement délimitées, de différents degrés d'obliquité, dont on peut tirer le plus heureux parti pour l'obtention d'effets variés d'éclairage à fond noir.

Le focimètre photogrammétrique permet de déterminer l'ouverture aplanitique d'un condensateur d'abord par l'application dans des conditions particulièrement favorables de la technique de MM. NELSON et DALLINGER. Pour ce mode d'opérer il faut avoir à sa disposition un objectif d'ouverture numérique au moins égale à la plus forte ouverture aplanétique de condensateur que l'on présume pouvoir avoir à constater. Comme la plus forte ouverture aplanétique qui ait été jusqu'ici réalisée dans un condensateur ne dépasse pas 1,30 O.N., la condition sera remplie par un objectif de 1,30 O.N., et mieux, par un objectif de 1,40 O.N., comme en possèdent tous les laboratoires d'études microscopiques dans lesquels peut avoir chance de pénétrer le focimètre photogrammétrique.

Cet objectif est fixé sur le microscope d'observation après que l'on a interposé entre le tube et le cône porte-objectif la bague pourvue du diaphragme-iris. Le condensateur est fixé dans la platine mobile. Microscope et condensateur sont mis au point avec toute la précision possible, par exemple sur une diatomée montée dans le baume du Canada ; puis on déplace légèrement cette préparation de manière à dégager le champ optique de tout corps étranger, mais en laissant subsister la même épaisseur et les mêmes couches de milieux interposés. Si l'on opère sur des ouvertures numériques présumées supérieures à 1,00 O.N., il est absolument indispensable de réunir par une couche d'huile de cèdre non seulement l'objectif et la lamelle couvre-objet, mais le condensateur et la lame porte-objet.

Ces opérations préliminaires accomplies, on enlève l'oculaire. En regardant alors dans le tube du microscope on observe en général que la dernière lentille d'arrière de l'objectif présente une partie centrale plus ou moins étendue vivement éclairée, avec une marge obscure sur les bords. Le cercle d'éclairage de cette lentille délimite la portion du cône d'ouverture de l'objectif qui est équivalente à l'ouverture aplanétique du condensateur. Avec un condensateur non corrigé ce cercle d'éclairage n'a qu'un diamètre relativement assez faible ; on peut l'accroître par un léger déplacement du condensateur, mais alors la partie centrale du cercle devient obscure. On n'a plus au foyer un cône d'éclairage massif ; mais seulement un éclairage par nappes.

Le cercle d'éclairage étant en son plein, ainsi qu'il vient d'être dit, on fait jouer le diaphragme-iris jusqu'à ce qu'il vienne aussi strictement que possible effleurer les bords du cercle. L'objectif ainsi diaphragmé représente alors un objectif qui aurait pour ouverture numérique propre l'ouverture aplanétique du condensateur : on détermine de la manière ordinaire l'ouverture de l'objectif ainsi diaphragmé.

On concevrait théoriquement qu'à la condition de s'astreindre à associer toujours au diaphragme-iris le même objectif, on pourrait établir sur le collier de ce diaphragme

une graduation qui rendrait cette dernière détermination superflue. Cette simplification n'est malheureusement pas admissible dans la pratique, à cause des imperfections que présente la construction actuelle des diaphragmes-iris. Ainsi que le font observer MM. NELSON et DALLINGER les diaphragmes-iris, qui donnent tant de précision aux opérations photographiques, sont, vis-à-vis des objectifs microscopiques d'une réelle infériorité. Ils n'y sont applicables que sous les ouvertures les plus exiguës ; et alors, à un déplacement à peine appréciable du collier qui les commande correspond une variation brusquée et relativement considérable des ouvertures que ce déplacement détermine.

Une autre méthode de mesure de l'ouverture aplanétique du condensateur consiste à effectuer une série de déterminations de longueurs focales en appliquant successivement sur la grande lentille de ce condensateur une série correspondante de diaphragmes présentant des ouvertures annulaires concentriques, de diamètres variant de millimètre en millimètre à partir du centre, jusqu'à la limite des dimensions des plus grandes lentilles de condensateurs que l'on pourra avoir à essayer. On pourra considérer comme limite des zones appartenant encore à l'ouverture aplanétique du condensateur la zone annulaire extrême pour laquelle la longueur focale ne différera pas de plus d'un centième de millimètre : de deux centièmes, si l'on veut ; de la longueur focale afférente à la partie centrale. On passera alors à la détermination de l'ouverture numérique, en appliquant sur la grande lentille du condensateur un diaphragme ordinaire de même diamètre que la zone extrême pour laquelle la condition se trouve satisfaite.

On voit que la première de ces méthodes est fort détournée et compliquée, et sujette à de nombreuses causes d'erreurs fatallement inséparables d'une telle complication ; on peut juger que la seconde fait une trop large part à la convention et à l'arbitraire. Il est évident qu'elles n'ont pas épuisé entre elles deux les ressources du focimètre photogrammétrique ; et il est permis d'espérer que des mains expérimentées sauront en tirer sous ce rapport des résultats qui ne laisseront plus rien à désirer.

Nous ne quitterons pas cet ordre d'idées probablement assez nouveau pour la plupart des micrographes du Continent sans dire un mot des principes posés par les micrographes anglais, M. NELSON en tête, pour l'emploi du condensateur, principes dont M. MATHET a déjà donné un aperçu aux lecteurs de cette Revue.

Ils paraissent admettre qu'un objectif d'une perfection idéale donnerait son maximum d'effet utile par l'emploi d'un condensateur d'une ouverture aplanétique exactement égale à la sienne propre. Il n'existe actuellement au monde en réalité que deux objectifs qui puissent supporter un tel cône d'éclairement : ce sont les deux numéros les plus faibles des objectifs apochromatiques de ZEISS. Un objectif excellent réclamera un cône d'éclairement des trois quarts de sa propre ouverture ; un bon objectif admettra un cône d'éclairement des deux tiers ; un objectif médiocre ne supportera plus que la moitié et même moins. Cette infériorité s'accompagne en outre de graves inconvénients. A partir du moment où le cône d'éclairement s'abaisse au-dessous de la moitié de l'ouverture de l'objectif on voit apparaître toute une série de phénomènes de diffraction dérivant de ceux dont l'étude de la *plaque de diffraction* d'ABBE a répandu la connaissance parmi les micrographes. Les plus insidieusement fâcheux de ces phénomènes au point de vue de la pratique microscopique sont que, dans des conditions données, le nombre des traits de certaines structures fines apparaît doublé, et que certains microorganismes se présentent comme encapsulés, alors qu'ils ne le sont point.

Ajoutons que M. NELSON produit à l'appui de ses thèses non une argumentation plus ou moins spécieuse et filandreuse, mais de magnifiques et irrécusables microphotographies, dont quelques-uns des meilleurs spécimens sont figurés dans l'ouvrage du Dr DALLINGER.

Toujours d'après les micrographes anglais la résolution d'une structure d'une finesse donnée exige de la part du condensateur, aussi bien que de l'objectif, une ouverture numérique rigoureusement définie, que l'on peut déterminer par le calcul indépendamment de toute considération subjective de l'œil de l'observateur. S'il se trouve alors que l'éclairage ainsi déterminé est fatigant pour l'organe visuel, il faut se garder de chercher à l'affaiblir par la réduction de l'ouverture du diaphragme du condensateur : ce serait disqualifier à la fois l'objectif et le condensateur lui-même. On doit atténuer cet excès d'éclairage uniquement par l'interposition d'écrans colorés, de préférence de verre « vert signal ». Cette question d'atténuation d'éclairage, d'ordre purement physiologique, est totalement indépendante de celle de l'accroissement du pouvoir résolvant par l'intervention d'un éclairage monochromatique de longueur d'onde relativement faible, qui a été traitée ici par M. MATHET.

Enfin ils déclarent que si un condensateur non corrigé, qui éparpille ses rayons à tort et à travers dans toutes les directions, peut s'accommoder d'un ajustement et d'un maniement à la diable, un condensateur irréprochable ne peut donner de résultats que s'il est commandé par un système de centrage et de mise au point absolument irréprochable. Après avoir dit que c'est faire injure à un bon objectif à immersion, et surtout, à un objectif apochromatique, que l'employer avec un condensateur non achromatique, M. M. J. Cross (*Modern Microscopy*) conclut dans les termes suivants une critique comparative des techniques microscopiques anglaise et continentale : « L'observateur qui examine une structure fine avec un bon objectif à immersion homogène 1/12 et un condensateur ABBE ordinaire ne peut acquérir que des connaissances bornées à un degré qui lui causerait la plus grande surprise le jour où il lui serait donné de voir le même objet convenablement éclairé par un condensateur d'ouverture exactement appropriée à celle de l'objectif, avec un ajustement entièrement correct de tous les organes du microscope. »

§ 6.— COMPARAISON AVEC LA MÉTHODE DU BANC D'OPTIQUE

On voit que l'instrument peut en somme être considéré comme une reproduction en miniature du banc d'optique classique des laboratoires de physique, avec un cercle pour base, et avec cette particularité dans le fonctionnement, que les déterminations fondamentales s'effectuent par la méthode photogrammétrique.

La méthode de détermination employée avec le banc d'optique pour la détermination des constantes des objectifs photographiques au moyen de la mise au point sur une succession de repères situés à des distances différentes et connues serait tout à fait inapplicable à des objectifs microscopiques. L'amplitude de la marche des curseurs pour ces différentes mises au point, qui constitue la donnée essentielle des calculs ultérieurs, se mesurerait en effet ici par un nombre infime de centièmes ou même de millièmes de millimètres, c'est-à-dire par une grandeur à peu près de même ordre que les erreurs dont elle se trouverait entachée, et les erreurs de cette mesure se trouveraient encore amplifiées dans le résultat définitif.

CHAPITRE IV

CONCLUSIONS

§ 4. — PASSAGE DU GROSSISSEMENT PROPRE DES SYSTÈMES OPTIQUES
ÉLÉMENTAIRES AU GROSSISSEMENT DU MICROSCOPE

Une partie des micrographes qui ont le plus vivement approuvé l'initiative prise par le constructeur M. STIASSNIE de donner un corps à notre conception fondent leur appréciation sur cette idée, qu'une fois en possession de la connaissance des longueurs focales authentiques, et, par suite, des grossissements propres de chacun des systèmes optiques distincts qui entrent dans la constitution de leurs instruments, ils pourront passer par une simple multiplication à celle du grossissement de l'ensemble résultant de leur combinaison. Ce n'est là malheureusement qu'une illusion que nous regrettons d'avoir à leur enlever, mais dont la moindre réflexion suffit à établir l'inanité.

Le grossissement propre des systèmes optiques entrant dans la composition des microscopes, aussi bien que celui du microscope lui-même est, par une définition conventionnelle à peu près universellement admise, uniformément rapporté à la distance de 25 centimètres. Il s'obtient en effectuant la division de cette longueur de 25 centimètres par la longueur focale. C'est également à cette distance de 25 centimètres que l'on place les règles métriques de comparaison sur lesquelles on effectue les déterminations à la chambre claire. Or, dans cette dernière opération, l'oculaire fonctionne bien assez exactement dans les conditions de grossissement propre que lui attribue la convention ; mais il n'en est point du tout de même de l'objectif.

Pour que l'objectif fonctionnât effectivement avec son grossissement propre, il faudrait que l'image qu'il fournit fût recueillie dans un plan perpendiculaire à l'axe situé à une distance de 25 centimètres de son point nodal d'arrière. Il pourrait en être approximativement ainsi avec les microscopes monumentaux des Anglais : ce n'est pas du tout le cas avec les instruments de travail du Continent. Avec le modèle le plus courant, aujourd'hui considéré comme normal : tube de 16 centimètres, dans lequel l'oculaire s'engage plus ou moins profondément selon sa force, la distance du point nodal supérieur de l'objectif au foyer inférieur de l'oculaire dépasse à peine, pour certains de ces oculaires, la moitié de la valeur conventionnelle type ; et le grossissement correspondant se trouve réduit dans la même proportion.

Nous avons sous les yeux un objectif dont la longueur focale principale, déterminée au focimètre, est de 5 mm. 4. Son grossissement propre conventionnel serait donc de 46 fois. Nous l'associons à un oculaire HUYGHENS de longueur focale 23 mm. 4, dont le grossissement propre conventionnel est par conséquent 10,6. Une impression irréfléchie porterait à croire que le grossissement de la combinaison constituée par leur ensemble serait exprimé par le produit de 46 par 10,6 ; qu'il serait par conséquent de 488 fois.

Si cependant, à l'aide de notre focimètre, nous procédons à une étude plus intime de nos systèmes élémentaires, nous trouvons que le point nodal supérieur de notre objectif est situé à 8 mm., 6 au-dessous du sommet extérieur de sa lentille la plus rapprochée de l'oculaire. Nous constatons de plus que le rebord supérieur de la

monture de cet objectif se trouve à 19 mm. au-dessus du sommet de cette même lentille. Cela nous donne un total de 27 mm. 6 qui sera en tous les cas à ajouter à la longueur matérielle du tube pour avoir sa longueur théorique, ou, selon la dénomination de DIPPEL, sa longueur optique.

Nous reconnaissons d'autre part par la même méthode que le plan focal inférieur de l'oculaire est situé à 14 mm. 5 au-dessous du rebord supérieur du tube : c'est autant, qu'il y aura lieu de retrancher de la longueur brute de ce tube pour passer à sa longueur théorique.

C'est en définitive la différence 13 mm. 1 de ces deux chiffres, qui se trouve ici positive, qu'il y aura lieu d'ajouter à la longueur matérielle du tube pour avoir sa longueur théorique ou optique. Pour que cette dernière atteignît 250 mm., à laquelle se rapporterait le grossissement total primitivement calculé, il faudrait donc que la longueur brute fût de 236 mm. 9 : longueur qui ne se rencontre guère dans les instruments continentaux, même pourvus d'un tube de tirage.

Si, au contraire, nous adaptons notre objectif et notre oculaire au tube de la longueur type actuelle de 160 mm., la longueur optique du système se trouvera alors portée à 173 mm. 4 ; et on pourrait se croire désormais autorisé à dire que le grossissement résultant sera exprimé par le chiffre précédemment trouvé, réduit dans le rapport de 173, 4 à 250 : qu'il sera ainsi : $\frac{173,4}{250} \times 488$, ou 338.

Les restrictions que la réalité apporte à la conception *à priori* du début ne s'arrêtent cependant pas là. Les longueurs focales que nous avons déterminées jusqu'ici sont les longueurs focales principales : les seules qui aient, pour un système optique donné, une signification nettement définie. Mais, par le fait même que, dans l'observation microscopique, l'objectif entre en combinaison avec un oculaire, ce n'est plus par sa longueur focale principale qu'il agit ; mais bien par la longueur focale conjuguée à la distance d'autre part de son point nodal supérieur au plan focal inférieur de l'oculaire : distance qui n'est autre que la longueur optique du tube.

De ce chef résulte un allongement de la longueur focale efficiente de l'objectif, allongement auquel correspond une réduction proportionnelle de son grossissement, et, par suite, de celui de l'ensemble du système.

Pour un objectif de 5 mm. 4 de longueur focale principale, travaillant avec une longueur optique de tube de 173 mm. 4, la longueur focale agissante devient 5 mm. 57 ; elle présente donc un accroissement de 0 mm. 17 sur la longueur principale, soit, de $\frac{4}{34,5}$ de cette longueur. De là résulte une réduction de $\frac{1}{34,5}$ du grossissement, tant de l'objectif considéré comme élément de la combinaison, que de l'ensemble de cette combinaison. Pour cet ensemble cette réduction est de 11 fois ; de sorte que le grossissement total se trouve définitivement ramené à 327 fois.

Il est à noter que cette cause de réduction du grossissement ne cesserait pas d'intervenir, bien que dans une mesure moindre, même avec la longueur optique de tube des 250 mm. conventionnels. Elle réduirait en ce cas de $\frac{4}{50}$ le grossissement, tant de l'objectif en combinaison, que de la combinaison, dans laquelle il entrerait.

Cette influence est proportionnellement d'autant moins sensible que l'objectif est plus fort, et qu'il fonctionne avec une longueur théorique de tube plus considérable. Ainsi pour un objectif de 2 mm. 5 de longueur focale principale, travaillant avec

une longueur théorique de tube 250 mm., elle ne s'accuse plus que par une réduction de $\frac{1}{100}$ du grossissement évalué *à priori* : par contre, pour un objectif de 40 mm. de longueur focale principale, auquel correspond le grossissement conventionnel de 6,25, avec une longueur théorique de tube de 160 mm. le grossissement effectif afférent à l'objectif se trouve ramené à 4,67 ; et subit par conséquent une réduction du quart de sa valeur primitive.

On voit quel parcours reste encore inévitablement à franchir, quand on est arrivé à la connaissance des grossissements des systèmes optiques élémentaires, pour passer au grossissement résultant de leur combinaison. Un point à noter c'est qu'à travers toutes les étapes de cette progression, c'est le grossissement de l'oculaire qui se maintient à peu près constant. Il le serait même absolument si, au lieu de le déduire conventionnellement de la longueur focale principale, on en effectuait la mesure à la chambre claire, là où le type de construction rend ce mode de mesure réalisable.

Le catalogue de ZEISS, si instructif à tant d'égards, a sous ce rapport introduit dans le numérotage de ses oculaires compensateurs un mode de notation de nature à créer une équivoque contre laquelle il conviendrait de mettre en garde plus explicitement qu'il ne le fait l'esprit des micrographes peu familiers avec la théorie scientifique des instruments qu'ils emploient.

D'après les bases posées par ce catalogue, le grossissement d'une combinaison quelconque d'objectif et d'oculaire, pour la longueur normale de tube s'obtient en multipliant par le *numéro* de l'oculaire le grossissement propre attribué à l'objectif. On voit que, pour arriver à ce résultat, on a dû procéder au numérotage des oculaires d'une façon arbitraire et empirique, en leur donnant pour numéro le quotient de la division du grossissement total de la combinaison par le grossissement propre attribué à l'objectif. Un profane ou un lecteur superficiel est d'après cela inévitablement tenté de se figurer que, dans le fonctionnement de cette combinaison, c'est le grossissement propre de l'oculaire qui se trouve faussé, et celui de l'objectif qui agit dans sa plénitude. Or, nous venons de voir que c'est exactement le contraire.

Considérons par exemple la combinaison : objectif apochromatique à immersion à eau de 2 mm., 5 de foyer, auquel est conventionnellement attribué le grossissement propre de 100, avec l'oculaire compensateur n° 18, de 10 mm. de foyer, dont le grossissement propre serait par suite conventionnellement de 25. Nous trouvons indiqué comme grossissement correspondant 1800, produit du grossissement nominal de l'objectif par le numéro de l'oculaire. Or, dans ce grossissement résultant, c'est en réalité l'oculaire qui agit sensiblement par son grossissement propre de 25 fois; tandis que la part de ce même grossissement légitimement afférente à l'objectif se trouve par conséquent réduite à la valeur du quotient de 1800 divisé par 25, ou à 72 fois au lieu de 100.

On serait presque tenté de se figurer qu'en intervertissant ainsi le rôle des influences perturbatrices qui modifient les propriétés individuelles abstraites des éléments constituants du microscope les rédacteurs de ce catalogue ont dans une certaine mesure cédé à un sentiment d'appréhension de jeter une sorte de dépréciation sur leurs objectifs en paraissant en affaiblir le grossissement. Une telle préoccupation serait peu justifiée. La considération du grossissement d'un objectif s'efface tellement dans l'appréciation de sa valeur devant celle de son ouverture numérique, que les micrographes anglais accusent les constructeurs peu scrupuleux de leur pays d'avoir

tout au contraire une tendance dans les indications de leurs catalogues à réduire le grossissement réel de leurs objectifs, pour accroître le rapport apparent de l'ouverture au grossissement. C'est une accusation que l'on ne pourrait sans injustice faire peser sur nos propres constructeurs ; et il y a à cela cette raison, que nos micrographes sont extrêmement timides dans l'emploi des grandes ouvertures, et se montrent plutôt embarrassés et alarmés quand on les leur fournit. Il est cependant essentiel que tous sachent au moins que l'ouverture est le véritable critérium de la valeur marchande d'un objectif ; et si, d'aventure, il en est qui l'ignorent, l'admirable équipe de savants qui dirige les travaux des établissements ZEISS a toute autorité pour le leur enseigner ; et elle a comme conséquence les responsabilités morales inhérentes à cette autorité.

§ 2. — IMPORTANCE DES MESURES FOCIMÉTRIQUES

De nos efforts pour arriver à la constatation de la valeur exacte de la longueur focale des objectifs microscopiques il ne faudrait pas conclure que nous estimons que la considération de cette donnée doive primer toutes les autres. Notre opinion, conforme à celle de tous les micrographes, est tout au contraire que cet élément constituant ne doit passer que notamment après ceux dont dépendent en dernière analyse la netteté et la clarté de l'image microscopique.

Quand un constructeur d'élite met la dernière main à ses objectifs pour en assurer le réglage définitif, il met de côté toutes les considérations théoriques qui ont jusque-là présidé au calcul de ses formules et à l'établissement de ses matrices, pour ne plus se laisser guider que par ses perceptions supérieurement affinées par l'expérience. Il n'est pas rare alors qu'il se trouve conduit à ramener à une longueur focale d'un quinzième, par exemple, un objectif dont les tables de construction correspondaient théoriquement à la prévision d'un seizième. Il se trouve ainsi avoir réduit le grossissement propre de l'objectif. Il n'y a pas le moindre doute cependant que ce n'est que par cette modification qu'il lui a fait acquérir toute la valeur dont il était susceptible, et qu'il l'a rendu digne d'une signature hautement prisée dans le monde scientifique.

La longueur focale des systèmes optiques n'en reste pas moins toutefois, dans leur construction aussi bien que dans leur emploi, une donnée assez essentielle pour que ce soit celle que l'on a, d'un sentiment unanime, choisie entre toutes les autres pour les caractériser. Sa connaissance est d'ailleurs le point de départ obligé de la plupart des autres déterminations. Ce sont des raisons suffisantes pour qu'on ne néglige aucun soin pour acquérir cette connaissance avec toute la précision possible, et avec toute garantie scientifique de la mesure dans laquelle cette précision est réalisée.

§ 3. — ERREURS DE L'INSTRUMENT

Ainsi que nous l'avons dit dès le début de la description du focimètre photogrammétrique pour optique microscopique, l'établissement d'un instrument autonome a eu surtout pour objet de rendre plus expéditives les manœuvres nécessaires pour la détermination des constantes des systèmes optiques entrant dans la constitution du microscope, par la suppression des tâtonnements et des pertes de temps qu'entraîne

L'installation du matériel improvisé de nos premiers essais. Quant à la précision des résultats, toutes les prévisions de la théorie avaient été si pleinement réalisées dès cette première improvisation qu'il n'y avait pas à s'attendre à voir cette précision dépassée dans une mesure appréciable par un agencement, pour permanent qu'il fût, dans lequel les organes essentiels dont dépend cette précision sont restés les mêmes. On peut donc dire que, comme précédemment, l'approximation des déterminations effectuées sera dans les cas les plus défavorables d'environ $\frac{4}{200}$ des grandeurs à déterminer. C'est assurément très inférieur à ce que donne pour l'objectif photographique la focimétrie photogrammétrique. Disons encore une fois que cette infériorité apparente est avant tout la conséquence à peu près inévitable du fait que les constantes qu'il s'agit de déterminer sont déjà ici en leur totalité voisines des grandeurs des limites d'erreurs pratiquement appréciables dans les conditions courantes de la technique journalière ; et constatons que, telle qu'elle est, l'approximation réalisée, outre sa plus grande sûreté, est encore plus avantageuse que celle des procédés notablement plus détournés, plus laborieux et plus discutables dont a dû se contenter jusqu'ici l'optique microscopique.

Commandant V. LEGROS

SUR UN MOYEN RAPIDE D'OBTENIR LE PLAN D'UN TERRAIN EN PAYS DE PLAINES

D'APRÈS UNE VUE PHOTOGRAPHIQUE PRISE EN BALLON

Par le Colonel LAUSSE DAT

On emploie, depuis assez longtemps, des photographies de paysages prises en ballon, ou même à l'aide de cerfs-volants, pour opérer la reconnaissance du terrain à distance ; mais, pour reconstituer le plan d'après ces vues aériennes, il faut exécuter des constructions graphiques longues et laborieuses.

Dans les pays de plaines ou peu accidentés, en dirigeant verticalement l'axe optique de l'appareil, on a toutefois obtenu immédiatement le plan de la partie du terrain venue sur la plaque. Cette expérience a été faite à plusieurs reprises, et l'on peut citer comme l'une des plus remarquables celle qui a été effectuée, dès juin 1885, par MM. Gaston TISSANDIER et DU COM, d'un ballon monté, à son passage au-dessus de la pointe de l'Île Saint-Louis, à 600 mètres de hauteur.

Seulement, la surface ainsi relevée est toujours nécessairement d'assez médiocre étendue, à moins de donner au ballon une grande hauteur, ce qui finirait par trop réduire les détails de l'image.

D'ailleurs, on n'est pas toujours en état d'amener le ballon exactement au-dessus de la région que l'on veut explorer. Il est donc indispensable, dans la plupart des cas, de recourir à des vues prises avec un appareil dont l'axe optique a été dirigé obliquement. Il est aisément de voir que, pour la même hauteur du ballon, à mesure que l'obliquité augmente, la pyramide quadrangulaire, opposée par le sommet à celle qui est déterminée par le centre optique de l'objectif et les rayons lumineux aboutissant aux quatre angles de la plaque, découpe sur le terrain un trapèze qui s'élargit rapidement.

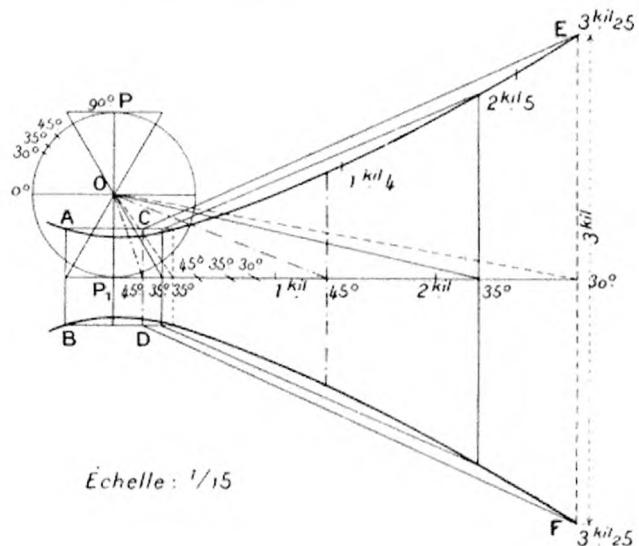
Dans le cas où l'axe est vertical et où, par conséquent, les limites du terrain embrassé ont la même forme que la plaque, *rectangulaire ou exceptionnellement carrée*, l'échelle du plan obtenu sur la plaque se trouve immédiatement déterminée par le rapport de la distance focale de l'objectif à la hauteur du ballon. Il en pourra être de même dans le cas d'une vue oblique, après sa transformation en plan, comme nous allons le voir.

Pour fixer les idées, nous prendrons un exemple. Supposons le ballon élevé à une hauteur de 500 mètres au-dessus du sol, la distance focale de l'objectif de 0^m 45, la plaque du format de 43×18 centimètres (ce qui donne un champ angulaire de 62° dans le sens de la largeur) et l'axe optique incliné de 30° au-dessous de l'horizon ou, si l'on veut, relevé de 60° par rapport à la direction verticale qui lui aurait été d'abord donnée.

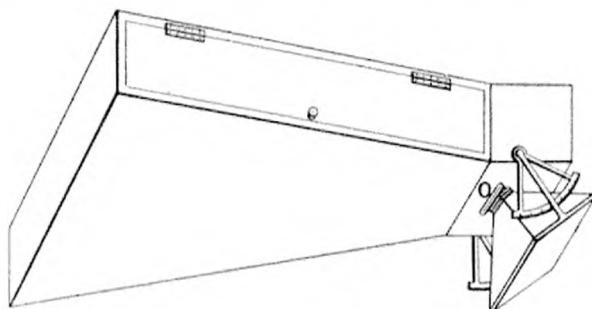
Dans ce premier cas, avec une plaque exceptionnellement carrée de 18×18 centimètres, l'échelle étant alors de 0^m150/500 ou de 1/3333, la surface correspondante du terrain serait de 36 hectares.

Dans le second cas, le trapèze qui circonscrirait le terrain correspondrait à une surface de 450 hectares environ, et la distance des points les plus éloignés de la projection du ballon atteindrait 3 kilomètres.

En employant le procédé graphique de transformation, les constructions réussissent encore très bien en pareil cas : nous en avons fait l'expérience sur plusieurs



vues photographiques prises de 400 à 600 mètres de hauteur avec un objectif d'une distance focale de 0^m18 et une inclinaison de l'axe voisine de 30°; mais le moyen optique immédiat que nous cherchons à lui substituer ne serait peut-être pas satisfaisant jusqu'à l'extrême limite de 3 kilomètres de distance.



Nous sommes, au contraire, autorisé à croire qu'en inclinant l'axe de l'appareil à 35°, la transformation optique dont nous allons indiquer le principe s'opérerait bien, c'est-à-dire donnerait les images nettes d'un bout à l'autre ; seulement, la distance des points relevés les plus éloignés serait réduite à 2 kilomètres 500, et la surface du terrain embrassée ne serait plus que 250 hectares environ.

Pour faire d'un seul coup, d'une station aérienne, le panorama entier du terrain, on construit (en Russie notamment) des appareils destinés à être suspendus au-dessous d'un ballon, qui se composent de six chambres noires réparties sur les milieux des côtés d'un hexagone régulier en charpente, enfin, d'une septième qui occupe le centre de cet hexagone et dont l'axe est vertical (1).

(1) Pour donner immédiatement le plan d'un espace non atteint par les secteurs trapézoïdaux qui embrassent les chambres à axes inclinés.

La station étant toujours supposée à la hauteur de 500 mètres, en inclinant les axes des six autres à 35°, la surface totale embrassée serait encore, dans ce cas, de 1,500 kilomètres au moins.

En faisant varier les données du problème, on trouverait des résultats entre lesquels on pourrait choisir, selon les circonstances. Celles que nous avons adoptées dans l'exemple précédent, et dont il conviendra généralement de ne pas trop s'écartez, répondent à des conditions qu'après comparaison de nombreuses épreuves, prises avec des objectifs dont la distance focale avait varié de 0^m10 à 0^m36, à des hauteurs comprises entre 100 et 2,000 mètres, nous considérons comme les plus favorables pour atteindre le but proposé.

Ce but, nous l'avons dit, est d'obtenir la transformation en plan d'une vue du terrain prise d'une station aérienne *optiquement et sans opération graphique*.

La solution suivante est déduite du principe de la photographie sans objectif, dont la théorie a été si bien établie par M. le commandant Colson :

Les figures 1 et 2 sont destinées à faciliter l'intelligence de cette solution.

La première représente, le plan horizontal mené par le point P, situé sur l'axe optique de l'objectif O de la chambre noire dont on se sert pour prendre les vues, dirigé verticalement et tel que $OP_1 = OP$ distance focale de cet objectif, O et P étant rabattus sur le plan horizontal.

La chambre noire étant supposée conserver une orientation constante, les inclinaisons successives de son axe optique de 30°, 35° et 45° au-dessous de l'horizon déterminent, sur la trace du plan vertical décrit par cet axe, les distances correspondantes de ses rencontres avec la station sur le plan horizontal.

Si l'on considère les arêtes de la pyramide quadrangulaire aboutissant aux angles de la plaque, pendant la rotation de la chambre noire autour d'un axe horizontal que l'on peut toujours supposer passer par le centre optique de l'objectif, à cause de la grande hauteur de la station, on voit que les arêtes décriront un cône droit à deux nappes, dont l'axe se confondra avec l'axe de rotation, et qui sera coupé par le plan horizontal suivant les deux branches d'hyperbole tracées sur la figure. C'est à ces hyperboles que s'arrêteront, pour chaque position de l'axe optique, les traces des faces de la pyramide, qui correspondent à la largeur de la plaque.

Les trapèzes résultant pour les inclinaisons de 30°, de 35° et de 45° de l'axe optique sont indiqués sur la figure, et, en tenant compte de l'échelle, qui est ici de $\frac{1}{3333} \times \frac{1}{45}$, on y peut mesurer toutes les distances à la station P_1 et les surfaces des différents trapèzes que l'on trouve être de 450 hectares, 250 hectares et enfin 100 hectares seulement pour l'inclinaison de 45°.

Le trapèze correspondant à l'inclinaison de 35° est seul représenté en lignes pleines sur la figure. Un autre trapèze CDEF, ayant pour bases la plus grande de celles qui correspondent à l'inclinaison de 30° EF et la plus petite de celles qui correspondent à l'inclinaison de 45° prolongée jusqu'aux bords latéraux de la plaque en C et en D, s'appuie à ce qui reste de cette plaque (ABCD) et forme ainsi le fond ABCDEF de la boîte destinée à servir de chambre noire sans objectif pour la transformation des épreuves obtenues en ballon avec la première.

Cette boîte est représentée sur la figure 2 ; à sa partie supérieure, à gauche, et un peu au-dessous d'une échancrure pratiquée dans le couvercle, en O, est placée une lame métallique percée d'un très petit trou qui remplace l'objectif. Cette échancrure

est bordée d'une platine rectangulaire à laquelle est fixée l'une des extrémités d'un soufflet dont l'autre est à la petite base d'une seconde chambre mobile en forme de pyramide tronquée à la grande base de laquelle on peut disposer l'épreuve à transformer. Il va sans dire que le sommet de la pyramide doit se confondre rigoureusement avec le centre du petit trou pratiqué dans la lame mince, dont la surface restera parallèle aux bases de la pyramide, c'est-à-dire au plan de l'épreuve.

Pour cela, cette lame mince suit les mouvements de la boîte pyramidale qui sont réglés par la rotation de deux armatures métalliques accrochées par l'une de leurs extrémités aux deux côtés opposés de la grande base, dans le sens de la largeur, et de l'autre, aux flancs de la boîte fixe, où elles sont engagées sur deux pivots qui se prolongent à l'intérieur jusqu'à la rencontre de la lame mince qu'ils soutiennent, leur axe géométrique commun passant par le centre du petit trou pratiqué dans cette lame que M. le commandant Colson désigne sous le nom de *sténopé*.

L'inclinaison du plan de l'épreuve, ou plutôt celle de l'axe optique qui a servi à l'obtenir, et qui doit passer par le centre du trou du sténopé, est mesurée sur l'arc d'un secteur divisé, fixé à la grande chambre, le long duquel se meut un vernier porté par l'une des armatures qui entraînent la petite chambre pyramidale.

Il ne nous semble pas nécessaire d'entrer ici dans d'autres détails.

Il est aisément de voir, en effet, que, si l'on place sur le fond de la grande chambre une pellicule sensible (les dimensions du support à employer excluant en général l'emploi du verre), l'épreuve à reproduire ayant reçu l'inclinaison convenable et étant exposée à la lumière, on obtiendra sur la pellicule le plan cherché.

Il y aurait peut-être lieu d'examiner le cas où l'épreuve contiendrait des images d'édifices plus ou moins nombreux, d'arbres et surtout de bois ou de forêts se projetant obliquement, et dont la saillie n'est pas négligeable, mais l'expérience nous a appris qu'en exceptant les grandes agglomérations (villes ou villages étendus), les plans construits d'après des vues aériennes prises en pays de plaines ou peu accidentés pouvaient être comparés aux meilleurs plans levés par les méthodes dites *régulières* et il en serait sûrement de même avec les plans restitués immédiatement par le procédé qui vient d'être indiqué.

Avec les données que nous avons supposées, les dimensions de la grande chambre noire seraient extérieurement de 1 mètre environ, de 0^m95 de largeur à l'une de ses extrémités et de 0^m20 à l'autre extrémité. En supprimant l'inclinaison de l'axe optique de 0^m30 et en partant de celle de 35°, pour la même distance focale de 0^m15 et la même largeur de plaque de 0^m18, la longueur de la boîte serait réduite à 0^m80 et sa grande largeur à 0^m72, la petite restant de 0^m20 et la hauteur étant, dans les deux cas, de 0^m17 à 0^m18.

Il n'y a pas lieu, d'ailleurs, de trop se préoccuper des dimensions de cette sorte de caisse qui peut être improvisée partout, et la petite chambre noire destinée à recevoir l'épreuve à transformer, avec ses armatures, son cadran divisé et le sténopé approprié ont seuls besoin d'être très bien construits et adaptés avec soin à la grande. Au surplus, l'expérience montrera le parti que l'on peut tirer de cette disposition et les modifications qu'il y aurait lieu d'y apporter dans la pratique.

Colonel LAUSSEDA.

(Extrait des *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*).

SOCIÉTÉS SAVANTES

Sur la profondeur de champ et de foyer des objectifs photographiques.

Dans les applications photographiques on calcule la profondeur de champ et de foyer en se basant sur le fait que l'image d'un point a toujours des dimensions finies ; généralement on admet comme diamètre limite de cette image $1/10$ de millimètre.

Ce mode de calcul avantage les objectifs à courts foyers ; on en conclut par exemple que les distances hyperfocales des objectifs, à ouvertures égales, varient comme les carrés de leurs longueurs focales. Les conclusions ne tiennent pas compte de la grandeur des images obtenues ; il est certain cependant que les images de faibles dimensions sont destinées, soit à un agrandissement ultérieur, soit à être examinées avec un système optique amplifiant ; en toute rigueur, les conditions d'emploi des divers objectifs devraient donc être comparées à dimensions égales de l'image.

On arrive facilement à ce résultat en prenant, pour base du calcul de la profondeur de champ et de foyer, une limite de *définition angulaire* de l'image. Par exemple, laissant de côté certaines applications (microphotographie, reproductions, etc.), on peut dire que la photographie a pour but ordinaire de reproduire ce que *l'œil voit* ; il est donc normal que la limite de définition angulaire de l'image photographique soit égale à celle de l'image rétinienne ; on doit donc adopter, pour valeur de cet angle limite, la minute d'arc, à peu près égale numériquement à la fraction $1/3000$.

On dira donc que la profondeur de champ d'un objectif sera limitée par les distances entre lesquelles, pour un tirage donné, la plaque photographique conservera distinctes les images de deux points dont l'écart angulaire est de $1/3000$. De même, la profondeur de foyer, lorsque la surface a été mise au point sur un objet déterminé, sera constituée par l'écart possible sur le tirage en conservant distinctes les images de deux points séparés par une distance angulaire de $1/3000$.

Convenant de compter les distances en prenant la longueur focale pour unité, on peut alors exprimer, par des formules générales indépendantes de la longueur focale, la profondeur de foyer et la profondeur de champ. Désignant par D la distance de l'objet dont la mise au point est exacte sur la plaque sensible, par $\frac{1}{\omega}$ l'ouverture de l'objectif, par $\pm \varphi$ la profondeur de foyer, et par $D \pm \delta$ les limites correspondantes de la profondeur de champ, on a, avec une exactitude suffisante :

$$\pm \varphi = \pm \frac{\omega}{3000} \left(\frac{D}{D-1} \right)$$

et :

$$(D \pm \delta) = \frac{(D-1)^2}{D \left(\pm \frac{\omega D}{3000} \right) - 1}$$

Par exemple, la distance hyperfocale (D infini) a pour valeur :

$$\text{limite } (D - \delta) = \frac{3000}{\omega}$$

comptée en prenant la longueur focale pour unité ; elle sera exprimée en mètres par $\frac{3000}{\omega} f$ si f désigne la longueur focale exprimée en mètres.

Nous ajouterons aussi les remarques suivantes, intéressantes, en tout cas, au point de vue de la définition angulaire des images photographiques.

Les phénomènes de diffraction ne permettent pas d'obtenir une définition optique égale à la minute d'arc, si l'ouverture objective a moins de 2 mm. de diamètre ; l'emploi des plus petites ouvertures des objectifs photographiques, 1/60 environ, est donc incompatible avec la définition angulaire proposée, pour les objectifs dont la longueur focale n'atteint pas 120 mm.

De plus, l'examen des images obtenues sur les plaques au gélatino-bromure a montré qu'on obtient difficilement des images linéaires dont l'épaisseur soit inférieure à 1/40 de millimètre ; de cette limite imposée par le mode d'action même de la lumière sur la couche sensible, il résulte que la définition angulaire de la minute d'arc ne peut être effectivement donnée que par les objectifs dont la longueur focale atteint au moins $\frac{3000}{40} = 75$ mm. Les objectifs de longueur focale très courte ne peuvent donc pas, dans l'usage courant, reproduire *tout ce que l'on voit*.

(Communication de M. J. THOVERT, à l'*Academie des Sciences*, 49 septembre 1904).

Photographies en couleurs obtenues par la méthode interférentielle sans miroir de mercure :

Lorsqu'on regarde par réflexion la photographie d'un spectre obtenue par la méthode de M. Lippmann, on constate (surtout si le cliché a été surexposé) que les deux faces de la plaque ne présentent pas les mêmes teintes. Du côté verre on voit les couleurs du spectre fidèlement reproduites du côté gélatine des teintes très différentes, quelquefois à peu près complémentaires des premières.

De plus, la face gélatine d'une photographie en couleurs, de pose insuffisante, présente, suivant la durée de la pose et l'épaisseur de la gélatine, des teintes variées. En frottant avec le doigt ou du coton, sous un jet d'eau, la gélatine d'une plaque présentant certaines teintes, on modifie assez sa surface pour que, après dessiccation, les teintes de la plaque aient totalement changé du côté gélatine.

Il m'a semblé que les plans d'argent réduis les plus voisins de la gélatine, et la lame mince formée par la surface de la gélatine et le premier plan d'argent intervenaient pour une très large part dans la production des couleurs, lorsqu'on observe la face gélatine par réflexion.

Or, il est logique d'admettre qu'entre la gélatine et le mercure tout l'air n'a pas été chassé. Il en subsiste une mince couche, qui est trop mince pour que l'épaisseur traversée introduise une différence de marche appréciable, mais dont la présence peut causer une réflexion sur la surface de séparation gélatine-air avec une différence de phase déterminée. Il y aurait alors, outre la réflexion sur le miroir de mercure, une réflexion sur l'air qui pourrait expliquer les teintes variées que j'ai observées dans les clichés insuffisamment posés.

J'ai pensé que, s'il en était ainsi, je pourrais obtenir, pour des poses prolongées, des photographies en couleurs par réflexion de la lumière sur la surface gélatine-air seulement.

L'expérience a confirmé ma prévision.

Les photographies que j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie (spectres, perroquets, houx, oiseau, bouquets) ont été obtenues par la méthode interférentielle de M. Lippmann, avec cette seule différence que j'ai supprimé le miroir de mercure et utilisé seulement, comme surface réfléchissante, la surface de séparation gélatine-air.

Il suffit de placer dans un appareil quelconque, la face verre tournée vers l'objet, une plaque transparente au gélatino-bromure préparée d'après les indications de M. Lippmann (1).

(1) *La Science au xx^e siècle*, 1^{re} année, n° 5, 15 juin 1903.

Comme pour les photographies interférentielles ordinaires, la pose est très variable suivant que l'objet est placé au soleil ou à l'ombre (30 minutes au soleil, 2 heures dans une salle de laboratoire). La photographie du spectre d'une lampe à arc exige 15 minutes. On peut réduire la pose à quelques minutes en traitant les plaques avant l'usage par une solution alcoolique d'azotate d'argent.

L'acide pyrogallique (formule de MM. Lumière) m'a paru être le révélateur approprié. Il est bon, pour faire apparaître les teintes sombres, de renforcer au bichlorure et à l'amidol. Mais cette dernière opération doit être conduite avec ménagement, pour ne pas modifier les couleurs.

Il est aisément de prévoir, d'après ma façon même dont ces photographies ont été obtenues, qu'elles offriront sans doute un éclat moins vif que les admirables épreuves de M. Lippmann. Les couleurs sont pourtant bien visibles et ces épreuves pourront, je crois, être perfectionnées notamment entre les mains des praticiens et, en tous cas, *elles présentent l'avantage de pouvoir être obtenues sans matériel spécial, dans un appareil quelconque*; elles sont déjà tout à fait suffisantes pour pouvoir servir à des démonstrations (variation des teintes avec la température, le degré d'humidité, etc.). Elles sont à la portée de tous les amateurs; c'est à ce titre surtout qu'elles me paraissent offrir quelque intérêt.

Toutes les teintes les plus diverses, depuis l'orangé jusqu'au violet, sont fidèlement reproduites. Il est plus difficile d'obtenir le rouge vif en vraie valeur. Il n'apparaît quelquefois, surtout après renforcement, qu'avec une teinte orangée. Je m'efforce de sensibiliser davantage pour le rouge, et de modifier la nature de la pellicule sensible, afin d'augmenter l'intensité du faisceau réfléchi.

(Communication de M. E. ROTHÉ à l'*Académie des Sciences*, 10 octobre 1904).

Nous croyons rendre service à nos lecteurs en faisant suivre cette communication du mode de préparation des plaques indiqué par M. LEPPMANN.

Dans 100 grammes de gélatine dure à 5 pour 100 faire dissoudre 0 gr. 53 de bromure de potassium. Porter à l'obscurité, puis, quand la température est au-dessous de 40°, ajouter 0 gr. 75 de nitrate d'argent pulvérisé. On agite une ou deux minutes avec le thermomètre pour faire dissoudre ce nitrate. On ajoute, pour l'isochromatisme, 3^{e3} d'une solution alcoolique de cyanine à $\frac{4}{500}$ et 10^{e3} d'une solution alcoolique de rouge-glycin.

On filtre l'émulsion sur coton de verre et on la coule sur des plaques de verre propres et tièdes.

On coule l'émulsion comme du collodion. On met les plaques à plat sur un marbre horizontal, jusqu'à ce qu'elles soient bien prises. Puis on les lave une demi-heure et on les met au séchoir.

Les plaques ainsi préparées se conservent pendant six semaines. On peut les employer telles quelles. Mais il vaut mieux, avant d'en faire usage, leur faire subir une seconde sensibilisation (LUMIÈRE). On verse sur leur surface de l'alcool contenant du nitrate d'argent :

Alcool concentré	400
Nitrate d'argent.	0,5
Acide acétique	Quelques gouttes

On secoue la plaque, qui est sèche au bout de quelques minutes.

En attendant quelques heures, la sensibilité augmente. Mais au bout de 12 à 15 heures, les plaques ainsi traitées commencent à se gâter. Il ne faut donc passer à l'alcool argentique que les plaques qu'on se propose d'employer le jour même (G. LIPPmann, *La Science au XX^e siècle*, 15 juin 1903).

M. G. GODDÉ, le très habile opérateur dont les paysages et natures mortes exécutés en

photographie directe des couleurs ont été si admirés à l'exposition de photochromie a bien voulu nous communiquer les formules qu'il emploie actuellement et qui lui donnent toute satisfaction. Remarquons que l'orthochrome et le pinachrome si intéressants en tant que sensibilisateurs panchromatiques pour les émulsions ordinaires ne donnent en ce cas aucun résultat ; ce n'est pas d'ailleurs la première anomalie que présente la sensibilisation aux couleurs de ces émulsions si particulières.

1^o Emulsion.

A	Eau distillée	90 cc.
	Gélatine Drescher (dure)	4 gr.
	Bromure de potassium	0 gr. 55
	Rouge glycine AFGA solution alcoolique à 1/500.	11 cc.
	Cyanine ch. pure Hoechst solution alcoolique à 1/500.	3 cc.
B	Eau distillée	40 cc.
	Nitrate d'arg. fon. blanc	0 gr. 75

Verser A dans B par petites parties et agiter pendant deux minutes à une température de 32° à 38°. Filtrer à chaud et couler sur plaques.

2^o Exciteur.

Au moment de l'emploi, accroître la sensibilité par immersion dans :

Alcool 93-96 %	. . . . .	40 cc.
Nitrate d'argent (solution aqueuse à 10 %)	. . . . .	0 cc. 6
Acide acétique cristallisble.	. . . .	2 gouttes.

que l'on conserve en flacons bruns et à l'abri de la lumière.

Pour tous détails complémentaires sur la préparation et l'emploi de ces émulsions, nous renvoyons nos lecteurs au mode opératoire antérieurement indiqué par M. GODDÉ, qu'on trouvera décrit en détails dans l'ouvrage de M. L. TRANCHANT, *La Photographie des couleurs simplifiée*, édité par la librairie Desforges.

Enfin, nous ajouterons quelques remarques personnelles :

Nous sommes persuadés, bien que tous ceux qui aient pratiqué la méthode LIPPMANN aient toujours recommandé l'emploi de révélateurs organiques, que le révélateur qui convient le mieux au développement des photochromies interférentielles est le développement à l'oxalate ferreux, en bain dilué, c'est-à-dire contenant une faible dose de sulfate ferreux, de manière que le développement se fasse lentement. Rappelons que le révélateur au fer est le seul qui n'agisse pas sur la gélatine; de même je suis persuadé que l'on obtiendrait de meilleurs résultats en noircissant à l'oxalate ferreux l'image préalablement blanchie au bichlorure, pour renforcer l'image : seuls le noircissement à l'oxalate ferreux et le noircissement au chlorure stanneux donnent en effet un dépôt métallique ; l'emploi d'un révélateur organique, quel qu'il soit, donne des produits plus ou moins complexes.

Nous ajouterons qu'il est bon d'absorber, par un écran convenable, les radiations ultraviolettes et d'empêcher par un dispositif approprié toute lumière diffuse par les parois de la chambre noire, de venir frapper la surface sensible.

Action des bois sur les plaques photographiques.

M. William J. RUSSEL a constaté que la plupart des bois impressionnent la plaque photographique, dans l'obscurité, qu'on les mette en contact immédiat avec la surface sensible ou à une faible distance. La durée de pose varie d'une demi-heure à dix-huit heures. L'action est plus ou moins intense, selon l'espèce de bois : les bois les plus actifs sont ceux des conifères, le chêne, le hêtre, l'acacia. Lorsque le bois est coupé perpendiculairement à l'axe de la tige, l'image obtenue présente une série d'anneaux clairs et obscurs, correspondant aux couches concentriques du bois ; les nœuds sont aussi indiqués ; ce sont les tissus formés au printemps et à l'automne qui donnent des anneaux obscurs qui sont, par conséquent, les plus actifs.

La cause de cette action photographique est inconnue ; les corps résineux du bois semblent jouer un rôle dans ces phénomènes ; cependant, diverses gommes et résines, essayées par l'auteur, n'ont produit aucune impression. La vapeur d'eau et l'ozone n'interviennent pas.

Le bois, préalablement exposé à la lumière solaire, devient plus actif ; les lumières artificielles produisent le même phénomène. Ce sont les radiations bleues et violettes qui produisent cet accroissement d'activité du bois, qui semble devoir être attribué à un emmagasinement de radiations analogue à celui des substances phosphorescentes.

(*Société royale de Londres, 16 juin 1904.*)

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Sur une cause systématique d'insuccès dans la pratique des sélections trichromes :

On admet généralement qu'une même échelle de teintes, allant par exemple du blanc pur au noir pur, peut être traduite en mêmes valeurs par la photographie, quelle que soit la couleur de l'écran interposé. L'exactitude des sélections trichromes n'est d'ailleurs possible qu'à cette condition, toute différence dans la gradation des gris-neutres d'un original devant entraîner fatalement, sauf retouches ou emploi d'une quatrième impression, la prédominance de l'une des couleurs dans le rendu de ce gris.

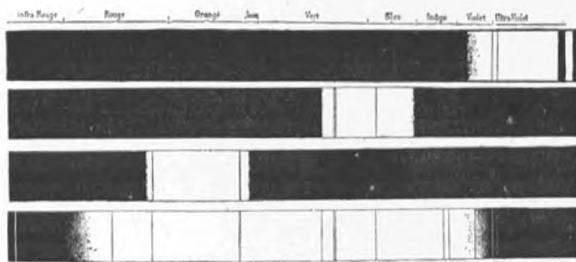


Fig. 1

savoir : a) ultra-violet, b) vert, c) rouge et d) lumière blanche.

Chaque plaque expérimentée était coupée en quatre fragments, dont chacun d'eux était soumis, par huitièmes, à l'une des lumières ci-dessus définies pendant diverses durées doubles les unes des autres et proportionnelles par conséquent à 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, et 128.

Tous les fragments étaient développés dans des conditions identiques, puis on procédait à la mesure des opacités. Pour permettre de comparer rapidement et commodément les résultats obtenus sur les diverses plaques en essai et avec les différentes lumières utilisées aux expériences, on a traduit ces résultats sous forme de graphiques, établis de telle sorte que l'effet, sur chaque plaque, de l'une des lumières, le violet par exemple, étant figuré par

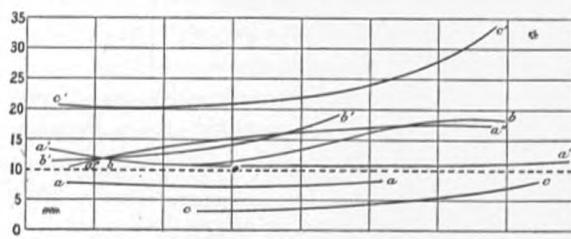


Fig. 3 — Action de la lumière blanche comparée à celle de l'ultra-violet.

gions qui ont reçu le temps de pose 32 (fig. 2), il aurait fallu, pour obtenir sur le cliché du vert la même opacité que sur le cliché du violet dans la région de cette dernière plaque exposée pendant le temps 2, poser seulement les $6/10^{\text{e}}$ de ce temps en lumière verte ; pour

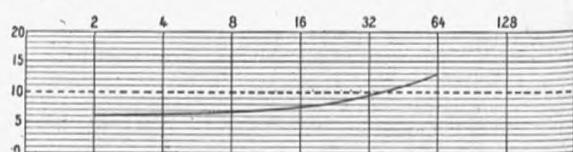


Fig. 2. — Action du violet comparée à celle du vert.

une ligne horizontale (tracée en pointillés) la courbe indique dans quel sens et de combien on eût dû varier, avec une autre lumière, le vert par exemple, la durée de pose en lumière violette.

Si par exemple l'intensité de la lumière verte et de la lumière violette a été réglée, ainsi que la durée de développement, de façon à produire sensiblement la même opacité dans les ré-

produire au contraire la même opacité sur le cliché vert que sur le cliché violet dans la région de ce dernier exposée pendant le temps 64, il eût fallu poser en lumière verte les $13/10^{\circ}$ de ce temps. (Les densités les plus faibles ainsi que les plus opaques produites par les temps de pose extrêmes se prêtant mal aux mesures, il n'en a pas été tenu compte dans l'expression des résultats définitifs.)

Les graphiques ci-après, tracés d'après les mêmes principes que la courbe type ci-dessus, résument les expériences effectuées sur diverses marques anglaises de plaques.

- | | |
|---------------------|---|
| <i>a' a'', a'''</i> | Plaque panchromatique (Cadett Spectrum). |
| <i>b, b'</i> | Plaque orthochromatique (Thomas). |
| <i>c, c'</i> | Plaque ordinaire (Thomas). |
| <i>d</i> | Plaque lente pour positifs. |
| <i>e</i> | Plaque orthochromatique (Edwards). |
| <i>f</i> | Plaque ordinaire extra rapide (Impérial). |

La figure 3 montre à l'évidence que la lumière blanche donne, généralement, de plus grands contrastes que l'ultra-violet ; il y a cependant des différences assez appréciables, même entre plaques de même marque, traitées dans des conditions identiques. La figure 4, rapportant les résultats fournis par la lumière verte à ceux donnés par l'ultra-violet,

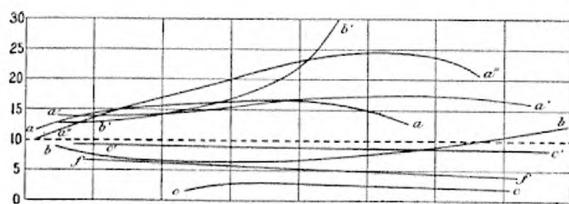


Fig. 4. — Action du vert comparée à celle de l'ultra-violet

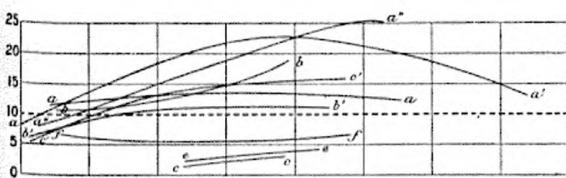


Fig. 5. — Action du rouge comparée à celle de l'ultra-violet

plus grands avec la moins réfrangible de ces deux lumières. Enfin les résultats obtenus en lumière rouge sont comparés avec ceux fournis par l'ultraviolet (fig. 5) et par le vert (fig. 6).

De ces expériences, on peut tirer les conclusions ci-dessous :

1. La gradation n'est pas la même pour les plaques exposées à des lumières de longueurs d'onde différentes.

2. Les contrastes sont plus accentués avec la lumière de plus grande longueur d'onde et ne diminuent un peu que dans les régions les plus denses, la tendance au renversement semblant se manifester plus tôt avec les plus grandes longueurs d'onde.

3. Ces anomalies ne sont pas dues aux colorants spéciaux employés à la préparation des plaques orthochromatiques ou panchromatiques, car elles se manifestent déjà pour les plaques ordinaires. La différence dans la gradation des demi-teintes est d'autant plus accentuée que les lumières utilisées sont plus éloignées les unes des autres dans le spectre.

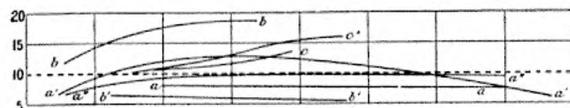


Fig. 6. — Action du rouge comparée à celle du vert

Chapman JONES

Grosseur des grains de l'argent constituant les noirs de l'image photographique.

Dans le numéro de septembre de l'*Astrophysical Journal*, M. R.-J. WALLACE expose le résultat de ses recherches sur les circonstances qui modifient la grosseur des grains d'argent d'une plaque au gélatino-bromure développée. De quatre plaques rapides, de fabrication américaine, la *Seed 27, Gild Edge* est celle qui donna les meilleurs résultats. Ce fut la plus uniforme et la plus constante, et celle qui présenta le moins de « voile chimique », les grains d'argent les plus petits et leur distribution la plus régulière dans l'émulsion.

Tandis que les grains d'argent, dans les plaques ordinaires, présentaient généralement la forme sphérique, ceux des plaques isochromatiques de différentes marques montrèrent cette particularité d'être presque exclusivement de forme allongée (l'auteur les appelle « *spicular* ») à la surface de l'émulsion, puis de céder petit à petit leur place, à mesure que l'on pénètre dans l'épaisseur de la couche à des grains arrondis que l'on rencontre seuls lorsque l'on arrive au verre du support. Le renforcement augmente la grosseur des grains, c'est une expérience courante ; mais la démonstration de l'auteur offre un intérêt spécial, car il pratiqua le renforcement à l'aide d'un pinceau, par le chlorure mercurique et l'ammoniaque, sans changer la plaque de place, ce qui lui permit de photographier les mêmes grains avant et après le renforcement. L'auteur montre aussi la différence entre le développement rapide et lent. Dans le premier cas, il considère que la grosseur des grains d'argent se rapproche le plus de celle des grains du sel d'argent qui leur a donné naissance, tandis que, par un développement prolongé, la grosseur augmente par suite de la formation de « groupes de grains » (*groupe particules*) ainsi que par un accroissement des particules. L'auteur rejette le développement lent comme produisant le grain le plus fin.

Un postscriptum est consacré à la conclusion que MM. LUMIÈRE et SEYEWETZ (1) ont tirée de leurs récentes expériences, c'est-à-dire que ni la température, ni la concentration du bain, ni la durée du développement n'influent pratiquement sur la grosseur du grain. L'auteur fait remarquer que ces chimistes ont négligé la formation des « groupes de grains » parce qu'ils dissolvaient la pellicule après développement et examinaient une nouvelle pellicule formée avec ce produit.

(*Nature de Londres*, vol. 70 n° 1823, 6 octobre 1904.)

(1) *Revue des sciences photographiques*, n° 4, juillet 1904.

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

SUR L'INVERSION PHOTOGRAPHIQUE

Définition. — Afin d'éviter toute ambiguïté de langage, je définis *inversion photographique* l'obtention d'un phototype où les actions de la lumière se manifestent en sens inverse de l'ordinaire ; où, par exemple, s'il s'agit d'un sel d'argent, des blancs correspondent aux lumières du modèle et des noirs aux ombres, donnant un *positif* au lieu d'un *négatif*.

Il va de soi que ce positif, qu'il ait été obtenu à la chambre noire, par impression directe, ou au châssis-presse, par contact, est aussi *retourné* ou *renversé*, comme on dit usuellement, c'est-à-dire ne représente le modèle que dans une position symétrique, tel qu'on le verrait dans une glace, et non tel qu'il se montre en réalité. Inconvénient reproché au procédé de Daguerre ; avantage recherché, sous le nom de *contretype*, pour les procédés industriels de reproduction, qui doivent une seconde fois *retourner*, avec ou sans *inversion* de teintes, l'image première, pour la remettre en place véritable.

Fausses inversions. — Nous ne comprendrons point sous le nom d'inversion les procédés dans lesquels l'effet de *positif* n'est pas produit par la surface sensible elle-même, mais seulement par son contraste avec un fond obscur, comme dans les essais de Nicéphore NIÈPCE (1) sur métal bitumé, première manière du Daguerrotypie, le procédé A. MARTIN (2), et les nombreux procédés modernes de la *ferrotypie*, simple application de cet effet physique, devenu d'observation courante avec l'emploi des clichés sur verre, que ceux-ci, lorsqu'ils sont faibles, se montrent facilement positifs, sur fond noir, sous certaines incidences.

On ne saurait davantage comprendre dans cette étude les procédés chimiques qui, faisant intervenir, *a posteriori*, un bain nouveau, comme la solution argentique ammoniacale de SCHWARZ (3) ont pour but d'inverser le phototype une fois terminé. Mais nous verrons comment se rattache au cadre de nos observations, par l'intervention du *survoilage*, toute la série des procédés qui, dès les temps contemporains de DAGUERRE, ont été trop exclusivement rapportés à une intervention chimique où à toute autre circonstance accessoire, au cours des manipulations.

Inversion de surpose. — L'inversion de l'action des rayons lumineux, par le seul effet de sa prolongation fut observée dès les premiers essais de la photographie. « Tout le monde sait, dit DAGUERRE (4), qu'au delà d'un certain degré d'exposition, les grands clairs deviennent bleus. » DRAPER (5), à la même époque, annonçait que,

(1) Nous rétablissons l'orthographe originelle, abandonnée par Niepce de Saint-Victor, reprise par l'héritier actuel du nom, le Dr Nièpce, d'Allevard (*V. Ann. de la Soc. des L., Sc. et A. des A. M.*, XV, 289 ; 1897).

(2) *C. R. Ac. Sc.*, XXXV, 29, XXXVI, 703 ; 1852-3.

(3) *Photographische Archiven*, oct. 1866, *Bull. soc. Phot.*, XII, 20 ; 1867.

(4) *C. R. Ac. Sc.*, XII, 361 ; 1843.

(5) *Philosophical Magazine*, (3) XXII, 453 ; 1842.

même sur plaque Daguerrienne, l'action des rayons lumineux détruisait (1) les effets des rayons ultra-violets ; et HERSCHEL (2), tout en contredisant DRAPER, s'exprimait presque de même façon.

On savait d'ailleurs (ce qui paraît avoir été un peu oublié depuis) qu'il s'agit là d'une propriété inhérente à la lumière elle-même et non dépendante de telle ou telle substance sensible, qui joue seulement le rôle de réactif et de visible enregistreur. HUNT (3) avait vu le chromate de cuivre donner l'inversion comme les sels d'argent. « Le gaïac en couches épaisses, disait BIOT (4), sous l'action prolongée de la lumière, passe du jaune au vert et au bleu, puis revient au jaune et repasse au vert, par des alternatives dépendantes de la radiation qu'on fait agir. » MOSER (5), dès 1842, crut reconnaître une périodicité analogue sur ses *Hauchbilder* (images de buée) (6).

Bientôt on appela *solarisation* les effets de la surpose, mais en les caractérisant de la manière la plus imprécise possible, par certains accidents de développement, que nous verrons attribuables plutôt à une cause tout opposée, le défaut d'exposition. DE LA BLANCHÈRE (7), en 1863, disait encore : « La *solarisation* est une action lumineuse qui se manifeste, surtout par les temps chauds, par des tons rouges et transparents sur les négatifs (8) ». Les physiciens modernes semblent de plus en plus spécialiser ce mot au sens d'insolation exagérée, ou à l'état spécial de la plaque sèche produit par la surexposition. EDER (9) y inclut même l'état final de la plaque révélée, c'est-à-dire le phénomène entier de l'*inversion*, dont nous regardons seulement la solarisation comme l'une des causes les plus fréquentes, mais non la seule.

Inversion par survolage. — D'ailleurs ce mot de *solarisation*, que nous éviterons de prononcer dans tous les cas où il pourrait prêter à amphibologie, ne paraît pas avoir été formulé, ni son rôle prépondérant soupçonné, dans les expériences remontant aux premiers temps de la photographie, où un positif direct s'obtenait, sur une surface préalablement ou intercurement exposée à la lumière diffuse, par l'action de certains bains, auxquels fut longtemps attribué tout le mérite de l'opération, jusqu'à ce que la possibilité de leur totale suppression vînt confirmer le caractère secondaire de leur intervention, qu'aurait dû faire deviner et la variété de leur nature et celle du moment d'application.

La première manière, qui fut presque simultanément indiquée par FYFE, en Angleterre (10), par LASSAIGNE (11), VÉRIGNON (12) et BAYARD (13), en France, puis renouvelée

(1) « Les images photographiques s'effacent par une exposition trop prolongée », dit A. de MASSAS (*C. R.*, XVII, 625; 1843). Nous verrons ultérieurement les effets néfastes de cette manière d'exprimer un fait réel.

(2) *Phil. Mag.*, (3) XXII, 420; 1843.

(3) *Athenaeum*, 26 août 1843; *Bibl. univ. de Genève*, XLVII, 388, 1843.

(4) *C. R. Ac. Sc.*, VIII, 441; 1839. Nous verrons ultérieurement, à propos des expériences de M. Janssen, ce qu'il faut penser de ces alternatives.

(5) *Pogg. Ann. d. Phys.*, LVIII, 107; 1843.

(6) *C. R.*, XV, 855; 1842.

(7) *Répertoire encyclopédique de la Photographie*, II, 333; 1863.

(8) Cf. HARDWICH, *Phot. Sy. London*, juin 1858. — *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), IV, 251; 1858.

(9) *Handbuch der Photographie*, III, 449; 1890.

(10) *Edinburgh New Philos. Journ.*, p. 144; 1839.

(11) *C. R. Ac. Sc.*, VIII, 547; 1839.

(12) *Id.*, X, 336; 1840.

(13) *Id.*, X, 337; 1840.

sur papier par R. HUNT (1) et GROVE (2), appliquée au collodion par POITEVIN (3), rééditée par SABATIER (4) et encore plus tardivement par BAYARD et FERRIER (5), etc., consistait à baigner d'iodure de potassium la couche sensible, préalablement ou postérieurement insolée (à proprement parler *solarisée*) à la lumière diffuse, puis, après une exposition ordinaire un peu plus prolongée que la normale, à faire précéder d'une renitratation le développement final.

Quoique MILTON SANDERS (6) eût annoncé, dès 1873, ce qu'eurent bientôt l'occasion de vérifier, au moins une fois par accident (7), tous les opérateurs au gélatino-bromure, à savoir qu'il suffit, en tout et pour tout, de laisser arriver de la lumière, même faiblement actinique, comme le jaune, sur une plaque en cours de développement pour la voir très vite, et sans aucune intervention chimique, tourner au positif, ce fut toujours à des complications de bains que les fervents de l'action chimique continuèrent à demander l'inversion.

Les uns, relativement simplificateurs, supprimant l'iodure de potassium, firent agir l'acide nitrique directement sur la plaque normalement exposée et développée, jusqu'à effacement, au moins apparent (8), de l'image, puis reparaître celle-ci, en positif, par un nouveau développement. G. WARTON SIMPSON (9), puis Th. SUTTON (10) ne parlent pas d'une intervention de la lumière, et il se pourrait fort bien que leur procédé, qui revient, en somme, à affaiblir à l'extrême le phototype pour le redévelopper ensuite vigoureusement (11), se rattache, plutôt qu'à la surexposition, au nouveau mode d'inversion dont nous aurons à parler, par *sur-développement* des surfaces *sous-exposées*.

Mais GRAND (de Briançon) (12), qui signale le même procédé, fait intervenir positivement le voilage intermédiaire. Le rôle principal de celui-ci, quoique contesté

(1) *Researches on Light*, p. 74; 1844.

(2) *British Ass. for Adv. of Sc.* II, 37; 1845; *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), VI, 41; 1860.

(3) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), V, 304; 1859.

(4) *Id.* (1), VIII, 475; 1862.

(5) *Id.* (1), XVIII, 421; 1873.

(6) *Id.* (1), XVIII, 463; 1873.

(7) *Id.* (2), XI, 235; 1881. FLEURY HERMAGIS présente de très bons contretypes obtenus au châssis presse par simple surexposition à la lumière du magnésium E. FREWING signale encore le fait dans le *Brit. Journ. of Phot.*, 14 oct. 1892. Les exemples sont si communs qu'on pourrait les multiplier à l'infini. HAACK à la Soc. phot. de Vienne, le 12 mai 1880, FREGE, VOGEL, HARNECKER, GUIDDE, PRUMM, à l'Association pour l'avancement de la photographie, à Berlin, le 4 juin 1880, montrèrent de tels positifs (*Bull. Soc. fr. de Phot.*, XXVI, 173; 1880).

(8) MONCKHOVEN (*Bull. soc. fr. de Phot.* (1), XIII, 248; 1867) fait justement remarquer qu'à un examen soigneux, l'image reste toujours perceptible. RUSSEL (*Brit. Journ. of Phot.*, 1865) avait noté que la plaque développée *chimiquement* laissait un positif en creux après enlèvement de l'argent.

(9) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), XVII, 317; 1871.

(10) *Id.* (1), XX, 410; 1874.

(11) Dès 1867 (*Bull. Soc. fr. de Phot.* (1) XIII, 246; 1867) les *Phot. News* avaient publié de curieuses expériences de FOTHERGILL, CAREY LEA, HUGHES, PRISTON, etc., sur l'apparente destruction de l'image latente, par fixage avant développement, et sa reconstitution par simple restitution d'un sel d'argent au développement consécutif. YOUNG et HARDWICH, BAYARD et DAVANNE avaient déjà opéré de même. Mais ce dernier avait fait remarquer que le développement était définitivement empêché si on le faisait précéder d'un lavage à l'acide nitrique.

(12) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), XX, 30; 1874.

par EDER et PIZZIGELLI (1), est bien certain dans les procédés ultérieurs où, à l'exemple de SCHLEGEL (2), mais en supprimant l'inutile superféttation de bains compliqués, T. BOLAS (3), V. ROUX (4), le cap. BINY (5), ALBERT (6), J.-T. MEAD (7), OBERNETTER (8), substituent à l'acide nitrique l'acide chromique ou le bichromate de potasse, dont BALAGNY (9), sans le vouloir, démontre bien le rôle accessoire, en constatant qu'on peut le faire intervenir aussi bien après qu'avant l'insolation. ROSSIGNOL cependant (10) venait de donner du phénomène, sans invoquer les propriétés spéciales de la gélatine bichromatée, une explication vraiment spécieuse : « Le premier développement réduit le sel argentique en quantités proportionnelles à l'effet de la lumière. Si, par conséquent, nous parvenons à dissoudre cet argent, il restera sur la plaque du bromure d'argent intact, en épaisseurs précisément inverses (11) de la proportion réduite, c'est-à-dire correspondantes aux ombres du sujet. Soumettons de nouveau la plaque à l'action du révélateur (12), le bromure résiduel noircira et donnera une image positive. »

Mais d'autres observateurs, comme BORDET (13) attribuent tout à l'insolubilisation de la gélatine; et la fascination de la chimie est telle qu'on voit encore surajouter à l'inutile bichromate lui-même toutes sortes de complications non moins superflues : ainsi font CORSI (14), E. HUILLARD (15), R. NAMIAS (16), C. DROUILLARD (17), enfin REISS (18), qui remplace le bichromate de potasse par le bichlorure de mercure, sans qu'aucun de ces manipulateurs ingénieux ne semble avoir obtenu des résultats meilleurs que les opérateurs qui se contentaient du seul voilage physique. Et finalement aucun de tous ces procédés ne paraît avoir atteint jamais le degré de certitude et de régularité nécessaire pour obtenir la consécration des applications industrielles.

(1) *Photographische Correspondenz*, XVIII, 45; 1881.

(2) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1) XVIII, 120; 1873, d'après les *Phot. Mittheilungen*.

(3) *Id.* (1), XXVI, 476; 1880.

(4) *Traité pratique de la transformation des négatifs en positifs*, PARIS, GAUTHIER-VILLARS, 1880.

(5) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1) XXVIII, 423; 1882.

(6) *Arch. f. wiss. Phot.* I, 485 et II, 233; 1884.

(7) *Ann. Report of the Survey of India*, 1887-9. — *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), VI, 59; 1890.

(8) *Phot. Mitt.*, XIX, 477; 1882.

(9) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XI, 329; 1895 et (2) V, 433 et 323; 1889. — VIII, 22; 1892. — IX, 401; 1893.

(10) *Id.* (2), VIII, 136; 1892 et IX, 202; 1893.

(11) Il est clair qu'il ne faut pas prendre ici le mot « *inverse* » dans son sens mathématique et qu'il s'agit seulement des restes de la soustraction de quantités variables d'une quantité constante.

(12) « Après l'avoir impressionnée à nouveau », aurait dû ajouter l'auteur, comme terme nécessaire de son raisonnement, pour éviter l'objection étonnée que se faisait à lui-même le cap. BINY, que le même bain qui « effaçait » l'impression négative put conserver la positive.

(13) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), VI, 458; 1890.

(14) *Id.* (2), IX, 422; 1893.

(15) *Id.* (2) XII, 476; 1896.

(16) *Id.* (2), XV, 583; 1899. L'auteur oppose le rôle du bichromate de potasse à celui du persulfate d'ammoniaque, dont il conteste formellement la théorie donnée par A. et L. Lumière.

(17) *Id.* (2), XVII, 348; 1901. — XVIII, 496; 1902.

(18) *Id.* (2), XIX, 217; 1903. *Revue suisse de Phot.*, 1901, n° 41. — CAREY LEA (*Brit. Journ. of Phot.*, 1863), EDER et TÓTH (*Theor. u. Prax. d. Phot. mit. Bromsilbergelatine*, p. 86; 1883) avaient employé le nitrate de mercure.



sis prévoyant - avec
erges chaque semaine
n'attendez pas, tu crées un
TITRE SOCIÉTAIRE
onne droit à des avan-
gements en cas de
et te prépare une
la vieillesse.

ENFANT - si tu es impre-
voyant - **TU GASPILES**
TES SOUS en bagatelles;
tu abandonnes au hasard
ton avenir; tu prends des
habitudes de dépense et de
désordre; tu meconnais les
lois de la Solidarité.

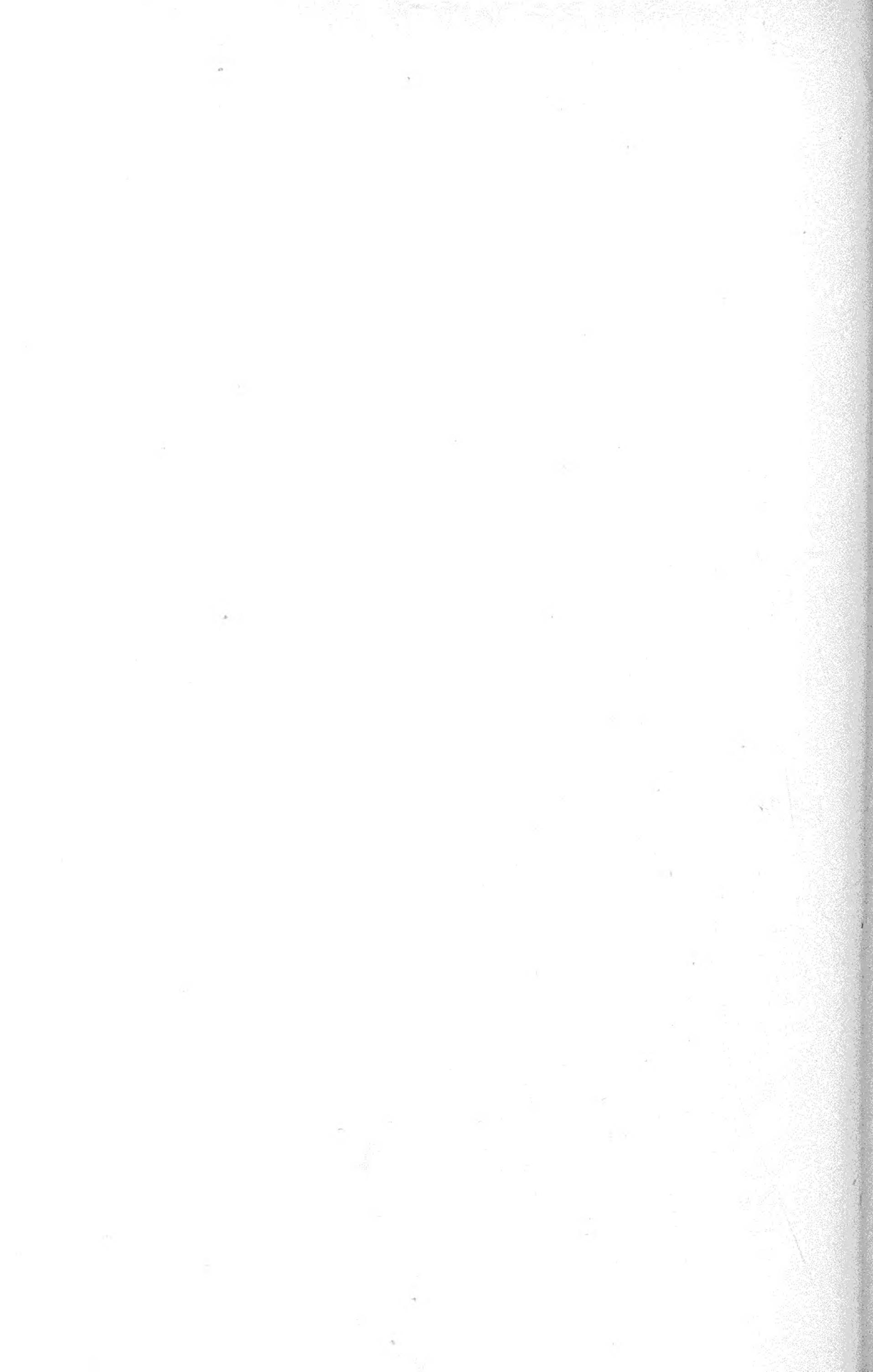
GRAND - si tu es
société de

DEVENU GRAND - si tu
es imprévoyant - personne
ne te vient en aide tu fais
tout pour CELUI

JEUNARD - si tu as été
prévoyant - tu obtiens
le fruit de ta prévoyance.
LIVRET DE RETRAITE

assure le nécessaire
il est à charge du
gouvernement aux
étrangers

FAC-SIMILÉ réduit de l'épreuve d'un cliché 18×24 (plaqué Jougla, étiquette orange) exposé à la chambre noire, à f/64, le 2^e novembre 1903, à 3 h. 1/2 du soir, en intérieur, à trois mètres d'une fenêtre munie de rideaux de guipure, le volet du châssis négatif étant levé par fractions en dix intervalles (non sans quelque léger déplacement et dédoublement de l'image) de sorte à donner une pose totale de 16' 30" à la bande où figure une inscription au crayon (inscription antérieure à la pose pour les chiffres remains venus en positif dans l'angle de l'épreuve; postérieure au développement pour tout le reste); et une pose de 2' à la bande où se trouve une petite cassure récente. La plaque, coupée en deux morceaux avant développement fut mise en cuvette verticale au bain pyrogallique en solution décimale un peu sursulfitee, et la première moitié, retirée après 10 heures, donna un cliché tout juste assez venu dans ses parties les plus exposées, très transparent, à peine voilé de rose. La seconde moitié, après 19 heures de bain (température moyenne 8°) ne montrait encore aucune apparence d'inversion. Mais le bain ayant été renforcé d'une légère addition de solution fraîche, au bout de 10 heures il fut retiré avec inversion totale, bien manifeste, sous voile dichroïque épais, dans les parties les moins exposées, mais incomplète, avec silhouettage caractéristique, du côté le plus impressionné.



Théories chimiques. — Toutes ces pratiques étant nées de spéculations chimiques, c'est à la chimie qu'on devait demander leur explication.

EDM. BECQUEREL lui-même, tout en cherchant à réagir (1) contre la croyance, étayée sur certaines expressions dont il s'était servi, à une diversité de propriétés photochimiques des diverses radiations élémentaires, divisées en *excitatriques*, *continuatriques* et *destructrices*, ne soupçonna pas la commune aptitude physique, qui ressortait implicitement de ses expériences, pour toutes ces radiations, de produire l'*inversion*, faussement qualifiée *destruction*, et attribua à la variété supposée des réactions chimiques des substances mêlées pour former la couche sensible, la variété des effets chimiques, quoique précisément, dans les cas qu'il discutait (2), FIZEAU et FOUCault (3) et CLAUDET (4) n'eussent mis en jeu que la simple plaque iodée, sans aucun mélange pouvant prêter à son interprétation.

Dans les procédés à l'iодure de potassium on ne voyait que la propriété de ce sel de donner, au contact d'un sel d'argent, un composé clair aux places insolées ; mais comment comprendre alors que l'insolation générale ne rendît pas tout blanc ? D'ailleurs Poitevin (5) avait montré très anciennement qu'on pouvait remplacer l'iодure de potassium par toutes sortes de corps très différents, entre autres le bichromate de potasse. Mais cela ne l'avait pas amené à se demander si leur rôle, à tous, n'était pas également accessoire. SABATIER (6), quelques années plus tard, préféra réinventer les formules de Poitevin, plutôt que de s'arrêter à ce fait simple, par lui-même constaté, qu'il suffit sans autre, que le jour intervienne un instant au cours du développement, pour inverser presque immédiatement tous les résultats. RUTHERFORD et SEELY (7), qui avaient également vu la chose, n'en avaient pas davantage saisi la cause et c'est à eux qu'on doit l'explication, longtemps répétée à leur suite, d'une cuticule superficielle d'argent formée par le premier développement et agissant comme écran inégalement opaque dans la seconde impression qui, au travers, vient impressionner les couches profondes, encore inatteintes ! Explication dont toute l'ingéniosité doit le céder à ce fait expérimental que le résultat demeure absolument le même si l'on fait agir le coup de lumière supplémentaire (*voilage*) soit avant le développement, soit même avant l'exposition normale, c'est-à-dire avant toute modification quelconque de la couche encore sèche.

On a bien essayé, plus récemment, d'adapter cette explication au gélatino-bromure, en transférant à la gélatine elle-même cette sécession de propriétés des parties profondes à sensibilité résiduelle et d'une pellicule superficielle plus ou moins résistante ; mais l'objection demeure la même (8), et, d'ailleurs, alors même que LÜPPO-CRAMER (9) n'aurait pas démontré expérimentalement que la gélatine elle-même ne subit, par la solarisation, aucune modification de propriétés physiques, il est clair que toutes les théories qui s'appuient sur la présence d'un substratum organique, comme

(1) *C. R. Ac. Sc.*, XXV, 514 ; 1847.

(2) *Id.*, XXIII, 800 ; 1846.

(3) *Id.*, XXIII, 679 ; 1846.

(4) *Id.*, XXV, 534 ; 1847.

(5) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), V, 304 ; 1859.

(6) *Id.* (1) VIII, 173 ; 1862.

(7) *Amer. Journ. of Phot.*, II, 252 ; 1860.

(8) MERCATOR, *Arch. f. wiss. Phot.*, II, 33 ; 1902.

(9) *Wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie*, in-8°, Halle-a-S., 1902; ch. IV.

celles, renouvelées de BELFIELD-LEFEVRE (1), que défendent encore, entre autres, COLSON, en France (2) et, à la suite de J.-M. EDER (3), LUTHER (4), en Allemagne, tombent devant ce seul fait que les premières observations furent faites sur plaque daguerréotype, sur simple métal iodé, avant l'emploi du bitume (5).

ENGLISCH et ABEGG (6), en discutant l'interprétation à donner à l'expérience de la reconstitution positive de l'image après destruction par l'acide nitrique, montrent bien à quelles logomachies on aboutit, quand on fait passer les à-côté compliqués des choses avant les causes primordiales simples. Enfin, c'est à celles-ci que s'attaque LÜPPO-CRAMER (7) en faisant l'analyse du bromure d'argent insolé soit à l'état naturel, soit en émulsion gélatineuse, et constatant, ce qui était à prévoir, une grande diminution, par rapport aux poses normales, de la proportion d'argent réduit par solarisation. Preuve nouvelle de l'importance de la modification physique imprimée aux sels d'argent par la seule variation de durée de l'action de la lumière.

Théories physiques. — En fait de spéiosité, il faut citer certaine conception de DE LA BLANCHÈRE (8), qu'aurait certainement encouragée l'aspect pailleté des grains d'argent réduit de la fig. 14 du t. II du *Handbuch der Photographie* d'Eder (1884), mais que semblent démentir les récentes observations micrographiques de A. ET L. LUMIÈRE ET SEYEVETZ (9), hypothèse d'après laquelle l'inversion du négatif au positif serait due à un retournement réel, un pivotement matériel de 90° (Comment et pourquoi? c'est ce qui n'est pas expliqué) des paillettes d'argent miroitantes, montrant dorénavant leurs tranches au lieu de leurs faces spéculaires.

G. SAGNAC (10) pour interpréter la sorte de réaction, croissante avec le temps, de la couche sensible contre l'action des rayons, l'attribue à la variabilité de l'appel par diffusion exercé par chaque élément insolé sur les voisins. Quoique COLSON (11) et nous-même (12) ayons démontré expérimentalement la réalité et l'importance de ces phénomènes de diffusion, dans les révélateurs liquides, et qu'il ne soit point invraisemblable de leur attribuer les cas d'inversion tels que ceux que nous allons avoir à

(1) Des phénomènes qui déterminent la formation de l'image daguerrienne, *C. R. Ac. Sc.*, XVII, 480; 1843.

(2) *La plaque photographique*, p. 52, in-8°, 461 p. Paris, Carré et Naud, 1897.

(3) *Photogr. Correspondenz*, Febr. XVIII 45; 1881.

(4) *Die chemische Vorgänge in der Photographie*, Halle a S. W. Knapp, 1899.

(5) Il est vrai que DAGUERRE lui-même (*C. R. Ac. Sc.*, XVI, 589; 1843) parle d'une sorte de « limon atmosphérique » que la condensation, puis l'évaporation de la vapeur d'eau à la surface des plaques y déposerait constamment. Mais tous ses soins visaient à s'en affranchir, et ce n'est que par un généreux abus de langage que BELFIELD-LEFÈVRE et L. FOUCAL (C. R., XVII, 260-2; 1843) continuent à appeler *image daguerrienne* celle qu'ils obtiennent en régularisant artificiellement, au lieu de l'éliminer, la couche de « substratum organique », dont l'utilité pratique, contestée par RATEL et CHOISELAT (C. R., XVII, 603; 1843), semble pourtant finalement reconnue par DAGUERRE (C. R., XVII, 337; 1843), qui, sans en admettre la théorie, paraît en revendiquer, sous une autre forme, la priorité.

(6) *Archiv f. wissenschaft. Photographie*, II, 21 et 52; 1881.

(7) *Loc. cit.*

(8) *Bull. Soc. fr. de Phot.*, VI, 5; 1860.

(9) *Rev. des Sc. Phot.*, I, 97; 1904.

(10) De l'optique des rayons Röntgen, *Thèse de Doctorat ès-Sciences*, Paris, 1900, p. 29.

(11) *C. R. Ac. Sc.*, CXXVI, 470; 1898.

(12) *Id.*, CXXVI, 1341; 1898.

exposer, où la prépondérance de l'action du bain sur celle de la seule impression lumineuse se manifeste par une véritable compensation de la faiblesse de l'une par la durée de l'autre, on ne saurait vraiment y voir la cause des inversions qui se produisent *à sec* dans le daguerréotype, les images de MOSER, l'insolation du soufre, la phosphorescence, etc.

Quant aux auteurs qui, par une insuffisante interprétation des expériences de E. BECQUEREL sur la phosphorescence, et malgré les constantes protestations de cet auteur lui-même en faveur de l'unité d'action de toutes les radiations spectrales, s'obstinent à attribuer aux rayons les moins réfrangibles seuls une propriété spécifique inversante ou « destructrice » et vont jusqu'à mettre au compte particulier de ces rayons les cas de renversement ou d'« effacement » observés à la lumière blanche (1), on se demande comment ils n'ont pas été arrêtés, non seulement par la contradiction que leur opposaient souvent leurs propres expériences, d'actions évidemment *continuatrices* desdits rayons, et celles d'autres observateurs, qui trouvaient les mêmes pouvoirs tantôt *continuateurs*, tantôt *destructeurs*, successivement à toutes les régions du spectre, mais surtout par cette observation topique que ce fut toujours avec la collaboration de ces radiations rouges, partie intégrante de la lumière blanche, que furent faites les poses continues les mieux réussies, puis à l'abri tutélaire de la seule lumière la plus réfrangible que se pratiquèrent soit les préparations de plaques les plus sensibles, soit les développements les plus délicats, y compris le fameux « développement en plein jour », récemment lancé au point de vue industriel, et qu'il ne faudrait pourtant pas trop risquer en jour plein (2) pour voir, à travers le tamisage des écrans liquides, le cliché se retourner tout comme faisaient les anciens daguerréotypes sous verres rouges ou jaunes.

Dernièrement DAVANNE (3) donnait un intéressant essai de théorie physique, mais purement abstrait, et qui ne clora pas encore, sans doute, le champ des hypothèses. L'expérimentation devra de plus en plus servir de base, et il importe de rapporter ce qui a été fait jusqu'ici dans cette voie.

F. BOUSIGUES (4) qui avait appliqué au papier argenté, puis iodé, la révélation aux vapeurs de mercure, avait bien remarqué qu'il dépendait du temps de pose qu'on obtint un positif ou un négatif ; mais il ne soupçonna même pas l'intervention très probable d'un voilage intermédiaire et demeura sur l'imprécision de ses premiers essais.

CLAUDET (5) appliquant à sa plaque daguerréotype une méthode d'impression à laquelle devraient bien revenir les observateurs modernes qui s'imaginent pouvoir tirer quoi que ce soit d'exact de clichés quelconques ou de plus ou moins vagues paysages, exposait sa plaque par zones successives correspondant à des poses graduées, de façon à obtenir une série de bandes reproduisant deux fois l'échelle

(1) « Lorsqu'une plaque sensible subit trop longtemps l'action de la lumière, le composé argentique perd la propriété de fixer les vapeurs de mercure ou de noircir dans les agents révélateurs ; on attribue ce phénomène à l'action des rayons rouges qui détruisent l'effet des rayons chimiques. » *Encyclop. chimique de Frémy*, V, 36; 1899.

(2) CH. WEATHERWAX (*Anthony's phot. Bull.*, cité dans *Le Naturaliste* (2), XV, 403; 1893) remarque, après bien d'autres, le brusque retournement d'un cliché qu'on laisse, à travers le bain de développement plus ou moins rougi, imprimer par la lumière diffuse.

(3) Essai de théorie sur le renversement des images photographiques par la surexposition à la lumière. *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), XIX, 321; 1902.

(4) *C. R. Ac. Sc.*, XXXI, 630; 1850.

(5) *Id.*, XXV, 940; 1847.

colorée des anneaux de Newton. Puis, recouvrant une moitié pour la laisser en état, il faisait agir sur l'autre l'exposition nouvelle. Malheureusement, comme c'était sous des verres colorés qu'il faisait cette seconde impression, ce fut à la couleur même qu'il rapporta, suivant la mode déjà souveraine, les résultats forcément contradictoires, « tantôt continuateurs, tantôt destructeurs » (1), que lui donnèrent des épreuves dans lesquelles il ne tenait pas compte numériquement de la donnée principale, le temps de pose.

Mais il faut noter de lui une autre expérience (2) intéressante, où, ayant exposé longuement sous verre jaune un daguerréotype préalablement impressionné, il obtint une image immédiatement visible avant toute action du mercure, grâce, dit-il, à une « cristallisation spéciale » de l'iodure d'argent, qui lui donnait, aux places insolées, la même blancheur habituellement demandée aux vapeurs mercurielles. N'est-ce pas là un exemple intéressant — et à reprendre — des modifications physiques produites par une action prolongée de la lumière ?

Les astronomes, s'en prenant au soleil, durent être les premiers à étudier les accidents de la solarisation. Aussi fut-ce JANSSEN, en France (3), puis ABNEY, en Angleterre (4), qui publièrent à ce sujet les premiers mémoires détaillés. A. et L. LUMIÈRE (5) en reprirent les expériences d'une manière plus étendue, et en schématisèrent les résultats dans une courbe qui, d'abord montante en ligne droite, bientôt concave vers l'axe (6), puis descendante à partir d'un certain maximum jusqu'à un certain minimum, et dès lors parallèle à une petite distance de l'axe, aurait pu représenter plus complètement que celle d'Abney la loi du noircissement du gélatino-bromure en fonction du temps d'impressionnement, si les auteurs n'avaient totalement négligé, dans leur dessin, de tenir compte de l'unique donnée numérique fournie par leur travail, et n'avaient placé, par exemple, à peu près au milieu de l'arc convexe le maximum, alors que, d'après leur propre indication, il devrait être 6.000 fois plus éloigné du minimum que de l'origine.

D'ailleurs, au voisinage de celle-ci, des expériences de H. BOUASSE (7) ont démontré que la loi de proportionnalité du noircissement aux temps de pose, telle que l'avaient préalablement énoncée A. et L. LUMIÈRE (8), n'était plus rigoureuse, pour les petites valeurs du temps d'impression, duquel devait se déduire une petite valeur de temps mort, nécessaire pour vaincre préliminairement l'inertie de la substance sensible.

(1) *C. R. Ac. Sc.*, XXV, 764; 1847.

(2) « Le rouge, finit-il par conclure, détruit l'action photographique du jaune ; le jaune détruit celle du rouge ; et tous les deux détruisent l'action photographique de la lumière du jour. » (*C. R. Ac. Sc.*, XXV, 554, 1847). Et il ne demande pas comment, en cette bataille des radiations, le blanc arrivait à remporter de si brillantes victoires.

(3) Sur les effets de renversement des images photographiques par la prolongation de l'action lumineuse. *C. R. Ac. Sc.*, XC, 1147; 21 juin 1880.—Sur les transformations successives de l'image photographique par la prolongation de l'action lumineuse. *Id.*, XCI, 199; 20 juillet 1880.

(4) On the reversal of the developed photographic image. *Phil. Mag.* (5), X, 200; sept. 1880.

(5) *Bull. Soc. fr. de Photogr.* (2), IV, 209; août 1888.

(6) Cela ressortait déjà des recherches anciennes de FIZEAU et FOUCAULT (*C. R. Ac. Sc.*, XVIII, 748; 1844) qui avaient établi que la proportionnalité du noircissement à la durée d'exposition cessait d'exister pour des valeurs croissantes de celle-ci.

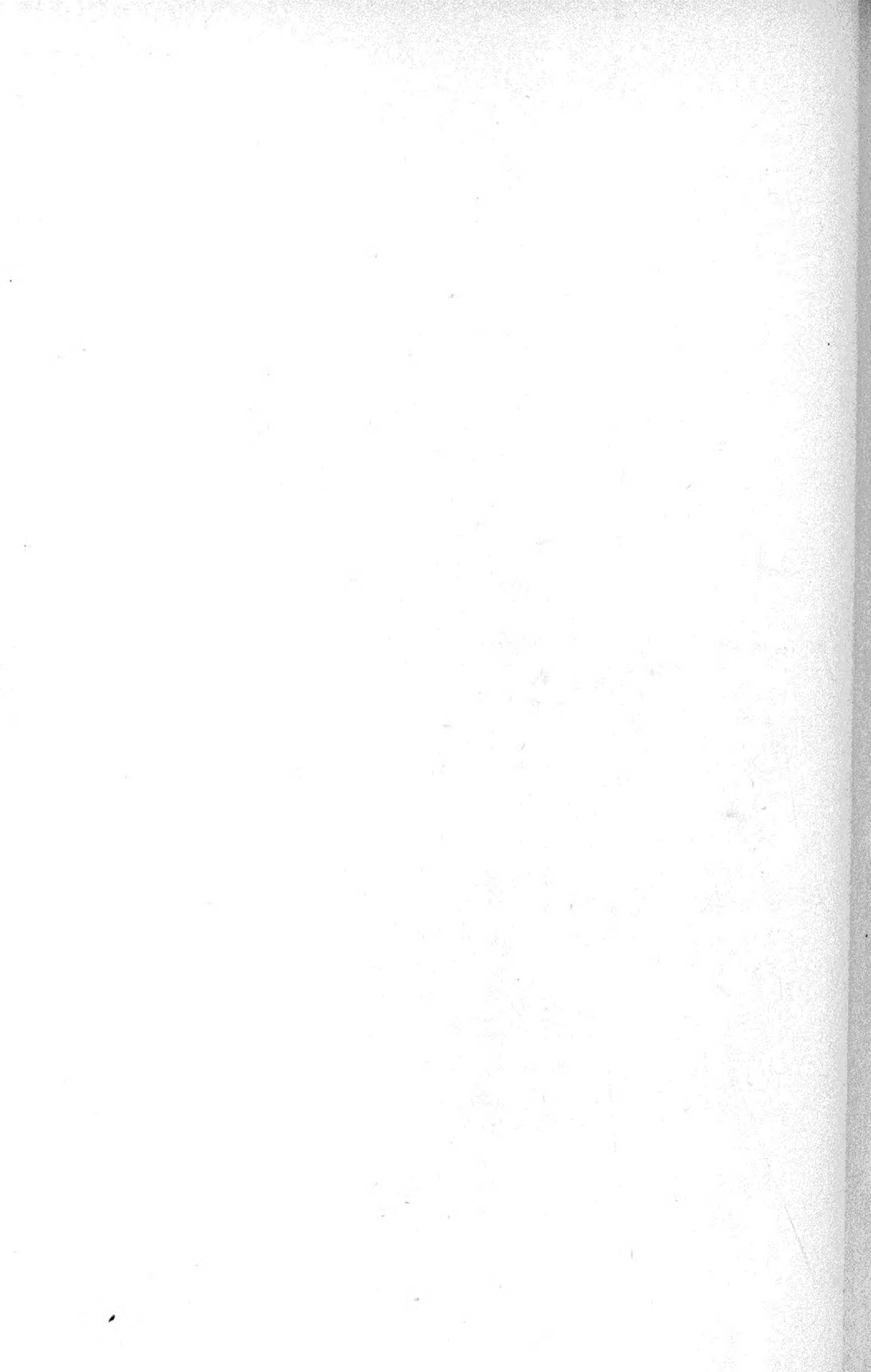
(7) Etude des actions photographiques. *Mém. Fac. des Sc. de Toulouse*, VIII, p. 40; 1895. *Bull. Soc. fr. de Photogr.* (2), XI, 360, 1895.

(8) *Bull. Soc. fr. de Phot.* (2), III, 52; 4 février 1887.



FIG. 2. — Épreuves des étapes successives d'inversion, par surdéveloppement, de six clichés identiques.





A. MIETHE (1) avait déjà fait la même constatation. STOLZE (2), MICHALKE (3) avaient étudié aussi les rapports de l'opacité du cliché avec les valeurs du temps et de l'intensité de l'excitation lumineuse. HURTER et DRIFFIELD (4) ont fait de la question une étude très détaillée. Mais, à l'exception de Bouasse, aucun de ces auteurs, pas même ceux qui s'attachaient à étudier l'influence du bain, comme les derniers cités et comme TRYER EVANS (5) ne paraît s'être suffisamment méfié de l'influence de la durée du bain.

Sur les papiers à noircissement direct ce n'est que par transparence et non par réflexion que l'on peut obtenir des données sûres. BUNSEN et ROSCOE (6) et ABNEY (7) ont fait à ce sujet de nombreuses mesures. Mais la plupart de ces auteurs se sont occupés plutôt de la partie ascendante de la courbe que de sa chute, correspondant à l'inversion.

A ce point de vue spécial, H. REEB, dans le but pratique de régulariser l'obtention des contretypes par surexposition (8), s'est livré à une longue série d'essais intéressants, mais rendus illusoires dans leur utilité finale par le fait qu'au lieu d'être basés sur l'emploi d'un étalon lumineux bien déterminé et facile à reproduire (9) l'auteur s'en est rapporté, suivant l'errement commun, à cette chose vague et indéfinie que désigne le terme de « lumière diffuse ».

Par contre, il a été bien près de reconnaître l'importance d'un facteur dont aucun des précédents expérimentateurs n'avait tenu compte, le bain. « Rien ne prouve, dit-il, que le révélateur ne joue pas un rôle important dans la question. » Il s'agit, bien entendu, du révélateur ordinaire, instrument courant de l'expérimentation, et non des bains extraordinaires aux vertus chimiques desquels nous avons vu que, par un excès contraire, on avait souvent attribué tout le mérite de l'inversion.

Inversions chimiques. — Il était bien cité des exemples d'inversion purement chimique. DE LA BLANCHÈRE (10), voyant demeurer stationnaire, après quelques secondes de bain pyrogallique, une plaque au collodion, de pose insuffisante, ajouta au bain une seule goutte de nitrate d'argent (11). « Immédiatement, comme un voile qui se déploie, je vis l'image virer au positif. En un clin d'œil, le précipité qui se

(1) *Vogel's Handb. de Phot.*, II, 66; 1894.

(2) *Phot. Wochenschrift*, p. 47; 1883.

(3) *Phot. Mitth.*, XXVII, p. 423; 1890.

(4) *Photogr. Journal*, p. 217; 1890.

(5) *Eder's Handb. d. Phot.*, I, 306; 1892.

(6) *Pogg. Ann. der Phys.*, CXVII, 529; 1862.

(7) *Phot. New.*, p. 344; 1877.

(8) *Bull. Soc. fr. de Photogr.* (2), XVIII, 431; 1902.

(9) Pratiquement, il n'est nullement indispensable de recourir à des sources très intenses, comme l'éclair magnétique, l'arc électrique, etc. Le plus faible luminaire, une simple flamme à essence de lampe Pigeon, une vulgaire bougie, à moins de clichés extraordinairement intenses, peuvent être utilisés pour l'obtention de contretypes par contact : par la double latitude des distances d'exposition et des temps de pose on arrive toujours, avec une très grande précision, à déterminer, pour chaque circonstance, les conditions les meilleures, faciles à reproduire identiques à tout autre moment.

(10) *L'Art du Photographe*, in-8°, Paris, Amyot, 1859, p. 433.

(11) SCHNAUSS (*Archives de Pharmacie* (2) LXXIV, 4; 1853) a montré que l'iode d'argent insolé n'est pas du tout attaqué directement par l'acide gallique seul, mais tout de suite si on y introduit du nitrate d'argent.

faisait sur les clairs sembla enlevé et porté sur les ombres : les premiers deviennent transparents, les secondes opaques, et cela d'un coup, sans hésitation, comme obéissant à une affinité électrique (1)... », puis l'image se laisse développer et continue comme un négatif ordinaire. La même chose se reproduisit avec un bain de protosulfate de fer. « JACKSON, ajoute l'auteur, obtient le renversement en projetant une quantité, si minime qu'elle soit, d'hyposulfite dans le bain révélateur. » COLSON (2), qui ne donne pas davantage de références, attribue la même observation à CAREY LEA et EDER. WATERHOUSE (3) arrivait au même résultat par des traces de sulfo-carbamides.

Il serait intéressant de savoir si l'inversion, alors, ne s'obtient pas par l'intermédiaire du *voile dichroïque* dont l'une des causes principales de production a été récemment attribuée par A. et L. LUMIÈRE (4) à la présence d'hyposulfite dans le révélateur, sans que, d'ailleurs, ces observateurs paraissent l'avoir vu aboutir à l'inversion.

Inversion par sur-développement. — Sans doute y a-t-il quelque lien, non seulement énergétique, mais encore de mécanisme chimique, entre les modes d'inversion que nous venons de citer et qui reviennent, en somme, à une adjonction d'activité chimique au développeur, et celui, tout nouveau et plutôt inattendu, qu'il nous a été donné de signaler (5) comme résultant du sur-développement lent, de l'image sous-posée, c'est-à-dire uniquement de la prolongation d'action et nullement du forçage d'intensité du bain dilué. En effet, si le voile dichroïque ne s'est pas montré constamment dans nos expériences, il y a paru souvent, et toutes les observations tendent à démontrer que, s'il n'y a pas dépendance absolue entre les deux phénomènes, il y a presque certainement connexité (6).

Influence de la sous-exposition. — L'un et l'autre, en effet, commencent par les parties les moins exposées d'un cliché normal. Et ce n'est pas un mince étonnement, quand on soumet au bain lent une plaque, exposée par fractions, soit à la chambre noire, devant, par exemple, une affiche d'intérieur (pl. I), soit au châssis positif, sous une cache à transparences graduées et convenablement choisies, puis découverte par échelons, à la lumière artificielle, puis enfin découpée elle-même en

(1) Cette idée d'une intervention de l'électricité, que suggère réellement le mécanisme de la transposition des noirs et blancs photographiques, analogue aux échanges de dépolarisation de certains dépôts galvaniques, est à rapprocher des théories émises par MARTIN (*C. R. Ac. Sc.*, IX, 513 ; 1839); par TESTELIN (*Essai de théorie sur la formation des images photographiques rapportée à une cause électrique*, 8^e, Gand, H. Hoste, 1860), qui émet des aperçus très ingénieux sur le rôle des polarisations moléculaires, qui attireraient sélectivement les particules en suspension dans le révélateur, de la même façon que sont attirées les vapeurs dans les expériences de Moser et de Daguerre; TERRY (*Amer. Journ. of Phot.-Bull. Soc. fr. de Phot.* (1), XIII, 290 ; 1867) sur « le développement considéré comme le résultat d'une action galvanique ».

(2) *La Plaque photographique*, p. 29.

(3) *Photographical News*, XXIV, 727 ; 1890.

(4) *Bull. soc. fr. de Phot.* (2), XX, 31 ; 1^{er} janvier 1904.

(5) A. GUÉBHARD, *Inversion de l'image sous-posée par sur-développement lent*, *Bull. Soc. Phot.* (2), XIX, 64-66, 4 décembre 1903.

(6) A. GUÉBHARD, *Sur une particularité de l'inversion de l'image sous-posée par sur-développement lent*, *Ibid.* (2), XX, 489-490 ; 5 février 1904.

bandes perpendiculaires à celles d'exposition et mises en développement toutes ensemble, que de constater que si l'on laisse au bain quelques-unes de ces bandes après qu'on en aura retiré une *à point*, ce sera dans les parties les plus transparentes que la suivante commencera à montrer une tendance à s'inverser, tandis que les autres parties, s'il n'y a pas eu surpose, continuent à monter, et, s'il y a eu surpose, se montrent inversées entre elles, il est vrai, mais point encore tombées en dessous des premières. Laisse-t-on la troisième bande encore plus longtemps ? et l'on verra nettement, en contre-partie de la montée des blancs au noir, se dessiner, à l'autre bout du cliché, la chute des noirs au gris. Prolonge-t-on enfin suffisamment le bain ? et le chassécroisé se complètera, c'est un positif que l'on retirera. Mauvais positif, souvent engrisaillé, voilé, et habituellement sans franches transparences, ni sûres opacités (1) ; mais positif complet, où la gamme des tonalités, pour être resserrée par ses extrémités et diminuée dans ses intervalles, n'a fait que changer de sens sans perdre aucune de ses valeurs.

Exemple. — Rien n'est plus frappant, quand on a pris pour modèle, ainsi que dans mes premiers essais, une affiche imprimée en noir sur blanc, c'est-à-dire ne mettant en présence que deux valeurs bien contrastées. Comme les différences de valeurs sur le cliché ne peuvent alors résulter que des différences de temps de pose, c'est le procédé indiqué pour fournir à l'étude expérimentale des données numériques. Mais, au point de vue synoptique, il était préférable de prendre un sujet renfermant en lui-même une grande gamme de tonalités. Précisément je venais d'avoir à photographier un certain nombre de médailles d'argent (2) où les reflets métalliques fournitissaient, à côté des ombres portées, de grandes lumières et par conséquent, une très grande échelle de valeurs. Afin de faciliter les choses (3), il fut fait d'abord, d'une partie du cliché (4), comprenant quatre médailles, un dispositif pelliculaire : celui-ci servit à obtenir, au châssis presse, à la lumière artificielle, autant de nouveaux négatifs qu'il fut nécessaire, correspondant à des poses soit égales, soit variées. Les six compartiments de la figure 2 (5), reproduisant des épreuves tirées sur des négatifs de poses sensiblement égales, mais inégalement développés (6), montrent, si on les examine dans le sens de la lecture d'un livre, les effets gradués du surdéveloppement depuis le cliché normal, simplement dur, du premier compartiment de gauche, jusqu'à l'inversion totale de l'angle droit inférieur, en débutant par l'éclaircissement des ombres les plus intenses, passant par des effets locaux de grisaillement, et montrant surtout la résistance des grandes lumières, lentement inverties, jusqu'à complet éclaircissement du point le plus noir du cliché, qui correspond au retourment définitif.

(1) Il est bien connu que le même défaut s'applique aux inversions par sur-pose, dans lesquelles beaucoup d'observateurs crurent avoir trouvé la solution du *contre-type* nécessaire pour les opérations de la photocollographie.

(2) Deniers romains d'un trésor de 104 pièces découvert aux environs de Nice en 1901. *Revue de numismatique* (4) VI, 436 ; 1902. *Ann. Soc. L. Sc. et A. des A. M.*, XIX ; 1904.

(3) Expériences faites au Laboratoire de Physique médicale de la Faculté de médecine de Paris.

(4) Quatre deniers d'Octave, Auguste et d'Antoine.

(5) Extraite de *Sciences, Arts, Nature*, VI, 448 ; 1904.

(6) Il ne faut pas tenir compte de l'inégalité de valeur absolue des six épreuves entre elles, mais seulement des phases successives du renversement des noirs au blanc et *vice versa*.

Influence de la surface sensible.— De nombreuses expériences ayant été faites avec des plaques de marques très diverses, puis, pour éviter les effets de *halo* des longues poses (1), sur pellicules et papiers, lents ou rapides (2), il a paru que le phénomène devait être très vraisemblablement général, quoique peut-être un peu plus facile à produire avec les émulsions lentes : nouveau point commun avec le voile dichroïque.

Mais c'est sur pellicules instantanées que s'observe le plus nettement l'inversion de sous-exposition en l'absence de tout voile coloré. Dans une longue série d'expériences où j'utilisais un petit kodak panoramique n° 1 posé verticalement pour faire défiler, derrière l'objectif arrêté horizontalement, des portions successives d'une même bande sensible posant des temps divers en face d'une affiche éclairée en raison inverse du carré des distances, par des bougies, ce fut toujours à l'extrême limite des disques d'éclairement que parut l'inversion de surdéveloppement, alors même que se manifestait déjà, sur les parties les plus lumineuses des flammes comprises dans le champ, l'inversion de surpose qu'en vain je tentai d'inverser à son tour, c'est-à-dire de ramener au négatif par surdéveloppement : premier indice qu'entre l'un et l'autre mode d'inversion n'existe pas l'antagonisme qu'on aurait pu croire, ni même l'indépendance que semblait indiquer leur origine, mais au contraire une communauté de loi, que nous verrons à établir tout à l'heure.

Sur le papier au gélatino-bromure, ou sur les variétés nouvelles dans le nom desquelles figure plus ou moins véridiquement le mot *Platine*, il est rare qu'un voile jaune, puis brun n'envahisse pas l'épreuve dès les débuts, en commençant par les blancs. Mais ce n'est sûrement pas lui qui est le facteur (ou tout au moins le seul facteur) de l'inversion, car celle-ci se peut constater par transparence, bien avant d'être manifeste par réflexion, ou même alors qu'elle ne se manifestera jamais de cette façon-là.

L'expérience suivante a été particulièrement curieuse. Une feuille 18 × 24 de vieux papier LAMY au gélatino-bromure avait été exposée 5" à 1 m. d'une bougie de la forme courte, dite de 8 à la livre, sous une cache mixte formée de bandelettes noires obliques de papier aiguille et de bandes blanches longitudinales en trois épaisseurs de papier écolier, avec fenêtre losangique dans la moyenne. Divisée en six morceaux 4 × 18, ceux-ci furent laissés au bain dilué d'amidol pendant des durées respectives de 12, 23, 36, 48 heures pour les premiers, qui, tout en montrant la progression du jaune au brun, ne présentèrent encore aucune apparence d'inversion, même par transparence. Or, les deux dernières bandes laissées au bain pendant une absence, et retirées après une durée totale d'immersion de six journées et demie (3) se montrèrent sous forme de positifs caractérisés, sans blancs, il est vrai, ni noirs purs,

(1) A. GUÉBHARD, l'Auréole photographique, *Moniteur de la Photographie*, XXIX, 443; 1894.

(2) Pour faire bénéficier les pellicules et papiers des multiples avantages du développement lent (souvent le plus rapide, quand on a à opérer par quantités, et réalisant, avec un couvercle sur la cuvette verticale, le principal sinon le seul avantage du trop prononcé *développement en plein jour*), il suffit d'attacher avec d'étroits bracelets de caoutchouc, sur des glaces à la dimension de la cuvette, les pellicules convenablement découpées et préalablement mouillées.

(3) Des expériences tout aussi longues et même beaucoup plus, dépassant une semaine, furent faites sur plaques. Mais il faut dire qu'on était en hiver et que jamais la température du laboratoire ne dépassa 8°. Aucun décollement ne se manifesta jamais sur plaques Jongla ou Grieshaber. Les Lumière se montrèrent infiniment moins résistantes.

mais en franche grisaille normale, nullement métallisée et totalement débarrassée de voile coloré.

Ce dernier détail, s'il se reproduisait couramment, mériterait à lui seul une étude spéciale. Et peut-être en sortirait-il une vérification de cette impression qu'eurent déjà d'autres observateurs, et que faisait pressentir l'emploi, par moi-même, du mot de *chassé-croisé* des noirs aux blancs, impliquant que ce serait (comme dans certains phénomènes de dépolarisation observables sur les dépôts électro-chimiques dits *anneaux de Nobile*) par une sorte d'échange métallique, de transport (peut-être dia-lytique, suivant les vues de M. SAGNAC), des plages de réduction vers les autres, que se ferait le noirissement des blancs au détriment des noirs.

(A suivre.)

Adrien GUEHBARD.

SUR QUELQUES APPAREILS NOUVEAUX

DESTINÉS AUX ÉTUDES SENSITOMÉTRIQUES

ET RÉSUMÉ HISTORIQUE DES MÉTHODES EMPLOYÉES ANTÉRIEUREMENT

Par C.-L.-K. MEES et S.-E. SHEPPARD

(Suite)

Influence de la pression atmosphérique et de la composition de l'air environnant. — PETAVEL a signalé que l'intensité lumineuse de la lampe à l'acétate d'amyle est, dans une certaine mesure, fonction de la teneur en eau et en anhydride carbonique de l'atmosphère environnant le brûleur (EDER'S, *Jahrbuch f. Phot.*, 1901, p. 582) ; ce fait fut confirmé par LIEBENTHAL qui étendit la même remarque à la lampe au pentane, et signala aussi l'influence de la pression barométrique (*Zeitschrift fur Instrumentenkunde*, 15, p. 457) ; suivant cet auteur, les variations atteindraient 8 % dans la lampe d'Hefne et 20 % dans la lampe au pentane ; la formule suivante résume le résultat de ses mesures en ce qui concerne la lampe à l'acétate d'amyle.

$$I = 1,049 (1 - 0,0053 x) (1 - 0,00072 y) + 0,00011 (H - 760)$$

où :

I représente l'intensité de la lumière émise ;

x — la teneur en vapeur d'eau par mètre cube ;

y — — en anhydride carbonique par mètre cube ;

H — la hauteur barométrique.

Notons cependant que WILDERMANN, qui utilisait une pile thermoélectrique de Rubens très sensible pour les mesures d'intensité de cette même lumière, la trouva constante à 1 % près, même sur de longues périodes et ne signale la nécessité de tenir compte des influences extérieures que lorsqu'une pression supérieure est exigée. On doit d'ailleurs remarquer que, dans le cas de brûleurs « enveloppés » comme l'étaient les nôtres, un équilibre s'établit presque aussitôt l'allumage dans l'air environnant qui se sature très rapidement de gaz carbonique et d'eau vaporisée, l'intensité lumineuse restant dès lors constante ; enfin les variations de la pression atmosphérique n'ont qu'un effet négligeable dans le cas de flammes diaphragmées.

Température du brûleur. Une des principales causes d'erreur dans l'emploi d'une flamme d'acétylène est la formation dans le brûleur, sous l'influence de l'échauffement, de produits de polymérisation ; avec les petits brûleurs, il est essentiel de ne jamais chercher à réduire la flamme par le robinet, mais de lui laisser prendre sa pleine intensité ; pour les brûleurs à gros débit, on doit de plus refroidir le brûleur par un courant d'eau.

L'appareil d'exposition. — Les instruments permettant de faire agir sur diverses régions d'une plaque des quantités de lumière suivant une certaine progression peuvent être divisés en deux catégories, suivant qu'ils agissent sur l'un des deux facteurs, intensité ou temps, du produit $I \times t$ considéré, laissant constant l'autre facteur. Dans les appareils donnant en un même temps des quantités de lumière différentes par

interposition d'opacités graduées, le plus connu est le sensitomètre de WARNERCKE, consistant en un châssis presse dont la glace est recouverte de couches de gélatine pigmentée et dont chaque case porte un chiffre opaque ; chaque case transmet seulement les 2/3 de la quantité de lumière transmise par la case précédente ; un autre dispositif bien connu est celui de SPURGE (*Photographic Journal*, 1881, p. 44 ; 1885, p. 159 ; 1887, p. 64 ; *British Jour. of Phot.*, 1881, p. 96 et 108) dans lequel la lumière est admise par des ouvertures croissantes dont les surfaces sont en progression géométrique de raison $\sqrt{2}$; un dispositif analogue fut employé par VOGEL (*Phot. Mitteil.*, 1893) qui utilisa aussi des échelles d'opacité constituées par des épaisseurs croissantes de papier ; ce dernier dispositif ne convient qu'à des mesures très approximatives, car le papier est généralement altéré par la lumière et possède une absorption variable pour les diverses régions du spectre. Un autre dispositif employé par le Dr LUTHER, le photomètre de ROHR (*Zeits. für Physik. Chemie*, 1899, 30, p. 628) comporte une série de tubes dont une extrémité est appliquée sur la plaque en essais et dont l'autre est fermée par une paroi mince, percée d'un nombre variable d'ouvertures identiques, cet ensemble étant exposé à la lumière diffuse ; le Dr H. W. VOGEL utilisa de son côté un appareil analogue (*Vogel's Handbuch*, t. 2, p. 51-53). Enfin on peut aisément produire une échelle d'opacités en donnant une série de lumières connues à une plaque déterminée, développant à point convenable et mesurant ensuite au photomètre la transparence des diverses régions ; si l'on a employé un révélateur donnant un dépôt non coloré et ne colorant pas la gélatine, on peut aisément déduire de ces mesures les quantités de lumière transmises.

La principale objection à l'emploi des échelles d'opacités est l'inexactitude de la loi de BUNSEN et ROSCOE suivant laquelle la lamination effective serait égale au produit $I \times t$, quelles que fussent les valeurs respectives des deux facteurs (*Poggendorff Annalen*, 96, p. 96 et 373 ; 100, p. 43 et 481 ; 101, p. 255 ; 108, p. 193). ABNEY (*Proc. of the Royal Soc.*, 1893, et SCHWARZCHILD, *Eder's Jahrbuch*, 1899, p. 457) et plusieurs autres expérimentateurs ont signalé que cette loi n'était qu'approximative, aussi n'est-il pas indifférent, au point de vue des résultats, de faire varier l'intensité ou de faire varier le temps.

Si l'on maintient constante l'intensité de la lumière et que l'on agisse sur le facteur temps, on peut procéder par lamination continue ou intermittente ; si, comme nous le verrons par la suite, la lamination continue est à préférer, en principe, les lumières intermittentes sont beaucoup plus faciles à réaliser avec précision. Pour la première de ces dispositions, COWAN avait jadis proposé l'emploi d'un obturateur à guillotine masquant progressivement diverses régions d'une ouverture déterminée (*Photographic Journal*, 1887, p. 194 et 210), mais il introduit là une cause d'erreur difficile à compenser, due à l'accélération de la pesanteur ; la meilleure forme est celle proposée en 1900 par le général SEBERT au *Congrès international de photographie* (session de Paris) ; dans cet appareil, la plaque, mue à vitesse constante par un mouvement d'horlogerie, passe sous un certain nombre d'ouvertures de longueurs différentes.

Pour les lumières intermittentes on emploie invariablement un disque tournant dans lequel ont été découpés des secteurs d'ouvertures angulaires croissantes, tel que le proposèrent CLAUDET dès 1840 et W.-B. BOLTON (*Photographic Journal*, 1889, p. 809 et 840) ; cette forme fut ensuite adoptée par HURTER et DRIEFFIELD, au cours de leurs recherches déjà citées et, plus récemment, par SCHEINER, dans son sensito-

mètre. Dans le disque d'HURTER et DRIEFFIELD étaient pratiqués neuf secteurs dont l'ouverture angulaire allait en doublant, tandis que dans le sensitomètre de Scheiner, la raison de la progression est seulement 1,27, ce qui est commode pour la détermination des plus faibles lumières enregistrées, mais ne permet pas de donner une aussi grande étendue de lumières à une même plaque.

Les objections que l'on peut faire à la méthode du disque tournant sont en nombre considérable; en premier lieu la mesure précise des angles est très difficile surtout pour les petites ouvertures; en particulier les modes opératoires de Drieffield et Hurter ne peuvent rien donner de précis et il y a lieu, de toute façon, de calibrer les ouvertures après coup. Comme il ne nous semble pas que l'on ait encore appelé l'attention sur cette cause d'erreur, nous croyons intéressant de donner quelques détails sur le mode de calibrage de notre premier disque à secteurs.

Ce premier disque fut réalisé en divisant sa circonference au moyen d'un micromètre et par la méthode des sinus, évitant ensuite avec soin suivant les angles tracés: les ouvertures furent ensuite vérifiées par mesures photométriques des différences consécutives, le disque étant actionné par un petit moteur électrique. Cette façon de procéder admet implicitement la loi de Talbot, suivant laquelle un éclairement intermittent produirait le même effet sur l'œil que la même somme de lumière, reçue sans discontinuité, pendant le même temps total; le tableau ci-dessous résume ces vérifications, la division du degré étant faite en fractions décimales:

	Ouverture supposée	Ouverture angulaire réelle	Expression de l'ouverture en fraction de la circonference
1	180°	180°	0.5
2	90°	90°	0.25
3	45°	45°8	0.1275
4	22°5	23°0	0.0638
5	11°23	11°96	0.0333
6	5°625	5°573	0.01549
7	2°812	3°297	0.00945
8	1°406	2°003	0.00536
9	0°703	0°877	0.002435

Les trois dernières lignes montrent l'importance des erreurs que l'on peut commettre dans l'évaluation des faibles ouvertures angulaires. Notre second disque fut construit par MM. HILGA avec tous les soins désirables, et les erreurs y furent trouvées très inférieures à celles ci-dessus; ce disque est représenté par la fig. 7. Une autre cause d'erreur réside dans le fait que l'effet photographique d'une illumination intermittente varie avec la durée effective de chaque illumination élémentaire; on expérimente comme suit, entre certaines limites, l'effet de cette variation: quatre plaques furent exposées sous le disque tournant pendant la même durée totale, mais à des vitesses de rotation échelonnées entre 37 et 350 révolutions par minute, puis développées simultanément et fixées; on ne put constater aucune différence entre les densités correspondantes de chaque négatif; il semble donc qu'entre ces limites les phénomènes mesurés soient indépendants de la vitesse de rotation; en fait, pour toutes les expériences ultérieures, on opéra à la vitesse constante de 220 tours par minute. Dans les travaux analogues entrepris précédemment, on a généralement exposé le châssis négatif, contenant la plaque en essais, derrière le disque à secteurs, dans le laboratoire obscur de photométrie, mais inévitablement cette façon de pro-

céder introduit des risques d'insuccès ou d'erreurs dus notamment aux réflexions de la lumière dans l'intérieur du laboratoire; d'autre part, on est astreint à l'installation d'un laboratoire obscur; nous avons en conséquence monté notre disque à secteurs à l'intérieur d'une caisse, représentée par les fig. 8, 9 et 10 ci-contre, de 25×30 cm. d'ouverture, dont l'arrière était muni des rainures nécessaires pour recevoir



Fig. 7.

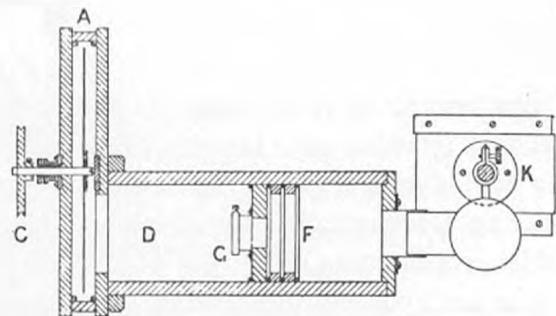


Fig. 8.

le châssis négatif; un engrenage à changement de vitesse permet d'actionner le disque tournant, à différentes vitesses, par un moteur à air chaud; il est surtout nécessaire que ce disque soit parfaitement équilibré. Les châssis négatifs sont au nombre de deux, respectivement pour plaques 25×105 et 36×105 , ce dernier, muni de deux volets distincts, de façon à pouvoir enregistrer côté à côté, indépendamment l'une

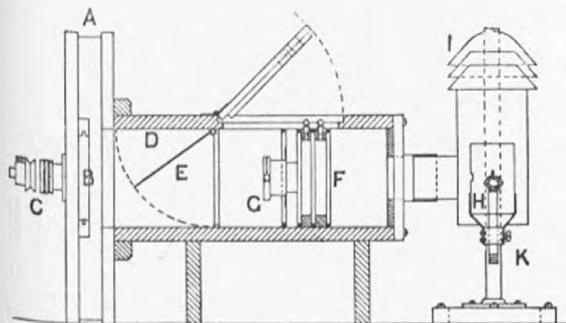


Fig. 9.

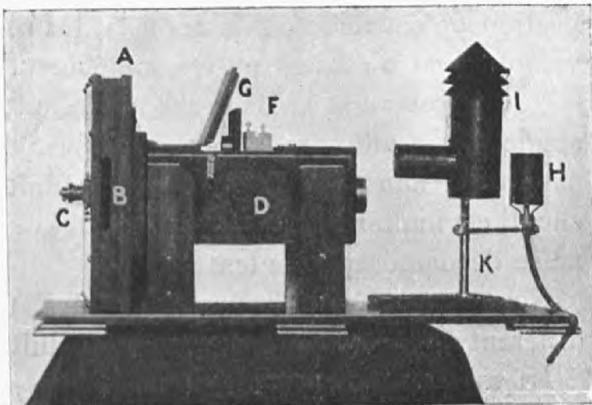


Fig. 10.

de l'autre, deux séries de lumières; la surface découverte de chaque plaque était large seulement de 9 mm., les parties protégées servant à la mesure du voile. La caisse du photomètre était ajustée sur une chambre de $10 \times 10 \times 30$ cm. munie d'un obturateur et dans laquelle des rainures permettaient l'introduction de cuves à liquides ne transmettant que de la lumière monochromatique; on pouvait aussi y installer une glace dépolie dont la surface, uniformément éclairée, pouvait être diminuée dans un rapport connu au moyen de diaphragmes, de façon à varier de façon connue l'intensité de la lumière admise.

(A suivre).

(Traduction L.-P. CLERC).

SUR LES

PROPRIÉTÉS RÉVÉLATRICES

DE L'HYDROSULFITE DE SOUDE

Les propriétés révélatrices de l'acide hydrosulfureux et des hydrosulfites alcalins ont été signalées pour la première fois en 1887 (1). Pour révéler l'image latente avec ces substances, il fallait, en raison de leur grande instabilité, les former dans la cuvette au moment même du développement ; car elles perdent rapidement leurs propriétés révélatrices.

L'acide hydrosulfureux était primitivement obtenu en ajoutant de la grenaille de zinc dans une solution d'acide sulfureux. Le liquide renfermait, outre l'acide hydrosulfureux, de l'hydrosulfite de zinc. Les images obtenues étaient peu intenses et très voilées.

L'hydrosulfite de soude, préparé en ajoutant de la grenaille de zinc à du bisulfite de soude, donne des résultats encore inférieurs à ceux fournis par la solution d'acide hydrosulfureux naissant.

Depuis que les propriétés révélatrices de l'acide hydrosulfureux ont été signalées, aucun perfectionnement pratique n'ayant été apporté dans la stabilisation et la purification de cet acide ou de ses sels, les résultats obtenus avec ces corps dans le développement n'avaient pu être améliorés.

Tout récemment la Badische Anilin et Soda Fabrik a pu obtenir l'hydrosulfite de soude pur et anhydre en faisant arriver de l'anhydride sulfureux sur du sodium en suspension dans de l'éther (2). Le produit ainsi obtenu a l'aspect d'une poudre blanche. Il est inaltérable dans l'air sec, très soluble dans l'eau. Ses solutions aqueuses ne se décomposent que lentement.

Nous avons étudié les propriétés révélatrices de cette substance et constaté qu'elles diffèrent notablement de celles du produit impur expérimenté autrefois.

La solution aqueuse d'hydrosulfite de soude pur se comporte comme un révélateur énergique : l'image obtenue est très vigoureuse, mais un voile se forme au bout de quelques instants et il augmente beaucoup avec la durée du développement.

En additionnant le révélateur d'une quantité suffisante de solution de bromure de potassium à 10 % on peut éviter complètement le voile, si l'on emploie des solutions d'hydrosulfite convenablement diluées et suffisamment acidulées par le bisulfite de soude. Les proportions qui nous ont paru donner les meilleurs résultats sont les suivantes :

Eau	4000 cc.
Hydrosulfite de soude	20 —
Solution de bromure 10 %	70 —
Bisulfite de soude commercial . . .	400 —

(1) A. et L. LUMIÈRE, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887.

(2) Brevet français n° 336,942.

Avec ce révélateur on peut développer en trois minutes environ une image normalement posée. L'excès du bisulfite de soude n'augmente pas sensiblement la durée du développement.

Si l'on met en liberté l'acide hydrosulfureux en ajoutant un acide à la solution d'hydrosulfite, celle-ci se colore en brun et ses qualités développatrices sont notablement atténues, l'image obtenue est peu intense et beaucoup plus voilée qu'avec l'hydrosulfite de soude.

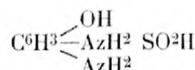
Malgré son énergie révélatrice, l'hydrosulfite de soude ne peut être utilisé pratiquement à cause de l'odeur très piquante que dégagent ses solutions.

HYDROSULFITES ORGANIQUES. — L'étude des propriétés de l'hydrosulfite nous a amenés à essayer de préparer des hydrosulfites de bases organiques douées elles-mêmes de propriétés révélatrices, de façon à obtenir des composés salins dont l'acide de nature minérale, et la base de nature organique, sont tous deux des substances développatrices. On ne connaissait jusqu'ici parmi les corps analogues que ceux formés par la combinaison de deux composés organiques, l'un jouant le rôle d'acide, l'autre celui de base. De ce nombre sont la *métoquinone* et l'*hydramine*.

Nous avons réussi à obtenir divers hydrosulfites organiques (c'est du moins ce que l'étude des propriétés de ces corps permet de supposer, leur instabilité rendant toute analyse incertaine) : l'hydrosulfite de diamidophénol, l'hydrosulfite de diamidorésorine, l'hydrosulfite de triamidophénol et d'autres hydrosulfites obtenus avec les monoamines aromatiques.

L'*hydrosulfite de diamidophénol*. En mélangeant des solutions aqueuses équimoléculaires, même étendues de chlorhydrate de diamidophénol et d'hydrosulfite de soude, on obtient, au bout de quelques instants, un précipité cristallin formé de paillettes blanches. Si les solutions sont suffisamment concentrées, le mélange des liquides se prend au bout de quelque temps en une masse cristalline. Des solutions concentrées de sulfite de soude, de bisulfite de soude ou d'hyposulfite ne donnent aucun précipité cristallin analogue, avec les solutions de chlorhydrate de diamidophénol, on peut donc admettre qu'il s'est formé un hyposulfite de diamidophénol. Du reste, l'étude des propriétés du composé, purifié par lavage à l'eau, à l'alcool, puis à l'éther, confirme cette hypothèse. Ce composé possède, en effet, toutes les propriétés du diamidophénol et celles d'un hydrosulfite. Si l'on essaie d'essorer sur brique poreuse la masse cristalline après qu'elle s'est précipitée au sein de la solution aqueuse, elle s'échauffe subitement et un abondant dégagement d'acide sulfureux se produit en même temps que le composé charbonne.

Le dosage de l'acide sulfurique dans cette substance après avoir oxydé l'acide hydrosulfureux par l'eau de brome, donne des nombres voisins, quoique un peu plus faibles de ceux correspondant à la formule :

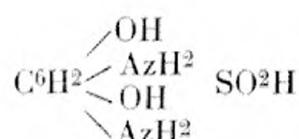


ce corps perdant constamment de l'acide sulfureux, son analyse ne permet pas de tirer une conclusion certaine sur sa composition.

Il est peu soluble dans l'eau froide (solubilité 1/600°) mais se dissout très facile-

ment dans le sulfite de soude (solubilité 24/20/0 dans une solution à 30/0 de sulfite anhydre). Il est très peu soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther.

2^o *Hydrosulfite de diamidorésorcine.* — En mélangeant des solutions, même peu concentrées, de chlorhydrate de diamidorésorcine et d'hyposulfite de soude, on obtient un précipité cristallin qui se forme dans des conditions analogues à celui obtenu avec le chlorhydrate de diamidophénol et qui, isolé et purifié comme ce dernier, possède également à la fois les propriétés de l'acide hydrosulfureux et celles de la diamidorésorcine. Sa solubilité dans l'eau et dans les solutions de sulfite de soude est comparable à celles du produit obtenu avec le diamidophénol. Son instabilité est aussi grande que celle de ce dernier et il se dégage constamment de l'acide sulfureux. Le dosage de l'acide sulfurique, après oxydation par l'eau de brome, conduit à une teneur voisine, quoique inférieure de celle qui correspond à la formule :



3^o *Hydrosulfite de triamidophénol.* — Le chlorhydrate de triamidophénol (obtenu par réduction de l'acide picrique) réagit également en solution aqueuse sur la solution d'hydrosulfite de soude et donne un précipité cristallin. La formation de ce composé est plus lente que celle qui résulte de l'emploi du diamiphénol et de la diamidorésorcine. La solubilité dans l'eau est plus grande et ses autres propriétés sont analogues à celles de ces deux substances.

4^o *Hydrosulfite de paraphénylène diamine.* — Nous avons pu obtenir avec le chlorhydrate de paraphénylène diamine et l'hydrosulfite de soude, en opérant dans les mêmes conditions que précédemment, un composé cristallin peu stable possédant à la fois les propriétés de l'acide hydrosulfureux et de la paraphénylène diamine. Il se forme plus lentement et il est plus soluble dans l'eau que les composés obtenus avec les amidophénols.

HYDROSULFITES OBTENUS AVEC LES MONAMINES AROMATIQUES. — En opérant comme avec les amidophénols et les diamines nous avons pu préparer des composés cristallis instables, avec l'hydrosulfite de soude et les chlorhydrates d'aniline, d'ortho et de paratoluidine et de xylidine commerciale, c'est-à-dire avec des bases non développatrices. Par contre, les monamines-phénols simples et substituées, comme le paramidophénol, le métol, ne nous ont pas donné de semblables composés.

PROPRIÉTÉS DÉVELOPPATRICES DES HYDROSULFITES ORGANIQUES

Nous avons expérimenté les propriétés révélatrices de ces nouveaux composés. La constitution de ceux fournis avec les bases développatrices, telles que la diamidorésorcine, le diamidophénol, le triamidophénol, la paraphénylène diamine, pouvait faire prévoir pour ces substances une très grande énergie révélatrice. Nous avons reconnu que tous ces corps paraissent se comporter à peu près de la même façon. En simple solution aqueuse, ils font apparaître très lentement et très faiblement l'image latente, d'ailleurs ils sont à peine solubles dans l'eau. Par contre, si on les dissout dans une solution de sulfite de soude on obtient des révélateurs énergiques,

mais donnant un voile intense en présence même de bromure alcalin et de bisulfite.

Les composés obtenus avec les hydrosulfites et les monamines ne nous ont pas paru posséder des propriétés révélatrices. En résumé l'hydrosulfite de soude pur, employé dans les conditions que nous avons indiquées dans la présente étude, constitue un révélateur rapide et très énergique. Ce révélateur peut être utilisé additionné d'une grande quantité de bisulfite de soude sans que la durée du développement soit sensiblement augmentée ; ce qui, on le sait, n'est pas le cas avec les développateurs organiques.

Par contre, les combinaisons instables de l'acide hydrosulfureux avec les bases organiques développatrices ne présentent aucun intérêt comme révélateurs et ne confirment pas les prévisions qu'on peut faire en raison de leur constitution.

A. et L. LUMIÈRE et SEYEWETZ.

ÉTUDE SPECTROMÉTRIQUE DU PHÉNOMÈNE DE FLUORESCENCE

(Extrait d'un Mémoire de MM. E.-L. NICHOLS et ERNEST MERRIT,
publié dans la *Physical Review*, juin 1904).

La loi exprimée par STOKES dans son mémoire sur « *Les changements de réfran-*
gibilité de la lumière » et établissant que dans le phénomène dénommé « Fluores-
cence » la lumière fluorescente possède toujours une longueur d'onde supérieure à la
lumière qui excite le phénomène a été mise en discussion par LOMMEL qui fit remar-
quer que pour certaines substances il y a superposition évidente des régions spectrales
occupées par la lumière excitante et la lumière fluorescente qu'elle produit. LOMMEL
émit en outre cette assertion très importante que pour ces mêmes substances le
caractère et la composition du spectre de fluorescence sont absolument indépendants
de la longueur d'onde de la lumière excitante. HAGENBACH confirma les assertions de
LOMMEL, du moins en ce qui concerne l'inexactitude de la loi de STOKES. Quelques
années plus tard, LUBARSCH publia une série de mensurations en confirmation de
la loi de STOKES. Un mémoire postérieur de LOMMEL, décrivant le phénomène de
fluorescence des couleurs caméléon incita HAGENBACH à de nouvelles expériences
au cours desquelles il découvrit ce qu'il croyait être une source d'erreurs dans ses
précédentes mensurations et il affirma de nouveau l'exactitude de la loi de STOKES.
En 1877, BRAUNER obtint des résultats concordant avec l'opinion de LOMMEL. En
1879, LUBARSCH publie le résultat de nouvelles recherches sur la fluorescence et
il confirme, cette fois, l'opinion de LOMMEL. LAMANSKY, en 1879, publie lui aussi de
nouvelles mensurations confirmant la loi de STOKES. Plus tard, dans un autre mémoire,
HAGENBACH prend à nouveau la défense de la loi de STOKES contre LOMMEL et contre
LUBARSCH, qui entre temps avait publié différents articles dans lesquels il exposait
ses objections et ses critiques contre la méthode de LAMANSKY.

En 1885, WESENDONCK fit ses observations avec le spectre solaire, en utilisant deux
miroirs concaves et un prisme : au cours de ses expériences il obtint cette conclusion
évidente que la fluorescence du rouge de naphtaline n'atteint pas la longueur d'onde
de la lumière excitante. En 1886, STENGER reprit la question tout au long. Il trouva
que en employant la méthode de HAGENBACH pour éclairer une surface libre, la mé-
thode de LOMMEL (incidence sur les parois d'un flacon) ou l'oculaire fluorescent de
LUBARSCH, les résultats concordaient avec l'assertion de LOMMEL en ce qui concerne
l'inexactitude de la loi de STOKES mais non en ce qui regarde l'indépendance absolue
du spectre de fluorescence de la nature de la lumière excitante. Il fit en outre quelques
expériences en collaboration avec HAGENBACH qui définitivement se rangea à son avis.

Notre intention est de donner ici les résultats que nous avons obtenus en appli-
quant le spectrophotomètre à la mensuration du spectre de fluorescence des substances
au sujet desquelles précisément s'est élevée cette longue discussion pour et contre la
validité de la loi de STOKES. Il semble que personne n'ait songé ou essayé d'employer
le spectrophotomètre pour l'étude de la fluorescence. Il est cependant bien plus fa-

cile de déterminer ainsi le maximum et les limites du champ illuminé, d'en tracer une courbe exacte que par la méthode employée jusqu'ici par tous les observateurs, c'est-à-dire l'emploi du réticule dans l'oculaire : il est bien difficile d'arrêter les fils croisés exactement à l'endroit où l'illumination est la plus forte et surtout à l'endroit exact où cette illumination s'évanouit. Peut-être que la raison qui a empêché ces observateurs d'avoir recours au spectrophotomètre est précisément le peu d'intensité du spectre de fluorescence. Il est vrai que pour certaines substances la lumière produite par fluorescence est tellement faible qu'il est inutile de songer à en mesurer le spectre. Mais nous l'avons constaté aussi, il est très souvent possible de prendre des points de repère dans les cas où le spectre est beaucoup trop faible pour produire la sensation de couleur et où l'illumination du champ ne devient perceptible qu'après un bon moment d'observation. Il ne saurait être question de l'emploi du réticule dans ce cas, car le champ est beaucoup trop sombre pour que les fils deviennent visibles et si d'autre part on voulait essayer de les illuminer de côté, l'oculaire serait suffisamment éclairé pour que le spectre de fluorescence disparaîsse totalement à l'œil.

Les substances désignées par LOMMEL comme appartenant à cette première classe et dans lesquelles il est possible de provoquer la fluorescence au moyen de rayons lumineux possédant une longueur d'onde supérieure à une portion quelconque du spectre de fluorescence, et dans lesquelles l'intensité du spectre de fluorescence est indépendante de la nature de la lumière excitante, sont le rouge de naphtaline, l'éosine, le chlorophylle, auxquels Stenger ajouta la *fluorescine*. Cette dernière substance, étant donnée sa fluorescence intense et la situation de la bande de fluorescence qui se trouve juste au milieu du spectre, dans la région la plus lumineuse, a été choisie pour être soigneusement étudiée en vue du contrôle des assertions de LOMMEL et autres savants dont il a été question au commencement de cet article.

La première série d'expériences a été faite en examinant le spectre de fluorescence de la fluorescine, le phénomène étant provoqué par la lumière émanant de différentes régions du spectre. Or une série de trois expériences nous a démontré que le spectre de fluorescence n'est en rien modifié si on change la longueur d'onde qui le provoque ; il y a de plus possibilité d'obtenir un spectre de fluorescence dont le maximum possède une longueur d'onde plus courte que la plus petite longueur d'onde de la lumière excitatrice. Quant à la position du maximum du spectre de fluorescence, elle est la même que si on provoque le phénomène par la flamme d'un brûleur à acétylène sur une solution de même composition.

Il est donc démontré que la fluorescence de ces substances, en ce qui concerne la position des maxima, est absolument indépendante de la longueur d'onde de la lumière excitatrice. Il n'est pas moins intéressant de savoir si l'intensité d'une longueur d'onde donnée du spectre de fluorescence varie avec la longueur d'onde de la lumière excitatrice, dont l'intensité demeure elle constante, ou si elle dépend uniquement de l'intensité de la lumière excitatrice.

Il est indispensable de déterminer au préalable l'intensité exacte de chaque région du spectre de la lumière excitatrice : c'est là chose assez délicate pour les longueurs d'onde les plus courtes du spectre. La courbe que nous avons pu établir démontre que le maximum du spectre de fluorescence de la fluorescine est en fonction de la longueur d'onde de la lumière excitatrice. La fluorescence apparaît vers la région de la longueur d'onde, où la solution devient transparente, le maximum comprend la bande d'absorption et s'éteint vers le rouge. Les rayons de plus grande longueur

d'onde, dans la bande d'absorption, sont les plus effectifs en raison de leur plus grande énergie.

Les résultats ont été de tous points analogues pour la mesure des spectres de fluorescence de solutions d'éosine et de rouge de naphtaline. La position du maximum par rapport à la bande d'absorption paraît seule varier suivant les différents produits. Le maximum, pour l'éosine correspond à l'extrémité inférieure de la bande d'absorption ; pour la fluorescine elle se trouve au delà du violet (environ 05 u) ; tandis que pour le rouge de naphtaline le maximum est déplacé beaucoup plus loin vers la région des longueurs d'ondes très réduites.

L'assertion de LOMMEL, à savoir que le phénomène de fluorescence peut être provoqué sur l'éosine par la flamme sodique est pleinement confirmée par notre expérience : nous avons pu arriver en effet à inscrire une courbe au moyen de rayons lumineux dont la longueur d'onde correspondait à la région des raies de sodium. Nous sommes plus tard arrivé à exciter la fluorescence au moyen de rayons lumineux dont la longueur d'onde était supérieure au maximum de longueur d'onde existant dans le spectre de fluorescence, et le phénomène était assez visible pour être mesuré à l'aide du spectrophotomètre. Il est donc possible d'exciter une fluorescence observable en utilisant une source lumineuse de longueur d'onde beaucoup plus considérable que celle que nous avons employée.

Ces expériences établissent un point longtemps discuté, tout au moins, en ce qui regarde la fluorescine, l'éosine et le rouge de naphtol. Quant aux autres substances des expériences sont actuellement en cours pour la mensuration de leur spectre de fluorescence.

Si des physiciens émérites ont émis des opinions aussi contradictoires, c'est qu'ils n'avaient pas pris suffisamment de précautions pour s'affranchir dans leurs recherches de la lumière diffuse ou réfléchie.

Longueurs d'onde maximum excitant la fluorescence dans :

Fluorescine	542
Eosine.	589
Rouge de naphtol.	632

SOCIÉTÉS SAVANTES

Sur les quatre premiers fascicules du catalogue photographique du ciel, publiés par l'Observatoire de Toulouse.

M. Lœwy présente à l'Académie, au nom de M. BAUILLAUD, directeur de l'observatoire de Toulouse, ces quatre fascicules qui constituent les premiers quarts des volumes II, IV, VI, VII, selon la nomenclature prévue, et renferment les coordonnées rectilignes de 32.275 étoiles. Toute cette riche récolte de résultats photographiques se trouve répartie sur 186 clichés exécutés dans les meilleures conditions par M. MONTANGERAND : elle se rapporte aux six premières heures d'ascension droite et embrasse la zone de l'espace comprise entre $+4^{\circ}$ et $+11^{\circ}$ de déclinaison.

« Mais ces documents ne fournissent pas seulement les positions précises des astres jusqu'à la 42° grandeur, qui peuplent cette région du ciel ; ils renferment en outre plusieurs mémoires très instructifs.

C'est ainsi qu'on trouve dans le tome II une Introduction rédigée par M. BAUILLAUD, qui donne l'exposé complet de la marche suivie à Toulouse pour la mesure et la réduction des clichés photographiques, ainsi que des méthodes spéciales qui ont été mises en jeu pour imprimer aux résultats la plus grande perfection, soit pour la mesure des coordonnées, soit pour le calcul des constantes. M. BAUILLAUD signale la part importante prise à l'œuvre commune par ses collaborateurs, notamment par M. Bourget.

Dans une autre étude, M. BAUILLAUD fait connaître la méthode ingénieuse qu'il a imaginée pour la détermination de l'éclat relatif des astres photographiés, méthode basée sur l'emploi du photomètre à coin.

Les premières pages du mémoire contiennent la description de l'instrument enregistreur utilisé, tel qu'il a été combiné à l'Observatoire de Toulouse et réalisé par M. CARRÈRE, mécanicien de cet établissement. M. BAUILLAUD fait ressortir ensuite les différences saillantes qui se manifestent dans l'application du coin aux images observées directement et à celles obtenues par la photographie.

La seconde section est consacrée à la formation d'une échelle de grandeur au moyen de 4 étoiles appartenant à deux clichés. En adoptant provisoirement le coefficient 2,5 pour le rapport d'éclat entre deux images photographiques différent d'une grandeur, on a effectué sur ces 4 étoiles 21 poses, dont les durées se succédaient suivant la raison géométrique $\sqrt[4]{2,5}$, la plus longue pose étant de 300 secondes. La mesure de l'échelle de grandeur a été exécutée avec beaucoup d'habileté par M^{le} Madeleine BAUILLAUD en 1900 et 1902. En soumettant à une discussion approfondie les nombres ainsi obtenus, M. BAUILLAUD est parvenu à établir une formule exprimant le rapport entre les lectures du photomètre et les durées des diverses poses.

En comparant, d'autre part, les évaluations obtenues à l'aide du coin, de l'éclat relatif des images stellaires d'un cliché des Pléiades, avec les grandeurs connues de ces astres, données par LINDEMANN, M. BAUILLAUD a déduit, de l'ensemble des expériences, la valeur définitive 3 pour le rapport des temps de pose correspondant à deux images photographiques différent d'une grandeur.

Les grandeurs des astres publiées dans le Catalogue photographique de Toulouse ont été fondées sur les résultats des recherches précédentes. Pour les zones $+5^{\circ}$ et $+7^{\circ}$, elles ont été conclues directement à l'aide du photomètre à coin ; et, pour les zones $+9^{\circ}$ et $+11^{\circ}$, elles ont été mesurées par la comparaison visuelle des images des clichés, en utilisant une échelle de grandeur construite avec le rapport 3, antérieurement défini ; ce qui, d'ailleurs, est en harmonie complète avec les estimations effectuées pour les deux autres zones.

Après ces deux mémoires fondamentaux destinés à donner des assises solides et pratiques

à l'exploration photographique du ciel en cours d'exécution à l'Observatoire de Toulouse, on trouve, dans un autre volume, une étude expérimentale, due à M. MONTANGERAND, sur les qualités de l'objectif photographique de l'instrument employé. Il est, en effet, essentiel de connaître de quelle manière s'exerce son action photogénique dans les diverses régions du champ.

Les recherches statistiques faites aux observatoires d'Oxford, de Toulouse et de Postdam ont montré que la distribution moyenne des images dans les clichés du Catalogue et de la Carte du ciel n'est pas uniforme, et prouvé par là que les surfaces focales respectives des six objectifs étudiés (Alger, Oxford, Paris, Postdam, San Fernando, Toulouse) ont une courbure appréciable.

L'objet du mémoire de M. MONTANGERAND est la détermination de la surface passant par les divers points focaux, à toutes distances du centre.

La meilleure méthode de détermination de ces points est celle qui consiste à obtenir, à différentes lectures de la vis de tirage, des traînées successives d'une même étoile, et à distinguer, parmi ces traînées, celle qui présente le maximum de netteté. 49 clichés, réalisés dans les meilleures conditions et appartenant à la période d'emploi de l'instrument, 1897-1903, ont été consacrés à cette étude. On a obtenu ainsi, en définitive, 66 valeurs. Pour soumettre ces données à l'analyse, on a considéré comme abscisses les distances au centre et, comme ordonnées, les différences entre les divers nombres focaux et celui qui correspond au centre du champ. Une discussion approfondie a montré qu'une surface paraboloidé représente de la manière la plus satisfaisante l'enveloppe qui comprend tous les points focaux.

Entre autres résultats, M. MONTANGERAND a constaté que la variation du point est fonction de la température. L'ensemble, tube-objectif, c'est-à-dire la chambre photographique se comporte, à l'égard de la chaleur, comme une masse continue de zinc.

Ges conclusions ont une très grande utilité pratique. On peut ainsi déterminer le point du champ pour lequel la mise au foyer serait la plus avantageuse pour réaliser à la fois, sur la plaque sensible, le plus grand nombre d'images stellaires et la meilleure uniformité dans leur netteté relative.

Cet exposé, bien que très succinct, permettra de se convaincre de la féconde activité de l'Observatoire de Toulouse, dont les travaux réalisent les espérances fondées sur la haute portée scientifique de l'œuvre internationale de la Carte du Ciel. »

(*Académie des Sciences*, 17 octobre 1904.)

La stéréoscopie sans stéréoscope.

M. VIOILLE a présenté à l'Académie des sciences des photographies, rapportées de l'Exposition de Saint-Louis, qui, sans stéréoscope, montrent un relief étonnant (1); ces photographies sont dues à M. Ives. Le procédé employé pour les obtenir est loin d'être nouveau : il y a seize ans que M. Ives a été conduit par ses études sur les écrans lignés employés en photogravure à son *Parallax Stereogram*. C'est ainsi qu'il appelle l'image unique qui, tenue à une certaine distance des yeux, procure la sensation de relief, elle présente l'aspect d'une diapositive ordinaire, doublée d'un verre dépoli. Les images sont ainsi obtenues (2).

Derrière l'objectif, ayant au moins trois pouces et demi de diamètre, d'une chambre noire ordinaire du format quart de plaque, est placé un écran opaque A dans lequel ont été pratiquées deux ouvertures O. On peut aussi utiliser une chambre noire munie de deux objectifs stéréoscopiques.

En avant de la plaque sensible P, est interposé un réseau sur verre G, contenant à peu près quatre lignes verticales par millimètre, ces lignes étant un peu plus larges que les espaces qui les séparent. Cette trame est placée à une distance telle que chaque bande étroite

(1) *Académie des Sciences*, 24 octobre 1904.

(2) *La Photographie*, 1903, p. 59.

de la plaque, sur laquelle une barre du réseau projette son ombre relativement à la lumière venant de l'ouverture ou de l'objectif de droite, reçoit au contraire librement les rayons venant de l'ouverture O de gauche et *vice versa*.

Il se forme donc sur la plaque deux systèmes de hachures parallèles, très serrées ; huit hachures au millimètre correspondant alternativement, les unes à l'image fournie par l'objectif de droite, les autres à l'image fournie par l'objectif de gauche. Chaque système constitue une image nette, mais dont les traits sont, sur presque toute la surface, entrecroisés avec ceux de l'image sœur.

Pour voir séparément chacune des images et la voir de l'œil seulement auquel elle est destinée, il suffit de regarder la photographie à travers un réseau semblable à celui qui a servi à l'obtenir, en se plaçant à une distance égale au tirage de la chambre, lors de la prise du négatif, et de façon que le réseau cache à l'un des yeux les hachures d'un même ordre

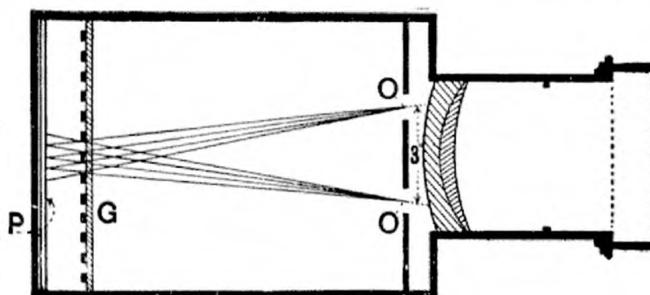


Fig. 1.

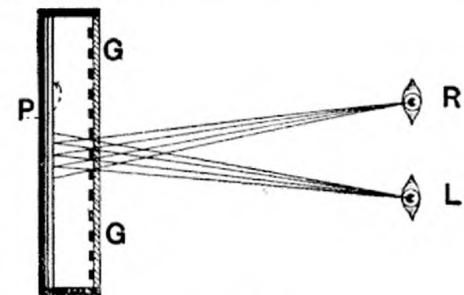


Fig. 2.

de parité, mais les laisse voir à l'autre et *vice versa* (fig. 2). Un même cadre porte le positif sur verre et le réseau placé un peu au-dessus.

Déjà dans le numéro du *Cosmos* du 23 mai 1896, M. A. BERTHIER avait proposé une méthode analogue s'appliquant aux vues stéréoscopiques de tout format. Le principe était le même : « La méthode repose, disait M. BERTHIER, sur l'emploi d'un réseau ligné dont les traits sont destinés à marquer pour chacun des yeux l'image qui ne le concerne pas. On arrive ainsi à partager une surface en deux pliages, chacune d'elles n'étant visible que pour l'un des deux yeux. » La méthode d'examen des photogrammes lignés est la même dans les deux procédés ; la seule divergence réside dans le mode opératoire suivi pour l'obtention des négatifs. Tandis que M. IVES les obtient en une seule pose et sur une même plaque, M. BERTHIER utilisait le dispositif ordinaire des appareils stéréoscopiques à deux objectifs, c'est-à-dire en une seule pose sur deux plaques.

Les photographies stéréoscopiques peuvent être examinées sans stéréoscope aucun et sans aucun artifice tels que ceux de M. BERTHIER ou de M. IVES. Il suffit, comme l'indiqua jadis M. ABEL BUGUET dans *Photo-Journal* : 1^o de placer le stéréogramme à une bonne distance devant les yeux, 20 centimètres en moyenne (distance variable avec les individus) ; 2^o de rendre parallèles les axes des yeux, en fixant du regard un objet quelconque, éloigné derrière l'image ; 3^o de ramener vivement le regard sur le stéréogramme et, faisant agir l'accommodation, de mettre au point pour l'image ; celle-ci apparaît aussitôt en relief. On facilite l'apparition en clignant vivement des paupières deux ou trois fois. Si on rencontre quelques difficultés à voir le relief, on peut s'aider d'un double diaphragme : on perce dans un carton noir deux ouvertures circulaires dont les centres sont distants de 70 millimètres et on le place entre les yeux et le stéréogramme à examiner ; on fait varier la distance du double diaphragme aux yeux jusqu'à ce que chaque œil ne voie qu'une image. Quand il en est ainsi, on s'attache un instant à ne rien fixer ; les images deviennent moins nettes ; les deux trous à travers lesquels on regarde se rapprochent l'un de l'autre et on finit par ne plus voir qu'un seul trou. À ce moment, dès le moindre effort d'accommodation pour mettre au

point les images, on voit l'image en relief par le trou unique. Si alors on enlève vivement le double diaphragme, l'image est toujours vue en relief, mais plus complète et, à côté, de part et d'autre, on voit les deux images parasites qui apparaissent par le fait de l'augmentation du champ visuel.

Enfin nous rappellerons que l'image projetée sur une surface sensible par l'objectif étant une représentation perspective exacte des objets photographiés, il suffit pour avoir une sensation de relief d'examiner l'image positive *avec un seul œil*, placé à une distance de cette image égale au tirage de la chambre lors de la prise du négatif ; il est seulement indispensable que l'objectif ait une distance focale au moins égale à la distance minima de vision distincte ; sinon, avant d'être ainsi examinée, l'image doit être agrandie (1).

G.-H. N.

Sur l'inscription des mouvements sismiques.

« On sait que dans les appareils inscripteurs en usage, les mouvements d'une pièce mobile (pendule horizontal ou vertical) s'inscrivent sur une longue bande de papier qu'un mouvement d'horlogerie fait défiler avec une vitesse uniforme. L'inscription est le plus souvent photographique, parce que l'emploi de la lumière n'introduit pas de frottements qui gêneraient les mouvements du pendule.

La vitesse de déplacement du papier n'atteint en général que 12 cm. à l'heure, c'est-à-dire $\frac{1}{30^{\circ}}$ de millimètre par seconde. Cette vitesse est vraiment bien faible pour enregistrer des mouvements rapides comme peuvent l'être ceux d'une secousse sismique. Mais on se contente de cette faible vitesse afin de diminuer la dépense annuelle de papier et de manipulation.

Cette dépense, même dans les conditions adoptées, est encore notable.

Il semble qu'il serait plus avantageux d'opérer de la manière suivante : la bande de papier sensible est enfermée dans une boîte munie d'une petite fenêtre par laquelle pénètre le faisceau lumineux qui impressionne le papier. Je propose de munir cette fenêtre d'un volet parfaitement étanche à la lumière. En temps ordinaire c'est-à-dire tant que le sol est immobile, la bande photographique demeure intacte : elle peut défiler avec telle vitesse que l'on voudra sans être impressionnée ; on peut dès lors la fermer sur elle-même et en faire une bande sans fin qui repasse plusieurs fois par jour derrière la fenêtre fermée. Une secousse vient-elle à se produire ? Un avertisseur électrique fonctionne, fait tomber le volet, et l'inscription commence en même temps que le phénomène.

On n'use donc de papier que pendant la durée des secousses, et l'on peut donner à l'appareil une vitesse suffisante. »

(Communication de M. G. LIPPmann à la séance du 14 novembre 1904
de l'Académie des Sciences.)

Nouvelles expériences sur l'enregistrement photographique de l'action que les rayons N exercent sur une petite étincelle électrique.

Dans cette communication, M. R. BLONDLOT répond à quelques objections qui ont été présentées à sa méthode ; il indique les précautions minutieuses qu'il a prises pour éviter certaines causes d'erreurs et conclut en disant que les clichés photographiques sont ainsi les témoins irrécusables de l'action des rayons N sur l'étincelle électrique.

(*Académie des sciences*, séance du 14 novembre 1904, tome CXXXIX
des Comptes rendus, page 843).

(1) G.-H. NIEWENGLOWSKI, *Principes de l'art photographique*.

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Oxydation de la quinine par l'acide chromique.

L'auteur a voulu observer, à l'instigation de LUTHER, comment une réaction en système homogène s'accomplit sous l'action de la lumière. Il a choisi comme exemple l'oxydation de la quinine par l'acide chromique.

Le mélange était exposé à la lumière dans des récipients en verre à parois très minces et aussi régulières que possible. La marche de la réaction était observée et notée par titrage par l'hyposulfite de l'acide chromique libre. La quinine était mise en grand excès de façon à maintenir la concentration toujours au même point. Quant à l'acide chromique, on ne laissait pas tomber la teneur du mélange au-dessous de $\frac{1}{4}$ de la teneur initiale.

Pour éviter toute erreur pouvant résulter d'une différence d'intensité de la lumière, les divers essais que l'on avait à faire ont été effectués simultanément.

1. On a d'abord vérifié l'influence de la longueur d'onde de la lumière. Les vases à réaction ont été placés dans des récipients de même forme et de dimensions plus grandes. L'espace compris en les deux parois en verre a été rempli avec un liquide filtre de lumière.

Composition du mélange.	Filtre de lumière	ΔC (1) :
1 vol. 0,05 CrO ₃ Normal.	Eau	12,4
1 vol. 1/2 0/0 sulfate de quinine	0,05 CrO ₃ normal . . .	4,3
1 vol. 1/15 H ₂ SO ₄ normale	1/2 0/0 sol. sulf. quinine.	8,9
	CuSO ₄ , à saturation . .	9,6
	CuSO ₄ + NH ₃	9,3

Les radiations bleues et celles avoisinant la région de l'ultra-violet agissent sur le mélange, les radiations violettes (absorbées par le sulfate de quinine) agissent peu ; en résumé les radiations absorbées agissent seules.

2. On a vérifié la loi de Bunsen-Roscoe en faisant agir la lumière à travers des feuilles de papier de soie. Une couche comportant n feuilles laisse passer m^n de la lumière excédente et l'activité de la lumière qui ne traverse qu'une seule épaisseur de papier se trouve réduite de 1 à m .

Composition du mélange	n	ΔC	$\frac{\Delta C_n}{\Delta C_0}$ ou $m = \sqrt[n]{\frac{\Delta C_n}{\Delta C_0}}$	ΔC_n
1 vol. 0,05 CrO ₃ norm.	0	10,7	1,00	—
1 vol. 1/2 0/0 Ch ₂ SO ₄ .	4	7,3	0,68	0,68
1 vol. 1/15 H ₂ SO ₄ norm.	2	4,9	0,46	0,68
	3	3,6	0,34	0,70
Moyenne. . .				0,693

Les expériences faites au moyen de couches liquides d'épaisseur constante, mais de concentration variable, ont conduit aux mêmes résultats.

(1) Δ Diminution du titrage en acide chromique.

Composition du mélange	Filtre de lumière	ΔC	$\frac{\Delta C_0}{\Delta C_0}$	$\frac{c}{0,0025}$	$\frac{\Delta C_0}{\Delta C_0}$
				$\sqrt{\frac{\Delta C_0}{\Delta C_0}}$	
Comme ci-dessus.	Eau	41,6	1,00	—	1,00
	0,0025 CrO ³ n. . .	8,5	0,73	0,73	0,73
	0,083 CrO ³ n. . .	6,0	0,52	0,72	0,54
	0,01 CrO ³ n. . .	3,9	0,34	0,76	0,30
	Moyenne . . .			0,74	

L'activité de la réaction est donc proportionnelle à l'intensité de la lumière.

3. Le calcul de la marche de la réaction par la formule de van t'Hoff a donné un chiffre voisin de 1.

Composition du mélange	1 vol. de mélange	Concentration initiale	ΔC	n
1 vol. 0,25 n. CrO ³ .	+ 0 vol. eau	1,00	40,3	—
1 vol. 1/2 0/0 Ch ² SO ⁴ ,	+ 3 —	0,5	5,35	0,35
	+ 5 —	0,25	2,7	0,99
	+ 7 —	0,125	1,35	4,00

Toutefois, étant donné que l'intensité de la lumière pénétrant à travers le système diminue à mesure qu'augmente la concentration du réactif, cette manière de calculer est tout à fait défectueuse. Une formule de Gros (1) considère ces relations et dans deux cas extrêmes, pour une substance complètement opaque (*a*) et pour une substance transparente (*b*), il trouve les résultats suivants ($C_2 = 2C_1$) :

$$a : \frac{\Delta C_2}{\Delta C_1} = 2^n - 1 \quad b : \frac{\Delta C_2}{\Delta C_1} = 2 \times 2^n - 1$$

en exprimant par *n* le réactif qui entre en fonction. Pour des concentrations variables d'acide chromique (le cas *a*, opaque) on obtient pour $\frac{\Delta C_2}{\Delta C_1}$ environ 4. Pour des concentrations de sulfate de quinine (le cas *b*, transparent), la valeur de $\frac{\Delta C_2}{\Delta C_1}$ est voisine de 2.

Coaccentration de l'acide chromique	Concentration du sulf de quinine	ΔC	$\frac{\Delta C_2}{\Delta C_1}$
0,0625	1/2 0/0	7,0	4,26
0,425	1/2 0/0	8,8	4,26
0,0625	1/4 0/0	4,2	4,7
0,0625	1/2 0/0	7,0	4,7

Pour le sulfate de quinine, comme pour l'acide chromique, la valeur de *n* est ici égale à 4 environ :

L'activité de la réaction se traduit en résumé par $\frac{dx}{dt} = k \cdot J \cdot C$ Sulfate de quinine, *C* Acide chromique, *J* intensité de la lumière constitue encore une fonction de la concentration.

4. Un essai de l'action de certaines additions (sels, acides) montre un parallélisme entre l'augmentation de la fluorescence et la rapidité de la réaction.

(1) *Zeitsch. für phys. Chemie*, 37, 437, 1901.

5. L'influence de la température est toujours mise en parallèle avec l'influence de la lumière : toutes deux activent les réactions lentes. Toutefois leurs actions ne sont pas forcément égales. Ainsi, pour la décomposition de l'eau iodée, BODENSTEIN a trouvé :

$$\begin{aligned} \text{à la chaleur : } & 2 \text{ HL} = \text{H}^2 + \text{L}^2 \\ \text{à la lumière : } & \text{HL} = \text{H} + \text{L} \end{aligned}$$

Dans le premier cas, la réaction conduite dans l'obscurité et à une température de 98° a suivi le même ordre que la seconde faite à la lumière. Les produits de la réaction sont cependant différents dans les deux cas. L'auteur en tire cette conclusion que c'est là vraisemblablement le caractère propre de l'influence de la lumière sur les réactions en général.

Cette circonstance vient à l'appui, à savoir que les réactifs plus concentrés que l'on a fait agir à l'abri de la lumière ont un coefficient de température très faible entrant en ligne de compte pour la rapidité de la réaction (obscurité $\frac{k_t+10^\circ}{k_t} = 2 - 3$).

Sulfate de quinine + acide chromique $\frac{k_t+10^\circ}{k_t} = 1,06$ (L'auteur).

Acide oxalique + chlorure de fer $\frac{k_t+10^\circ}{k_t} = 1,07$ (LEMOINE, *Ann. Chim. Phys.*, 7, 433. 1893).

Styrol — Metastyrol $\frac{k_t+10^\circ}{k_t} = 1,36$ (Lemoine, *Compte rendu*, 129, 749).

Acide oxalique + chlorure de mercure $\frac{k_t+10^\circ}{k_t} = 1,12$ (EDER, *Handbuch*, 1, 2, 381).

EMANUEL GOLDBERG

(*Zeitschr. f. phys. Chem.*, 41, 1-10 1902, résumé traduit de *Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, Photophysik und Photochemie*).

Appareil et méthode pour la mesure de l'action de la lumière sur les plaques photographiques.

L'appareil employé par MM. F.-F. MARTENS et J. MICHELI est un spectrophotomètre semblable à celui de M. A. KÖNIG (1). Un disque de verre opalin éclairé par un bec Auer émet de la lumière vers deux prismes à réflexion totale qui renvoient vers la même lunette la lumière réfléchie ; on a ainsi deux faisceaux séparés. Sur le parcours de l'un d'eux, on interpose la substance absorbante. La compensation est obtenue par la rotation dans la lunette d'un prisme biréfringent placé derrière un prisme de Wollaston supposé fixé.

Si J est la quantité de lumière incidente, J_g la quantité de lumière traversant avant le développement la gélatine, J_{ag} la quantité de lumière qui traverse la gélatine contenant une certaine quantité d'argent, l'expression

$$Sa = 100 \frac{J_g - J_{ag}}{J_g}$$

représente par définition le *noircissement absolu*.

Si on remplace J_g par l'expression J_s , qui représente la quantité de lumière traversant la gélatine non exposée à la lumière, mais ayant été soumise au développement, l'expression

$$Sr = 100 \frac{J_s - J_{ag}}{J_s}$$

représente le *noircissement relatif*.

(1) *Wied. Ann.*, t. LIII, p. 785, 1894.

Les grandeurs appelées densité absolue :

$$\text{Dr} = \log \frac{\text{Jg}}{\text{Jag}}$$

et densité relative :

$$\text{Dr} = 2 - \log (100 - St)$$

sont déterminées pour une même plaque pendant un même temps d'éclairement, mais pour diverses valeurs de l'éclairement.

(Résumé par R. DONGIER pour le *Journal de physique des Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 4^e sér., t. XI, p. 472).

Combinaison de l'hydrogène et du chlore sous l'influence de la lumière.

Au début de l'action de la lumière, il y a une augmentation de volume due, contrairement à l'opinion de PRENGSHEIM, uniquement à une élévation de température, comme le thermomètre a permis de le constater.

La combinaison des deux gaz cesserait dès qu'on supprime l'action de la lumière.

La présence de vapeur d'eau accélère la combinaison et une exposition préalable du chlore à la lumière diminue le temps d'insolation nécessaire, tandis qu'une insolation de l'hydrogène ne produit aucun effet de ce genre.

L'auteur en conclut que le chlore et la vapeur d'eau subissent les premiers l'action de la lumière : on peut apercevoir la formation d'un brouillard avant celle du gaz chlorhydrique.

(P.-V. BEVAN, *Proc. Roy. Soc.*, 72B, 5-6, résumé par ENGLISCH dans *Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, Photophysic und Photochemie*).

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

ÉTUDE PHOTOGRAPHIQUE DE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE

PAR LE DR S. LEDUC

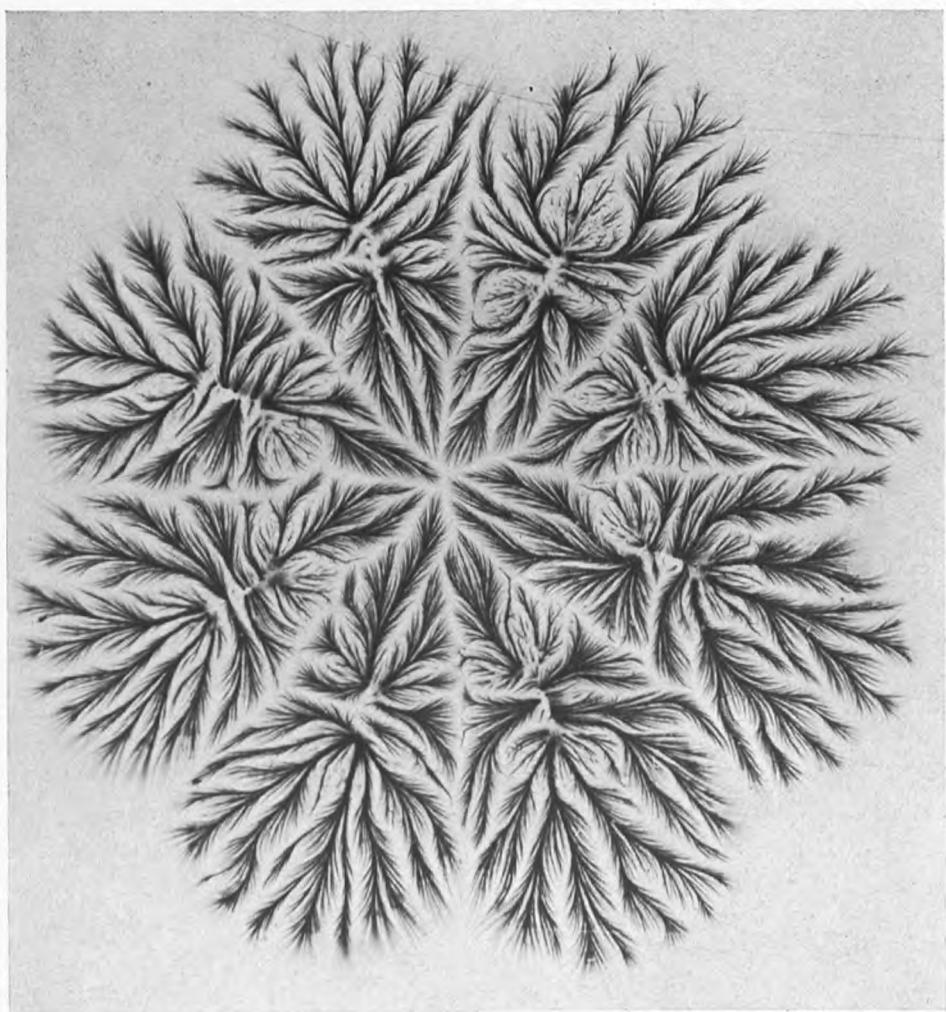
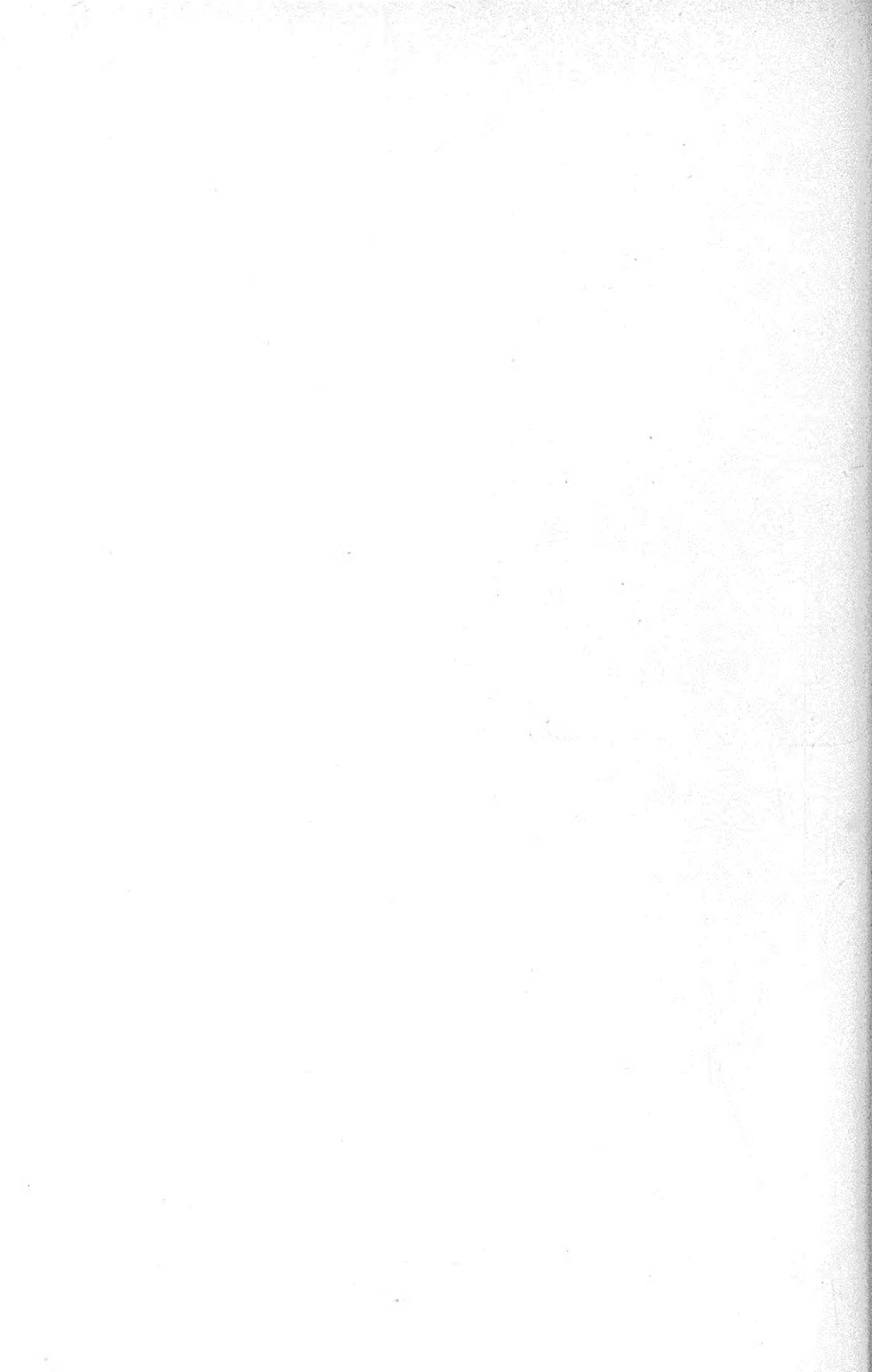


FIG. 1. — *Figure ornementale.*





ÉTUDE PHOTOGRAPHIQUE DE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE

Par le Docteur Stéphane LEDUC, de Nantes

En effectuant, dans la chambre noire, une décharge électrique sur la face sensible d'une plaque photographique, on obtient, au développement, l'image de la décharge. Nous avons fait une première communication sur ce sujet, au Congrès de Nantes, en 1898 ; depuis, nous en avons continué l'étude.

FIGURES ORNEMENTALES

On peut obtenir, par la décharge électrique, des motifs d'ornementation infiniment variés susceptibles d'être utilisés par les arts décoratifs (fig. 1), pouvant rivaliser avec ceux fournis par le kaléidoscope ou empruntés aux formes de la nature. Opérant à la lumière rouge, on place, sur la face sensible d'une plaque photographique, un cachet découpé suivant le dessin que l'on veut reproduire ; à l'aide d'un fin tamis, on saupoudre une poudre fine, féculle, amidon, oxyde métallique, etc. ; après l'enlèvement du cache, la poudre dessine, sur la face sensible, le dessin des creux que l'on peut compliquer en disposant régulièrement des conducteurs métalliques ; la plaque est placée sur une feuille métallique en rapport avec l'armature externe d'une des bouteilles de Leyde, d'une machine de Wimshurst ; une pointe, en communication avec l'armature externe de la seconde bouteille, est placée, perpendiculairement à la surface sensible au milieu du dessin ; on fait éclater une petite étincelle entre les deux pôles de la machine en rapport avec les armatures internes. La surface sensible doit être préservée par un écran du voile que lui causerait l'étincelle de décharge — on développe et l'on voit apparaître un dessin ornemental varié, suivant les conducteurs métalliques, l'ensemencement et la nature de la poudre, la tension et la quantité d'électricité de la décharge, l'état hygrométrique et la température de l'air, etc., etc. ; l'imprévu du résultat ajoute au charme de cette opération. On peut donner aux dessins métalliques ou pulvérulents la forme de lettres et de mots, et obtenir des lettres ornementales pouvant rivaliser avec les créations des artistes.

PHOTOGRAPHIE DES CHAMPS ÉLECTRIQUES

De nombreuses tentatives ont été faites pour obtenir des représentations concrètes des champs électriques, des spectres électriques analogues aux spectres magnétiques. Les résultats obtenus sont restés très imparfaits. La photographie donne au contraire la représentation très satisfaisante des champs électriques. On peut obtenir les images des spectres électriques par la photographie des décharges silencieuses ; la pointe et la lame métalliques sont alors disposées par rapport à la plaque photographique comme il est décrit dans le paragraphe précédent et mis directement en communication avec les pôles de la machine. Pour photographier les décharges explosives la pointe et la plaque métalliques sont unies aux armatures externes des bouteilles de Leyde comme pour les décharges ornementales. Une pointe métallique, reposant

sur le milieu de la face sensible, donnera un spectre électrique monopolaire, positif ou négatif. Deux pointes, en rapport avec le même conducteur, donneront un spectre bi-polaire entre deux pôles de même nom positifs ou négatifs. Deux pointes en rapport avec chacun des deux conducteurs de signes contraires donneront le spectre entre deux pôles de noms contraires. Cette dernière photographie est la plus difficile à obtenir, elle exige en particulier l'emploi de petites quantités d'électricité.

En employant des pointes multiples, on obtiendra les photographies des champs électriques multipolaires.

Il est inutile d'insister sur les avantages que présentent pour l'enseignement ces photographies des champs électriques que l'on peut projeter sur l'écran.

L'emploi de la photographie nous a permis de découvrir une forme nouvelle de la décharge électrique : l'*étincelle globulaire ambulante*, décrite dans notre communication au congrès de l'AFAS, Boulogne-sur-Mer, 1899.

La photographie de la décharge glissante, faite en appliquant une plaque photographique contre la tige, montre que la décharge positive a une certaine épaisseur, l'image est formée de branches se détachant de la tige sur une certaine longueur, et se courbant pour rejoindre la surface sur laquelle s'effectue la décharge. La décharge négative voile la plaque, mais ne donne aucune image en hauteur.

Si deux tiges à pointes, en rapport chacune avec l'une des armatures externes, sont appliquées en face l'une de l'autre, sur la face sensible d'une plaque bien isolée de tout conducteur, chaque pointe est entourée d'un gros globule lumineux dont on obtient l'image au développement. On peut approcher ces deux globules presque jusqu'au contact sans observer de décharge entre eux, mais dès que l'on place une lame conductrice sur la face non sensible, la décharge silencieuse entre les deux pointes se fait à une distance bien plus grande.

Malgré que l'étincelle électrique soit un des phénomènes les plus anciennement connus et le plus étudié de l'électricité, nous sommes peu instruits sur ses caractères et sa constitution ; les particularités mêmes de ses traits nous échappent, l'étincelle est trop rapide et les détails de ses traits sont trop fins pour que notre œil puisse les saisir ; la plaque photographique avait, jusqu'à présent, été impuissante à nous révéler les fins détails de l'étincelle, qui étaient complètement effacés par le voile produit par la lumière des gros traits. Nous avons trouvé le moyen d'éviter ce voile, d'enregistrer les dessins les plus délicats jusqu'au contact des traits les plus lumineux, les photographies ainsi obtenues apportent des indications précises sur des questions depuis longtemps discutées. Pour empêcher le voile, il faut d'abord supprimer le halo, par l'emploi de plaques antihalo ; cette précaution toutefois est insuffisante, nous la complétons en noyant la plaque et effectuant la décharge dans de l'oxyde rouge de mercure comprimé. La figure 2 montre l'image ainsi obtenue entre deux pointes perpendiculaires à la surface de la plaque ; c'est une figure nouvelle de la décharge électrique, qu'elle montre formée de trois parties : autour de chaque pointe une auréole caractéristique du signe positif ou négatif de la pointe, puis des traits allant d'une pointe à l'autre. Les particules qui tracent les auréoles se comportant différemment de celles qui tracent les traits, ces particules sont nécessairement dans des états électriques différents. Les auréoles semblent formées par les molécules d'air attirées par chaque pointe ; ces auréoles sont rayonnées, elles arrivent au contact l'une de l'autre sans s'influencer sensiblement : tandis que les traits ne dépendent que de la différence de potentiel entre les deux pointes, les auréoles

ÉTUDE PHOTOGRAPHIQUE DE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE
PAR LE DR S. LEDUC

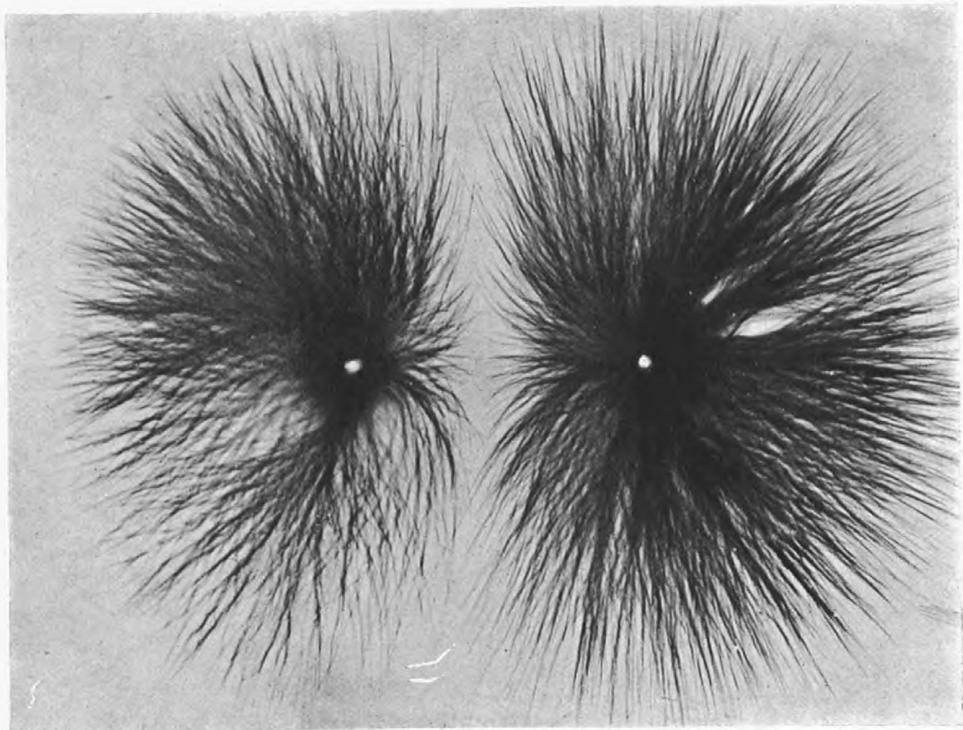


FIG. 2. — Champ électrique entre deux pôles de même nom

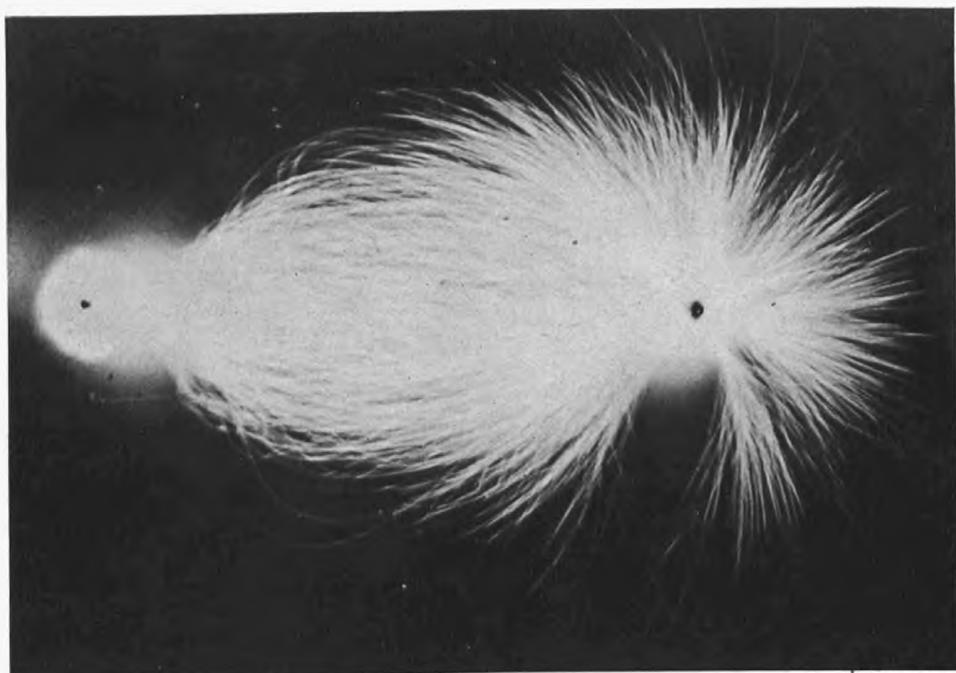
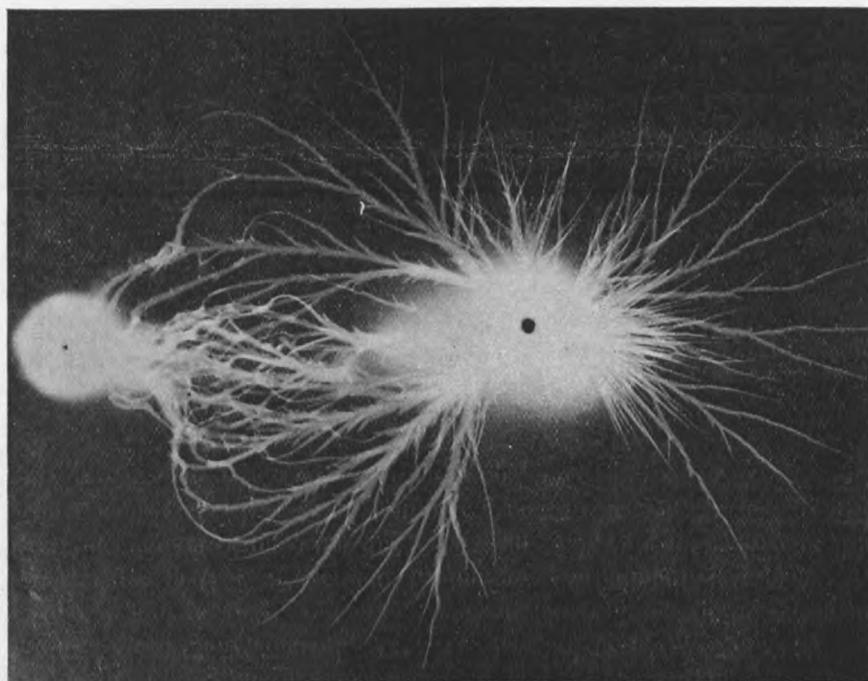


FIG. 3. — Champ électrique entre deux pôles de noms contraires

CONSERVATOIRE DES ARTS & MÉTIERS
CD bibliotheque centrale

dépendent de la différence entre le potentiel de la pointe et celui de l'air environnant ; si l'on effectue la décharge sous la même tension, une pointe étant mise à la terre, l'auréole de cette pointe est très réduite ; l'autre auréole est augmentée dans les mêmes proportions. Les traits, allant d'une pointe à l'autre, sont évidemment tracés par les particules électrisées, par les ions, et, ainsi que nous le démontrerons plus loin, ces particules semblent former un double courant se comportant d'une façon bien différente de celle par laquelle nous nous représentons la marche des ions dans l'électrolyse. La figure 3 représente une étincelle en trait entre deux pointes placées vis-à-vis l'une de l'autre, cette étincelle est accompagnée de son auréole, dont, pour la première fois, se trouvent photographiés les caractères et les détails. L'auréole est différente dans chaque moitié de l'étincelle, différente par l'aspect et



Décharge exclusivement positive.

par la direction des traits, les lignes de l'auréole sont, de part et d'autre du trait, inclinées de façon à représenter une pointe de flèche dirigée vers la tige d'où émane la décharge. Comment peut-on interpréter les caractères que présente la photographie de cette étincelle en trait avec son auréole ? Si l'on admet que le trait est tracé par les particules ayant pris, au contact de chaque pointe, des charges de même signe que cette pointe, étant par suite repoussées par cette pointe et attirées par l'autre ; ces particules, ayant des charges électriques sur leur trajet, attirent à elles les molécules neutres qui, se dirigeant vers la pointe, tracent l'auréole du trait ; si l'on remarque qu'au milieu de l'étincelle, il y a une zone neutre, sans auréole, que d'autre part dans chaque moitié l'aspect et la direction des traits de l'auréole sont absolument différents, caractéristiques, du signe de la charge, il faut admettre qu'au milieu de l'étincelle, les particules des deux moitiés du trait, lancées les unes contre les autres

avec des charges contraires, se neutralisent. En constituant l'une des électrodes par une pointe, l'autre par une plaque, on peut obtenir la décharge faite exclusivement dans un sens, de la pointe vers la plaque, ainsi que le montre l'auréole du trait n'ayant dans toute la longueur que les caractères de la décharge positive (fig. 4), ou de la décharge négative (fig. 5).

Ainsi se trouvent élucidés, par la photographie, les phénomènes dynamiques et cinétiques de l'étincelle électrique, et l'interprétation à laquelle on se trouve conduit a le très grand avantage d'être en conformité parfaite avec les lois générales de l'électricité.

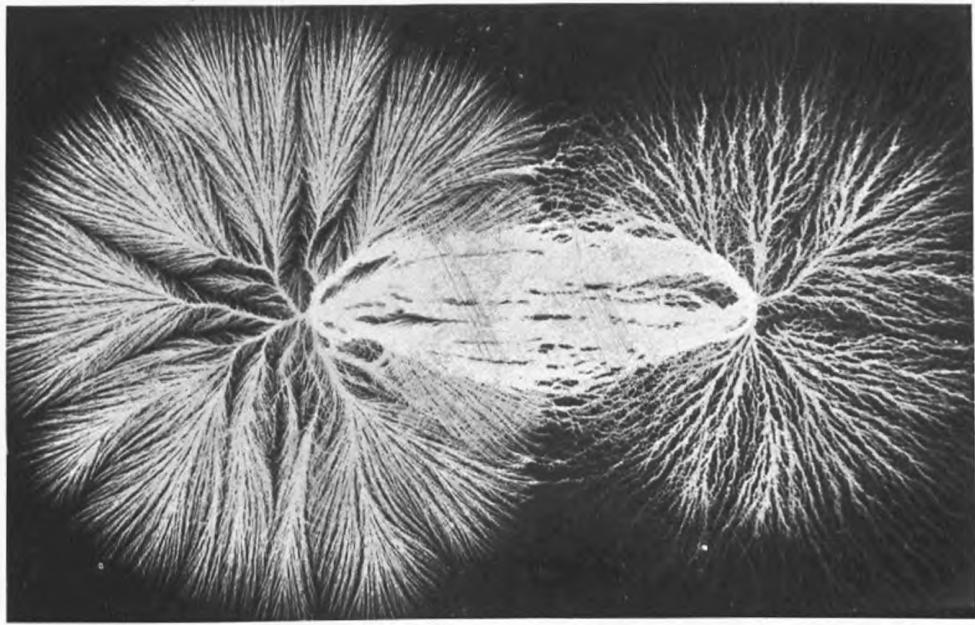
La production de ces décharges et l'obtention de ces photographies est subordonnée à la présence d'une feuille métallique sous la plaque photographique du côté non sensible. Il ne nous semble pas que l'influence de cette feuille métallique trouve son explication dans les faits connus de l'électricité.

L'action du champ électrostatique de deux pôles de noms contraires, sur les corps légers et les molécules d'air, est bien différente de l'action du champ magnétique de deux pôles de noms contraires sur la limaille de fer, cette dernière n'est qu'une action d'orientation tandis que le champ électrostatique provoque des mouvements d'attraction et de répulsion. Cette différence est bien exprimée dans la fig. 6 qui peut être comparée à celle de trois champs magnétiques superposés; l'auréole autour de chaque pointe est comparable à un champ magnétique monopolaire exprimant l'attraction du pôle sur la limaille de fer, les traits unissant les deux pôles seraient l'analogie du champ magnétique bi-polaire, entre deux pôles de noms contraires.

Le champ électrostatique présente une bien plus grande analogie avec les champs de diffusion dans les liquides, que nous avons décrits au Congrès de Montauban, qu'avec les champs magnétiques. Dans les champs de diffusion liquides on observe exactement les mêmes mouvements que dans les champs électriques et, il n'est pas une particularité dynamique, cinétique, ou graphique des champs électriques, que nous ne puissions reproduire par la diffusion des liquides. L'existence d'une pareille similitude est impossible sans une analogie de nature, et l'étude des phénomènes de diffusion semblerait devoir nous éclairer sur la nature des phénomènes électriques et sur les produits de l'éther.

(Communication au Congrès tenu à Grenoble (1904) par
l'Association française pour l'avancement des Sciences).

ÉTUDE PHOTOGRAPHIQUE DE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE
PAR LE DR S. LEDUC



Auréole négative

Auréole positive

FIG. 4. — Photographie d'une décharge électrique complète, sans voile et sans halo : Etincelle entre deux pointes perpendiculaires à la surface de la plaque, montrant l'auréole autour de chaque pointe, et les traits entre les deux pointes.

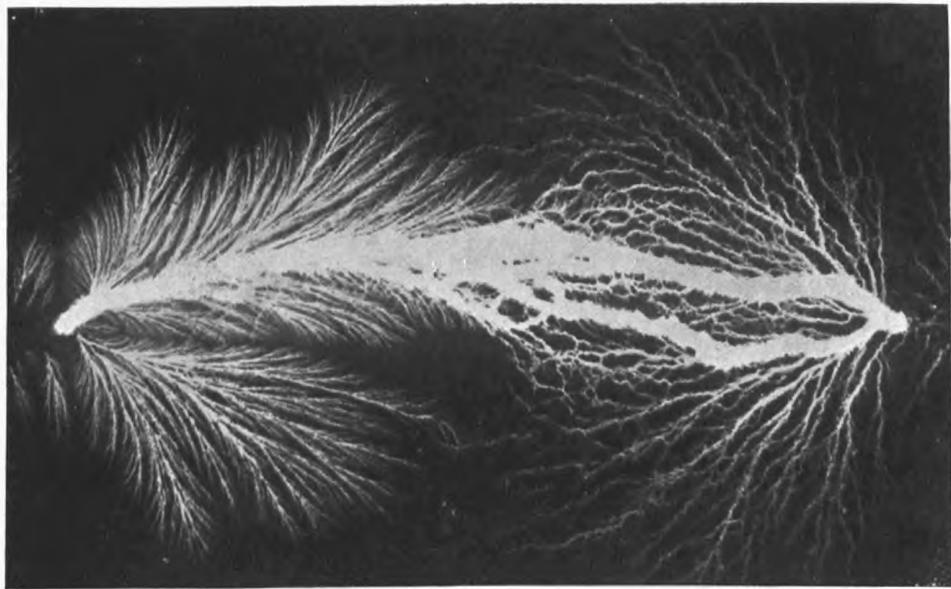


FIG. 5. — Étincelle en trait entre deux pointes placées vis-à-vis l'une de l'autre. L'auréole des traits est négative dans une moitié de l'étincelle, positive dans l'autre moitié.

SUR QUELQUES APPAREILS NOUVEAUX

DESTINÉS AUX ÉTUDES SENSITOMÉTRIQUES

ET RÉSUMÉ HISTORIQUE DES MÉTHODES EMPLOYÉES ANTÉRIEUREMENT

Par C.-L.-K. MEES et S.-E. SHEPPARD

(Suite)

Pour les essais commerciaux de la rapidité des plaques, la chambre noire était munie d'un écran compensateur bleu clair ramenant la composition spectrophotométrique de la flamme d'acétylène à celle de la lumière diurne diffuse ; de cette façon, lorsque l'on expérimente les plaques orthochromatiques, les résultats obtenus en lumière artificielle sont directement applicables en pratique courante, la composition de la lumière étant alors la même que la lumière naturelle vers le milieu de la journée ; faute de cette précaution, et par suite de l'excès de radiations jaunes dans la lumière des sources artificielles généralement utilisées pour ces essais, on trouve pour les plaques orthochromatiques des résultats erronés.

Le brûleur à acétylène H, précédemment décrit, est monté sur un support à mouvement universel K, et est entouré d'un manchon étanche à la lumière, mais bien ventilés muni d'un capuchon I ; ce brûleur est monté à l'avant de la chambre.

La source de lumière étant ainsi à courte distance de la plaque sensible, il est nécessaire d'effectuer une correction pour les variations de l'angle d'incidence du faisceau lumineux reçu en divers points de la plaque, cette correction prend une importance plus grande encore lorsque l'on introduit dans la chambre le verre dépoli diaphragmé ; on détermine aisément le facteur de correction pour chaque point de la plaque en exposant une plaque d'essai dans l'appareil après enlèvement du disque à secteurs, et mesurant de façon précise des densités aux divers points de cette plaque.

Cuve pour le développement à température constante. — Il est essentiel, tant pour l'étude des phénomènes du développement que pour les essais sensitométriques, de maintenir à température constante le révélateur employé ; on pourrait immerger la cuve de développement dans un grand récipient rempli d'eau tiède, comme l'a proposé M. DRIEFFIELD, mais il est plus commode d'utiliser un thermostat ; un thermostat est constitué par une assez grande masse d'eau, mise en circulation par un agitateur automatique et maintenue à température constante par une source de chaleur commandée par un régulateur automatique. Pour tirer tout le parti possible d'un tel dispositif, il est indispensable que le révélateur soit lui-même constamment en mouvement ; il serait peu commode d'utiliser dans ces conditions les cuvettes plates habituelles ; on adopta donc pour le développement un tube vertical, dans lequel la plaque tournait sur elle-même autour de l'axe. Nous rencontrâmes au début quelques difficultés à éviter la formation d'un voile ; nous croyons donc devoir indiquer quelques précautions essentielles.

1) Les gaz de la combustion, sortant du réchauffeur du thermostat, ne doivent pas pénétrer dans le laboratoire.

2) La vapeur d'eau qui peut s'échapper du thermostat ne doit pas pouvoir atteindre la plaque en expérience.

3) Le thermostat ne doit comprendre aucune pièce de zinc ou de plomb ; la présence de plomb en minime quantité dans les soudures n'est cependant pas gênante.

4) Le tube renfermant le révélateur doit être en verre ; il doit être protégé par un couvercle étanche à la lumière.

5) Les griffes dans lesquelles la plaque est saisie doivent être en ébonite ; on pourrait évidemment utiliser des supports de verre, d'argent ou de platine, mais l'ébonite est plus facile à travailler.

6) La vitesse de rotation de la plaque dans le révélateur doit être assez lente, trente révolutions par minute suffisant amplement.

Notre thermostat, imaginé sur nos indications par M. A. D. Cowper, satisfaisait à ces diverses conditions ; il comportait (fig. 41) une cuve en cuivre, étamé

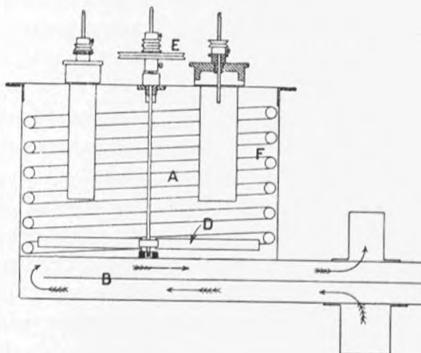


Fig. 41.

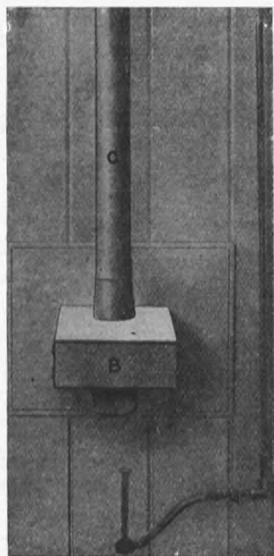


Fig. 42.

intérieurement, contenant environ 15 litres d'eau ; cette cuve est montée sur une seconde caisse constituant l'appareil de chauffage, et qui est disposée de telle sorte (fig. 42) que les gaz chauds se dégageant des brûleurs passent d'abord sous le thermostat, puis sont conduits au dehors par le tube d'échappement C ; le brûleur est placé dans une pièce voisine, et communique avec la boîte de chauffe par un tube traversant la muraille, comme le tube d'échappement ; un régulateur de température, au mercure, est plongé dans le thermostat ; le tube amenant le gaz au brûleur traverse ce régulateur avant de traverser la cloison pour se rendre au brûleur. La circulation de l'eau est assurée par un agitateur à quatre ailettes D (fig. 41) dont l'axe porte une poulie E reliée à un moteur, et diverses autres poulies pour la commande des porte-plaques rotatifs. Un serpentin F (fig. 43) entoure complètement le thermostat et permet, si le besoin est, de refroidir le thermostat

par un courant d'eau froide ; l'instrument comporte également un tube indicateur de niveau, des robinets de remplissage et de vidange et un thermomètre centigrade divisé en $1/10^{\circ}$ de degré :

Dans la paroi supérieure, d'ailleurs étanche, du thermostat, s'ouvrent quatre

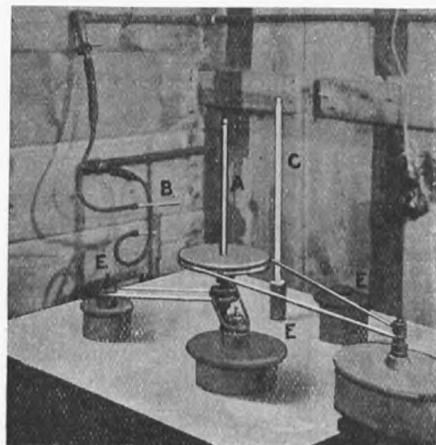


Fig. 13. — Le Thermostat (vu en plan). A, agitateur; B, thermorégulateur; C, thermomètre; E, tubes de développement.

tubes de cuivre noyés dans l'eau du thermostat ; les tubes de verre renfermant le révélateur entrent exactement dans ces manchons (fig. 14), et correspondent aux deux formats de plaques employées, leurs capacités respectives étant de 100 cc. pour

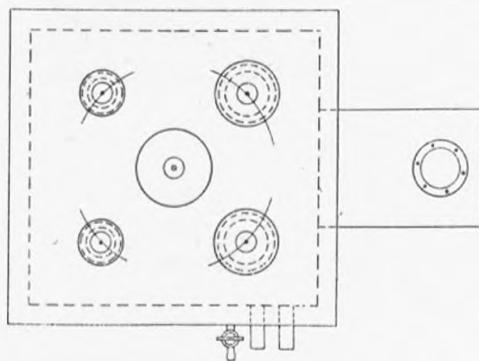


Fig. 14.

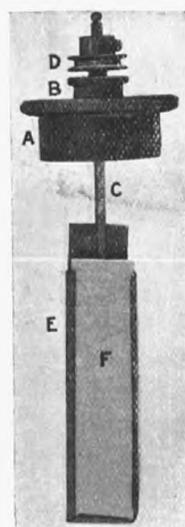


Fig. 15.

les plaques $25 \times 105^{\text{mm}}$ et de 200 cc. pour les plaques $36 \times 105^{\text{mm}}$. On ferme ces tubes au moyen de bouchons A en ébonite (fig. 15) au travers desquels les arbres B viennent actionner les porte-plaques E, formés d'une feuille mince d'ébonite dont les bords inférieurs et latéraux ont été pliés à l'eau chaude de façon à constituer

feuillures ; ce dispositif de fixation des porte-plaques sur l'arbre de rotation permet à l'occasion d'adosser l'un à l'autre deux porte-plaques. Le mouvement est communiqué de l'arbre central de l'agitateur à chacun des quatre porte-plaques au moyen d'un bracelet de caoutchouc sans fin qui passe sur chacune des poulies, comme le montre la figure 43.

Notre mode de développement est le suivant : un tube est rempli d'eau distillée et l'autre de révélateur normal (1) ; on les abandonne pendant une demi-heure dans le thermostat, pour assurer l'équilibre de température, nos essais étant effectués à la température constante de 20° C. La plaque, engagée dans son porte-plaque, est mise deux minutes dans le tube à eau distillée puis dans le révélateur pendant le temps convenable, et enfin une minute à nouveau dans l'eau distillée avant d'être fixée. Toutes les mesures de temps sont effectuées au moyen d'un chronographe compteur, à arrêt et remise en marche facultatifs ; le laboratoire est éclairé, quand besoin est, par une très faible lumière rouge.

(A suivre).

Traduction L.-P. CLERC.

(1) Ce révélateur indiqué par un article précédemment publié par les auteurs (*Photographic Journal*, juillet 1903, page 499) est obtenu en mélangeant 484 grammes d'oxalate neutre de potassium dissous dans 900 cc. d'eau, et 27 gr. de sulfate ferreux cristallisé, dissous dans 100 cc. d'eau renfermant 4 cc. d'acide sulfurique pur ; après mélange on obtient une solution décinormale d'oxalate ferreux dans une solution binormale d'oxalate de potassium.

ÉTUDE PHOTOGRAPHIQUE DE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE
PAR LE DR S. LEDUC

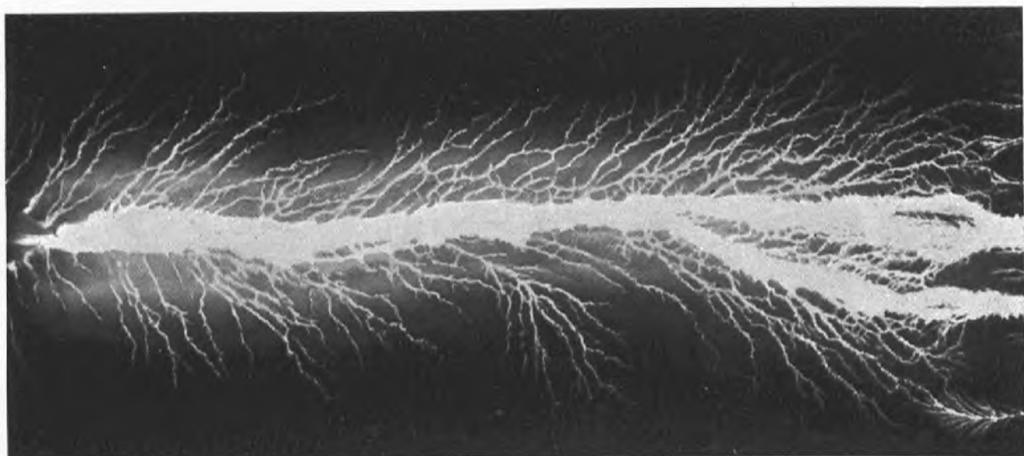
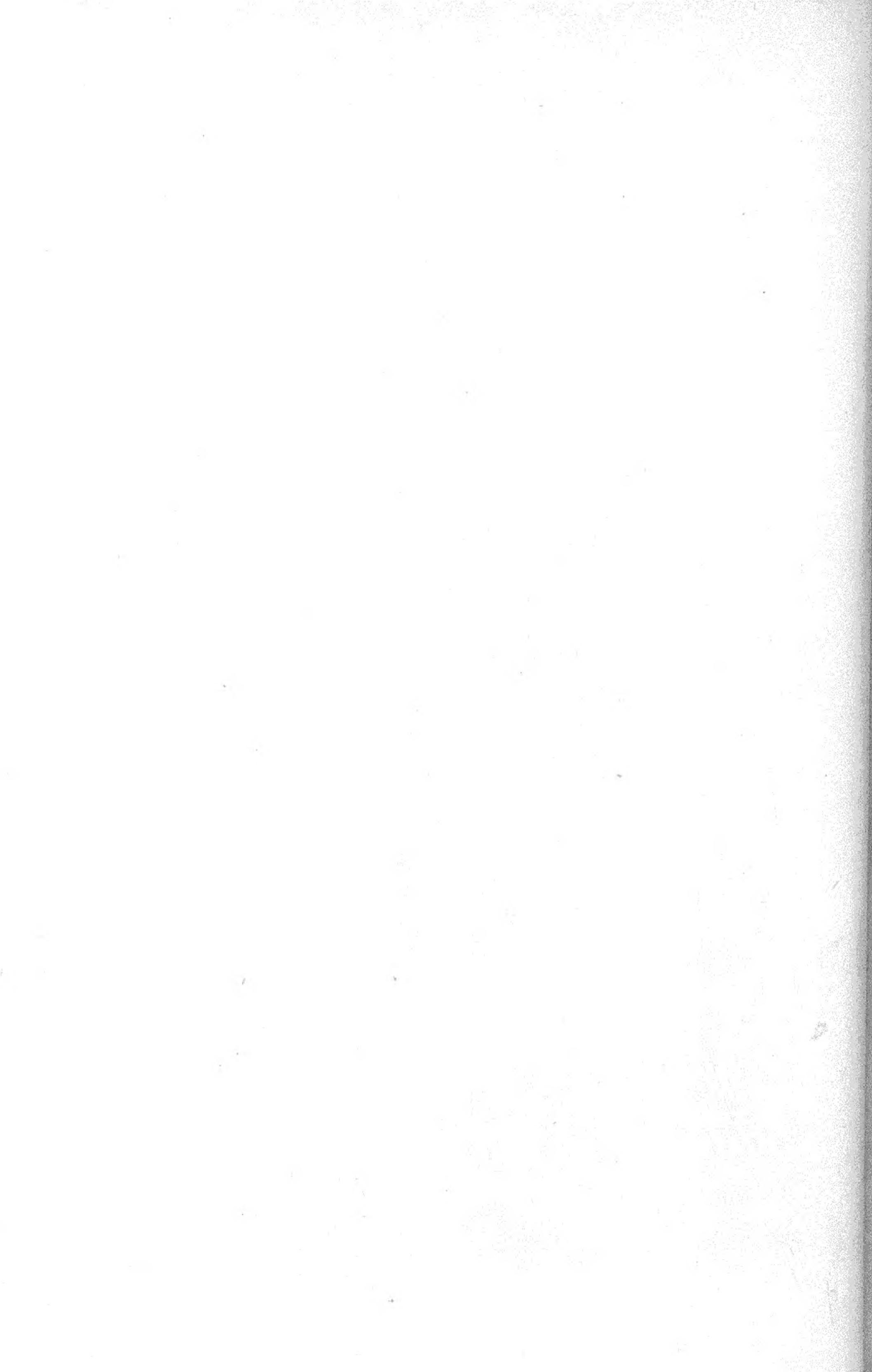


FIG. 6. — Étincelle en trait. L'auréole du trait est positive sur toute sa longueur



FIG. 7. — Étincelle en trait. L'auréole du trait est négative sur toute sa longueur





SUR LA COMPOSITION DES IMAGES ARGENTIQUES VIRÉES AVEC DIVERS SELS MÉTALLIQUES

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ

Les images photographiques obtenues par développement sont susceptibles, comme on le sait, d'être virées en couleurs variées au moyen de divers sels métalliques.

Les seuls bains de virage de ce genre utilisés pratiquement sont obtenus avec les sels d'urane, de fer et de cuivre. Jusqu'ici la composition des images formées par virage avec les sels métalliques précités n'avait pas été déterminée. Nous avons pensé que cette question présentait un certain intérêt et nous nous sommes livrés à l'analyse des images virées avec les sels d'urane, de fer et de cuivre. Nous avons, d'autre part, comparé les résultats obtenus à ceux qui découlent des hypothèses les plus vraisemblables qu'on peut faire sur ces réactions.

Parmi les nombreuses formules de virage aux sels d'urane, de cuivre et de fer, qui ont été préconisées et qui pour un même sel métallique conduisent à des tonalités très voisines, nous avons choisi celles qui ont été adoptées dans les produits connus dans le commerce sous le nom de *Chromogènes Lumière*. Ce sont des mélanges en poudre pouvant être conservés sans altération et qui renferment les divers réactifs susceptibles de produire le virage dans les meilleures conditions possibles.

Méthode d'analyse. — Dans ces essais, on a soumis à l'action des virages 12 phototypes ordinaires 43×18 obtenus par développement de plaques Lumière (étiqueté bleue) au gélatino-bromure d'argent. Ces phototypes ont été lavés complètement pour éliminer toute trace d'hyposulfite de soude, puis soumis pendant une heure et demie à l'action du bain de virage de façon à produire la transformation de l'argent de l'image d'une façon aussi complète que possible.

Après virage, les plaques ont été lavées jusqu'à élimination complète de l'excès de réactif, c'est-à-dire jusqu'à décoloration complète des parties transparentes de la plaque.

La couche a été ensuite détachée du verre, lavée de nouveau en pressant la gélatine dans un nouet jusqu'à élimination de tout sel soluble, puis séchée et incinérée. Le résidu de l'incinération a été épousseté à l'eau chaude et on a dosé la potasse dans cette solution, à l'état de chloroplatinate. Le résidu, dissous dans l'acide nitrique bouillant, a permis de doser les éléments après les avoir séparés. On a analysé, d'autre part, le résidu insoluble dans l'acide nitrique (chlorure d'argent). Enfin on a vérifié l'exactitude de cette méthode en dosant les éléments du ferrocyanure pur.

Certains résultats douteux ont été contrôlés par une nouvelle analyse faite soit sur des images virées comme ci-dessus, soit sur de l'argent précipité à l'état très divisé (réduit par la formaldéhyde) et mis en contact pendant plusieurs jours avec

les bains de virage, puis lavé complètement pour éliminer tout excès de bain de virage (4).

Composition des chromogènes. — Les divers mélanges que nous avons désignés sous le nom de Chromogènes renferment tous un composé commun : le ferrocyanure de potassium, destiné à réagir sur l'argent en se transformant en ferricyanure et un sel métallique qui réagit à son tour sur ce ferrocyanure et duquel dépend la couleur de l'image virée. Ce sel est le citrate ferrique pour le virage au fer, le nitrate d'urane pour le virage à l'urane et le chlorure de cuivre pour le virage au cuivre. Ces deux derniers virages sont, en outre, additionnés d'un acide organique destiné à dissoudre le ferricyanure d'argent formé par l'action du ferricyanure de potassium en excès sur le sel d'argent soluble qui prend naissance pendant le virage. Si l'on ne dissolvait pas le précipité de ferricyanure d'argent, il tacherait les blanches de l'image.

Le virage au cuivre est additionné de citrate de potassium destiné à dissoudre le ferricyanure de cuivre insoluble dans l'eau qui se forme par le mélange du sel de cuivre avec le ferricyanure de potassium. La nécessité d'employer le citrate de potassium empêche d'ajouter à ce virage, comme aux précédents, un acide organique, car le ferricyanure de cuivre ne se dissoudrait plus dans le citrate de potassium. C'est pourquoi on emploie un sel de cuivre (chlorure) dont l'acide ne peut pas former de sel d'argent soluble, ni par suite, de ferricyanure d'argent insoluble.

Analyse des images virées. — Avant de procéder à l'analyse des images virées, nous avons déterminé la composition des images traitées par le ferricyanure de potassium seul, afin de rechercher si dans cette opération, qui peut être considérée comme la première phase dans les trois espèces de virage, il se forme du ferrocyanure d'argent pur ou un ferrocyanure double d'argent et de potassium.

Voici les résultats obtenus :

	Résultats trouvés % des métaux contenus dans le mélange		Résultats calculés pour les formules suivantes :	
	N° 1	N° 2	$K^3 \equiv Ag \equiv (CAz)^6 = Fe$	$Ag^4 \equiv (CAz)^6 = Fe$
Argent	79,38	77,35	Argent.	38,43
Fer	19,22	20,99	Fer.	49,93
Potassium.	4,38	4,65	Potassium . . .	41,63

Ces nombres paraissent indiquer que l'argent se substitue à la presque totalité du potassium et que l'image n'est pas formée par un composé défini, mais qu'elle résulte plutôt d'une réaction incomplète.

(4) Les analyses faites sur de l'argent précipité traité par le ferricyanure de potassium ainsi que par les divers chromogènes n'ont donné des résultats intéressants que dans le traitement avec le ferricyanure de potassium seul. Dans tous les autres cas, la réaction a été très incomplète et on a retrouvé une notable quantité d'argent non transformé.

On a également analysé le produit de la réaction du ferricyanure de potassium sur de l'argent très divisé après avoir laissé ce dernier en contact pendant deux jours avec la solution de ferricyanure. On a obtenu les résultats suivants :

Argent	88,66 0/0
Fer	40,57 0/0
Potassium	0,76 0/0

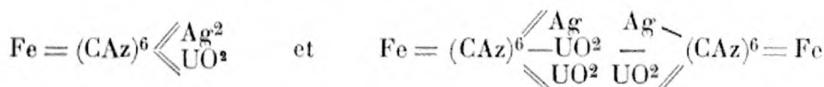
Ces nombres sont très voisins de ceux calculés pour le ferrocyanure d'argent. La réaction a donc été plus complète dans ce cas qu'en présence de la gélatine qui sert de substratum à l'image. On peut donc admettre qu'il se forme du ferrocyanure d'argent.

Voici les résultats trouvés pour l'analyse des images virées avec les trois espèces de virage. Les nombres obtenus ont été rapportés à 100 gr. des métaux contenus dans le mélange. Dans le virage au cuivre, on a obtenu, outre les métaux à l'état de ferrocyanure, un résidu important insoluble dans l'acide nitrique qui est constitué par du chlorure d'argent.

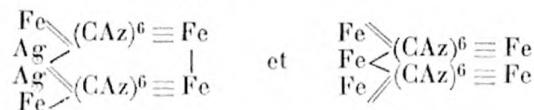
	VIRAGE AU FER	VIRAGE A L'URANE	VIRAGE AU CUIVRE	NOTA. — Dans l'image virée au cuivre, on a trouvé également du chlorure d'argent qui est resté insoluble dans le traitement par l'acide nitrique. Le poids d'argent contenu dans ce chlorure est un peu supérieur à celui trouvé à l'état de ferrocyanure (120 gr. pour 100 gr.) On n'en a pas tenu compte dans le calcul centésimal, de la composition de l'image indiquée ci-contre.
	AU FER	A L'URANE	AU CUIVRE	
Fer	67,33	21,89	30,99	
Argent	31,39	30 " "	36,58	
Potassium	0,76	4,22	4,39	
Uranium		46,89	" "	
Cuivre			28,04	
	400 "	400 "	400 "	

Si l'on compare les nombres trouvés à ceux qui correspondent aux formules des corps pouvant normalement prendre naissance par l'action du ferrocyanure d'argent (formé dans la première phase du virage) sur les divers sels métalliques constituant les agents proprement dits du virage, on ne trouve aucune concordance avec les chiffres des analyses. Dans tous les cas les nombres trouvés paraissent intermédiaires entre ceux correspondant à deux formules : l'une dans laquelle l'argent est substitué en partie par le métal produisant le virage, l'autre dans laquelle cette substitution est complète. La très faible teneur en potassium trouvée dans les trois espèces d'image étant de beaucoup inférieure à celle qui correspond aux formules renfermant la plus petite quantité possible de ce métal, on peut en conclure qu'on a affaire au résidu d'une transformation incomplète.

Les images virées à l'urane renferment donc de l'uranium, du fer, de l'argent et une petite quantité de potassium. Leur composition paraît correspondre à une formule intermédiaire entre les deux suivantes :

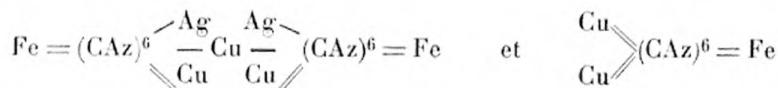


Les éléments trouvés dans les images virées au fer sont le fer, l'argent et une petite quantité de potassium. Leur composition paraît correspondre à une formule intermédiaire entre les deux suivantes :



Enfin, dans les images virées au cuivre, on a trouvé du cuivre, du fer, de l'argent, une petite quantité de potassium, et enfin une notable proportion de chlorure d'argent libre.

Les résultats de l'analyse permettent de supposer que l'image correspond, sans tenir compte du chlorure d'argent libre, à une formule intermédiaire entre les deux suivantes :



SUR UN NOUVEAU VIRAGE AU PLOMB ET AU COBALT

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ

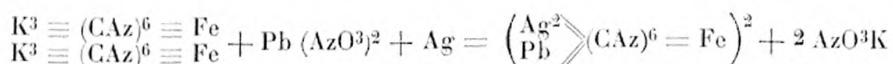
« En étudiant l'action des solutions renfermant plusieurs sels métalliques sur l'image argentique, nous avons pu obtenir des épreuves colorées en vert, en les traitant successivement par un premier bain de ferricyanure de potassium additionné de nitrate de plomb, puis par une solution de chlorure de cobalt en liqueur fortement acidulée par l'acide chlorhydrique ; l'épreuve n'est soumise à l'action du deuxième bain qu'après avoir été lavée convenablement pour en éliminer toute trace de réactif provenant du premier.

Voici la composition des solutions que nous avons employées :

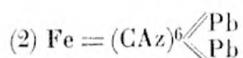
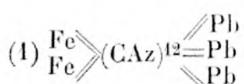
1)	Eau	1000
	Ferricyanure de potassium . .	60
	Nitrate de plomb	40
2)	Eau	1000
	Chlorure de cobalt	100
	Acide chlorhydrique	300

On laisse l'épreuve dans le premier bain jusqu'à ce qu'elle ait complètement blanchi (1), puis on la lave abondamment de façon à obtenir des blancs d'une pureté parfaite. Si elle n'est pas lavée suffisamment après le premier bain, les blancs se colorent dans le deuxième. L'épreuve est plongée pendant une ou deux minutes dans la solution de chlorure de cobalt acide. Elle prend immédiatement un ton très brillant sans coloration des blancs. On la lave ensuite pour éliminer l'excès de réactif. »

Si l'on examine les réactions susceptibles de se produire dans ces virages, on peut supposer que, dans la première phase il se forme un ferrocyanure double d'argent et de plomb, d'après l'équation suivante :

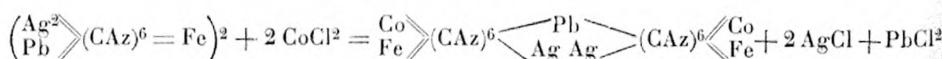


Si la substitution du plomb est plus complète on peut avoir successivement les composés :

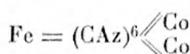


(1) Il faut employer des images très fortement développées si l'on veut avoir des tons verts vigoureux.

Dans la deuxième phase de la réaction, le ferrocyanure double de plomb et d'argent donne, avec le chlorure de cobalt, des chlorures d'argent et de plomb et le cobalt se substitue en partie au plomb et à l'argent. On a donc finalement une image qui renferme du plomb, de l'argent, du fer et du cobalt à l'état de ferrocyanure, ainsi que des chlorures d'argent et de plomb. On peut, par exemple, représenter la réaction par l'équation suivante :



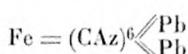
La réaction se poursuivant, on peut supposer que le cobalt tend à se substituer totalement à l'argent et au plomb pour donner finalement le composé suivant :



Pour vérifier ces hypothèses, on a fait l'analyse des images après le premier virage dans le ferricyanure de potassium additionné de nitrate de plomb.

On a trouvé les résultats suivants :

Les résultats trouvés paraissent indiquer que l'image virée au ferricyanure de potassium et au nitrate de plomb, a une composition voisine de la formule (2), mais renferme pourtant plus de plomb et moins d'argent. Cette composition serait donc intermédiaire entre celle correspondant à la formule (1) et celle de la formule (2) où il y aurait substitution totale du plomb à l'argent.



L'analyse des images virées d'abord au ferricyanure de potassium et au nitrate de plomb puis au chlorure de cobalt, a été faite dans les mêmes conditions que celles des autres images virées précédemment.

On a obtenu une quantité importante de chlorure d'argent (plus du double de celle trouvée dans le dosage de l'argent du ferrocyanure) qui est restée insoluble dans

l'acide nitrique. Voici les nombres trouvés pour l'analyse des éléments solubles dans l'acide nitrique. L'argent a été dosé à l'état de chlorure, le plomb et le cobalt à l'état de sulfure, le fer à l'état d'oxyde.

Résultats trouvés dans 100 gr. des éléments		Résultats calculés pour les formules	
		$(\text{CAz})^6 \begin{array}{c} \diagup \\ \text{Pb} \\ \diagdown \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ \text{Ag} \\ \diagdown \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ \text{Ag} \\ \diagdown \end{array} (\text{CAz})^6$	$\text{Fe} = (\text{CAz})^6 \begin{array}{c} \diagup \\ \text{Co} \\ \diagdown \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ \text{Co} \\ \diagdown \end{array}$
Cobalt	42,24	48,07	51,30
Fer	23,29	47,45	48,68
Plomb	17,34	31,69	"
Argent	46,36	33,07	"
Potassium	0,23	"	"

En comparant les résultats trouvés à ceux calculés, en supposant que le cobalt se soit substitué au plomb et à l'argent, on ne trouve pas de formule vraisemblable concordant avec la composition centésimale trouvée.

On peut supposer que les réactions sont partielles et que la composition trouvée correspond à une substitution incomplète des métaux. Néanmoins, ces résultats sont insuffisants pour permettre de faire des hypothèses assez certaines sur la constitution des images virées au plomb et au cobalt.

ACTION DE LA LUMIÈRE SUR LE CHLORURE D'ARGENT

L'action de la lumière sur le chlorure d'argent a été fort étudiée, surtout dans ces dernières années; mais, jusqu'ici, le mécanisme de cette transformation n'est pas connu. Dans l'étude que nous allons faire de cette question, nous ne citerons pas tous les auteurs ayant étudié l'action de la lumière sur le chlorure d'argent (cela nous entraînerait trop loin), nous ne ferons qu'indiquer les travaux les plus importants sur ce sujet.

C'est à SCHEELE que nous devons la première observation; cet illustre chimiste reconnut en 1877 que le chlorure d'argent blanc se colore à la lumière en violet foncé; en 1784, SENNEBIER montra que cette décomposition avait lieu à toutes les températures, dans le vide de Torricelli, dans l'air sec comme dans l'air humide.

En 1814, FISCHER reconnut que cette action se produisait même à la température de 18° Réaumur en tube scellé, l'air étant humide ou parfaitement sec; puis les recherches des chimistes continuant, on remarqua qu'un grand nombre de substances, comme l'alcool, l'éther, etc., favorisaient l'action de la lumière; qu'un certain nombre d'autres, au contraire, diminuaient ou même arrêtaient cette action; parmi ces substances se trouvaient le bichlorure de mercure, l'acide chlorhydrique fumant, le perchlorure de fer, le bichlorure de cuivre, etc.

BUNSEN et Roscoë, dans leur beau travail sur l'activité chimique de la lumière, reconnurent qu'il n'y avait pas proportionnalité entre la coloration du chlorure d'argent et l'intensité lumineuse cinq fois plus grande, la coloration du chlorure n'est que de 2,3 fois plus forte.

Jusqu'ici, tous les observateurs sont sensiblement d'accord sur les phénomènes observés qui sont relativement simples; mais à mesure que les observations deviennent plus nombreuses, les expériences deviennent plus difficiles à reproduire, et souvent même, les résultats obtenus par deux observateurs différents sont contradictoires.

L'action de la lumière sur le chlorure d'argent a été considérée, par un certain nombre d'observateurs, comme étant un phénomène de dissociation, la lumière remplaçant la chaleur; dans ces conditions, le chlore doit se dégager à l'état gazeux ou se dissoudre dans les liquides avec lesquels il est en contact; et le poids de chlore éliminé devrait être proportionnel à la durée de l'action lumineuse; mais les différents observateurs ont toujours trouvé des pertes de Cl très faibles même au bout d'un temps d'exposition très long à la lumière. Ainsi FISCHER avait trouvé une perte de $\frac{2}{1000}$ et VOGEL une perte de $\frac{12}{1000}$ de chlore. CAREY LEA n'a trouvé que $\frac{1}{100}$ de chlorure d'argent transformé en sous-chlorure, et cependant, d'après TOMMASI, le chlorure coloré en violet par la lumière est de plusieurs centièmes plus pauvre en chlorure que le chlorure blanc.

Riche, après une exposition du chlorure d'argent pendant dix-huit mois au soleil, obtint un produit correspondant à peu près à la formule Ag^3Cl^2 et il conclut de cette

analyse que le produit d'altération du chlorure est Ag^2Cl qu'on admet ordinairement à cause de la simplicité de sa formule.

D'après FISCHER, WETZLAR, VOGEL, CAREY LEA, BECQUEREL, le produit d'altération du chlorure d'argent par la lumière est une combinaison moins chlorurée, et non pas un mélange d'argent et de chlorure, car l'acide nitrique étendu n'en extrait pas d'argent ; cependant, ils admettent qu'il peut y avoir de l'argent métallique mélangé par une très longue exposition à la lumière au chlorure d'argent, ou par la présence du nitrate d'argent ou de matières organiques.

D'autres chimistes, au contraire, comme de BIBRA, n'observant qu'une perte insensible de poids pour le chlorure exposé à la lumière, admettent que la coloration n'est due qu'à un changement moléculaire sans changement dans la composition ; d'autres enfin, comme HUNT et SABLER, ayant cru observer que la coloration violette du chlorure d'argent à la lumière se produisait plus facilement dans l'air que dans l'azote, admirent qu'il y avait formation d'oxychlorure d'argent dans cette circonsistance.

Enfin, M. Romym HELCHOCK (*American Chem. Journal*, avril 1891), en exposant du chlorure d'argent en couche très mince au soleil, pendant 100 jours, a obtenu des pertes de chlore variables pour les différentes lames et oscillant entre 7 et 9 %, il admet 8 % en moyenne ; ce qui correspond sensiblement à la formule Ag^3Cl^2 ; il trouve, de plus, 28 % d'argent soluble dans l'acide nitrique étendu, ce qui lui fait écrire le composé obtenu $\text{Ag}(\text{Ag Cl})^2$.

RICHARDSON (*Chemical Society*, 7 mai 1891), en étudiant la décomposition du chlorure d'argent en présence de l'eau, montra qu'il y avait formation de chlore libre, et de plus qu'il n'y avait pas de formation d'oxychlorure d'argent ; pour le prouver, il prit du chlorure d'argent ayant perdu 80 % de chlore par exposition à la lumière et il acheva la réduction à chaud par un courant d'hydrogène pur ; il pesa l'eau formée en l'absorbant par de l'acide phosphorique anhydre ; le poids d'eau obtenu fut toujours insignifiant. D'ailleurs, le noircissement du chlorure d'argent se fait aussi sous du tétrachlorure de carbone privé d'air par ébullition.

Quel est le composé qui se forme dans l'action de la lumière sur le chlorure d'argent ? C'est ce qui, jusqu'ici, n'avait pu être établi, car jusqu'à nos expériences sur ce sujet, l'existence des sous-sels d'argent était loin d'être établie ; nous allons le montrer en rappelant brièvement les expériences contradictoires de leur préparation.

WETZLAR a reproduit le premier une matière analogue au sous-chlorure d'argent violet, en versant du perchlorure de fer ou du bichlorure de cuivre sur de l'argent en lames minces ; l'argent se transforme de suite en petites paillettes noires violacées, que l'on lave aussitôt, car un contact trop prolongé donnerait naissance à du chlorure blanc. BECQUEREL a analysé deux échantillons de ce produit préparés de la manière suivante : le bichlorure de cuivre a été formé par un mélange de chlorure de sodium et de sulfate de cuivre, et on a projeté dans cette solution de l'argent récemment précipité par du zinc ; il s'est formé aussitôt une poudre violette qui a été lavée dans l'eau bouillante ; cette poudre, d'après les analyses de BECQUEREL, a sensiblement pour composition Ag^2Cl . Mais ce procédé de préparation est très inconstant dans les produits que l'on obtient. Ainsi CAREY LEA, dans un important mémoire sur les protochlorures d'argent, n'a pu obtenir ainsi un composé défini ; le produit renfermait au plus 80 % de sous-chlorure Ag^2Cl .

En répétant ces expériences, j'ai obtenu, dans l'attaque par le bichlorure de cuivre d'une poudre très fine d'argent provenant de la réduction du chlorure d'argent pur par le procédé LEVAL, des produits d'une composition variable, ayant tous très sensiblement la même couleur rouge violacé, et contenant de 0 à 24,7 % de chlore, c'est-à-dire que la composition varie avec la concentration du chlorure cuivrique et la durée de l'attaque. Avec des liqueurs de bichlorure de cuivre étendues, il reste toujours de l'argent inattaqué ; avec des solutions concentrées et un grand excès, on obtient en moins d'une minute des produits contenant plus de 50 % de chlorure blanc d'argent. Il est très probable qu'on pourrait arriver à déterminer une concentration de chlorure cuivrique et des proportions telles qu'on obtiendrait rigoureusement Ag^2Cl . On peut éliminer le cuivre de ce composé par des lavages à l'acide chlorhydrique faible, sans altérer sensiblement le sous-chlorure existant.

WOEHLER, en chauffant à 100° un certain nombre de sels d'argent à acide organique, notamment le citrate et le mellitate d'argent, obtint des sels qui, dissous dans l'eau, précipitaient en noir par la potasse, en rouge-brun par l'acide chlorhydrique, et qui, d'après lui étaient des sels de sous-oxyde d'argent ; mais ces expériences, reprises par de BIBRA, PFORDHEIM, BAILEY, FRIEDHEIM, et autres, amenèrent une conclusion tout à fait différente ; les sels obtenus par WOEHLER sont des mélanges de sels d'oxyde d'argent, et d'argent métallique.

L'action de la lumière sur le chlorure d'argent a été étudiée surtout dans ces dernières années ; mais le mécanisme de cette transformation n'est pas connu. A mesure que les observations deviennent plus nombreuses, les expériences deviennent plus difficiles à reproduire, et souvent même les résultats obtenus par deux observateurs différents sont contradictoires.

A quoi peuvent tenir ces résultats contradictoires ? Pour élucider cette question, il fallait d'abord s'assurer de l'existence des sels de sous-oxyde d'argent, ensuite étudier leurs propriétés. J'ai démontré l'existence de ces sels en montrant que l'un d'eux, le sous-fluorure d'argent, s'obtient admirablement cristallisé et d'une composition parfaitement constante. Ce sel s'obtient très facilement et en très grande quantité en chauffant une solution saturée neutre de fluorure d'argent avec de l'argent en poudre fine. Il y a une combinaison moléculaire.



La combinaison ne se produit pas au-dessous de 40° ; il est bon de chauffer le mélange entre 60 et 80°.

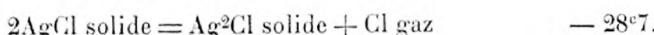
Le fluorure est débarrassé de son eau-mère par compression entre des doubles de papier buvard, jusqu'à ce qu'il ne tache plus le papier, et conservé dans de l'air sec sur du papier. Il faut éviter avec soin l'action de l'eau, car il se décompose par l'eau en donnant de l'argent métallique et une solution de fluorure d'argent. Ce sous-fluorure d'argent, parfaitement défini et facile à préparer, peut servir à obtenir les autres sous-sels.

Chauffé dans un courant d'acide chlorhydrique, le sous-fluorure d'argent est décomposé, de l'acide fluorhydrique se dégage et il se recouvre d'une couche de sous-chlorure d'argent qui arrête la réaction ; en reprenant ce produit, le broyant pour renouveler les surfaces, puis l'exposant de nouveau à l'action de l'acide chlorhydrique, et recommençant un certain nombre de fois cette double opération, on obtient le sous-

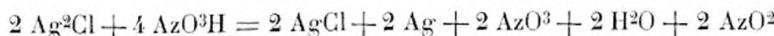
chlorure d'argent pur. Mais on arrive au même résultat en chauffant Ag^2Fl avec du trichlorure de phosphore en excès en tube scellé ; si le sous-fluorure d'argent est en poudre fine et le temps de chauffe suffisant, on obtient du premier coup le sous-chlorure pur.

La préparation du sous-bromure d'argent, et surtout du sous-iodure, est beaucoup plus facile. L'action de l'acide iodhydrique ou de l'iodure d'éthyle se fait très rapidement et complètement, presque sans chauffe.

Le sous-chlorure d'argent, ainsi préparé, est formé avec absorption de chaleur à partir du chlorure d'argent :



Ce résultat est très important, comme nous le verrons plus tard. Le sous-chlorure d'argent est une poudre rouge violacée, excessivement opaque, que l'acide nitrique n'attaque pas. On peut laisser pendant longtemps Ag^2Cl en contact avec de l'acide nitrique étendu dans l'obscurité, l'argent n'entre pas en dissolution ; si, au contraire, on laisse le flacon à la lumière, on constate qu'il se dissout de l'argent, et que la proportion dissoute augmente avec le temps jusqu'à une certaine limite. Cela tient à ce que le sous-chlorure d'argent se décompose lui-même à la lumière en argent et chlore, l'argent entre en dissolution dans l'acide nitrique et le chlore précipite une partie du nitrate d'argent dissous, de sorte que, finalement, on a la réaction :



Lorsque tout le sous-chlorure d'argent est décomposé, la réaction s'arrête. Les substances qui attaquent AgCl attaquent toutes le sous-chlorure ; ainsi, le cyanure de potassium, l'ammoniaque, l'hyposulfite de soude, décomposent le sous-chlorure d'argent en dissolvant le chlorure et laissant l'argent métallique.

L'acide nitrique concentré, les solutions de sodium et d'ammoniaque attaquent lentement le sous-chlorure. Dans toutes les réactions, en présence de l'eau, le sous-chlorure d'argent semble se comporter comme un mélange d'argent et de chlorure d'argent, l'eau semblant décomposer tous les sels de sous-oxyde en argent et en sel de protoxyde. Avec le sous-fluorure d'argent, cette réaction se vérifie très facilement ; la décomposition par l'eau, même en petite quantité, est complète et rapide ; avec les sels à acide organique de WOEHLER, la décomposition est plus lente ; c'est pourquoi l'expérience donne toujours, dans ce cas, un mélange d'argent, de sel de sous-oxyde et de sel de protoxyde. Lorsqu'on emploie un sel de sous-oxyde d'argent, dont le sel de protoxyde est insoluble, comme le sous-chlorure d'argent, la réaction décomposante de l'eau s'arrête presque aussitôt, et l'on ne peut constater l'altération. Cette réaction explique la production des protochlorures. Dans toutes les circonstances où s'est placé CAREY LEA, il se produit du sous-chlorure d'argent plus ou moins impur ; par ébullition avec l'acide nitrique, une partie du sous-chlorure est décomposé (car l'acide nitrique, dans ces conditions, dissout du chlorure d'argent), et il ne reste plus qu'un grain de chlorure d'argent ayant au centre une portion de sous-chlorure non altéré qui lui donne sa couleur. De cette manière, on s'explique que l'on n'obtienne jamais deux fois de suite un produit de même composition ou de même couleur, la composition et les couleurs dépendent du temps de l'action de

l'acide nitrique et des nombreuses circonstances qui peuvent influer sur la grosseur des grains du chlorure d'argent formé. L'on n'a pas, comme le pensait CAREY LEA, un *protochlorure d'argent*, c'est-à-dire une combinaison de sous-chlorure d'argent avec une proportion variable de chlorure d'argent, une espèce de laque colorée de chlorure d'argent, mais bien un simple mélange ; l'insolubilité du chlorure d'argent, qui sert de protection contre l'action ultérieure des réactifs, suffit pour expliquer les réactions diverses des protochlorures.

Voyons maintenant comment ces résultats permettent d'expliquer l'action de la lumière.

Lorsqu'on expose du chlorure d'argent à la lumière, on constate que, s'il est étendu en couche mince sur du verre, il ne se colore que très peu dans les premiers instants de l'action lumineuse, mais que si on le place alors dans la solution d'un révélateur, par exemple le révélateur à l'oxalate de protoxyde de fer de CAREY LEA, dans les conditions où on l'emploie pour les plaques au gélatino-chlorure, le chlorure d'argent est réduit et il se forme de l'argent métallique, sans perte de chlore (puisque le chlorure est resté blanc), susceptible d'être réduite directement par le révélateur. Cette modification se produit probablement avec absorption de chaleur, et c'est ce qui explique la réduction directe par le révélateur du chlorure d'argent avec isolation. Ces transformations isomériques ou plutôt ces états différents du chlorure d'argent, formés avec des dégagements de chaleur différents, ont déjà été observés par M. BERTHELOT, qui les a obtenus en précipitant le chlorure d'argent dans diverses conditions.

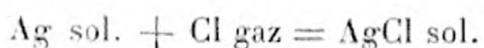
J'ai produit d'ailleurs directement, en l'absence de la lumière, une modification du chlorure d'argent, réductible par une solution d'oxalate de protoxyde de fer dans l'obscurité. Pour l'obtenir, j'ai fait bouillir au réfrigérant ascendant, quelques heures dans l'obscurité, du chlorure d'argent bien lavé.

Pour éviter toute action lumineuse, le ballon, complètement entouré de linge, était chauffé au bain de sable.

Si on traite alors comparativement, dans les mêmes conditions, c'est-à-dire si on place dans deux cuvettes identiques des volumes égaux d'une même solution d'oxalate ferrico-potassique, puis qu'on verse dans chaque cuvette des poids égaux de chlorure d'argent en suspension dans le même volume d'eau, l'un venant d'être précipité et lavé, l'autre ayant bouilli avec de l'eau, on constate que ce dernier est réduit très rapidement, tandis que le premier reste blanc. On vérifie ce résultat en lavant, au bout de quelques minutes, les deux chlorures, pour les débarrasser du révélateur, puis en les examinant hors de la chambre noire à la lumière diffuse ; dans ces conditions, le chlorure ayant bouilli avec l'eau est complètement transformé en argent métallique entièrement soluble dans l'acide nitrique, tandis que l'autre chlorure est resté complètement blanc et l'acide nitrique en extrait à peine une trace d'argent soluble. CAREY LEA a également signalé une modification grise du chlorure d'argent, obtenue en chauffant le chlorure dans l'obscurité, dans un courant de vapeur d'eau.

Comment peut-on expliquer maintenant l'action d'un révélateur sur une plaque de chlorure d'argent isolé ?

Le chlorure d'argent est formé, comme on le sait, avec dégagement de chaleur à partir de ses éléments,



+ 29° 2

par conséquent, pour le décomposer en ses éléments, il faudrait lui fournir ces 29° 2. Si l'on place du chlorure d'argent dans une solution d'une substance avide de chlore, deux cas pourront se présenter :

1^o La substance, en se combinant avec le chlore, dégage une quantité de chaleur inférieure à 29° 2. Dans ce cas, cette substance est sans action sur le chlorure d'argent, car sans cela on aurait une réaction se produisant avec absorption de chaleur, sous l'influence d'une énergie étrangère, et cette substance ne peut jouer le rôle de révélateur ;

2^o La substance, en se combinant avec le chlore, dégage une quantité de chaleur égale ou supérieure à 29° 2.

Dans ce cas, la réduction est possible, mais n'est pas nécessaire ; aussi, parmi les substances qui, en se combinant avec le chlore, dégagent plus de 29° 2, les unes réduiront immédiatement le chlorure d'argent non insolé, ces substances ne pourront évidemment pas servir comme révélateurs en photographie ; les autres ne produiront pas directement la réduction, qui ne se produira que sous l'influence d'un travail préliminaire, variable en grandeur avec la nature du révélateur. On connaît quelques exemples, en chimie, où un simple changement dans des conditions physiques, changement nécessitant un travail préliminaire très faible d'énergie, permet à des réactions chimiques dégageant de la chaleur de se produire ; l'oxydation du phosphore dans l'oxygène en est un exemple frappant ; on sait que placé dans l'oxygène pur, à une basse température, 40 degrés par exemple, le phosphore n'est pas phosphorescent, c'est-à-dire ne se combine pas à l'oxygène malgré la grande quantité de chaleur qui se produit dans cette réaction ; mais si on diminue la pression de l'oxygène jusqu'à 1/5 d'atmosphère, l'oxydation a lieu avec facilité. L'hydrogène silicié pur, qui n'est pas spontanément inflammable à l'air, fournit un deuxième exemple ; si l'on diminue la pression de ce gaz en le diluant dans un gaz inerte, il devient spontanément inflammable, en se dégageant à l'air. Il a suffi, dans ces deux cas, du travail physique extrêmement faible de la dilatation du gaz pour permettre à la réaction de s'accomplir. L'action d'une substance, dite révélatrice, sur le chlorure d'argent doit être du même ordre. Elle n'est possible que dans des conditions physiques convenables du chlorure d'argent, et la lumière est capable de produire cette modification physique vu le peu d'énergie nécessaire à cette transformation. On comprend, en outre, que le chlorure d'argent étant transparent, cette transformation peut se produire jusqu'à une certaine distance de la surface, distance fonction de l'éclairement.

Cela explique aussi pourquoi le chlorure d'argent se réduit alors en proportions inégales, suivant l'intensité de la lumière, lorsqu'on le plonge dans un révélateur. C'est ce phénomène qui permet la révélation de l'image latente. L'image latente des plaques photographiques est formée par une modification physique du chlorure d'argent ; il n'y a pas eu perte de chlore et, par conséquent, formation soit du sous-chlorure d'argent, soit de protochlorure d'argent, comme l'admet CAREY LEA. La chaleur absorbée par la formation du sous-chlorure d'argent et des protochlorures par conséquent est bien trop considérable pour qu'on puisse admettre un seul instant la formation de ces composés par l'énergie lumineuse, quoique la présence de matières organiques, dans les plaques, puisse diminuer l'énergie nécessaire à cette réaction.

Les nombreux et intéressants résultats obtenus par CAREY LEA (*Chemical News*, 1887) s'expliquent bien mieux par l'existence d'une modification physique du chlo-

rure d'argent sur lequel peut alors réagir le révélateur, que par la formation d'un protochlorure auquel une faible trace de sous-chlorure communiquerait par entraînement la réductibilité de toute la masse du chlorure d'argent. L'action de l'hypo-phosphite de soude sur le chlorure d'argent produit, comme la lumière, la modification du chlorure directement réductible par la lumière, sans qu'il soit nécessaire d'admettre la formation du sous-chlorure d'argent, la formation de cette substance n'ayant évidemment pas lieu puisque la plaque est restée blanche.

Quant à la remarque de VOGEL, que le chlorure d'argent est plus sensible à la lumière quand il renferme du nitrate d'argent que lorsqu'il est parfaitement pur, elle s'explique en remarquant que le chlorure d'argent, partiellement transformé par la lumière, et réduit par le révélateur, donne un élément de pile avec le chlorure d'argent et, comme conséquence de cette action électrochimique produite dans le bain, l'argent produit par la réflexion du nitrate d'argent par le révélateur va se fixer aux points frappés par la lumière où se trouve déjà une petite proportion d'argent métallique, et va aussi renforcer l'action lumineuse; c'est ce qui explique l'augmentation de sensibilité due au nitrate d'argent.

Cette modification physique du chlorure d'argent explique aussi ce qui se passe dans la maturation des plaques photographiques.

On sait que si l'on prend du chlorure ou du bromure d'argent fraîchement précipité et lavé, ces substances incorporées à la gélatine sont assez peu sensibles; il faudrait un temps d'exposition à la lumière assez long pour qu'on puisse révéler l'image latente; on a remarqué que si l'on chauffait un certain temps le mélange de gélatine et de chlorure d'argent, on obtient une plaque infiniment plus sensible. On a produit ainsi partiellement et en l'absence de la lumière, une partie du travail nécessaire à la lumière pour accomplir la transformation et qui, par conséquent, diminue l'énergie lumineuse à fournir et donne une plaque plus sensible.

Si nous revenons à la comparaison faite plus haut pour l'oxydation du phosphore, nous pouvons assimiler la maturation à la diminution de la pression de l'oxygène jusqu'à la limite, c'est-à-dire jusqu'au point où une très faible variation de pression détermine la phosphorescence, c'est-à-dire l'oxydation.

C'est ce qui explique pourquoi, lorsqu'on veut pousser trop loin la maturation pour obtenir des plaques très sensibles, les plaques se voilent dans le développement en l'absence de toute lumière, c'est-à-dire que la maturation a produit une certaine quantité de la modification du chlorure d'argent directement réductible par le révélateur dans l'obscurité.

De fait, lorsqu'on examine au microscope les grains de bromure d'argent d'une plaque au gélatino-bromure, on constate que les grains grossissent pendant la maturation, ce qui prouve l'existence de la modification de leur état physique.

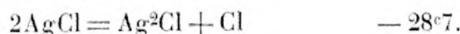
La production de cet état d'équilibre instable, dans lequel se trouvent le chlorure et le bromure d'argent dans les plaques soumises à la maturation, permet de concevoir comment, dans certains cas, l'effluve électrique des actions mécaniques comme la pression sur la plaque, des actions électrochimiques comme la présence de parcelles de fer ou d'argent à la surface des plaques au gélatino-chlorure, peuvent produire aux points touchés la réduction complète du chlorure d'argent par le révélateur.

Nous venons de voir ce qui se passe dans les premiers instants de l'insolation du chlorure d'argent; si nous laissons agir la lumière un certain temps sur le chlorure d'argent, on constate qu'il prend une teinte d'un violet rouge, en même temps qu'il

y a une perte de chlore. J'ai constaté que cette coloration se produisait dans le vide, et en opérant dans l'air, j'ai pu constater et le dégagement du chlore et la perte de poids du chlorure, qui est toujours très faible.

Le dégagement de chlore se constate facilement en prenant du chlorure d'argent en poudre, ou fondu, et en concentrant sur lui les rayons solaires au moyen d'une loupe. Le dégagement de chlore est très net, et peut être constaté soit à l'odorat, soit au papier à l'iode de potassium.

Il se forme alors du sous-chlorure d'argent de couleur rouge violacée, cette formation étant prouvée par l'identité de couleur et de propriété de cette substance avec le sous-chlorure d'argent, qu'on obtient par double décomposition avec le sous-fluorure d'argent en l'absence de la lumière. En effet, si l'on traite ces produits par des solutions de cyanure de potassium, d'ammoniaque, d'hyposulfite de soude, du chlorure d'argent se dissout, et il reste de l'argent métallique ; de plus, l'acide nitrique n'enlève pas d'argent au produit d'altération du chlorure d'argent à la lumière, ni au sous-chlorure d'argent. Comment se fait-il que dans l'action de la lumière sur le chlorure d'argent la perte de chlore soit si faible ? Cela tient à deux causes : 1^o la décomposition de deux molécules de chlorure d'argent se transformant en sous-chlorure et chlore absorbe 28^e7.



Cela montre que la lumière effectue un travail considérable en produisant la décomposition du chlorure, et explique pourquoi l'action de la lumière est tant facilitée par l'addition de substances organiques ou minérales capables d'absorber le chlore avec dégagement de chaleur, et de fournir à la lumière une partie de l'énergie nécessaire à la décomposition.

La décomposition du chlorure d'argent se produisant avec une absorption de chaleur que fournit la lumière, sa décomposition devrait être proportionnelle à la quantité de lumière reçue : si l'on cherche à vérifier cette proportionnalité, on trouve qu'elle n'existe pas et que la quantité de chlorure d'argent diminue très rapidement avec le temps d'action de la lumière ; et cela tient à la deuxième cause : 2^o l'opacité extrême du sous-chlorure d'argent pour la lumière. Pour le prouver, prenons des couches de chlorure d'argent très minces, placées à la surface d'une lame de verre.

Pour obtenir ces couches, voici comment nous avons opéré. Au fond d'un cristallisoir d'un diamètre connu, on place la lame de verre qu'on veut recouvrir de chlorure d'argent, puis on y verse successivement une solution titrée de nitrate d'argent, puis une solution d'acide chlorhydrique en léger excès, puis on agite ; lorsque le chlorure d'argent est en proportion assez faible, il reste en suspension pendant un certain temps et, au bout d'un temps variable avec la dilution, tout se dépose uniformément sur le fond avec une épaisseur facile à calculer, en supposant connue la densité du chlorure d'argent, que nous avons admise égale à 5.

Supposons, par exemple, que la surface du cristallisoir soit de 200 cm. carrés, et que l'on y verse une solution contenant 0 gr. 5 de chlorure d'argent en suspension ; l'épaisseur de la couche d'argent sera de :

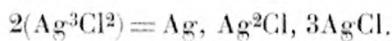
$$\frac{0,5}{5 \times 200} = \frac{4}{2000} \text{ centimètre} \quad \frac{4}{200} \text{ millimètre}$$

La plaque retirée du cristallisoir, recouverte d'une couche adhérente de chlorure d'argent, est séchée à l'étuve à 100°, puis exposée à la lumière. On constate que cette couche de faible épaisseur arrête les rayons solaires même concentrés par une forte lentille. Exposée pendant plusieurs jours aux rayons directs du soleil, elle devient de ce côté d'un gris légèrement violacé, tandis que si l'on a eu soin de préserver l'autre côté de la lumière diffuse, on constate que ce dernier n'est pas sensiblement coloré. L'examen au microscope de la plaque confirme ce résultat ; on peut évaluer l'épaisseur du produit altéré à $1/5$ au plus de l'épaisseur totale, ce qui fait $\frac{1}{1000}$ millimètre au plus comme pénétration de la lumière. En faisant cette expérience, on constate que la coloration du chlorure d'argent à la lumière passe du rouge violacé à un gris présentant à peine une teinte violacée ; cela tient à ce que le sous-chlorure d'argent lui-même est décomposé par la lumière en argent et en chlore.

Pour le démontrer, il suffit d'exposer à la lumière le sous-chlorure d'argent produit par voie chimique ; on constate que ce produit s'altère à la lumière en perdant du chlore, et que si on le traite par de l'acide nitrique étendu, de l'argent se dissout. Il y a donc eu formation d'argent, car le sous-chlorure d'argent n'est pas décomposé par l'acide nitrique. Cette propriété explique les résultats discordants obtenus par les auteurs dans l'étude de l'action de la lumière sur le chlorure d'argent, les uns disant que le produit d'altération du chlorure d'argent à la lumière cède de l'argent à l'acide nitrique, les autres niant le fait. Cela provient de ce que, dans les premiers instants de l'action de la lumière, il n'y a que du sous-chlorure formé et, par conséquent, dans l'action de l'acide nitrique, il n'y a pas de dissolution d'argent. Au bout d'un temps suffisamment long, par suite de la décomposition du sous-chlorure d'argent, on obtient de l'argent soluble dans l'acide nitrique, la couche altérée pouvant être considérée comme formée par trois couches superposées :

- La première d'argent métallique ;
- La deuxième de sous-chlorure d'argent ;
- La troisième de chlorure d'argent inaltéré.

Dans le cas des expériences de Hitchcock, la formule Ag^3Cl^2 peut s'écrire :



Ce qui peut donner une idée de l'épaisseur relative des trois couches.

On peut se demander quel est le mode d'action de la lumière. Peut-on comparer l'action de la lumière sur le chlorure d'argent à l'action de la chaleur sur un chlorure de la même famille, le chlorure d'or ou de platine ? Les mémorables expériences de Henri SAINTE-CLAIR-DEVILLE et de ses élèves, sur la dissociation, nous ont appris que lorsqu'on chauffe du tétrachlorure de platine à une température déterminée, 360 degrés par exemple, ce composé se décompose jusqu'à ce que la tension du chlorure formé ait atteint une tension f ; et cette tension reste constante quelque longtemps que l'on chauffe le tétrachlorure de platine à cette température de 360 degrés. Si la température s'élève, la tension f augmente, elle diminue dans le cas contraire.

Nous allons montrer que l'action de la lumière est tout à fait semblable. Montrons d'abord que, par un éclaircissement déterminé et constant, il existe une tension de chlore qui empêche toute décomposition par la lumière du chlorure d'argent, ce qui

correspond à l'existence de la tension fixe de dissociation du tétrachlorure de platine sous l'action de la chaleur.

J'ai préparé pour cela une série de tubes en verre renfermant du chlorure d'argent bien pur, bien sec et parfaitement blanc, préparé et séché à 100 degrés dans l'obscurité ; je les ai ensuite remplis de chlore sec sous des pressions variables ; j'ai préparé ainsi la série de tubes de chlore sous les tensions suivantes :

0 ^{mm}	25 ^{mm}	50 ^{mm}	75 ^{mm}	100 ^{mm}	125 ^{mm}	200 ^{mm}	250 ^{mm}	300 ^{mm}
350 ^{mm}	400 ^{mm}	450 ^{mm}	500 ^{mm}	550 ^{mm}	600 ^{mm}	650 ^{mm}	700 ^{mm}	750 ^{mm}

et j'ai exposé ces tubes à la lumière diffuse des laboratoires.

Rapidement, les tubes où il y a peu de chlore noircissent, et la coloration décroît graduellement à mesure que la tension du chlore augmente. Il existe toujours, dans la série ascendante des tubes, deux tubes, dont l'un est légèrement coloré ; dans l'autre, le chlorure d'argent est resté parfaitement blanc. Cette limite s'est trouvée, un jour peu lumineux, à 250^{mm}.

Dans le tube contenant le chlore à 250^{mm} de pression, le chlorure d'argent avait noirci ; il était resté inaltéré dans celui où la pression était égale à 300^{mm}. La limite n'a pas changé malgré une exposition de plus de deux heures à la lumière. Cette limite est variable tous les jours, suivant l'intensité lumineuse, mais reste sensiblement constante lorsque la luminosité reste constante. Si on porte toute la série de tubes dans l'obscurité, on constate qu'ils blanchissent tous, même celui qui ne renferme pas de chlore. Il y a de nouveau formation de chlorure d'argent blanc.

Lorsqu'on expose cette même série de tubes à une lumière solaire intense, on constate que tous les tubes se colorent par suite de la formation de sous-chlorure d'argent, même celui renfermant le chlore à la pression atmosphérique. Seulement, dans ce tube, la coloration est faible, et si on porte le tube dans un endroit peu éclairé il blanchit rapidement.

C'est un fait assez remarquable de voir que la tension du chlore, dégagé du chlorure d'argent par l'action de la lumière, dépasse 760^{mm} de chlore.

On peut se demander pourquoi l'on n'observe pas de limite fixe pour la tension du chlore dégagé dans un tube plein de chlorure d'argent et exposé à la lumière solaire.

Cela tient à ce que, comme nous l'avons montré, l'épaisseur de la couche superficielle de chlorure d'argent décomposé est excessivement faible ; et, le chlore pouvant se diffuser dans un volume considérable, toute la substance susceptible d'être décomposée le sera, avant que la limite ne soit atteinte ; et dans ce cas, il n'existe pas de tension de dissociation. On obtiendrait la vraie limite, la même que dans nos expériences, si l'on pouvait pratiquement exposer une couche mince de chlorure d'argent dans un espace suffisamment petit pour que la tension du chlore dégagé puisse atteindre 760^{mm}. Dans ce cas, si la lumière n'était pas trop intense, il arriverait un moment où le chlore, sous une tension *h*, ferait équilibre à l'action décomposante de la lumière ; à ce moment, une nouvelle portion de chlorure d'argent ne serait pas décomposée, puisqu'il y a équilibre, et en faisant abstraction du sous-chlorure d'argent déjà formé, on se trouve dans le cas que nous avons étudié, où le chlorure d'argent blanc n'est pas décomposé dans une atmosphère de chlore de tension *h*.

Cette tension *h* est évidemment fonction de la température, car à de très basses,

températures, le chlorure d'argent ne se décompose pas à la lumière, et j'ai constaté que, chauffé, le chlorure d'argent se colorait plus rapidement qu'à froid.

L'action de la lumière sur des couches infiniment minces de chlorure d'argent va nous permettre d'émettre une hypothèse sur la reproduction des spectres colorés de Becquerel.

On sait que M. BECQUEREL, par l'action d'un spectre solaire sur une couche infiniment mince de chlorure d'argent (quelques dix-millièmes de millimètre au plus), obtint la reproduction colorée du spectre. Il est impossible d'attribuer cette impression colorée à un phénomène d'interférence, comme dans les expériences de M. LIPP-MANN, car un spectre obtenu par M. BECQUEREL, observé par M. MASCART sous diverses incidences avec le plus grand soin, ne montre aucune variation de teinte, ce qui devrait avoir lieu, comme le montrent la théorie et l'expérience, pour les spectres colorés formés par interférences.

Il est possible que, grâce au mode particulier de préparation des plaques sensibles de Becquerel, l'action de la lumière, qui donne de l'argent métallique, comme je l'ai montré, produise la modification allotropique de l'argent obtenu par CAREY LEA, par voie chimique, modification qui, exposée à la lumière, prend une coloration semblable à celle de la lumière qui l'éclaire. Très certainement l'étude de l'action de la lumière sur l'argent colloïde de CAREY LEA, mélangé en couche extrêmement mince avec du chlorure d'argent, donnerait des résultats très intéressants, qui pourraient peut-être ouvrir une voie nouvelle à la reproduction des objets colorés.

En résumé, dans l'étude que nous avons faite de la lumière sur le chlorure d'argent, nous avons reconnu à ce composé quelques propriétés nouvelles qui pourraient peut-être donner lieu à quelque application. Tout récemment, en effet, le Dr FOUCAUT présentait à la Société Lorraine de Photographie un bromure d'argent pur rendu sensible par un procédé tenu secret jusqu'ici. Si nous ne connaissons pas le mode de sensibilisation adopté, nous pouvons cependant faire une hypothèse en signalant une analogie. Nous avons vu, en effet, que le chlorure d'argent chauffé avec de l'eau à l'ébullition, subissait une modification le rendant réductible directement par le révélateur, comme s'il avait été fortement insolé auparavant. Il est probable que, dans ces conditions, il se passe un phénomène semblable au mûrissement du gélatino-bromure, c'est-à-dire que la sensibilité augmente en fonction du temps, mais qu'une chauffe trop prolongée donne un voile, même en l'absence de la lumière. En graduant à chaud sur AgCl, l'action de l'eau pure ou additionnée d'ammoniaque, on pourrait peut-être sensibiliser le chlorure d'argent en l'absence de matière organique, et je crois que ces essais mériteraient d'être repris.

A. GUNTZ,

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

(*Bulletin de la Société Lorraine de Photographie*).

SOCIÉTÉS SAVANTES

Sur les actions chimiques de la lumière.

M. VILLARD a repris l'expérience d'Ed. BECQUEREL sur les *rayons continuateurs* et a reconnu ; 1^o que le phénomène est assez intense pour donner un effet très marqué sur un papier sensible (au chlorure et azotate d'argent) ayant subi une exposition préalable d'un quart de seconde à la lumière du ciel, et qu'on peut ainsi développer un positif par la lumière jaune après une dizaine de secondes d'exposition sous un cliché (cette continuation doit être faite sous des verres jaunes et verts en plein soleil) ; 2^o que l'effet continuateur est absolument subordonné à la présence d'un composé soluble d'argent (azotate d'argent dans le cas des papiers sensibles pour positifs par noircissement direct). Ce qui se produit est un véritable développement, comparable à l'ancien développement à l'acide gallique et azotate d'argent. (Toutefois l'acide gallique permet de révéler une image après fixage, ce que ne fait pas la lumière jaune). D'ailleurs, la lumière jaune accélère le développement à l'acide gallique et azotate d'argent, ou au chlorure d'or pur. (Ce dernier agirait, mais lentement, à l'obscurité).

Une plaque au chlorure ou bromure d'argent impressionnée fortement, puis traitée par l'azotate d'argent et la lumière jaune, se développe aussi par effet continuateur, plus rapidement que les papiers, parce qu'on opère dans un liquide : mais l'image est peu intense et cette intensité paraît dépendre uniquement du grain de l'émulsion. Les meilleures plaques pour cette expérience sont les plaques presque transparentes dites *pour tons chauds*.

L'effet continuateur est très intense dans le vert et le jaune moyen ; il cesse un peu au delà de D dans l'orangé. Dans le rouge apparaît un autre phénomène plus général, celui de la destruction de l'image, destruction entrevue par Ed. Becquerel (renversement de la raie A). Il résulte de là que, pour avoir un bon développement de positif par continuation, il faut employer des verres jaunes et verts (le verre vert arrête, outre le rouge, la bande de violet que laissent souvent passer les verres jaunes). Si l'on essaie de faire la continuation sous des verres jaune et rouge clair, les demi-teintes de l'épreuve sont en partie détruites.

Si l'on traite par un révélateur les papiers sensibles soumis à la continuation, on constate les effets suivants :

1^o Avec des révélateurs physiques, tels que l'acide gallique et l'azotate d'argent, le révélateur a prise sur l'image de continuation (il aurait prise sur une image fixée) et celle-ci prend une avance considérable sur une image témoin non continuée. Cependant, cette dernière finit par la rattraper, l'image qui se forme fournissant autant de points d'attraction pour l'argent en voie de réduction dans le bain.

2^o Avec les révélateurs sans argent (hydroquinone, pyrocatéchine, etc.), l'image non continuée se développe au moins aussi vite que l'autre, et cette dernière n'a d'autre avance que celle qui résulte de la présence d'une image inerte, autrement dit le révélateur n'a prise que sur l'image latente. Or, celle-ci a été en partie détruite par la lumière jaune ou orangée. On peut facilement obtenir que l'image continuée soit, après développement, plus faible que l'autre ; il suffit que la pose soit courte et la continuation par suite peu intense.

Avec les plaques au gélatinobromure ou gélatinochlorure d'argent, l'effet destructeur subsiste seul, et l'analogie avec ce qui se passe pour les rayons X est complète. Pour le chlorure d'argent, la destruction commence vers D et se prolonge bien au delà de A, jusqu'à vers $\lambda = 900$.

Après destruction, la plaque a recouvré presque intégralement sa sensibilité.

Dans le cas du bromure d'argent, la destruction, d'ailleurs assez rapide (1 à 2 heures de pose dans un spectroscope à 2 prismes ; fente de 1^{mm}, 5 ; lampe Nernst de 60 bougies),

commence seulement vers A et se prolonge dans l'infra-rouge comme pour le chlorure. La limite infra-rouge paraît être la même que pour les plaques traitées par les rayons X.

Le phénomène de la destruction de l'image se produit aussi avec les papiers pour noircissement direct (chlorure et azotate d'argent); il est assez intense pour faire disparaître une image visible; ses limites sont les mêmes que pour les plaques au gélatinochlorure; mais, si l'on fait agir un mélange de rayons jaunes et orangés, on aura à la fois destruction de l'image latente et même disparition des demi-teintes d'une épreuve, et en même temps continuation des parties le plus impressionnées. La destruction de l'image latente peut alors se constater avec un révélateur alcalin.

L'expression de *rayons chimiques* ne devrait donc pas être réservée aux seuls rayons bleus et violets : tous les rayons du spectre sont *chimiques*, révélateurs ou destructeurs ; les rayons bleus et violets sont, au contraire, à peu près seuls capables de produire l'excitation particulière qui s'appelle *l'image latente*, cette dernière bien différente d'une image visible faible comme le montre l'action des divers révélateurs, comme le prouvent également d'autres expériences qui feront peut-être l'objet d'une communication ultérieure.

M. A. GUÉBHARD, tout en rendant hommage au très grand intérêt des faits observés par M. VILLARD, croit devoir s'élever contre l'appellation de rayons *continuateurs* ou *destructeurs* donnée à des rayons dont l'action, superposée à une autre antécédente, aboutit au même effet fatal de continuation et d'*inversion* qu'aurait produit, identique, la prolongation soit de l'action interrompue, soit de la leur propre. Toutes les radiations susceptibles d'impressionner une surface sensible, qu'il agisse de lumière quelconque (VOGEL, 1878), ou de chaleur (HUNT, 1842), ou de rayons X (VILLARD, SAGNAC, 1899), ou même d'émanations (MOSER, 1842), agissent dans le même sens, et peuvent, à l'intensité près, se substituer les unes aux autres, dans un ordre quelconque, pour pousser au delà de son maximum, vers un minimum voisin de zéro, la courbe qui représente, en fonction du temps, pour chaque intensité d'action, la valeur de la réaction photographique, manifestée, sur les sels d'argent, par leur noircissement. M. Guébhard se propose de montrer, dans une prochaine communication, combien facilement se résolvent, par les graphiques synthétiques de la fonction photographique, toutes les contradictions de langage et confusions d'idées auxquelles ont donné naissance des observations insuffisamment précisées de cas d'inversion.

M. VILLARD pense qu'il n'est pas indifférent de substituer de l'infra-rouge à du violet et que le terme *destruction* paraît le seul indiqué pour désigner un phénomène dans lequel on ne constate jamais autre chose que l'effacement progressif de l'impression produite par du violet : si l'on traite par le rouge extrême ou l'infra-rouge une plaque légèrement voilée par du violet ou des rayons X, on ne voit nullement l'impression atteindre son maximum pour décroître ensuite, mais bien décroître immédiatement, et revenir à zéro d'autant plus vite qu'elle était plus faible. Il ne peut d'ailleurs y avoir inversion, l'infra-rouge n'agissant pas sur une plaque neuve, surtout au chlorure d'argent. En outre, la plaque ainsi traitée est restaurée et recouvre sa sensibilité tandis que personne ne songerait à faire une photographie avec une plaque exposée à la lumière blanche jusqu'à solarisation complète. Enfin, avec les papiers sensibles pour noircissement direct, l'*extrême rouge peut effacer une image visible* d'autant plus vite que cette image est plus faible. Si l'on faisait agir du violet le papier noircirait sans inversion jusqu'à épuisement du sel sensible.

(Résumé des communications faites à la séance du 2 décembre 1904
de la Société française de Physique.)

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Nouveaux sensibilisateurs.

Dans le numéro de septembre 1904 de la *Revue des sciences photographiques* (page 491) nous avons résumé les études sur l'orthochrome dues à M. MONPILLARD et à M. PAYRE. Nous complétons ce résumé en reproduisant, d'après la *Photographie française*, le résumé du brevet de la compagnie parisienne de couleurs d'anilines concernant l'orthochrome, le pinachrome et le pinaverdol et en donnant les résultats de l'étude spectrographique de ces colorants et de l'homocol, fabriqué par la société Bayer.

Brevet français 328. 780 ; 1^{er} mai 1903; 4 juillet 1904: *Procédé pour la fabrication de nouvelles matières colorantes cyanines pour sensibiliser les plaques photographiques.*

« On entend par *cyanines* les matières colorantes bleues obtenues en chauffant un mélange d'iodoalcoylates de la quinoléine et de la lépidine avec un alcali caustique en solution alcoolique. Lorsque SPALTEHOLZ a obtenu une matière colorante rouge fuschine de propriétés analogues, le nom de cyanine lui fut aussi donné. Les cyanines rendent la plaque photographique sensible aux lumières jaune et rouge et, dans le cas des lépidine-cyanines bleues, l'action sensibilisante s'étend au delà de la raie C dans le rouge du spectre, tandis que les quinaldine-cyanines violet rouge ne sont sensibles que jusqu'à D 1/2 C dans l'orangé.

Les quinaldines-cyanines possèdent plusieurs avantages sur les lépidines-cyanines au point de vue photographique, mais comme une sensibilisation jusqu'au rouge est fort désirée, nous avons cherché à produire des quinaldine-cyanines de nuance plus bleue qui rendent la plaque photographique plus sensible au rouge.

Le Dr KÖNIG a donc essayé d'employer les quinoléines substituées pour obtenir de nouvelles cyanines. Pourtant, tous les dérivés substitués de la quinoléine ne se prêtent pas à la fabrication de cyanines et on n'obtient pas de cyanines par le mélange d'iodométhylates de la quinaldine et de la quinoléine substituée dans la position ortho. Par contre les quinoléines, substituées dans la position méta ou para, se prêtent à la fabrication de cyanines et celles obtenues de ces dérivés se distinguent des quinaldines cyanines déjà connues par une nuance plus bleue.

Il a obtenu ainsi :

1. La quinaldine - m - toluquinoléine-alcoyl-cyanine ;
2. La quinaldine - p - toluquinoléine-alcoyl-cyanine ;
3. La quinaldine - p - méthoxy-quinoléine-alcoyl-cyanine ;
4. La m - toluquinaldine-quinoléine-alcoyl-cyanine ;
5. La m - toluquinaldine - m - toluquinoléine-alcoyl-cyanine ;
6. La m - toluquinaldine - p - toluquinoléine-alcoyl-cyanine ;
7. La p - toluquinaldine-quinoléine-alcoyl-cyanine ;
8. La p - toluquinaldine - m - toluquinoléine-alcoyl-cyanine ;
9. La p - toluquinaldine - p - toluquinoléine-alcoyl-cyanine ;
10. La p - toluquinaldine - p - méthoxy-quinoléine-alcoyl-cyanine ;
11. La p - toluquinaldine - p - chloroquinoléine-alcoyl-cyanine ;
12. La p - toluquinaldine - p - bromoquinoléine-alcoyl-cyanine.

Parmi ces nouvelles matières colorantes, la 7^e, la 9^e, la 10^e, la 41^e et la 47^e se distinguent par leur pouvoir de rendre la plaque à peu près deux fois plus sensible au rouge que la quinaldine-quinoléine-cyanine connue jusqu'ici.

EXEMPLE I. 30 grammes d'iodométhylate de la p - toluquinaldine ($\frac{1}{40}$ de molécule) et 58 gr. d'iodométhylate de la p - toluquinoléine ($\frac{2}{40}$ de molécule) sont dissous dans 800^{cc} d'alcool et la solution bouillante additionnée de 5^{gr},6 de potasse caustique ($\frac{1}{40}$ de molécule). La matière colorante se forme au bout de quelques minutes. La solution, rouge foncé, est additionnée d'éther et la matière colorante, précipitée, est purifiée par recristallisation d'eau et d'alcool. La matière colorante pure représente de brillantes aiguilles vert foncé, assez difficilement solubles dans l'alcool absolu chaud, plus facilement solubles dans l'eau chaude en donnant une solution violette.

EXEMPLE II. 30 grammes d'iodoéthylate de la métatoluquinaldine sont dissous dans l'alcool avec 50 grammes d'iodoéthylate de métatoluquinoléine, et la solution bouillante est additionnée de 5^{gr},6 de potasse caustique. La matière colorante obtenue se cristallise à froid et se présente en beaux cristaux cuivrés, assez difficilement solubles dans l'alcool absolu chaud, plus facilement solubles dans l'alcool chaud dilué en couleur violet rouge.

Nous croyons intéressant d'indiquer, à cette occasion, tout au moins, d'une façon sommaire, le mode d'emploi des principaux de ces colorants actuellement préparés sous deux formes : solubles à l'eau pour plaques et émulsions au gélatinobromure, et solubles à l'alcool pour émulsions au collodion.

L'orthochrome et le *pinaverdot* sensibilisent pour le vert, le jaune et l'orangé ; le *pina-chrome*, sensibilisant pour le rouge en même temps et pour les couleurs précédentes, constituent le sensibilisateur panchromatique idéal.

Pour l'emploi, on prépare une solution de réserve à 1 pour 1000 du colorant, et au moment de sensibiliser une plaque, on mélange :

Eau distillée	200 cc.
Ammoniaque pure	2 cc.
Solution de réserve à 1 pour 1000 .	3 à 4 cc.

Ces quantités correspondant à deux plaques 13 × 18 parfaitement sensibilisées, les plaques, baignées quatre minutes et rincées deux minutes sous filet d'eau, sont mises à sécher aussi rapidement que possible, en évitant toute lumière.

(L. P. CLERC, *La Photographie française*, 46^e année, nouvelle série, n° 42, septembre 1904, p. LXIX.)

SPECTROGRAPHE NORMAL A RÉSEAU DE DIFFRACTION MOULÉ TALLENT.

Nous croyons être utile à nos lecteurs en décrivant le spectrographe qui a servi à faire les études de ces divers colorants que nous résumons.

Cet appareil, dont le prix atteint à peine le dixième de celui de tout autre spectrographe, construit par la maison CALMELS, permet de photographier côté à côté, sur une plaque sensible de format 9 × 12 cm., cinq spectres normaux donnant une étendue de 8 centimètres à la partie visible. Par son automatisme absolu, il supprime tout réglage et réduit par conséquent au minimum la durée des opérations ; plusieurs établissements d'enseignement scientifique l'ont admis dans leurs laboratoires ; il est en service, pour le contrôle des préparations orthochromatiques, dans la plupart des usines de plaques photographiques ; enfin le plus grand nombre des photograveurs s'occupant de reproductions en trois couleurs en font un usage régulier pour l'essai des écrans colorés et des plaques sensibilisées aux couleurs.

Si l'on éclaire vivement une fente pratiquée dans un écran mince et opaque et qu'un système optique approprié forme l'image nette de cette fente sur un écran placé à quelque distance, l'introduction sur le trajet du faisceau lumineux d'un réseau de diffraction, portant environ 1000 traits au centimètre, déterminera la formation, de part et d'autre de l'image blanche centrale, d'une série de spectres présentant tous le violet du côté de l'image centrale et le rouge à l'opposé ; les premiers spectres projetés de part et d'autre du centre (spectres du premier ordre) sont très nets et très brillants. Le seul inconvénient pratique à l'emploi de spectrographes basés sur ce principe était le prix élevé des réseaux gravés ; nous avons tourné cette difficulté en employant des moulages en celluloïd de réseaux préparés avec une grande perfection par M. Th. THORPE suivant les procédés qui lui sont personnels ; ces moulages de réseaux donnent un spectre dont la luminosité et la netteté sont de tout point comparables à celles du spectre donné par un réseau gravé.

Description de l'appareil. — Il est évidemment inutile de recueillir sur la plaque sensible les deux spectres du premier ordre que fournit le réseau de part et d'autre de l'image blanche centrale de la fente ; pour réduire le volume de l'appareil et lui donner une forme maniable, le réseau est disposé sur la face hypothénuse du prisme F à angle très aigu de part et d'autre duquel les deux lentilles C et E, de distance focale convenable et réglées une fois pour toutes en position voulue, forment en R V, sur la paroi de fond, le spectre net de la fente D ménagée au centre de la paroi avant. Grâce à cette disposition, l'image blanche de la fente est rejetée vers le bas en H, la lumière diffusée par l'image blanche, ainsi que par les spectres projetés au delà de cette image, est empêchée d'arriver à la plaque sensible par l'écran opaque disposé obliquement en K ; enfin les spectres d'ordre supérieur au premier, projetés sur la paroi supérieure, sont absorbés par un carton ondulé, noir ci mat, disposé sous le couvercle mobile. Toutes ces pièces ayant été réglées en construction, on évitera tout démontage ou déréglage ; n'ouvrir le couvercle que pour le nettoyage de l'appareil et l'enlèvement des poussières.

Malgré la réfraction subie à la traversée du prisme, le spectre obtenu se confond pratiquement avec un prisme normal.

La largeur de la fente, dont dépendent, en sens contraire, la luminosité et la netteté des spectres photographiés est réglage par le mouvement d'une vis divisée à graduation arbitraire.

Une queue à glissière, coulissant dans des rainures ménagées sous la base de la chambre spectrographique, porte à son extrémité un condensateur formé d'une lentille simple convergente pour la concentration de la lumière sur la fente. Sur cette queue à glissière coulissoit un cadre pouvant recevoir dans ses ressorts un écran coloré ou une cuve contenant le liquide dont on veut étudier l'absorption.

A l'arrière, glissent, dans des coulisses de cuivre, un cadre portant un verre dépoli pour l'examen du spectre ou le contrôle de son égal éclairage, et un châssis négatif à volet pour plaques 9×12 .

Les dimensions d'encombrement de l'appareil sont de $40 \times 25 \times 16$ cm. ; le poids est d'environ 3 kilogrammes.

Il est indispensable, une fois qu'un spectre est enregistré, de reconnaître à quelles radiations correspond chaque partie de ce spectre. L'appareil permettant d'enregistrer cinq spectres côte à côte donne la facilité d'obtenir sur chaque plaque un spectre, portant une raie caractéristique, par exemple la raie D dans le jaune, obtenue en portant dans une flamme, sur un fil métallique ou un tampon d'amiante, une solution de chlorure de sodium,

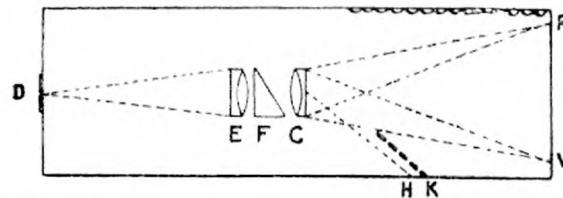


Fig. 1. — Schéma du spectrographe TALLENT CALMELS.

et photographiant le spectre de cette flamme ; une échelle, photographiée sur verre à l'échelle voulue soit 80^{mm} pour la graduation millimétrique inférieure), permet alors le repérage de toute portion désirée dans le spectre et dans les quatre autres obtenus sur la même plaque. A cet effet, le graphique porte en ligne supérieure l'indication des principales raies de Fraunhofer du spectre solaire et, en ligne inférieure, l'indication des raies caractéristiques de divers sels métalliques (*K* potassium, *Li* lithium, *Na* sodium, *Ca* calcium, *Tl* thallium). On peut aussi, pour éviter d'avoir sur chaque plaque à enregistrer un spectre de flamme au sodium, pratiquer dans le cadre métallique disposé devant la plaque sensible deux encoches marquant la position de cette raie, ou y souder deux brins de fil métallique dans l'alignement de la raie (4).

(*A suivre.*)

(1) Nous donnerons, dans un prochain numéro, la description de perfectionnements apportés par M. MONPILLARD au spectrographe TALLENT.

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

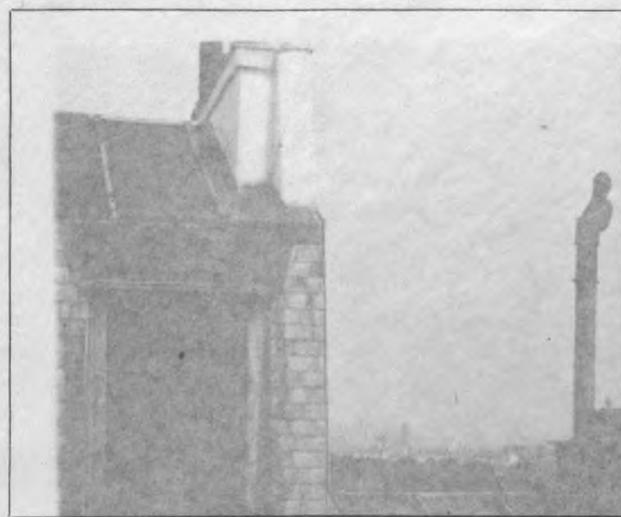


FIG. 1. — Plaque Lumière, étiquette bleue, sans écran.
Pose : 1/40 de seconde.



FIG. 2. — Plaque Lumière, étiquette bleue, écran à l'es-
cudine. Pose : 1/20 de seconde.





L'ÉCRAN JAUNE



En découvrant que l'action de certaines matières colorantes sur le bromure d'argent permettait à celui-ci de s'impressionner aux radiations peu réfrangibles du spectre, le Dr VOGEL ouvrit en 1874 une voie nouvelle à la photographie.

A partir de cette époque en effet, la possibilité d'obtenir une interprétation des couleurs beaucoup plus correcte que celle qui avait été jusqu'alors réalisée devenait un problème dont la solution semblait pouvoir être bientôt atteinte.

Les premiers essais dans cette voie montrèrent que si le bromure d'argent pouvait être rendu sensible au jaune, au vert, voire même à l'orangé, sa sensibilité pour les radiations dites actiniques (bleu et violet) restait encore considérable ; dans ces conditions, pour obtenir une interprétation satisfaisante des diverses colorations d'un sujet polychrome, il était indispensable d'interposer sur le trajet des rayons lumineux un filtre coloré atténuant dans une proportion plus ou moins grande l'action des radiations les plus réfrangibles du spectre, pour laisser aux autres le temps d'impressionner la couche sensible. Cette propriété du filtre, ou, pour employer désormais le terme consacré : de *l'écran*, d'atténuer dans une proportion plus ou moins considérable l'action des radiations actiniques, lui est communiquée en lui donnant une coloration plus ou moins intense.

Mais d'autre part, cette coloration devra être telle qu'elle ne puisse absorber les radiations les moins réfrangibles du spectre : le jaune, le vert, l'orangé et le rouge ; c'est pour cette raison que l'écran *jaune* fut toujours préconisé.

En raison de ce fait que les plaques orthochromatiques préparées jusqu'en ces derniers temps présentent toujours pour une certaine région verte du spectre une sensibilité moindre que pour les autres radiations colorées, cette teinte jaune de l'écran devra être telle qu'elle puisse, autant que possible, laisser passer intégralement ces radiations vertes.

La plupart des écrans jaunes utilisés jusqu'ici pour la photographie orthochromatique, sont constitués par des glaces à faces parallèles colorées dans la masse ; l'intensité plus ou moins grande de leur coloration devant correspondre à une absorption plus ou moins complète des radiations bleues et violettes, et servir à réaliser ainsi des effets de compensation variés.

Ces écrans remplissent-ils les conditions que nous venons d'énumérer et dans quelles proportions leur action est-elle réellement efficace ?

Sans recourir à l'emploi d'aucun instrument, il nous est possible de nous rendre compte de *visu* des propriétés d'un écran jaune. Il suffit, en effet, de promener celui que nous désirons examiner, sur une gamme de teintes pigmentaires aussi pures que possible comprenant les principales couleurs du spectre et d'observer la nuance qui résulte de la superposition de cet écran à telle ou telle teinte de notre échelle colorée.

Avec les écrans jaunes colorés dans la masse, nous pourrons ainsi constater que si les bleus et les violets sont plus ou moins éteints, il en est de même pour l'orangé, le jaune, mais surtout pour le *vert* qui nous apparaîtra le plus souvent sous l'aspect

d'une teinte grise, preuve évidente d'une absorption assez considérable de ce groupe de radiations.

Si maintenant, en nous aidant d'un spectrophotomètre, nous procérons en quelque sorte à l'analyse de la coloration de ces écrans en déterminant le pouvoir absorbant de celle-ci pour les diverses régions du spectre, nous constatons :

1^o Que les écrans jaunes constitués par des glaces colorées dans la masse possèdent pour toutes les radiations du spectre *un pouvoir absorbant d'autant plus considérable que l'écran étudié est de nuance plus intense*.

2^o Ces écrans, même les plus foncés, laissent toujours passer une certaine proportion de radiations bleues et violettes.

3^o Au fur et à mesure que le pouvoir absorbant *augmente* pour ces dernières radiations, *il augmente également pour le groupe des radiations vertes du spectre*.

Si par exemple, un écran absorbe 95 pour 100 pour la région correspondant à la raie G du spectre, il éteint la région comprise entre D et E dans la proportion de 60 pour 100 et celle comprise entre E et F dans la proportion de 88 pour 100 (fig. 4).

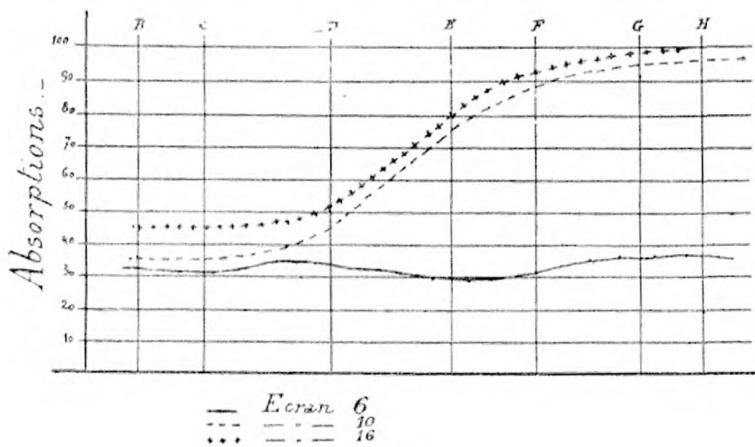


Fig. 4.

De ces faits nous en déduisons :

1^o Que de l'augmentation du temps de pose nécessitée par l'emploi d'écrans de plus en plus colorés, il n'en résulte pas nécessairement un effet de compensation correspondant, puisqu'à une plus grande absorption des radiations dites actiniques correspond également une absorption assez considérable de celles que l'écran devrait laisser passer presque totalement.

1^o Etant donné le pouvoir absorbant de ces écrans pour les radiations vertes, d'une part, et de l'autre la faible sensibilité des plaques orthochromatiques pour ce groupe de radiations, il doit en résulter dans la pratique un défaut dans le rendu, pour les régions d'un sujet présentant des colorations vertes, défaut d'autant plus accentué que nous aurons dû recourir à un écran de coloration plus intense.

Lorsque, par des essais spectrographiques, nous cherchons à nous rendre compte de l'action de ces écrans colorés sur les diverses radiations du spectre, au point de vue exclusivement photographique, les résultats donnés par l'expérience viennent en tous points confirmer nos prévisions.

Disposons une plaque orthochromatique dans le châssis multiplicateur d'un spectrographe, puis, après avoir exposé pendant un temps t une portion de cette

plaqué, aux radiations directes du spectre, si nous interposons successivement sur le trajet du faisceau lumineux éclairant et devant la fente du collimateur, des écrans d'intensités croissantes, en exposant les autres régions de notre plaque pendant des temps $t' t'' t'''$ etc., de façon à obtenir, lors du développement des images, des spectres dont les intensités pour une même région soient aisément comparables ; quand après avoir mesuré le noircissement correspondant aux différentes régions de nos spectres, nous en construisons les courbes, nous constatons que, pour un noircissement égal correspondant à la région du bleu par exemple, celui correspondant à la région du vert est *plus faible* pour les spectres obtenus avec interposition des écrans que pour celui résultant de l'action directe des radiations sur la couche sensible, *et cette faiblesse est d'autant plus grande que l'écran coloré était de teinte plus intense*.

Nous pourrons faire la même constatation si au lieu de comparer les courbes correspondant à une égale intensité dans le bleu, nous prenons comme point de comparaison la région du jaune.

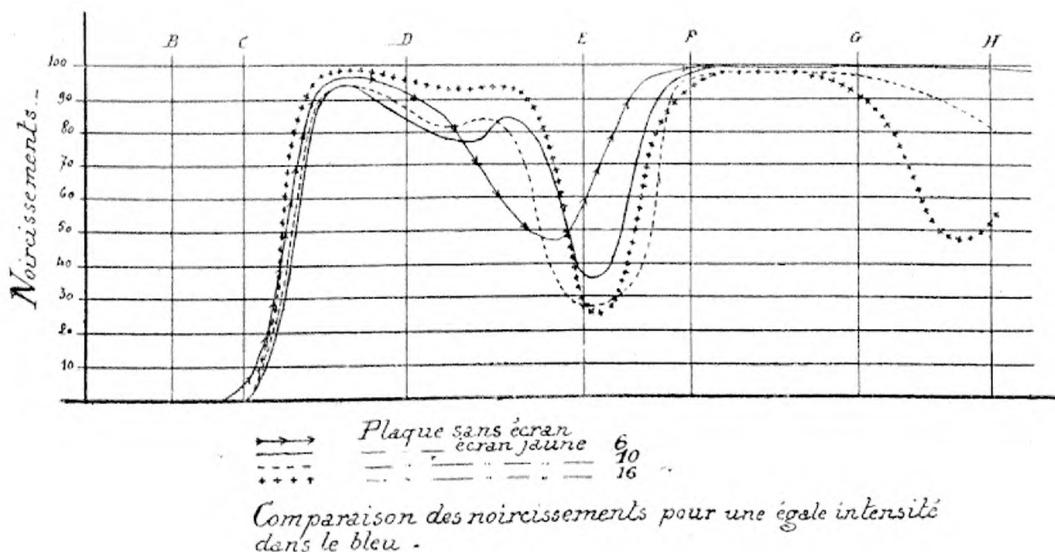


Fig. 2.

En un mot, avec la plaque orthochromatique utilisée dans cette expérience, nous constatons que toute interposition d'écran jaune coloré dans la masse entraîne une perte au point de vue du rendu dans les verts.

Si à cette plaque orthochromatique nous en substituons une autre pour laquelle la sensibilité pour le jaune et le vert a été davantage exaltée, cette perte ne se traduit plus alors que par une *absence de gain* pour la région verte du spectre, en un mot le résultat devient sensiblement le même que si la plaque était directement, et sans interposition d'écran, exposée à l'action des radiations colorées du spectre, en augmentant convenablement la durée du temps de pose.

Ajoutons que ces essais spectrographiques montrent avec évidence que les écrans jaunes colorés dans la masse, même ceux dont la nuance intense correspond à un coefficient de pose relativement élevé, laissent passer une très notable quantité des radiations bleues et violettes.

C'est à ces divers défauts qui nous sont si nettement révélés par l'observation di-

recte et confirmés par l'expérience qu'il faut, à notre avis, attribuer ce peu de confiance, en somme assez légitime, qu'un grand nombre d'amateurs accordent encore aujourd'hui à l'emploi combiné des plaques sensibles au jaune et au vert, et de l'écran jaune pour la photographie des paysages avec verdure.

Les inconvénients résultant de l'emploi des écrans jaunes en glaces colorées dans la masse avaient frappé le Dr Vogel; en effet, dans son ouvrage sur la photographie des objets colorés, il déconseillait leur emploi et recommandait de les remplacer par des écrans constitués par un pellicule de collodion colorée à l'*Aurantia* et emprisonnée entre deux glaces à faces parallèles collées au baume de Canada.

S'inspirant d'une idée de Ducos du Hauron, M. FABRE DOMERGUE fit établir un écran jaune constitué par deux fortes glaces à faces parallèles serrées contre une bague en caoutchouc et entre lesquelles se trouve emprisonnée une couche d'un liquide coloré en jaune; l'ensemble formant le parasoleil de l'objectif.

Certains opticiens étrangers, de même que certains fabricants de plaques orthochromatiques en Angleterre et en Allemagne, livrent des écrans jaunes formés par une couche mince: vernis, collodion ou gélatine, colorée en jaune et emprisonnée entre deux glaces à faces parallèles.

L'étude que nous avons faite au spectrophotomètre de plusieurs de ces écrans nous a démontré qu'ils constituent, sur les écrans jaunes colorés dans la masse, un progrès déjà considérable, en raison de leur extrême luminosité pour les radiations peu réfrangibles du spectre, tout en possédant un pouvoir absorbant considérable pour les bleus et les violettes.

Cet examen nous a démontré en outre que la coloration de certains de ces écrans ayant dû être déterminée d'une façon assez empirique, il en résultait, lors de leur

emploi, une augmentation dans la durée du temps de pose, qu'il nous a semblé possible de réduire à son minimum, en cherchant sur quelles bases nous devons établir la préparation de nos écrans jaunes.

Quelles sont les conditions que ceux-ci doivent remplir?

1^o Une absorption totale d'un groupe plus ou moins étendu des radiations bleues et violettes du spectre;

2^o Quelle que soit l'importance de cette

Fig. 3. — A, G, écrans anglais; P, écran allemand; C, écran jaune coloré dans la masse.

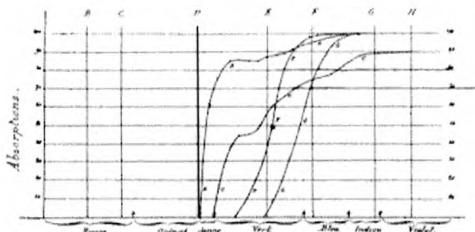
absorption, l'écran devra posséder une luminosité aussi considérable que possible pour les autres radiations;

3^o Chercher à faire en sorte que nos écrans transmettent la totalité ou la presque totalité des radiations vertes du spectre;

4^o Les types d'écrans une fois établis, ceux que nous établirons par la suite devront toujours être comparables entre eux, au point de vue de leurs propriétés optiques.

En pratique, ces conditions ne peuvent être réalisées que par le choix judicieux de la, ou des matières colorantes destinées à constituer l'écran; celles-ci ayant été choisies, pour obtenir un écran d'une intensité donnée, faire en sorte qu'un même poids soit toujours réparti sur l'unité de surface.

L'énoncé de ces conditions suffit pour nous montrer qu'il faut, du moins pour le moment, renoncer à l'emploi d'écrans colorés dans la masse et recourir, pour cons-



tituer nos écrans jaunes, au moyen préconisé par le Dr VOGEL et qui consiste à emprisonner une pellicule colorée entre deux glaces à faces parallèles.

Quelques essais préliminaires nous ont amené à donner la préférence à la gélatine pour constituer cette pellicule. Une solution aqueuse de gélatine à 5 pour 100 convient parfaitement ; à un volume V d'une pareille solution, il suffit d'ajouter un poids déterminé de la matière colorante choisie, ou un volume donné d'une solution titrée de celle-ci, pour obtenir un liquide tel que si nous étendons un nombre N de centimètres

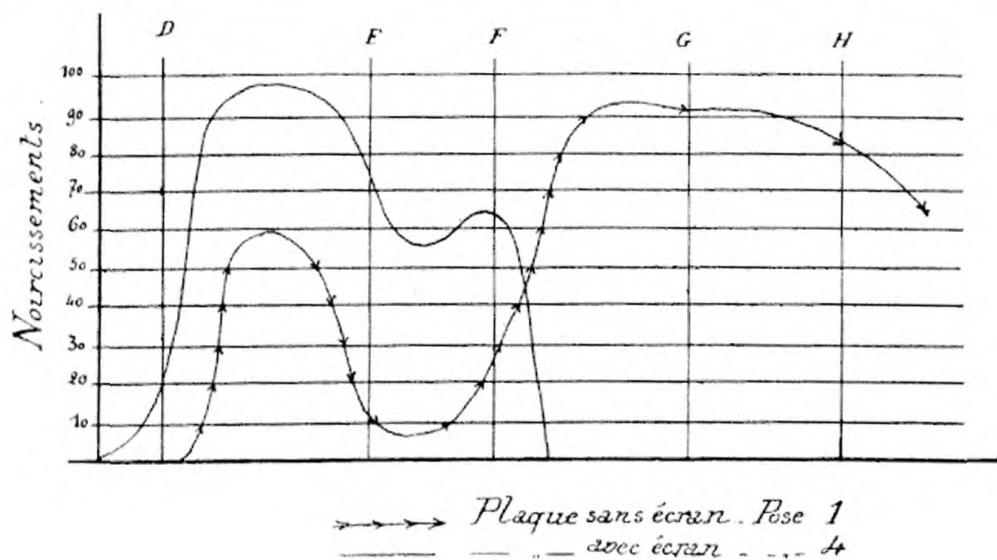


Fig. 4.

cubes sur une surface S , nous connaîtrons exactement quel poids de matière colorante se trouve réparti par unité de surface.

Si nous avons par avance déterminé la courbe d'absorption correspondante pour les diverses régions du spectre, les propriétés optiques de notre futur écran se trouvent

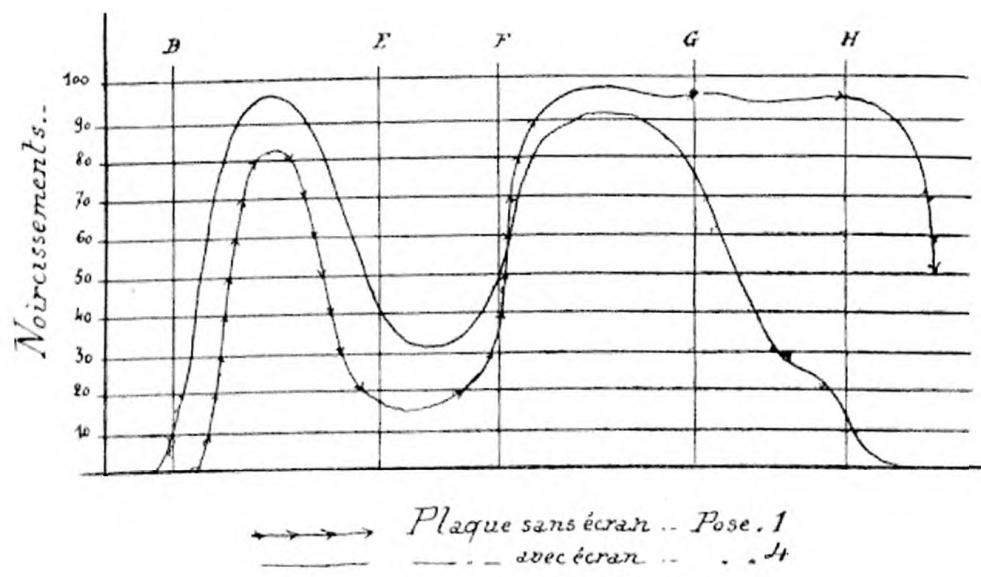


Fig. 5.

être, non seulement parfaitement établies, mais elles le sont également pour tous ceux que nous serons amenés à préparer dans des conditions identiques.

Les deux points les plus importants, ceux sur lesquels nous devons porter toute notre attention dans la préparation des écrans jaunes sont : le choix de la matière

colorante et la détermination du poids de celle-ci que nous devons répartir par unité de surface pour réaliser tel ou tel effet au point de vue de la compensation.

Pour obtenir ces renseignements avec tout le degré de précision possible en nous mettant à l'abri de toutes les causes d'erreurs autres que celles résultant de l'observateur lui-même, nous avons eu l'idée de recourir exclusivement à l'emploi du spectrophotomètre.

L'instrument dont nous nous sommes servi pour nos études était un spectrophotomètre d'Arsonval qui nous avait été prêté par son habile constructeur M. PELLIN que nous tenons à remercier ici.

Les observations furent faites sur des solutions titrées de matières colorantes placées dans des cuves à faces parallèles dont l'ouverture intérieure était de 10 mm.; un même faisceau lumineux éclairant les deux cuves, l'une contenant la solution colorée, l'autre de l'eau distillée. En opérant ainsi, connaissant la richesse en poids de chaque solution étudiée, nous pouvions aisément déterminer la courbe d'absorption correspondant à un poids donné de matière colorante réparti par centimètre carré de surface.

En faisant varier dans des proportions parfaitement définies le degré de dilution de nos solutions colorées, il nous fut facile d'établir pour chacune d'elles la courbe d'absorption correspondant à un poids exactement connu.

Ces observations conduites d'une façon méthodique, nous guident avec une surprenante précision au point de vue du choix de la matière colorante, celui-ci étant ensuite subordonné à sa solubilité, solidité à la lumière, etc.

C'est ainsi que l'examen des courbes d'absorption correspondant à des solutions d'*aurantia* de dilution exactement connue, nous montre que si cette matière colorante constitue un excellent extinteur pour les radiations actiniques, elle présente par contre l'inconvénient d'absorber une forte proportion des radiations vertes.

Le jaune naphtol étudié dans les mêmes conditions nous montre qu'à la dose de 0 gr. 000125 par centimètre carré de surface, bien qu'absorbant toutes les radiations bleues et violettes, cette matière colorante permet d'établir un écran laissant passer les radiations vertes, jaunes, orangées et rouges.

L'étude de ces courbes d'absorption nous fournit en outre de précieux renseignements sur la manière dont telle ou telle matière colorante se comporte au point de vue des diverses radiations du spectre suivant le poids sous lequel elle se trouve répartie par unité de surface.

Elle nous montre en particulier que, pour certaines matières colorantes jaune pur, particulièrement favorables à la préparation des écrans jaunes : tartrazine, acide picrique, jaune naphtol, etc., au fur et à mesure que nous en augmentons le poids par unité de surface, nous perdons en luminosité pour le vert et le jaune sans gagner beaucoup au point de vue de l'étendue de la région absorbée dans le bleu. Nous en concluons que, dans la préparation d'un écran jaune, il existe, pour une matière colorante donnée, une *intensité limite* qu'il est inutile de dépasser, car, pour un résultat semblable au point de vue de la compensation, nous nous trouverons obligés, dans des conditions identiques, d'augmenter notablement la durée des temps de pose, et ceci en pure perte.

Pour le jaune naphtol par exemple, cette intensité limite serait obtenue avec 0 gr. 000125 par centimètre carré de surface.

Par contre, au-dessous de cette proportion, au fur et à mesure que nous dimi-

nuerons le poids de matière colorante, l'absorption pour les bleus et les violetts comprendra une région de moins en moins étendue, ce qui nous permettra de réaliser des effets de compensation variés suivant la nature du sujet à reproduire, ou la sensibilité spéciale de la plaque utilisée.

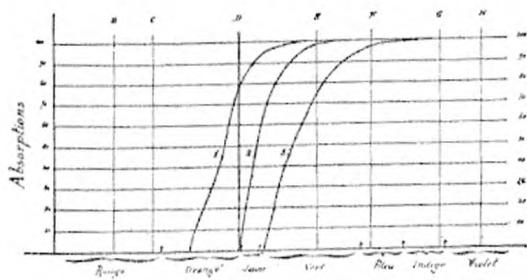


Fig. 6.

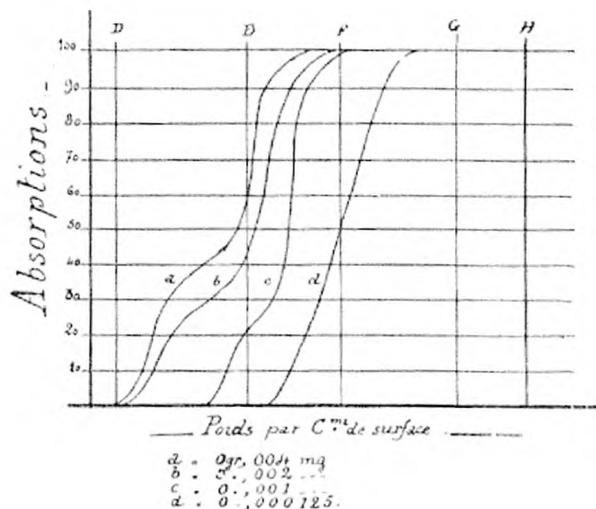


Fig. 7.

En nous basant sur des données tirées d'observations conduites comme nous venons de l'indiquer, nous avons pu nous-même établir des écrans jaunes, opération relativement simple et qui ne demande que quelques soins.

Chaque écran est constitué par deux glaces à faces parallèles. L'une d'elles dont la surface a été parfaitement nettoyée à l'alcool et époussetée, est disposée sur une dalle mise de niveau sur un pied à caler; ayant préalablement déterminé par le calcul la surface de notre écran, nous y coulons avec une pipette graduée un volume déterminé d'une solution gélatineuse colorée, préparée suivant les indications données précédemment; le tout est recouvert d'une cloche et, quand la gélatine a fait prise la glace est portée sous un dessicateur et abandonnée au séchage.

La couche étant parfaitement sèche, il ne reste plus qu'à la recouvrir par l'autre glace à faces parallèles en les réunissant avec du baume de Canada.

Lorsque nous comparons les courbes de noircissement obtenues au spectrographe avec des temps de pose égaux, sur deux plaques sensibles au jaune et au vert de la même émulsion, l'une exposée derrière l'écran jaune coloré dans la masse, l'autre derrière l'écran jaune pur, nous constatons immédiatement, qu'avec ce dernier, nous obtenons un gain beaucoup plus considérable dans les jaunes mais surtout dans les verts, pour une absorption totale dans une région étendue dans les bleus et les violetts.

Nous voici donc à même de préparer des écrans jaunes différant de ceux constitués par des glaces colorées dans la masse par cette propriété capitale : une transparence complète pour les radiations du spectre peu réfrangibles notamment pour les verts et un pouvoir absorbant complet pour une région plus ou moins étendue dans les bleus et les violetts, suivant l'intensité de la coloration de l'écran considéré.

Dans ces conditions, quelle est l'augmentation de la durée du temps de pose normal, qu'entraînera l'emploi de l'un de ces écrans, quand nous serons amenés à

en faire usage en combinaison avec une plaque orthochromatique, pour obtenir l'interprétation correcte des colorations d'un sujet polychrome.

Tout d'abord, je crois utile de définir en quoi doit consister cette interprétation correcte. A notre avis, l'image positive de notre sujet devra nous traduire en noir, gris et blanc les ombres, les lumières et les colorations diverses, tel que pourrait le

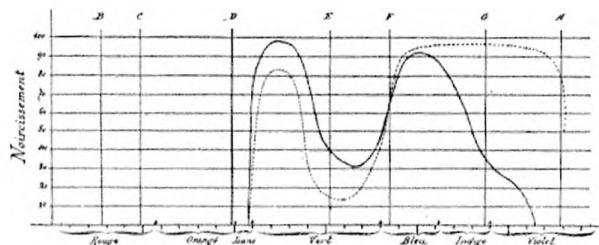


Fig. 8. — Plaque ortho; écran coloré dans la masse.

faire un artiste doué d'une vue normale, quant à la perception des couleurs, et exécutant son travail à l'encre de Chine.

En un mot, toute couleur résultant pour nous d'une sensation lumineuse devra toujours être traduite par une demi-teinte plus ou moins intense; jamais par du noir, puisqu'il résulte de l'absence de toute sensation lumineuse; jamais par du blanc pur puisque la présence d'une coloration quelconque si faible soit-elle résulte de ce que du faisceau de lumière blanche incidente, une portion plus ou moins

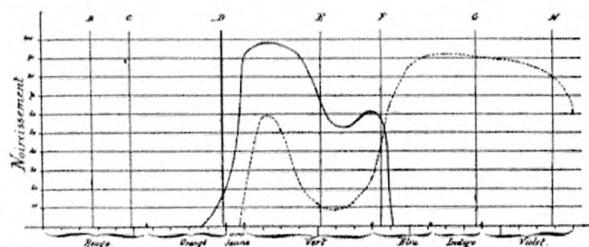


Fig. 9. — Plaque ortho; écran coloré jaune.

importante d'un groupe quelconque des radiations qui le composent se trouve être absorbé par la région considérée du sujet.

Puisque c'est la plaque sensible qui va enregistrer l'image de notre sujet, cherchons à nous rendre compte de quelle manière elle nous permet d'en interpréter les diverses colorations, et ceci, sans interposition d'aucun écran.

Si nous établissons les courbes de noircissements d'une plaque sensible au jaune et au vert de marque courante, pour les diverses radiations du spectre, et pour des durées d'exposition variant suivant une progression déterminée : 2, 4, 8, 16^s, etc., par exemple, nous constatons que, pour obtenir dans la région du *jaune* un noircissement égal à celui obtenu dans la région du *bleu* avec la pose de 2^s, celle-ci devra être de 12^s, soit six fois celle correspondant à la région spectrale pour laquelle la plaque considérée présente son maximum de sensibilité.

Or, puisque quand nous reproduisons un objet polychrome, l'impression photographique produite par les *blancs* du sujet résulte principalement de l'action des

radiations bleues et violettes, il semble tout indiqué d'admettre que, pour obtenir, avec cette plaque, de ce même sujet une image dans laquelle les jaunes soient parfaitement venus, il soit nécessaire de sextupler la durée de la pose normale.

Ceci serait vrai si nous désirions procéder à une *sélection* des couleurs ; mais il n'en est plus de même s'il s'agit d'*interpréter en noir* les valeurs relatives du jaune

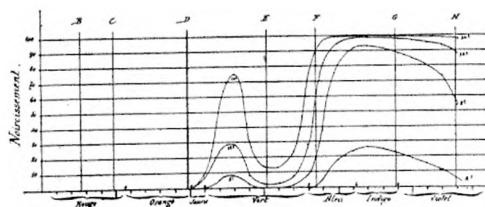


Fig. 10.

et du blanc de notre sujet ; dans ce cas, la durée de l'augmentation du temps de pose devra être telle que, lors du tirage de l'épreuve positive, les jaunes purs se détachent en légère grisaille sur les parties blanches du modèle.

En pratique j'ai constaté que ce coefficient 6 devait être par exemple abaissé à 4.

Poursuivons l'examen des courbes de noircissement de notre plaque mise en expérience en cherchant à déterminer quel est le rapport existant entre les durées du temps de pose nécessaires pour obtenir une égale intensité de noircissement dans le *bleu* que dans la région *verte* : nous trouvons par exemple le chiffre 40 : nous basant sur les mêmes considérations que pour le jaune, nous déterminons expérimentalement que, pour obtenir bien en valeur les verts de notre modèle, il faudra multiplier la pose par 13.

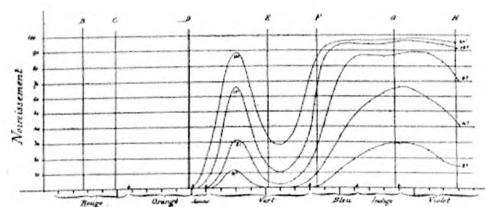


Fig. 11.

Mais alors, dans ces conditions, si notre sujet présente à la fois des tonalités vertes et jaunes et si nous posons le temps nécessaire pour que les verts produisent sur la plaque une impression suffisante, nos jaunes seront surexposés, le coefficient de temps de pose pour ceux-ci n'étant que 4 ; réciproquement, si nous désirons éviter de surexposer les jaunes, les verts, lors du tirage des positifs, se trouveront traduits par des tonalités trop sombres.

De ces considérations, il résulte déjà ce fait que, pour une même plaque du type de celle que nous venons d'étudier, la durée correspondant à l'*augmentation du temps de pose normal varie* : 1^o Suivant la nature des colorations du sujet à reproduire,

2° selon le résultat que nous désirons atteindre, et ceci, *abstraction faite de toute intervention d'écran jaune.*

Si nous procérons à des essais semblables sur un autre type de plaques sensibles au jaune et au vert, nous constatons que, pour obtenir une égale intensité de noirissement dans la région bleue du spectre pour laquelle cette plaque présente un

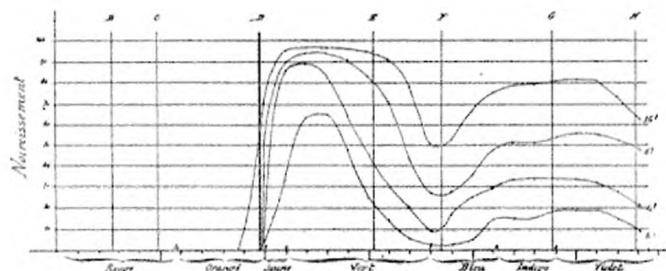


Fig. 12.

maximum de sensibilité et dans les régions du jaune et du vert, il est nécessaire que la pose soit multipliée par 4 pour celle-là, par 12 pour celle-ci ; en d'autres termes, les rapports de sensibilité de la plaque examinée pour le jaune et le vert, par rapport à celle qu'elle possède pour le bleu, se trouvent réduits dans une proportion notable.

Si nous prenons en considération que l'emploi de nouveaux agents orthochromatisants permet de réduire encore bien davantage ce rapport de sensibilité de l'émulsion pour les radiations peu réfrangibles du spectre par rapport aux autres, et même d'obtenir des plaques notamment plus sensibles au jaune qu'au bleu et au violet, nous constatons alors que cette augmentation de la durée normale de temps de pose nécessaire pour obtenir *sans écran* la mise en valeur des colorations dites peu actiniques, diminue peu à peu suivant la nature de l'orthochromatisant employé, jusqu'à devenir même inférieur à l'unité.

De ce qui précède, il résulte donc que cette augmentation de la durée du temps de pose peut varier dans des proportions même considérables suivant la nature de la plaque mise en usage ; donc, quand nous associons l'emploi de celle-ci à celui d'un écran jaune nous nous trouvons dans la nécessité d'augmenter dans une proportion donnée la valeur du temps de pose normal pour obtenir un résultat satisfaisant, il est une erreur d'attribuer uniquement la valeur de cette augmentation à la présence de l'écran, cette augmentation étant surtout *fonction de la sensibilité de l'émulsion pour les colorations que nous désirons reproduire.*

Si nous utilisons un écran jaune en combinaison avec une plaque orthochromatique, c'est purement et simplement en vue de retarder la venue des colorations les plus actiniques du modèle et de laisser aux autres le temps d'agir sur l'émulsion.

Si notre écran est de nuance telle qu'il laisse intégralement passer tout le groupe spectral comprenant les nuances que nous voulons mettre en valeur, la durée du temps de pose ne sera guère plus augmentée que si une glace incolore avait été interposée.

Ceci ne veut pas dire cependant que l'écran ne contribue pas, pour une certaine part, à l'augmentation de la durée du temps de pose. En effet, qu'il soit disposé devant ou derrière l'objectif, l'une de ses faces agit comme un miroir, réfléchissant

8 p. % environ du faisceau lumineux devant former l'image ; les glaces dont il est constitué, sa coloration même, bien que très pure, absorbent toujours une certaine quantité de lumière.

En un mot, un écran jaune, de par sa présence et par sa constitution même, constitue un facteur dont nous devons tenir compte dans la détermination de l'augmentation du temps de pose normale quand nous l'utilisons en combinaison avec une plaque orthochromatique, mais ce facteur est de *faible importance* comparé à celui que représente, du moins pour nombre d'émulsions orthochromatiques actuelles, le rapport de sensibilité pour le bleu et le violet par rapport à celui qu'elles possèdent pour le jaune et le vert.

A notre avis, le *coefficient pratique* du temps de pose est le produit de ces deux facteurs : celui de l'écran qui est fixe, par celui de la plaque, ce dernier *éminemment variable* avec la nature de l'émulsion orthochromatique mise en usage et même avec telle ou telle coloration du sujet qu'il s'agit de mettre plus particulièrement en valeur.

En parlant des plaques orthochromatiques, nous avons fait observer que l'emploi de nouveaux orthochromatisants parmi lesquels nous citerons principalement : l'orthochrome, le pinachrome, l'homocol, permettaient de réduire de plus en plus le rapport de sensibilité des émulsions pour le jaune et le vert vis-à-vis celle qu'elles conservent pour le bleu et le violet.

Il en résulte que nous pouvons alors réduire de plus en plus la durée du temps de pose nécessaire pour que les radiations peu réfrangibles aient le temps d'agir ; l'effet retardateur qu'il est nécessaire de réaliser pour les radiations les plus actiniques, devra, lui aussi, être moins considérable pour obtenir un résultat équivalent au point de vue de la venue des colorations rouges, jaunes et vertes d'un sujet, nous serons amenés à utiliser des écrans jaunes de nuance de plus en plus claire.

Cette considération est fort importante, car nous estimons que pour obtenir des diverses colorations d'un sujet polychrome une interprétation photographique satisfaisante, la suppression de tout écran jaune s'impose. Ce désidérata sera réalisable le jour où nous disposerons d'émulsions orthochromatiques possédant pour les couleurs simples du spectre la même sensibilité que la rétine humaine normale.

Nous disons que, pour réaliser une reproduction correcte des diverses colorations d'un objet, la suppression de l'écran jaune s'impose ; en effet, si un tel écran de nuance d'intensité donnée, retarde la venue des colorations actiniques bleues et violettes, ce n'est pas parce qu'il affaiblit ces radiations dans une certaine proportion ; l'expérience montre que c'est parce qu'il en *absorbe* un groupe plus ou moins considérable et que cette absorption est *complète*, même pour des durées de temps de pose variant dans des limites assez étendues.

Si dans un sujet se trouvent des colorations *pures* et *saturées*, c'est-à-dire absorbant du faisceau de lumière blanche qui l'éclaire, la totalité des radiations colorées autres que celles comprises dans une région plus ou moins étendue mais parfaitement définie du spectre, et si la nuance jaune de notre écran absorbe précisément ce groupe de radiations, elles ne produiront aucune action sur la plaque sensible et ces colorations seront, lors du tirage de l'épreuve positive, traduites par du *noir*, résultat incorrect au point de vue orthochromatique, puisque toute sensation de couleur étant une sensation lumineuse doit être traduite par une demi-tente plus ou moins intense.

Quand l'intensité d'un écran jaune est telle que celui-ci n'absorbe plus qu'une faible région dans le violet visible du spectre, laissant alors passer l'autre portion de violet et toutes les radiations bleues, un pareil écran semble alors présenter certaines propriétés qu'il est intéressant de signaler.

Absorbant une partie seulement des radiations auxquelles nos plaques sont surtout sensibles, un écran de cette nature, placé sur le trajet des rayons lumineux, agit comme si la luminosité de l'objectif se trouvait réduite dans une certaine proportion, les autres propriétés de celui-ci restant les mêmes.

En d'autres termes, la présence de cet écran produit le même effet que si l'objectif avait été diaphragmé dans une certaine proportion, mais la profondeur de champ de celui-ci restant la même, les effets de perspective aérienne se trouveront être respectés.

Nous nous sommes demandés s'il n'y aurait pas intérêt à aller plus loin encore dans cette voie en ne laissant agir sur la plaque que les radiations de la lumière blanche qui impressionnent notre rétine et en éliminant les autres : les radiations ultra-violettes que nous ne percevons pas et dont l'action, pourtant fort énergique, vient s'ajouter à celle du bleu et du violet :

Parmi les substances possédant le pouvoir d'absorber l'ultra-violet il en est de fort connues : les sels d'urane, le sulfate acide de quinine, l'esculine, etc.

En raison de sa solubilité dans l'eau et de ce qu'elle est incolore, l'esculine a particulièrement attiré notre attention.

Des écrans ont été préparés de telle sorte que par centimètre carré de surface il était respectivement réparti un poids de 0 gr. 000015, 0 gr. 000030, 0 gr. 000060 et ainsi de suite toujours en doublant jusqu'à 0,0005.

Ces écrans étaient successivement disposés devant la fente d'un grand spectroscopie à deux prismes, éclairée par un faisceau de lumière solaire réfléchi par le miroir d'un télescope, les images spectrales enregistrées sur une plaque sensible disposée dans un châssis multiplicateur aux lieu et place de la lunette d'observation.

De ces expériences, il résulte que l'esculine agit sur les radiations ultra-violettes, de la même façon qu'une matière colorante jaune agit sur les radiations visibles du spectre, c'est-à-dire en absorbant une région plus ou moins étendue de ces radiations ultra-violettes, suivant que le poids de substance réparti par unité de surface est plus ou moins considérable (fig. 43).

Par l'étude des spectres obtenus et dans lesquels les raies de Fraunhofer, parfaitement visibles peuvent utilement nous servir de points de repère, il nous est facile de déterminer à l'avance la composition d'un écran présentant des propriétés parfaitement connues.

Etant donné que ces écrans sont, pour ainsi dire incolores, ils peuvent, nous nous en sommes assurés, travailler aisément aussi bien avec les plaques ordinaires qu'avec les plaques orthochromatiques.

Eteignant une partie des radiations agissant énergiquement sur le bromure d'argent, tout en le laissant s'impressionner sous l'influence des radiations bleues et violettes, nous devrons pouvoir, tout en opérant en instantané, obtenir, pendant les heures du jour où la lumière possède son maximum d'actinisme des négatifs plus enveloppés, aux valeurs mieux rendues et dans lesquels, s'il s'agit de paysages, les horizons ne seront pas brûlés, ceux-ci conservant cependant ce léger flou auquel est dû l'effet de perspective aérienne.

Des essais effectués à la chambre noire en interposant sur le trajet des rayons lumineux un écran à l'esculine disposé dans le parasoleil de l'objectif, ont pleinement confirmé cette hypothèse ; non seulement les horizons viennent beaucoup mieux, mais les nuages blancs se détachent nettement et vigoureusement dans le ciel, alors

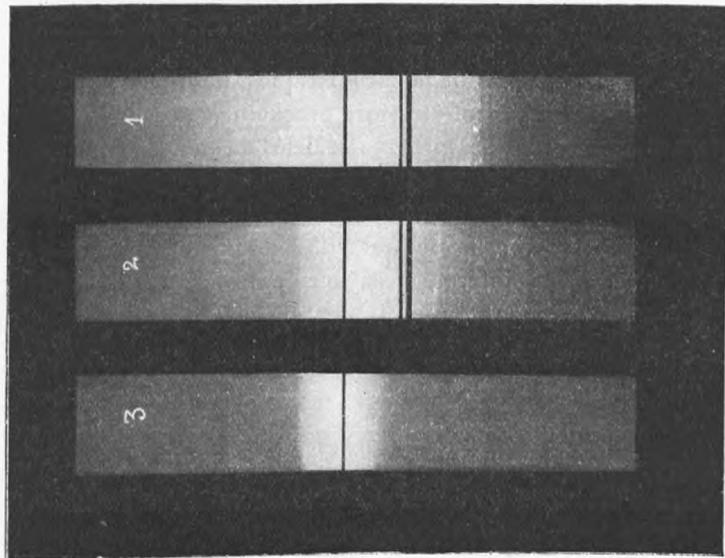


Fig. 13.

que, dans des conditions identiques, la plaque employée sans écran ne pouvait enregistrer leur image (*planchette hors texte*).

Dans la pratique de la photographie interférentielle, lorsqu'il s'agit surtout de reproduire des paysages par la méthode Lippmann, il est recommandé d'éliminer l'action des radiations ultra-violettes, en disposant sur le parasoleil de l'objectif une cuve à faces parallèles contenant en dissolution une substance présentant la propriété d'absorber ces radiations. Dans ce cas spécial l'emploi de ces écrans semble tout indiqué.

Enfin, dans la reproduction des couleurs par les procédés indirects, l'image négative obtenue derrière l'écran bleu-violet manque souvent de vigueur, de définition, de *piqué* pour employer le terme consacré ; cet accident s'observe surtout quand ce négatif a été exécuté en éclairant le modèle au moyen d'un ou plusieurs arcs électriques, émettant précisément une grande quantité de radiations ultra-violettes.

Par suite de la grande réfrangibilité de celles-ci, leur image venant se former en avant du plan sur lequel se forme celle des radiations visibles que laisse passer l'écran, voile en partie celle-ci et nuit à la netteté de ses contours.

Supprimons l'action de ces radiations ultra-violettes, peut-être réussirons-nous à éviter l'accident que je viens de signaler.

L'expérience prouve tout d'abord qu'il est parfaitement possible de constituer un

écran bleu-violet contenant une quantité suffisante d'esculine pour absorber tout l'ultra-violet; la plaque n'est plus alors impressionnée que par une bande spectrale dont la raie G occupe à peu près le centre.

Avec un écran de cette nature, l'objectif travaillant alors en quelque sorte dans une lumière presque monochromatique, tout foyer chimique se trouve supprimé et les images négatives destinées à constituer le monochrome jaune devront notablement gagner à tous les points de vue.

En résumé, si l'emploi des écrans jaune pur présente sur celui des anciens écrans jaunes colorés dans la masse, l'avantage considérable de nous permettre d'utiliser beaucoup mieux les propriétés orthochromatiques des émulsions spéciales, il est possible que, dans un avenir peut-être fort prochain, son rôle se trouve être considérablement effacé par suite des progrès réalisés de jour en jour dans le domaine de la photochimie.

En raison de ses propriétés toutes spéciales, l'écran absorbant ces radiations ultra-violettes que nous ne percevons pas et qui agissent si bien sur les émulsions, semble devoir présenter un certain intérêt, aussi bien pour l'amateur que pour le professionnel, surtout enfin pour ceux qui pratiquent les méthodes de photographie directe et indirecte des couleurs.

F. MONPILLARD.

SUR QUELQUES APPAREILS NOUVEAUX

DESTINÉS AUX ÉTUDES SENSITOMÉTRIQUES

ET RÉSUMÉ HISTORIQUE DES MÉTHODES EMPLOYÉES ANTÉRIEUREMENT (1)

Par C.-L.-K. MEES et S.-E. SHEPPARD

(Suite et fin)

PHOTOMÈTRES

Les photomètres peuvent être divisés en deux classes suivant leur destination :

1^o Les bancs photométriques pour la comparaison des intensités de deux sources lumineuses ; les dispositions de ces appareils ont été notablement modifiées au fur et à mesure des progrès de l'industrie de l'éclairage, l'examen de ces appareils sortirait du cadre de notre étude et nous renvoyons, pour ce qui les concerne, à tout traité récent de photométrie de précision.

2^o Les photomètres destinés à mesurer l'absorption de la lumière par divers milieux. En passant en revue cette classe d'appareils, il nous apparut que ceux généralement employés en Angleterre pour les mesures d'opacités n'étaient que des modifications insuffisantes des instruments de la première catégorie, et que les formes les plus pratiques étaient celles employées pour les recherches physiologiques et physico-chimiques. Nous pouvons pour l'examen de ces appareils les ranger en quatre groupes :

- a) Bancs photométriques ;
- b) Microphotomètres ;
- c) Spectrophotomètres ;

d) Photomètres automatiques dans lesquels les variations à mesurer sont traduites par quelque instrument de grande sensibilité, tel que le bolomètre.

a) Comme nous le mentionnons ci-dessus, ce sont ces appareils qui ont été le plus communément employés en Angleterre pour la mesure de la densité des plaques photographiques. Ainsi en 1877 le capitaine ABNEY employa un photomètre de Rumford, avec comme terme de comparaison un disque tournant à secteurs évidés ; à plusieurs reprises il perfectionna cette méthode de mesure (2), et utilisa aussi un prisme en verre fumé pour obtenir une opacité variable. Une critique de cette méthode par DRIEFFIELD et HÜRTER s'en prend à la fois à l'emploi de l'écran de papier blanc et à l'emploi du disque à secteurs (3). Par suite, Chapman JONES fit connaître sous le nom d' « opacity balance » une modification de ce dispositif n'utilisant plus qu'une seule source de lumière (4). Le photomètre de Rumford peut être remplacé

(1) Voir, *Revue des Sciences photographiques*, nos 8, 9 et 10.

(2) « Notes on Sensitometry » *British journal of Photo.*, 1882, p. 243; *Photographic Journal*, 1887, p. 38, etc.

(3) *Journal of the Society of chemical Industry*, 1890, X, p. 725 et 1891, XI, p. 98.

(4) *Photographic Journal*, 1893 et 1898.

par le photomètre à tache d'huile, de Bunsen, c'est ce photomètre qu'adoptèrent DRIEFFIELD et HÜRTER, on peut objecter à ces divers appareils que leur précision est absolument insuffisante (erreurs de 3 à 7 %), aucun d'eux n'est d'ailleurs utilisé actuellement en photométrie de précision, d'autant plus que l'emploi de deux sources de lumière distinctes apporte inutilement un surcroît d'erreurs. Pour la discussion des principes de la photométrie, et notamment sur l'emploi des disques à secteurs consulter les articles classiques de LUMMER et BRODHUN (1).

On trouvera à la partie bibliographique les références relatives aux photomètres et spectrophotomètres munis comme organe indicateur de la tête Lummer et Brodhun. Le nouveau photomètre *vacillant* de SIMMANCE et ABADY constituerait peut-être le meilleur organe indicateur en photométrie, mais n'a pas encore été appliquée à la mesure des opacités des plaques photographiques.

b) Les photomètres utilisant un microscope ont été employés, par le Dr Eder notamment, pour les mesures photographiques ; on emploie alors deux objectifs de microscope dont les champs sont réunis par une tête de LUMMER et BRODHUN, dans le microphotomètre d'HARTMANN, employé par EDER (2), la partie centrale du champ était occupée par une densité connue, prise sur une échelle graduée de teintes, la partie extérieure du champ étant occupée par la densité à mesurer ; toute erreur dans la constitution de l'échelle étalonnée se trouvera évidemment dans chaque mesure et, d'autre part, l'échelle étant discontinue, il est nécessaire que l'échelle présente un très grand nombre de teintes graduées convenablement échelonnées.

J. KÖNIGSBERGER a imaginé un microphotomètre de disposition nouvelle (3), consistant en un microscope de polarisation devant lequel sont disposés une plaque de spath d'Islande et un double prisme de Thompson, de telle sorte que l'image extraordinaire de l'une des ouvertures se forme au contact de l'image ordinaire de l'autre ; on égalise les contrastes au moyen des phénomènes d'interférence d'une plaque de Savart et on affaiblit l'intensité lumineuse au moyen d'un second prisme de THOMPSON. Une objection que l'on peut faire aux microphotomètres pour les mesures photographiques est l'exiguité de la surface dont on mesure l'opacité ; si cette circonstance peut quelquefois être un avantage, ce n'est pas à coup sûr en sensitométrie où de graves erreurs peuvent être causées par les inégalités locales des plaques.

c. *Spectrophotomètres différentiels.* — Ce sont les types qui ont été le plus perfectionnés en vue des recherches physiologiques et physicochimiques. Les images de deux portions de la fente d'un spectroscope sont amenées en contactabsolu, de façon à utiliser dans les meilleures conditions la faculté que possède l'œil de percevoir des contrastes) au moyen d'un système de prismes approprié ; l'intensité de l'une des moitiés de la fente est affaiblie par interposition de l'opacité à mesurer, l'autre par un dispositif se prêtant à une mesure de l'affaiblissement produit comme par exemple un diaphragme à surface variable (VIERORDT) ou des prismes polariseurs (ZÖELLNER, GLAN, HÜFNER, etc.).

Nous adoptâmes en définitive, après quelques modifications, le spectrophotomètre d'HÜFNER-ALBRECHT (fig. 16). Un bec Auer A (fig. 17 et 18) envoie sa lumière au

(1) *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1889, IX, p. 41 et 61 ; 1890, X, p. 119, 1892, XII, p. 41 et 1896, XVI, p. 299.

(2) *Sensitométrie des plaques photographiques*, Traduction E. BELIN, Paris, 1903.

(3) *Zeits. für Instrument.*, 1901, XXI, p. 429 et 1902, XXII, p. 429.

travers d'un prisme B d'Albrecht sur la fente du collimateur d'un spectroscope dont la moitié supérieure peut être absorbée par l'opacité à mesurer, et la moitié inférieure par un Nicol C, un prisme de verre fumé pouvant en sus se déplacer en D devant la partie supérieure de la fente, de façon à compenser l'absorption due au polariseur;

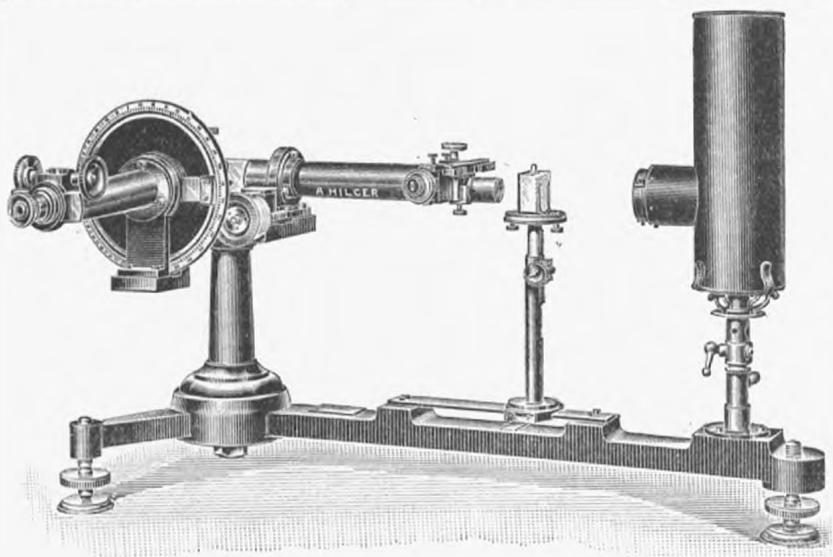


Fig. 16

après traversée du collimateur E et des prismes dispersifs F les rayons formant deux champs traversent un nicol analyseur G pouvant être tourné sur lui-même de quantités mesurées sur le cercle divisé H au moyen d'un vernier; les deux faisceaux arrivent enfin à la lunette du spectroscope qui ramène dans leur vrai sens les images des deux parties de la fente. Pour effectuer une mesure, les nicols ayant été amenés



Fig. 17

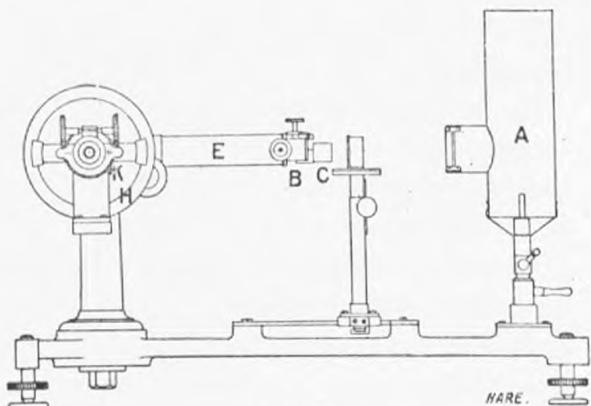


Fig. 18

rigoureusement au parallélisme, le cercle divisé de l'analyseur étant au zéro, on compense la faible absorption de lumière due aux deux nicols en déplaçant jusqu'à égalité d'éclairement des deux moitiés du champ le prisme de verre fumé. L'opacité à mesurer est alors amenée devant la partie supérieure de la fente et l'intensité de l'autre champ diminue par la manœuvre de l'analyseur jusqu'à égalité d'éclairement. Le cas échéant, on peut suivant que les opacités à mesurer sont plus ou moins considérables, ouvrir plus ou moins la fente du spectroscope, de façon à comparer deux intensités lumineuses ni trop considérables ni trop faibles.

Expression numérique des résultats. — L'intensité de la lumière traversant l'ensemble des deux nicols est proportionnelle au carré du cosinus de l'angle qu'ils font entre eux

$$\begin{aligned} \text{soit : } T &= \text{transparence} = \cos^2\theta \\ O &= \text{opacité} = \frac{1}{\cos^2\theta} \\ \text{et } D &= \text{densité} = \log_{10}\cos^2\theta \end{aligned}$$

si l'on utilise les notations adoptées par Drieffeld et Hurter.

Il s'ensuit que l'erreur commise sur l'appréciation d'une densité déterminée dD pour une erreur $d\theta$ commise sur la lecture de l'angle de rotation est :

$$\frac{dD}{d\theta} = \frac{d(\log \cos^2\theta)}{d\theta} = \frac{2 \tan \theta}{d\theta}$$

soit une erreur relative :

$$\frac{dD}{B} = - \frac{2 \tan \theta \, d\theta}{\log \cos^2\theta}$$

Pratiquement, on construira une table des valeurs de D correspondant aux diverses valeurs de l'angle θ .

Emploi de l'appareil comme spectrophotomètre. — Quoique en général il soit inutile d'effectuer en lumière monochromatique les mesures de densités des plaques photographiques, les mesures spectroscopiques sont si variées et si utiles en photographie scientifique que les dispositions spectroscopiques de l'appareil sont intéressantes à signaler ici. Nous décrirons donc les modifications que nous avons jugé devoir apporter au spectrophotomètre d'HÜFNER, tel que l'ont construit pour nous MM. A. HILGER.

La fente est du type habituellement adopté pour les spectroscopes de précision, sa largeur étant à tout instant indiquée par une vis micrométrique ; comme nous l'avons indiqué, cette faculté de modifier la largeur de la fente est indispensable pour la facilité des mesures.

Dans la première disposition adoptée nous employons le jeu habituel de prisme au minimum de déviation, le déplacement dans le spectre étant obtenu par rotation de la lunette autour de l'axe du prisme, la position du champ embrassé dans le spectre étant indiquée par la rotation d'un index. Solidaire de la lunette, sur un cercle horizontal divisé. Par la suite nous adoptâmes un prisme d'HILGER à déviation constante qui est tourné sur lui-même, la lunette étant maintenue fixe, à angle droit du collimateur ; ce prisme peut être considéré comme constitué (fig. 19) par deux prismes de 30° réunis par un prisme rectangle à réflexion totale, bien qu'en fait ce prisme soit construit d'une seule pièce ; la dispersion obtenue est égale à celle d'un prisme à 60° utilisé au minimum de déviation pour la portion centrale du champ de la lunette. quelle que soit l'orientation du prisme et quelle que soit par conséquent la portion du spectre considérée, les lectures se font directement en longueurs d'onde sur le cercle divisé.

Afin d'isoler telle portion désirée dans le champ spectral, une fente est réservée

à l'avant de l'oculaire de la lunette, dont les bords sont incurvés de façon à épouser la forme d'une raie spectrale déformée par la distorsion prismatique ; la distance des deux lèvres de cette fente se mesure sur le tambour divisé K (fig. 18) et une table permet d'en déduire le nombre de longueurs d'onde embrassées. Pour les mesures d'absorption sur les liquides on emploie une petite cuvette de Schulze en verre optiquement plan dans laquelle on peut étudier une couche liquide de 1 mm ou de 10 mm. d'épaisseur.

Les conditions essentielles pour la précision des mesures sont l'emploi d'un spectre pur et d'une fente oculaire aussi étroite que possible.

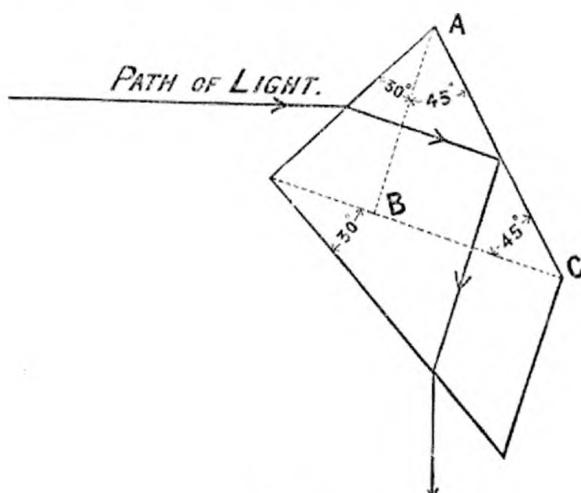


Fig. 19

D'autres spectrophotomètres basés sur des principes analogues ont été construits par GLAN, GOUY, KÖNIG, et autres. Une importante addition aux spectrophotomètres a été proposée par le Dr H. SIMON pour étendre à l'ultra-violet l'utilisation de ces instruments : il consiste en l'adjonction d'une chambre photographique permettant la photographie d'une région du spectre et la mesure ultérieure des densités.

c) *Photomètres automatiques.* — Un photomètre indépendant de la vision et par conséquent des sources d'erreurs physiologiques et psychologiques serait naturellement très appréciable pour des recherches de haute précision, mais rien n'a encore été proposé de satisfaisant dans cet ordre d'idées ; des deux récepteurs proposés : cellule de selenium, pile thermoélectrique, ce dernier semble être, jusqu'à présent, le plus avantageux. Pour plus amples renseignements, consulter l'appendice bibliographique.

Porte plaques pour le spectrophotomètre. Le spectrophotomètre d'HUFNER n'ayant pas encore été utilisé pour les mesures de densités sur plaques, nous eûmes à faire construire un porte-plaques, se substituant au support de la cuve de SCHULZE, et permettant d'isoler dans la plaque en essais la région à mesurer ; nous nous arrêtons à trois types de porte-plaques permettant respectivement de mesurer les densités des plaques sensitométriques, de comparer dans toute l'étendue du spectre les intensités de deux sources lumineuses et de mesurer le pouvoir réfléchissant d'une surface pour les diverses radiations du spectre. Enfin pour la mesure des densités élevées, nous avons fait adjoindre à l'appareil deux prismes de 30° qui, accolés au prisme à dispersion constante, le transforment en un prisme à réflexion totale, et

permettent alors d'effectuer en lumière hétérogène les opérations de mesure ordinairement effectuées en lumière homogène.

Dans le porte-plaques pour la mesure des densités (fig. 20 et 21), les plaques sont

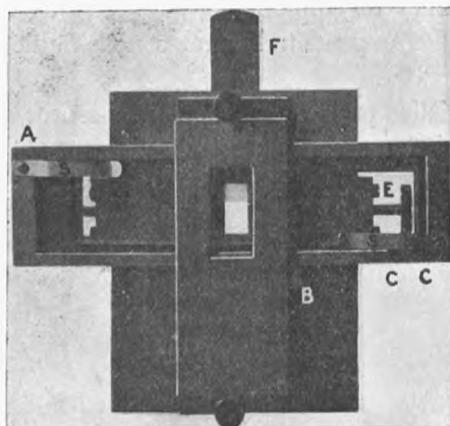


Fig. 20.

maintenues par de petits ressorts dans un chariot A qui coulisse dans un autre muni d'un taquet d'arrêt B pouvant buter dans 9 encoches cc espacées de 1 cm de façon à correspondre aux diverses densités différentes portées par chaque plaque en expérience. Ce chariot est placé à l'avant d'une plaque munie d'une ouverture rectangulaire dont la largeur peut être modifiée par le déplacement des obturateurs DD

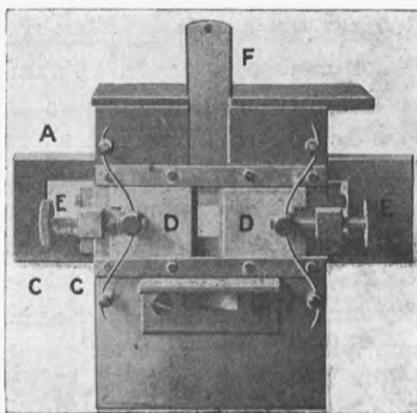


Fig. 21.

commandés par les vis EE, et qui peut, d'autre part, être complètement obturée par la plaque coulissante F. Il suffit de régler l'appareil pour que l'une des régions de la plaque présentant une opacité à mesurer soit en place, pour que toutes les autres régions viennent s'y substituer sans tâtonnements. Il est commode de ménager dans le chariot un espace d'un centimètre non recouvert par la plaque de façon à pouvoir régler le spectrophotomètre, et effectuer la compensation par le prisme de verre fumé, sans avoir à enlever le porte-plaques. L'appareil doit pouvoir recevoir deux

chariots, correspondant aux deux dimensions de plaques employées comme on a souvent en sensitométrie à mesurer des densités assez élevées, et qu'il est à peu près impossible, dans un système de deux nicols, d'affaiblir l'intensité de la lumière à moins de $\frac{1}{10000}$ de l'intensité du faisceau incident, nous dûmes, pour les densités supérieures à 3 ou même seulement voisines de 3, utiliser une opacité soigneusement étalonnée ; nous utilisions à cet effet une plaque plane de verre fumé, de teinte parfaitement neutre, dont la densité, très soigneusement mesurée, était exactement égale à 2,000 ; avec cet accessoire, on pouvait étendre la mesure jusqu'à une densité voisine de 4, 5.

Pour la construction des courbes de densités, MM. DRIEFFIELD et HÜRTER mesuraient la densité d'une portion de la plaque conservée à l'abri de la lumière, et retranchaient cette valeur de chacune des densités mesurées ; le Dr EDER adopta la même méthode. Notre photomètre étant un photomètre différentiel, nous disposions nos châssis négatifs de façon à conserver, tout le long de l'échelle de teintes obtenue, une bande non exposée, cette bande se trouvant placée, dans le photomètre, vis-à-vis l'autre région de la fente, compensant ainsi automatiquement le voile latent, avec d'autant plus de sécurité que la bande témoin est prise sur une région de la plaque adjacente à la région mesurée.

Toutes nos mesures de densités étaient effectuées pour la région verte, la plus lumineuse du spectre.

Sur les erreurs probables commises dans l'emploi du spectrophotomètre. La méthode suivante nous a été suggérée par M. L.-N.-G. FILON.

Chaque mesure étant répétée quatre fois, on prend les différences deux à deux et on prend la moyenne de ces différences ; cette moyenne, multipliée par $\frac{1}{\sqrt{2}}$ représente l'erreur probable sur chaque lecture.

Soient par exemple quatre angles lus.

$$84^{\circ}4 \quad 84^{\circ}4 \quad 84^{\circ}4 \quad 83^{\circ}9$$

donnant comme moyenne $84^{\circ}3$ et comme valeur correspondante de la densité :

$$D = - \log \cos^2 \theta = 2,01$$

Les densités, calculées respectivement pour chaque lecture donnent,

$$2,022 \quad 2,022 \quad 2,022 \quad 1,948$$

les 6 différences de ces densités deux à deux sont :

$$0,074; 0,074; 0,074; 0; 0; 0;$$

soit une différence moyenne de 0,037.

L'erreur probable est alors 0,026, soit une erreur de 1,27 %.

Nous obtenons ainsi, pour diverses mesures, les erreurs probables ci-après :

Densité	Erreur probable	Erreur %
4,645	0,0082	0,50
4,380	0,0097	0,70
4,190	0,00475	0,40
0,940	0,0068	0,68
0,690	0,00468	0,68
0,490	0,00495	1,01
0,390	0,00825	2,11
0,125	0,00592	4,73

Ces chiffres peuvent être considérés comme limites supérieures de l'erreur possible dans une seule lecture, mais l'erreur est fréquemment moindre, et si l'on fait plusieurs lectures, l'erreur probable calculée comme ci-dessus doit être divisée par la racine carrée du nombre des lectures.

Pour comparer les intensités lumineuses de deux sources différentes dans toute l'étendue du spectre, nous disposions à l'avant du photomètre deux prismes métalliques BB (fig. 221) couverts sur une de leurs faces d'une couche de plâtre fin, ces faces faisant entre elles un angle de 90° à 45° avec l'axe de l'appareil; ces prismes étaient séparés par une feuille mince C d'aluminium noirci. Les deux sources à comparer étaient alors placées sur une ligne perpendiculaire à l'axe, et à égale distance de cet axe, de façon que le prisme supérieur soit éclairé de gauche et le prisme inférieur de droite; si les hauteurs sont correctement réglées, l'une des moitiés du champ sera éclairée par l'une des sources, et l'autre moitié par l'autre et les deux champs pourront être amenés à l'égalité par la manœuvre des nicols.

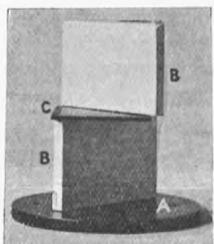


Fig. 22.

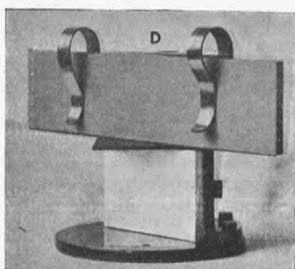


Fig. 23.

Pour la mesure des pouvoirs réfléchissants, le prisme supérieur est enlevé et remplacé par un autre prisme D pouvant recevoir dans des pinces à ressorts (fig. 28) toute surface à étudier, plaque photographique, papier, etc. Les deux prismes étant amenés alors à avoir leurs faces parallèles, et inclinées de 45° sur l'axe, une source de lumière placée à 90° de l'axe dans le sens convenable permettra de comparer, soit pour l'ensemble de la lumière blanche (par l'emploi des deux prismes à 30° auxiliaires) soit pour toute radiation du spectre, le pouvoir réfléchissant de la surface examinée à celui d'une couche de plâtre. Ayant ainsi décrit les appareils que nous avons adoptés tant pour l'étude de la théorie du développement et de la sensitométrie que pour les mesures de sensitométrie pratique des plaques photographiques, il nous reste seulement à énumérer les constantes permettant d'exprimer numériquement les propriétés d'une surface sensible. Ce sont :

1° L'inertie, telle que définie par Drieffield et Hürter, d'où peuvent être déduits les degrés sensitométriques ordinaires fournis par les divers actinomètres courants.

2° L'opacité **O** de la plaque non exposée pour les radiations bleues violettes le produit $O \times 0,625$ mesure la latitude de pose permise par la plaque en essais, c'est-à-dire le rapport des durées extrêmes de pose embrassant la période de représentation correcte, soit la portion droite de la courbe; cette latitude est indépendante de l'inertie.

3° Le plus grand facteur de développement $\gamma \propto$ que puisse donner la plaque.

4° La vitesse de développement de la plaque dans le révélateur décinormal à Poxalate ferreux, à température de 25°.

De ces deux derniers résultats peut être déduit le temps t_y , nécessaire pour développer la plaque jusqu'à obtention du facteur de développement $\gamma = 1$ (1).

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Machines à couler l'Emulsion.

J.-M. EDER, *Eder's Jahrbuch*, 1890, p. 412.

J. GEDICKE, *Ibid.*, 1893, p. 169.

J.-M. EDER, *Ausführliches Handbuch d. Phot.*, t. 3, chap. 26.

Appareils de développement et thermostats.

OSTWALD-LUTHER, *Physicochemische Messungen*, 2^e partie (Leipzig).

E. COHEN, *Eder's Jahrbuch*, 1892, p. 12.

HURTER et DRIEFFIELD, *Photominiature*, n° 56.

Lumières étalonées et appareils d'exposition à la lumière.

A. COWAN, *British Journal of Photography*, 1880, p. 430.

WARNERKE, *Ibid.*, 1881, p. 96, 108.

SPURGE, *Ibid.*, 1881, p. 675, et *Photographic Journal*, 1881, p. 44.

W. de W. ABNEY, *British Journ. of Phot.*, 1882, p. 243.

A. COWAN, *Ibid.*, 1887, p. 194 et 210.

NEWAL, *Ibid.*, 1889, p. 809.

SPURGE, *Photographic Journal*, 1883, p. 159.

CHAPMAN-JONES, *Ibid.*, 1901, p. 246.

Appareils d'exposition à la lumière.

J.-B. SPURGE, *Journ. of Camera Club*, 1893, p. 60.

H. HOLZE, *Phot. Nach.*, 1891, p. 161 et 225.

H. VOGEL, *Fortschrift d. Phot.*, 1883 ; *Eder's Handbuch*, p. 412 ; *Vogel's Handbuch*, t. 2, p. 51-53 ; *Eder's Jahrbuch*, 1894 ; *Phot. Mitteilung*, 28, p. 73 ; 30, p. 196.

O. HRUZA, *Eder's Jahrbuch*, 1893, p. 189.

M. WOLF, *Eder's Jahrbuch*, 1894, p. 298.

J. AGWORTH, *Ibid.*, 1896, p. 192.

HURTER et DRIEFFIELD, *Journal of the Society of chem. Ind.*, 1890, 9, p. 455.

VOGEL, *Eder's Jahrbuch*, 1896, p. 230.

J. SCHEINER, *Ibid.*, 1893, p. 392 et *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1894, p. 201.

HINTERBERGER, *Eder's Jahrbuch*, 1896, p. 425.

C.-W. HOUGH, *Photography*, 1^{er} juillet 1894.

VON JANKO, *Eder's Jahrbuch*, 1898, p. 91.

TICHMENEF, *Ibid.*, 1898, p. 519.

J.-M. EDER, *Ibid.*, 1899, p. 37.

VON JANKO, *Ibid.*, 1899, p. 30.

O.-M. EDER, *Ecrans colorés pour sensitométrie*, *Ibid.*, p. 209.

SÉBERT, *Ibid.*, 1902.

(1) Nous publierons prochainement les résultats obtenus par MM. MEES et SHEPPARD avec les appareils décrits dans ce mémoire.

Sources de lumière constantes.

- J. SPURGE, *Photographic Journal*, 1883, p. 459.
 GRAFTON, *Journal for gas lighting*, 1898, 450.
 CLOWES, *Etalon au pentane*, *Journal of the Soc. Chem. of Ind.*, 1902, p. 343.
 BOTHAMLEY, *Eder's Jahrbuch*, 1890, p. 54 et *Phot. Journal*, 1894, 231.
 DIBDIN, Lampe au pentane, *Jahrbuch für Chem. Techn.*, 1888, p. 26.
 GIROUD et UPPENBORN, *Ibid.*, 1888, p. 25.
 EBERT, *Eder's Jahrbuch*, 1894.
 H. KRÜSS, *Journ. f. Gasbel*, 1894, p. 382.
 J. VROLLE, *C.R. Ac. Sciences*, t. 422, p. 79.
 Ch. FÉRY, *C.R. Ac. Sciences*, t. 426, p. 1192.
 LIEBENTHAL, *Zeit. f. Instrumentenkunde*, 1895, p. 457, et *Eder's Jahrbuch*, 1897.
 J.-M. EDER, *Sensitométrie des plaques photo*. Traduction E. BELIN (Paris, 1903).
 M. WILDERMANN, *Zeit. für phys. Chem.*, t. 42, 1903, p. 257.

Photomètres.

- DRIEFFIELD et HÜRTER, *loco citato*.
 W. de W. ARNEY, *Philosophical Magazine*, 1874, *Journal Soc. Chem. Industry*, 1891, p. 18, 20, 98 ; *Photographic Journal*, 1887, p. 38.
 Chapman JONES, *Photographic Journal*, 1895, 1898.
 H. SIMON, *Eder's Jahrbuch*, 1897, p. 38, 1898, p. 40.
 HARTMANN, *Ibid.*, 1899, p. 406.
 Chapman JONES, *Ibid.*, 1900, p. 48.
 KAUER, *Phot. Centralblatt*, 1900, n° 43.
 MARTENS, *Verh. der deutschen physik Gessel.*, 1899, p. 204 et *Archiv für Wissenschaftliche Photo*, 1900, p. 164.
 J. KOENIGSBERG, *Zeit. f. instrum.*, 1901, t. 24, p. 429 et 1902, t. 22, p. 88.
 BRACE, *Ibid.*, 1900, t. 20, p. 210 et *Philosoph. Magazine* (5), 48, 1892.
 LUMMER et BRODHUN, *Zeit. für Instrum.*, 1889, t. 9, p. 41, 61 ; 1890, 10, p. 449 ; 1892, 12, p. 41 ; 1896, 16, p. 299.
 KRÜSS, *Ibid.*, 1898, 48, p. 42.
 MARTENS, *Drude's Annalen*, 1903.
 J. POLIAKOFF, *La Photographie*, 1901, p. 14.
 TECLU, *Journ. für Prakt. Chem.*, 1898, t. 58.
La Photographie française, 1903, n° 33, p. 372.
 VIERORDT, *Pogg Annalen*, 1870, 440, p. 472.
 GLAN, *Wied. Ann.*, 1873, 4, p. 351.
 HÜFNER, *Zeit. für Physik Chem.*, 1889, 3, p. 562.
 KRÜSS, *Eder's Jahrbuch*, 1892, p. 73.
 E.-J. WALL, *Ibid.*, 1896, p. 236.
 SIMMANCE et ABADY, *Phil. Mag.*, avril 1904.

Emploi de disques à secteurs et Los de Talbot.

- PLATEAU, *Physiol. der Netzhaid*, p. 30, 34, 283.
 FICK, *Pogg. Annalen*, 1835, p. 457.
 HELMHOLZ, *Physiol. Optik*, 340.
 KLEINER, *Pflüger's Archiv*, 48, 1878, p. 542.
 WIEDEMANN, *Wied. Ann.*, 1888, 34, p. 463.
 LUMMER et BRODHUN, *loc. cit.*

SOCIÉTÉS SAVANTES

Sur la télestéréoscopie.

C'est en juillet 1902, au cours d'ascensions dans les Alpes du Dauphiné et de la Savoie, que nous avons eu l'idée d'appliquer aux vues lointaines prises au téléobjectif un relief artificiel dérivant du principe de la stéréoscopie.

Les vues téléobjectives simples, par suite de leur faible champ, présentent un effet d'aplatissement très nuisible à la compréhension des détails. Dans la montagne notamment, les différents plans s'écrasent les uns sur les autres et, s'il s'agit de chaînes un peu éloignées, celles-ci se profilent en silhouettes sans profondeur.

Le principe que nous avons imaginé est le suivant : créer le relief tout en conservant le fort grossissement du téléobjectif par l'obtention de deux épreuves de la même région éloignée, la distance entre les deux stations de pose mesurée perpendiculairement à l'axe de visée étant régie par certaines lois ou règles données ci-dessous.

Nous avons donné le nom de *télestéréoscopie* à cette nouvelle application de la photographie et de *télestéréoscope* à l'ensemble des deux négatifs.

Le premier télestéréoscope qui ait été obtenu est une vue de l'Aiguille du Plan, prise de Chamonix, à 6 km. environ de distance. Plusieurs autres ont été pris cette même année.

En 1903, au cours de notre première campagne géodésique alpine, nous avons poursuivi l'étude de la télestéréoscopie. Passant des distances 6 km. aux éloignements considérables des panoramas pris de sommets élevés, nous avons réussi notamment un télestéréoscope sur la chaîne du Mont-Blanc, à plus de 100 km. de distance moyenne. Les deux téléphotographies qui le composent ont été prises à 8 jours d'intervalle au sommet du Puy-Gris (2911 m.) et au sommet du Rocher-Blanc-des-Sept-Laux (2930 m.), c'est-à-dire à environ 4350 m. d'écartement mesuré sur une perpendiculaire à l'axe médian de visée. L'appareil, une jumelle Bellieni stéréoscopique 8 × 9, munie d'un téléobjectif Zeiss, était placé sur le pied du théodolite dont la grande stabilité est un précieux avantage dans la prise des téléphotographies. Ce télestéréoscope met en relief six plans différents dans la seule chaîne du Mont-Blanc. Cette année encore, de nombreux télestéréoscopes ont été faits sur les stations élevées de notre triangulation.

La télestéréoscopie, en donnant le relief artistique et en faisant réagir les plans les uns sur les autres, a une utilisation pratique immédiate : d'une part, pour les alpinistes recherchant dans les hautes régions rocheuses des passages nouveaux qu'ils peuvent étudier d'en bas et, d'autre part, pour les officiers dans les reconnaissances militaires rapides sur un terrain inaccessible ou occupé par l'ennemi. Nous présentons à l'appui de cette utilisation, par examen rapide, un positif du premier télestéréoscope en date. Les deux stations ont été faites à 22 m. d'écartement.

Indépendamment de ce but pratique, nous avons recherché une relation mathématique entre deux points figurant sur les deux épreuves, de façon à déterminer la position de l'un connaissant celle de l'autre, par suite, à connaître la position planimétrique de tous les points visibles du terrain connaissant celle d'un seul.

Si l'on appelle ρ la distance du point cherché à l'appareil, D la distance du point connu, F la longueur focale du téléobjectif, α la différence des distances entre les verticales des

deux points (cherché et connu) sur les deux images photographiques et E l'écartement des deux stations mesuré perpendiculairement à l'axe de visée, on trouve

$$\varrho = \frac{DEF}{EF - Da}$$

On peut donc construire, en mesurant α au stéréo-comparateur avec une certaine précision (à laquelle s'opposent toutefois, dans certains cas, les grains et la distension des couches sensibles), tous les points du terrain vus sur les clichés, par la méthode des coordonnées polaires ; en effet, chaque point aura sa direction azimutale donnée par sa place sur le cliché et sa distance déduite de la formule. La méthode diffère ainsi de celle des levés par perspective photographique, dans laquelle les points sont obtenus par intersections graphiques que permettent les écarts, d'une grandeur toute autre que ceux de la télestéréoscopie, entre les deux stations.

Sans penser qu'une méthode nouvelle pratique de levés puisse en découler, à cause de la délicatesse des mesures, il sera toutefois commode, dans beaucoup de cas, d'évaluer ainsi une distance pour un point du champ d'un télestéréoscope.

Nous avons cherché à déterminer quelle devra être, en fonction de l'approximation que permettent les mesures micrométriques employées pour évaluer, la distance E à prendre entre les deux poses pour obtenir à une approximation donnée.

Si λ est cette approximation de l'appareil micrométrique dont on dispose, on trouve

$$E \geq \frac{\lambda D^2}{F}$$

Les deux clichés, par le fait qu'ils sont centrés sur le même point, ne sont pas dans des plans parallèles. Ce défaut de parallélisme pourrait fausser les formules. Nous avons recherché dans quelles limites une correction était négligeable. Nous avons trouvé :

$$E < \frac{2F}{p}$$

p étant la longueur mesurée sur l'un ou l'autre des deux clichés entre les verticales du point de distance connue et du point de distance à déterminer.

Nous présentons comme exemple de levé de plan où la recherche de la précision a été délaissée pour celle de la rapidité (les mesures de p étant relevées sans stéréo-comparateur) un secteur de terrain des environs de Nancy. Le télestéréoscope est formé de deux épreuves 18×24 prises avec un téléobjectif de Dallmeyer ; elles ont 2 m, 09 environ de longueur focale. L'écartement des deux stations est de 24 m, 50. Le plan a été dressé en 5 heures environ de travail de bureau.

Enfin, dans nos travaux actuels de triangulation des hautes régions des Alpes françaises, la télestéréoscopie nous vient constamment en aide dans la vérification des points visés sur les crêtes se présentant perpendiculairement à leur direction générale ou pour débrouiller des parties très éloignées de grands panoramas dans la détermination exacte de détail des différentes cimes. Le télestéréoscope de la châgne du Mont-Blanc, que nous présentons, rentre dans ce cas.

(Communication de M. Paul HELBRONNER à la séance du 5 décembre 1904 de l'Académie des sciences.)

REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Nouveaux sensibilisateurs (suite).

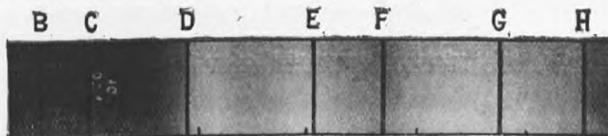
ORTHOCHROME.

Nous renvoyons au résumé que nous avons déjà publié des études de ce colorant faites par MM. MONPILLARD et PAYRE (*Revue des sciences photographiques*, septembre 1904, page 191). Nous nous contenterons de donner :

1^o Les deux spectres, reproduits ci-contre d'après deux clichés exécutés sans l'aide d'au-



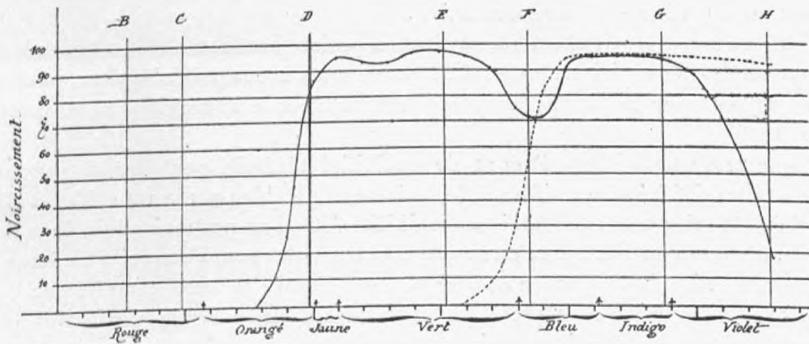
Spectre (positif) photographié sur plaque Lumière (étiquette bleue) (flamme d'acétylène, pose 17 secondes).



Spectre (positif) photographié sur plaque Lumière (étiquette bleue) traitée à l'orthochrome T (sans écran, flamme d'acétylène, pose 16 secondes).

cun écran coloré, avec notre spectrographe normal à réseau de diffraction (1), l'un sur plaque Lumière étiquette bleue, l'autre sur plaque de même émulsion à l'orthochrome T, montrent à première vue l'effet considérable du nouveau sensibilisateur.

2^o M. F. Monpillard a bien voulu mesurer, à l'aide de son opacimètre comparateur, les opacités aux divers points des négatifs de ces spectres et dresser à la suite de ces mesures le graphique de comparaison ci-contre donnant la mesure du noircissement pour les diverses



radiations : la courbe pointillée correspond à la plaque non traitée, la courbe en trait plein à la plaque sensibilisée à l'orthochrome T et exposée pendant le même temps ; on constate

l'existence de légers minima de sensibilité à la raie F (bleue verdâtre), et à mi-distance entre D et E (vert jaunâtre) ; ces minima disparaissent d'ailleurs si la pose est quelque peu prolongée ; on constate enfin une diminution de sensibilité pour le violet extrême, et cette particularité est le plus généralement avantageuse ; avec les poses courtes, comme c'est le cas pour les spectres ci-dessus, la sensibilité se limite à mi-distance entre C et D (limite de l'orangé et du rouge) ; avec des poses plus longues et surtout par l'emploi d'écrans jaune pur, comme le sont nos nouveaux écrans H. CALMELS (1), la sensibilité s'étend dans le rouge jusqu'à mi-distance entre les raies B et C, soit bien au delà de la limite de sensibilité du plus grand nombre des plaques orthochromatiques ou panchromatiques que l'on puisse actuellement se procurer. Enfin les spectres et le graphique qui en résulte montrent que le traitement des plaques par l'orthochrome T n'abaisse pas leur sensibilité générale comme le faisait l'emploi de la cyanine.

(*Le Procédé*, janvier 1904).

PLAQUES SENSIBILISÉES AU PINACHROME.

LES *Fabwerke Lucius Meister*, de Hœchst, à qui nous sommes redevables de l'orthochrome, du pinachrome, et de nombreuses autres matières colorantes dont nous avons successivement indiqué, ici-même, l'emploi, viennent de mettre sur le marché des plaques au gélatinobromure, de leur fabrication, sensibilisées au vert, au jaune et au rouge, au moyen du pinachrome. Ces messieurs ayant bien voulu nous faire parvenir l'une des premières boîtes sorties de leur usine, nous nous sommes empressés de faire sur elles quelques essais spectrographiques, et de les comparer aux meilleures marques actuellement connues de plaques panchromatiques, LUMIÈRE et OTTO PERUTZ. La planche ci-contre résume ces essais, en attendant que nous puissions les traduire sous forme de graphiques, toujours plus lisibles et surtout plus précis que ne peut l'être la meilleure reproduction en similigravure.

Les clichés ont été exécutés consécutivement dans des conditions identiques en exposant les plaques dans un spectrographe H. CALMELS à réseau de diffraction, à la lumière d'un arc électrique, métallisé par du sel commun dont nous avions au préalable imprégné les charbons. Le développement a été poussé à fond, les plaques étant traitées simultanément et dans le même révélateur.

On voit que tandis qu'avec des poses courtes, la plaque panchromatique LUMIÈRE, outre la sensibilité ordinaire du gélatinobromure de (400 à 500 $\mu\mu$ environ), n'est sensible qu'à une bande étroite du spectre dans le vert-jaunâtre (de 550 à 575 $\mu\mu$ environ) et, très faiblement, à une autre bande dans l'orangé-rougeâtre (de 625 à 635 $\mu\mu$ environ) visible sur les clichés originaux mais perdue dans la reproduction.

Ces bandes s'accentueraient et s'étendraient en prolongeant notablement la durée de pose, mais pour rendre plus saisissantes les différences, nous avons préféré opérer, pour les trois plaques essayées, avec les temps de pose correspondant à l'enregistrement complet du bleu violet.

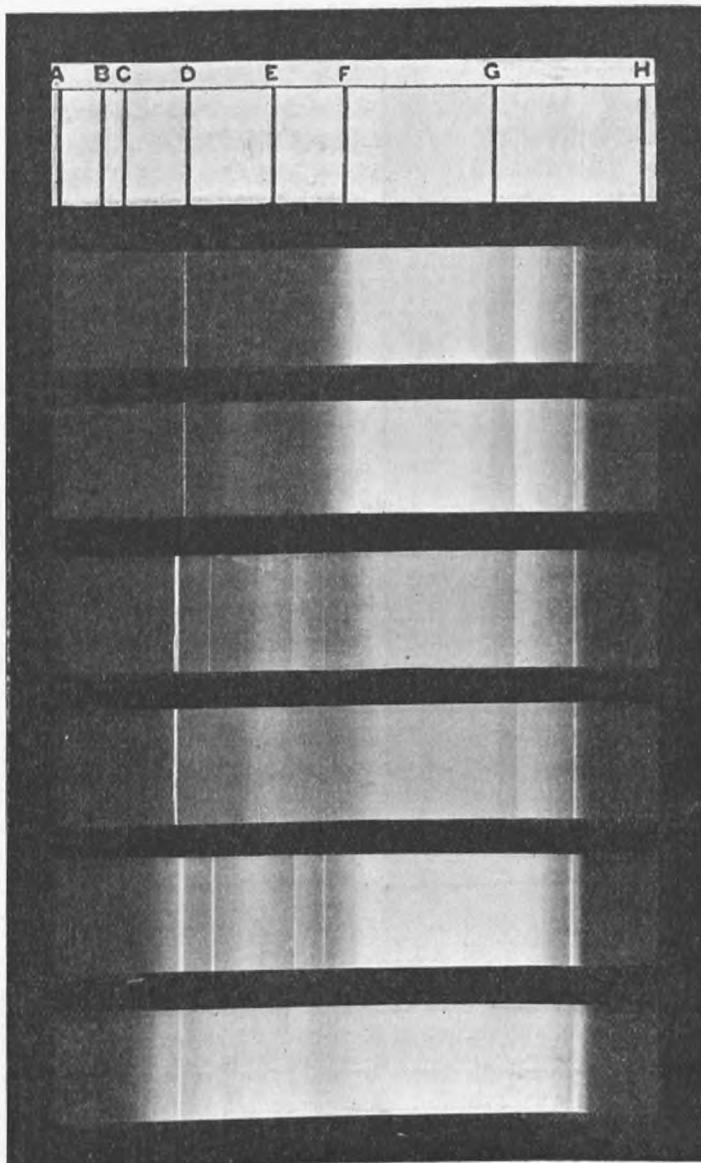
La plaque perchromo d'OTTO PERUTZ, de sensibilité générale peut-être un peu moindre, présente une sensibilité plus uniforme, les *minima* en F (bleu-verdâtre) et D 1/2 E (jaune-verdâtre) étant moins prononcés, mais la sensibilité s'étend un peu moins loin dans l'orangé-rougeâtre, dès que l'on arrive aux durées de pose normales pour l'emploi d'un écran rouge.

La plaque au pinachrome donne un spectre aussi étendu et aussi complet que ceux que nous avions précédemment obtenus en sensibilisant des plaques ordinaires (LUMIÈRE étiquette bleue), dans la solution de pinachrome. Les *minima* s'atténuent au point d'être à peine perceptibles, même aux courtes durées de pose, et des clichés exécutés sans écran, avec des poses telles que le bleu et le violet ne manifestent aucune trace de surexposition, donnent une intensité utilisable jusque en C ; on dépasse notamment cette limite en pro-

longeant la pose, ce qui est le cas en sélection trichrome dans l'exécution, sous l'écran orangé, du négatif des bleus (1).

L. P. CLERC.

(*Le Procédé*, septembre 1904).



Clichés exécutés avec
le spectrographe normal

Modèle TALLENT

Pose 10 secondes	}	Panchromatique
Pose 25 secondes		LUMIÈRE

Emulsion 25,891

Pose 10 secondes	}	Perchromo
Pose 25 secondes		OTTO PERUTZ

Emulsion 4,488

Pose 10 secondes	}	Plaques au Pinachrome
Pose 25 secondes		LUCIUS MEISTER

Emulsion n° 294

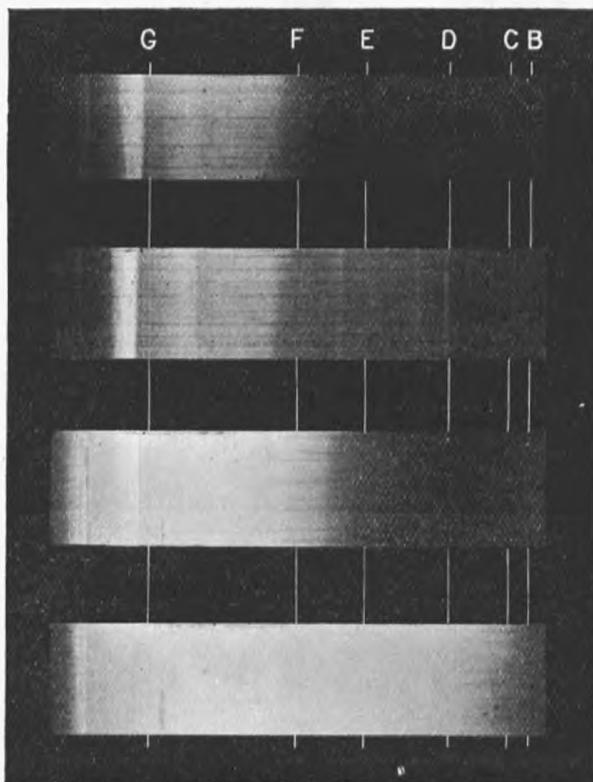
L'HOMOCOL.

Si les usines de matières colorantes ont pendant longtemps ignoré les besoins de la photographie pour se consacrer exclusivement à la découverte et à la fabrication de substances tinctoriales industrielles, il semble qu'un revirement se soit produit et que les usines les plus importantes luttent à l'envi pour les perfectionnements des procédés trichromes.

Pendant de longues années l'*Actien Gessellschaft für Anilin fabrikation* monopolisa la préparation des colorants sensibilisateurs ; l'an dernier, les *Fabwerke Meister Lucius et*

(1) On obtient encore aux longues poses une impression très distincte de la raie du lithium à mi-distance entre B et C ($670 \mu\mu$).

Brüning nous donnaient la si intéressante série des dérivés de la cyanine, dont nous avons, à plusieurs reprises, entretenus nos lecteurs, et entreprenaient la fabrication, à l'état de pureté rigoureuse, d'une importante collection de colorants répondant aux besoins les plus divers de la photographie; voici que la Société des produits *F. Bayer* entre à son tour en lice, et nous croyons savoir que la *Badische Anilin und soda Fabrick* et l'*Action Gesellschaft für Anilin* s'apprêtent à suivre la même voie. Nous ne pouvons que nous féliciter de cette émulation pour le progrès de procédés qui nous sont chers.



Plaque Lumière étiquette bleue, non traitée
Pose 5 secondes

La même, traitée à l'homocol
Pose 5 secondes

Plaque non traitée
Pose 25 secondes

La même, traitée à l'homocol
Pose 25 secondes

L'Homocol, de la Société *Bayer*, dont nous annoncerons ultérieurement la mise dans le commerce, appartient à la famille de la cyanine. Il est livré sous forme de fines aiguilles d'aspect métallique qui, réduites en poudre, apparaissent bleu-rougeâtre avec reflet bronzé. L'Homocol est très soluble dans l'eau ou l'alcool chauds. On peut préparer à froid une solution aqueuse à 3 0/0 (rouge sang) ou une solution alcoolique à 1 0/0 (rouge violacé). L'addition d'un acide les décolore. Les solutions alcooliques, conservées à l'abri de l'air et de la lumière, sont très stables. L'Homocol est insoluble dans l'éther, mais on peut, à une solution alcoolique à 0,5 0/0, ajouter la moitié de son volume d'éther sans que le colorant soit précipité.

Pour sensibiliser des plaques au gélatino-bromure au moyen de l'Homocol, choisir des plaques parfaitement exemptes de voile et les plonger pendant deux minutes dans le mélange suivant, à raison de 50 cc. pour 100 cm² de surface :

Solution alcoolique à 1 pour 1000	1 à 2 cc.
Ammoniaque pure	5 cc.
Eau distillée.	100 cc.

Employer des cuvettes extrêmement propres, et pour éviter tout risque de voile, n'éclairer le laboratoire qu'au moyen de la combinaison des Ecrans Invicta n°s 1 et 4, laissant seu-

lement passer le rouge extrême au delà de la raie B. La solution sensibilisatrice ne sert qu'une fois. La plaque teinte est rincée pendant trois minutes à l'eau courante, ou à défaut de canalisation d'eau dans le laboratoire, renouveler au moins cinq fois l'eau de la cuve à lavages. Sécher rapidement à température modérée et à l'abri des poussières, en employant, à défaut d'un laboratoire à doubles portes, l'étuve étanche H. CALMELS, à courant d'air filtré. L'emploi d'un ventilateur électrique est également très avantageux. A la rigueur on pourrait sécher les plaques à l'alcool, mais la sensibilisation panchromatique est alors moins complète. Bien noter qu'un séchage lent provoquerait la formation d'un voile. Les plaques ainsi sensibilisées se conservent aisément une quinzaine de jours sans altération. Le cliché ci-dessus, d'après spectres obtenus sur spectrographe TALLENT (H. CALMELS, concessionnaire) montre, avec différentes durées de pose, l'effet de ce traitement sur plaques LUMIÈRE étiquette bleue.

L. P. CLERC

(*Le Procédé*, octobre 1904).

Sur la théorie de l'orthochromatisme ; mode d'action des sensibilisateurs.

Sir W. ABNEY, rendant compte d'une conférence faite à la Royal Society de Londres, par M. TIMIRIAZEFF, professeur de botanique à l'Université de Moscou sur la « fonction cosmique de la feuille verte », montre comment cet expérimentateur fut amené à étudier l'orthochromatisme : on projeta, durant cinq à six heures, un spectre très lumineux sur des feuilles vivantes, privées de leur amidon par maintien prolongé à l'obscurité ; l'image latente due à la formation d'amidon fut développée par une solution d'iode. L'expérimentateur constata un maximum très marqué entre les raies B et C, beaucoup plus intense que dans le bleu, correspondant à la bande d'absorption bien connue de la chlorophylle.

Il supposa, à juste titre, que parallèlement à la formation d'amidon par action de la lumière sur la chlorophylle, il y avait élimination de gaz carbonique plus considérable dans le bleu que dans le rouge, absorbant la majeure partie de l'énergie lumineuse, tandis que l'énergie absorbée par la chlorophylle devait pouvoir se manifester par l'accomplissement de quelque autre travail : c'est par la photographie que M. Timiriazeff a pu résoudre les diverses questions soulevées par cette première expérience.

VOGEL, en établissant le principe de l'orthochromatisme, admis que le fait par un colorant d'absorber des radiations déterminées auxquelles un sel d'argent n'était pas sensible, suffisait pour qu'en mettant en contact ce colorant avec le sel d'argent considéré, ce dernier soit rendu sensible aux dites radiations. Ceci eût été aisément compris si on avait pu établir que l'action de la lumière sur le colorant lui donne une phosphorescence capable d'agir après coup sur le sel d'argent. ABNEY s'inscrit en faux contre cette hypothèse et, effectivement, plusieurs expérimentateurs, parmi lesquels le Dr ACWORTH, reconnaissent depuis que le maximum d'action photographique d'un colorant ne coïncidait plus avec les bandes d'absorption de ce colorant, mais se trouvait rejeté vers l'extrême rouge du spectre. Pour vérifier ce fait, il suffit de sensibiliser une plaque avec un colorant déterminé, l'éosine par exemple, et de recevoir sur cette plaque le spectre d'un faisceau de lumière blanche après traversée d'une cuve renfermant une solution du même colorant ; si le maximum d'action photographique coïncidait avec les bandes d'absorption du colorant, on ne constaterait aucun effet ; or, on trouve un maximum d'action photographique très accentué, plus près du rouge.

Le principe de la conservation de l'énergie oblige à supposer que ce n'est pas l'éosine elle-même qui est en jeu, mais un composé de ce colorant et du sel d'argent. Ce composé peut bien être sensible à de nouvelles régions du spectre et, notamment, aux régions avoisinant les bandes d'absorption de l'éosine, mais sans que ce phénomène ait rien à voir avec l'absorption propre de l'éosine.

On sait, il est vrai, que les limites d'absorption d'une solution colorée ne coïncident pas nécessairement avec celles d'une pellicule sèche teinte par ce colorant : c'est notamment le cas pour l'éosine, dont l'absorption à l'état sec s'étend davantage du côté du rouge ; mais on ne peut admettre cette explication dans tous les cas.

Prenons par exemple la cyanine. Sir W. Abney a fait l'expérience suivante : une plaque de verre recouverte d'un collodion teint à la cyanine fut placée dans le spectre ; une décoloration se manifesta rapidement dans le jaune et dans le rouge ; la plaque ainsi insolée fut recouverte d'une émulsion au collodion qui s'incorpore à la première couche et amène ainsi le sel d'argent au contact du produit de la décoloration sans exposer à nouveau à la lumière. Cette plaque fut soumise à l'action d'un révélateur et on constata la formation d'une image dans toutes les régions où la cyanine avait été blanchie, c'est-à-dire dans les régions mêmes correspondant à l'absorption. Cette expérience met en évidence le fait qu'il y a au moins deux modes d'action distincts des sensibilisateurs.

Dans sa conférence, M. Timiriazeff dit qu'il constata également la coïncidence des bandes d'absorption et des maximums de sensibilité dans le cas de la sensibilisation des plaques photographiques avec la chlorophylle, principe colorant des parties vertes des végétaux. Ce sont probablement les colorants les moins stables qui donnent ces coïncidences, tandis que les colorants stables montreraient un décalage vers le rouge. Il serait intéressant de tenter, sur ces bases, une classification des sensibilisateurs optiques actuellement employés.

(*La Photographie française*, d'après *Photography*, 14 mai 1904.)

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

SUR LA COMPOSITION DE LA GÉLATINE INSOLUBILISÉE

Par les sels de sesquioxide de chrome et la théorie de l'action de la lumière sur la gélatine additionnée de chromates métalliques (1)

Par MM. A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ

PREMIÈRE COMMUNICATION. — *Composition de la gélatine insolubilisée par les sels de sesquioxide de chrome.*

L'alun de chrome ajouté à une solution aqueuse de gélatine détermine, comme on le sait, une modification profonde des propriétés de la gélatine. Avec des proportions convenables d'alun, la solution une fois prise en gelée ne peut plus être liquéfiée lorsqu'on la chauffe avec de l'eau et la gélatine devient insoluble dans l'eau bouillante.

On observe le même phénomène d'insolubilisation avec des feuilles de gélatine sèches qui ont été immergées pendant un temps suffisant dans une solution d'alun de chrome. Cette propriété paraît présenter une grande analogie avec celle que possède la peau de devenir imputrescible sous l'influence de l'alun de chrome dans le procédé de tannage au chrome.

Les travaux de PROCTER et GRIFFITHS (1) et ceux de KRUTWIG et DALIMIER (2) ont permis de faire diverses hypothèses sur la composition de la peau tannée, mais jusqu'ici on ignorait à la suite de quelles réactions précises les sels de sesquioxide de chrome peuvent rendre la gélatine insoluble.

C'est la nature de ces réactions complexes que nous avons cherché à élucider dans la première partie de cette étude.

Nous nous sommes proposés de résoudre les problèmes suivants :

1^o Déterminer quels sont les composés du sesquioxide de chrome pouvant insolubiliser la gélatine. Quelle est, pour un poids déterminé de gélatine, la quantité minimum de chrome aux divers états qui permet l'insolubilisation et la quantité maximum qui peut être fixée ? Ces quantités dépendent-elles du degré de concentration de la solution de gélatine ?

2^o Rechercher à quel état le chrome se trouve associé à la gélatine et si l'acide du sel de chrome intervient dans l'insolubilisation. Fixer le rapport du poids de gélatine à celui du chrome dans la gélatine insolubilisée dans des conditions variables ;

3^o Etudier les propriétés de la gélatine chromée et en déduire les meilleures conditions de l'insolubilisation, ainsi que les hypothèses que l'on peut faire sur la constitution de la gélatine chromée.

(1) *Journ. Soc. chem. Ind.*, 1900, p. 223.

(2) *Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts*, 1899, t. XLVIII, p. 23. — Voyez aussi *la Tannerie*, par L. MEUNIER et C. VANEY (Gauthiers-Villars, éditeurs).

Nous examinerons successivement ces différentes subdivisions de notre étude.

I. — Nous avons d'abord expérimenté l'action des sels normaux : sulfate, sulfite, nitrate, chlorure, fluorure, acétate, formiate, citrate, tartrate, lactate, obtenus en dissolvant un poids connu de sesquioxide de chrome précipité dans la quantité juste suffisante de l'acide correspondant, en solution aqueuse à 10 % environ. Tous ces composés ont paru insolubiliser la gélatine comme l'alun de chrome. Le produit insolubilisé semble résister d'autant mieux aux traitements à l'eau bouillante que le sel est moins acide, c'est-à-dire qu'il est nécessaire de lui ajouter une moins grande quantité d'alcali pour déterminer la formation d'un précipité permanent d'hydrate de sesquioxide de chrome. NAMIAS (1) a montré que l'alun de chrome neutralisé par un alcali jusqu'à commencement de précipitation possède un pouvoir insolubilisateur pour la gélatine plus grand que l'alun non neutralisé. En confirmant ces résultats, nous avons indiqué les réactions auxquelles peut donner lieu l'alun de chrome par l'addition d'un alcali, et montré la possibilité de la formation d'un sel basique (2).

Afin de confirmer les résultats favorables obtenus avec les sels basiques, nous avons expérimenté comparativement aux composés cités plus haut, l'action du *sulfate basique de chrome*. Ce composé peut être préparé, d'après RECOURA, en précipitant par un alcali l'alun vert obtenu en portant à l'ébullition une solution aqueuse d'alun violet, puis en redissolvant l'hydrate de sesquioxide de chrome ainsi obtenu ($\text{Cr}^2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dans la quantité juste suffisante d'acide sulfurique. Le sulfate ainsi obtenu répond, d'après Recoura (1), à la formule $\text{Cr}^2(\text{SO}_4)^3$, sa solution est verte et conserve indéfiniment cette couleur sans rétrograder au violet comme celle de l'alun vert. La gélatine insolubilisée par ce composé résiste bien mieux aux lavages répétés à l'eau bouillante que celle qui a été traitée par les sels normaux.

Cette action favorable des sels basiques nous a fait étudier l'emploi de la solution de sesquioxide de chrome dans les alcalis, mais cette solution n'insolubilise pas la gélatine. C'est probablement parce que le dissolvant alcalin dissocie le composé de gélatine et de chrome qui se forme dans le phénomène de l'insolubilisation, ainsi que nous le verrons plus loin.

Il n'en est pas de même du sesquioxide de chrome précipité à l'état naissant que l'on peut former en additionnant la gélatine d'un poids connu d'ammoniaque, puis de la quantité théorique d'alun de chrome. La gélatine ainsi insolubilisée, dont l'aspect vert opaque indique que l'oxyde de chrome est bien précipité, résiste aussi complètement aux lavages à l'eau bouillante que celle traitée par le sulfate basique de chrome, à condition toutefois qu'il n'y ait pas d'excès d'ammoniaque. Avec une quantité relativement faible d'ammoniaque en excès, la gélatine redevient complètement soluble dans l'eau chaude (voir plus loin).

Nous avons cherché à déterminer la quantité minimum de chrome nécessaire pour rendre la gélatine insoluble dans l'eau bouillante. Avant de comparer entre eux divers composés du chrome, nous avons opéré d'abord avec l'alun de chrome en employant un produit purifié par 4 cristallisations successives et en utilisant des solutions de gélatine de titre variant depuis 10 jusqu'à 2,5 % (ce titre est celui de la solution finale après addition de l'alun). On a pris des solutions de gélatine à 3 titres différents : 20, 10 et 5 %, et on les a additionnées de quantités croissantes d'une

(1) *Photographische Correspondenz*, août 1902, p. 446.

(2) *Bull. de la Société chimique*, 1902.

solution d'alun de chrome titrée, en ramenant tous les essais au même volume par addition d'eau. On a eu ainsi des solutions renfermant 10, 5 et 2,5 % de gélatine et des proportions d'alun de chrome variant depuis 0^{gr},5 jusqu'à 10 gr. pour 100 gr. de gélatine. On a prélevé une portion de ces essais quelques heures après leur préparation et on les a soumis à l'action de l'eau bouillante.

Avec la gélatine à 10 %, le mélange renfermant 2 gr. d'alun de chrome pour 100 gr. de gélatine est celui qui résiste le mieux à l'action de l'eau bouillante pour la plus petite quantité de chrome.

Avec la gélatine à 5 %, cette quantité d'alun de chrome doit atteindre 3 gr. pour 100 gr. de gélatine, enfin aucun des mélanges renfermant 2,5 % de gélatine n'est infusible dans l'eau bouillante. Si l'on recommence ces essais de fusibilité 12 heures après leur préparation, on trouve qu'avec la gélatine à 5 % l'essai renfermant 2 gr. d'alun pour 100 gr. de gélatine est devenu insoluble. Avec la gélatine à 2,5 % les essais renfermant le plus d'alun de chrome fondent beaucoup moins facilement qu'au début, mais aucun ne résiste encore complètement à l'eau bouillante.

Après 18 heures, on trouve que les essais renfermant au moins 5 % d'alun de chrome sont insolubilisés, puis l'insolubilisation augmente avec le temps et finalement après 50 heures environ, l'essai ne renfermant que 2 gr. d'alun pour 100 gr. de gélatine résiste également à l'eau bouillante. Aucun changement nouveau dans l'insolubilisation n'a été remarqué pour les essais faits avec la gélatine à 10 et à 5 %.

La quantité minimum d'alun de chrome permettant à la gélatine de résister à l'action de l'eau bouillante est donc de 2 gr. pour 100 gr. de gélatine. Cette quantité est la même quelle que soit la concentration de la solution de gélatine, mais à partir de la teneur de 5 % l'insolubilisation complète n'est obtenue qu'après un temps variable d'autant plus long que la dilution est plus faible. Ce temps paraît atteindre 50 heures environ avec la gélatine à 2,5 %.

Après avoir déterminé la quantité minimum d'alun de chrome qui peut insolubiliser 100 gr. de gélatine, nous avons recherché quelle est la quantité maximum d'alun de chrome que peut fixer ce même poids de gélatine en opérant comme précédemment avec des solutions à 10, à 5 et à 2,5 % de gélatine (teneur après addition de l'alun de chrome). Trois séries d'essais faits comme plus haut en ajoutant à des solutions de gélatine de titre variable des quantités croissantes d'alun de chrome, ont permis de constater que dès que la solution gélatinée renferme plus de 21 gr. d'alun de chrome pour 100 gr. de gélatine, la masse solidifiée abandonne du chrome par traitement à l'eau froide, quelle que soit la concentration de la solution de gélatine.

Pour saturer de chrome 100 gr. de gélatine, il faut donc une quantité d'alun environ 10 fois plus grande que la quantité minimum nécessaire pour insolubiliser ce même poids de gélatine.

Nous avons examiné si l'acide combiné au chrome a une influence sur la quantité de chrome nécessaire à l'insolubilisation. Pour obtenir des résultats comparables il n'était pas possible d'utiliser les sels chromiques cristallisés du commerce dont la composition est très variable au point de vue de la teneur en chrome et de l'acidité.

Nous avons préparé de l'hydrate de sesquioxide de chrome précipité pur à partir d'un poids connu d'alun de chrome pur. L'hydrate de sesquioxide de chrome a été dissous dans la quantité correspondante d'acide titré et on a étendu les solutions

ainsi obtenues à un même volume de façon à avoir des quantités comparables de chrome dans toutes les solutions.

Nous avons expérimenté le sulfate, le chlorure, le nitrate et l'acétate chromique préparés ainsi. Il a fallu avec ces divers composés employer des quantités de sels correspondant sensiblement à 2 gr. d'alun de chrome pour insolubiliser 100 gr. de gélatine. La nature de l'acide combiné au chrome paraît donc être sans influence sur la quantité minimum de chrome nécessaire pour insolubiliser un poids déterminé de gélatine.

II. — L'incinération de la gélatine insolubilisée par les sels de sesquioxyde de chrome donnant dans tous les cas le chrome à l'état de Cr_2O_3 , on peut supposer, *a priori*, que c'est à l'état de composé chromique que le chrome se fixe sur la gélatine dans la réaction insolubilisante. La couleur violette ou verte de la gélatine insolubilisée, suivant qu'on emploie un sel vert ou violet, plaide encore en faveur de cette hypothèse. Jusqu'ici on ignorait si le composé chromique se fixait à l'état d'oxyde, de sel basique ou sel neutre. On peut faire à ce sujet plusieurs hypothèses dont les plus vraisemblables sont les suivantes :

1^o Ou bien le sel de chrome se fixe intégralement sur la gélatine comme dans la formation des sels doubles en donnant un produit d'addition ;

2^o Ou bien la gélatine jouant le rôle d'acide faible décompose le sel chromique en donnant un sel basique qui se combine ou forme un produit d'addition avec la gélatine ;

3^o Ou bien la gélatine jouant le rôle d'un acide fort se combine à la totalité du sesquioxyde de chrome et libère tout l'acide combiné à ce dernier.

Pour résoudre cette question nous avons d'abord examiné quelle variation on apporte dans le rapport du chrome à l'acide sulfurique lorsqu'on plonge de la gélatine sèche ou gonflée par l'eau dans une solution d'alun de chrome.

On a dosé le chrome et l'acide sulfurique dans une solution d'alun de chrome pur avant et après y avoir immersé des plaques de gélatine pendant plusieurs jours. Qu'on opère en solution concentrée ou étendue, en employant même une quantité de gélatine suffisante pour produire la décoloration presque totale du liquide, on trouve sensiblement le même rapport entre le chrome et l'acide sulfurique avant et après l'immersion.

Ces résultats tendent donc à prouver que l'alun de chrome se fixe à l'état d'alun sur la gélatine.

Les mêmes résultats ont été obtenus avec le chlorure chromique. On pourrait donc supposer que l'alun de chrome ou le sel de chrome forme un véritable composé d'addition avec la gélatine. Pourtant, si l'on lave à l'eau de la gélatine insolubilisée par un sel chromique, on constate qu'elle abandonne des quantités importantes de l'acide du sel ayant produit l'insolubilisation, mais le titrage de l'acide éliminé dans les premiers lavages effectués même à l'eau bouillante, montre que la quantité d'acide éliminée est notablement inférieure à celle qui correspond à la salification du chrome fixé. En multipliant le nombre des lavages, on constate, après chacun d'eux, l'élimination d'une petite quantité d'acide libre, mais il faut soumettre la gélatine insolubilisée à un très grand nombre de traitements par l'eau bouillante pour obtenir l'élimination complète de toute trace d'acide (1). Après quelques lavages à l'eau bouillante, le

(1) On s'assure que cette élimination est complète, en faisant bouillir la gélatine chromée avec de l'acide nitrique pur pour détruire la matière organique et en s'assurant que la solution ne donne plus de précipité par le chlorure de baryum.

produit se gonfle et devient de plus en plus perméable à l'eau en même temps qu'une portion de la gélatine se dissout dans l'eau chaude et le composé s'enrichit en chrome (1).

On pourrait croire d'après cela que l'acide du sel de chrome entre dans la composition de la gélatine insolubilisée et que l'élimination progressive de cet acide détermine le gonflement et la dissolution partielle de la gélatine. Mais il n'en est rien, car il n'est pas possible de rendre à la gélatine son imperméabilité primitive en la faisant digérer à froid ou bouillir dans une solution aqueuse, acidulée par une quantité d'acide comparable à celle éliminée.

En outre, nous avons montré plus haut qu'il est possible d'obtenir l'insolubilisation par l'alun de chrome en ajoutant à la gélatine la quantité d'ammoniaque juste correspondante à l'acide du sel de chrome employé pour saturer la totalité de l'acide de ce sel. Nous avons même fait observer à ce sujet que l'aspect de la gélatine ainsi insolubilisée était opaque et que la totalité de l'oxyde de chrome paraissait précipitée au sein de la gélatine. La gélatine ainsi traitée peut être bouillie un très grand nombre de fois avec l'eau sans gonfler et sans abandonner de la gélatine comme dans le cas de l'insolubilisation par les sels normaux de chrome.

La possibilité d'insolubiliser la gélatine par l'hydrate de sesquioxyde de chrome paraît donc prouver que l'acide du sel de chrome n'intervient pas dans le phénomène.

On peut supposer que c'est la présence de cet acide retenu par la gélatine et s'éliminant peu à peu dans les traitements successifs par l'eau bouillante qui décompose lentement à chaud la gélatine insolubilisée.

Cette hypothèse est confirmée par le fait qu'on peut empêcher complètement le gonflement de la gélatine dans les traitements à l'eau bouillante, ainsi que la dissolution d'une partie de la gélatine en faisant subir à celle-ci des lavages à l'eau alcaline avant de la traiter par l'eau bouillante.

Pour obtenir de bons résultats, il est indispensable d'utiliser des solutions suffisamment diluées sans excès notable d'alcali par rapport à l'acide du sel de chrome, sans quoi la gélatine chromée se décompose. Nous avons essayé de laver la gélatine insolubilisée par l'alun de chrome, comparativement avec de l'eau alcalinisée par de l'ammoniaque, par de la soude caustique et par du carbonate de soude. On a déterminé la quantité maximum de chacun de ces alcalis employé pour ces lavages sans risquer de produire, avec l'excès d'alcali, un commencement de décomposition de la gélatine chromée.

Dans ces essais, la gélatine a été insolubilisée par un excès d'alun de chrome puis lavée à l'eau froide jusqu'à élimination de toute trace de chrome.

« Avec 10 fois la quantité théorique d'ammoniaque nécessaire pour saturer l'acide du sel de chrome employé en solution à 1 %, le gonflement de la gélatine se produit à nouveau dans les lavages ultérieurs à l'eau bouillante, ce qui indique un commencement de décomposition de la gélatine chromée. On obtient le même résultat avec le carbonate de soude, mais on peut l'employer en solution à 3 %. Avec la soude caustique le gonflement de la gélatine ne se produit pas en employant juste la quantité théorique de soude en solution à 0 gr. 4 %, mais il a lieu dès que l'on double cette quantité dans le même volume d'eau. »

(1) Cet enrichissement en chrome est très notable. On trouve en effet que la gélatine ainsi traitée peut donner par incinération un résidu de 5,4 à 5,6 pour 100 gr. de gélatine, alors que la gélatine insolubilisée complètement comme nous l'indiquons plus loin ne donne que 3,3 à 3,5 %.

L'influence favorable des lavages alcalins paraît bien prouver que c'est l'acide du sel de chrome libéré dans le phénomène de l'insolubilisation, qui réagit sur la gélatine chromée en présence de l'eau bouillante et tend à la désorganiser. L'acide du sel de chrome est nuisible et non utile dans la réaction insolubilisante. Il est donc avantageux de l'éliminer, si l'on veut avoir une gélatine résistant complètement à l'action de l'eau bouillante.

Nous avons reconnu que, pour obtenir ce résultat dans les meilleures conditions possibles, il faut d'abord laver à l'eau froide la gélatine insolubilisée pour éliminer le chrome qui peut se trouver en excès. On traite alors la gélatine par une quantité d'eau ammoniacale renfermant environ 0 gr. 3 d' AzH^3 dans 100 cc. (soit 1 cc. 5 d'ammoniaque du commerce), employé en quantité à peu près double de la quantité théorique nécessaire pour saturer l'acide du sel de chrome. Si on remplace l'ammoniaque par du carbonate de soude, on pourra l'employer en quantité correspondante à l'ammoniaque, mais en solution à 1 %.

Lorsqu'on insolubilise la gélatine par la plus petite quantité possible d'alun de chrome (soit 2 gr. pour 100 gr. de gélatine) on constate que si le produit résiste bien à un premier traitement à l'eau bouillante, il se gonfle déjà après le deuxième lavage à l'eau bouillante, et ne résiste pas aux lavages suivants. Si on essaie d'augmenter l'insolubilisation comme précédemment par traitement à l'eau ammoniacale, on peut remarquer qu'en employant pour le lavage une quantité d'ammoniaque suffisamment faible à un degré de dilution convenable (0,05 %) on arrive à retarder le gonflement de la gélatine, mais non à l'empêcher. A mesure qu'on augmente le nombre des lavages, on dissout chaque fois une nouvelle quantité de gélatine et finalement on obtient la dissolution complète du produit, l'insolubilisation ainsi produite est donc très incomplète. On peut supposer que la gélatine ainsi insolubilisée est un mélange de substance fusible et de substance infusible et que c'est grâce à la présence d'une quantité suffisante de la portion infusible que la masse ne fond pas. Dès que cette masse a été désagrégée par plusieurs lavages à l'eau bouillante, on arrive à dissoudre la partie soluble.

Les lavages à l'eau alcaline de la gélatine insolubilisée par un excès d'alun de chrome nous ont permis de faire subir à cette gélatine un nombre suffisant de lavages à l'eau bouillante pour éliminer toute trace de produits solubles, sans risquer de dissoudre une certaine quantité de gélatine. Il nous a donc été possible de déterminer avec certitude le rapport de la gélatine au chrome, ce qui ne pouvait avoir lieu avant les traitements alcalins puisque de la gélatine se dissolvait pendant ces lavages. Ces déterminations ont été faites avec une solution de gélatine à 20 % dont 50 cc. ont été additionnés de la quantité maximum d'alun de chrome qu'elle peut absorber, avec un léger excès pour être bien sûr de ne pas être au-dessous du maximum. Après solidification, la gélatine a été divisée en petits fragments, puis lavée à l'eau froide jusqu'à élimination de toute trace de chrome en excès. On a fait ensuite deux lavages à l'eau ammoniacale (chacun avec 100 cc. d'eau renfermant 1 cc. 5 d'ammoniaque ordinaire) puis deux lavages à l'eau froide pour éliminer l'ammoniaque. Enfin toute trace de sels solubles a été éliminée par de nombreux lavages à l'eau bouillante (25 lavages avec 150 cc. d'eau chacun) puis la gélatine a été séchée à l'étuve vers 80° jusqu'à poids constant (1).

(1) Après chaque lavage, la gélatine étant fortement pressée dans un nouet de toile pour bien éliminer les eaux de lavage.

Les mêmes essais ont été faits en remplaçant l'alun de chrome par le chlorure chromique qui a été utilisé dans des conditions tout à fait comparables. Après dessiccation, la gélatine a été pesée, puis incinérée. On a obtenu ainsi le sesquioxyde de chrome retenu par la gélatine, mélangé à la petite quantité de substances minérales contenues dans la gélatine, qui sont insolubles dans l'eau bouillante (phosphates).

Dans une série d'essais faits d'une part avec une même quantité d'alun de chrome en excès, et d'autre part avec des quantités croissantes d'alun de chrome, on a trouvé des poids de cendres sensiblement concordants. Avec le chlorure chromique le nombre obtenu est également très voisin de ceux qu'a donnés l'alun. Ils varient entre 3 gr. 8 et 4 gr. de cendres pour 100 de gélatine (dix essais). Si l'on déduit de ce poids celui correspondant aux phosphates, le poids de Cr_2O_3 fixé par 100 gr. de gélatine devient entre 3 gr., 3 et 3 gr., 5 (1).

III. — La gélatine insolubilisée par l'alun de chrome se présente avant traitement par l'eau alcaline et avant dessiccation, sous forme d'une masse transparente élastique colorée en violet rougeâtre avec un dichroïsme verdâtre, ou en vert suivant qu'elle a été insolubilisée avec un sel normal ou un sel basique de chrome. Cette couleur est très voisine de celle du composé chromique qui a servi à l'insolubilisation. Les lavages de la gélatine par l'eau alcaline faible comme ceux que nous avons indiqués pour obtenir l'insolubilisation complète, font perdre à la gélatine sa transparence, elle devient translucide. En augmentant la quantité d'alcali elle devient tout à fait opaque probablement à cause de l'oxyde de chrome qui se précipite dans la masse. On observe, du reste, un aspect analogue lorsqu'on produit l'insolubilisation au moyen de l'oxyde de chrome en ajoutant l'alun de chrome à la gélatine additionnée de la quantité théorique d'ammoniaque pour décomposer l'alun.

Une fois desséchée, la gélatine insolubilisée est brillante, sa couleur est vert foncé, elle est cassante, très dure, se laisse facilement réduire en poudre en donnant une poudre verte. Par incinération elle laisse Cr_2O_3 pur, mélangé aux substances que l'on trouve dans les cendres de la gélatine et qui ne se dissolvent pas dans l'eau chaude. Lorsque les lavages ont été faits comme nous l'avons indiqué, on ne retrouve pas trace de l'acide employé (2), sauf pourtant dans l'insolubilisation par le chlorure chromique où malgré les lavages répétés à l'eau chaude, nous avons toujours retrouvé de petites quantités de chlore.

Les acides ainsi que les alcalis employés en quantité relativement faible rendent de nouveau la gélatine soluble dans l'eau bouillante. Les acides agissent à dose très faible. Ainsi, si l'on traite 10 gr. de gélatine insolubilisée au maximum à l'état de solution à 10 % (solution finale) et non desséchée par 1 litre d'eau sulfurique à 1/1000°, la gélatine se gonfle très rapidement si on porte la liqueur à l'ébullition, et elle finit par se dissoudre complètement en prolongeant quelque temps l'ébullition.

Dans cette réaction, la solution se colore en vert, le chrome donne le sel de chrome correspondant à l'acide et la solution se prend en gelée par refroidissement. Dans le cas du traitement par les alcalis, il paraît y avoir simplement désorganisation de la

(1) Ce nombre correspond sensiblement à celui que donne le calcul avec la quantité maximum d'alun de chrome que nous avons trouvée expérimentalement pouvant être absorbée par 100 gr. de gélatine. Ce calcul donne 3 gr., 34 de Cr_2O_3 .

(2) Ainsi dans l'insolubilisation avec l'alun de chrome, la gélatine insolubilisée bouillie avec l'acide nitrique pur pour détruire la matière organique ne donne pas de précipité par le chlorure de baryum.

gélatine par l'ébullition avec l'eau alcaline après que la gélatine s'est gonflée par absorption d'eau et le sesquioxyde de chrome se sépare peu à peu.

Lorsqu'on additionne la gélatine de quantités croissantes d'alun de chrome, on pourrait croire que les divers degrés d'insolubilisation de la gélatine se traduisent par des points de fusion différents et qu'avant d'arriver à l'insolubilité complète de la gélatine on a des produits ayant des points de fusion de plus en plus élevés, au fur et à mesure qu'on se rapproche de la quantité d'alun produisant l'insolubilité complète.

Nous avons reconnu l'inexactitude de cette hypothèse, en ajoutant à un même volume d'une solution de gélatine à 7 0/0 dans une série de 10 essais, des quantités croissantes d'une solution d'alun et en atteignant dans le 10^e essai la quantité la plus faible d'alun nécessaire pour produire l'insolubilisation. Les diverses gélatines se solidifient à des températures un peu différentes. Ainsi le point de solidification de celle ne renfermant pas d'alun se trouve entre 26 et 26°5, tandis que celui de la gélatine renfermant la quantité d'alun la plus faible pour produire l'insolubilisation est de 30°5. Mais les points de fusion des gélatines pouvant fondre sont sensiblement les mêmes qu'elles soient ou non additionnées d'alun de chrome.

Il n'y a donc pas, comme on pourrait le croire, des mélanges d'alun de chrome et de gélatine dont le point de fusion est supérieur à celui de la gélatine.

Conclusions. — De l'étude précédente on peut tirer les conclusions suivantes :

1^o Dans le traitement par les sels de chrome, la gélatine semble bien fixer directement du chrome puisque ses propriétés subissent des modifications profondes et que le chrome ne peut être éliminé par de nombreux lavages à l'eau bouillante;

2^o L'acide du sel de chrome, bien que retenu avec énergie par la gélatine, ne semble nullement intervenir dans le phénomène de l'insolubilisation, puisqu'on peut l'éliminer sans modifier les propriétés de la gélatine insolubilisée (1);

3^o Un poids déterminé de gélatine fixe une quantité maximum constante de sesquioxyde de chrome comprise entre 3^{gr},2 et 3^{gr},5 pour 100 gr. de gélatine quelle que soit la nature du sel chromique employé pour l'insolubilisation, ce qui semble indiquer que l'on a affaire à un composé parfaitement défini;

4^o En raison de sa facile dissociabilité, la gélatine insolubilisée est plutôt un composé d'addition qu'une véritable combinaison;

5^o La dissociation de la gélatine chromée par traitements répétés à l'eau bouillante peut être empêchée, soit en lavant dans des conditions convenables à l'eau ammoniale la gélatine additionnée du composé chromé, soit en ajoutant dans la gélatine avant l'addition du sel de chrome, la quantité théorique d'ammoniaque pour saturer l'acide de ce sel.

A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ.

Nous compléterons cette intéressante communication en commençant dans le prochain numéro la publication du résumé d'un intéressant mémoire du Dr EDER sur les réactions de l'acide chromique et des chromates sur les substances organiques, au point de vue de leur utilisation photographique.

(1) On peut supposer que c'est grâce aux fonctions à la fois basiques et acide que la gélatine de cette substance retient à la fois l'oxyde de chrome et l'acide qui lui est combiné.

AGRANDISSEMENT DE PHOTOTYPES A PERSPECTIVE ANORMALE

Les photographes, qui ne sont pas munis d'un matériel spécial, sont fréquemment obligés de renoncer à prendre certaines vues parce que la mise en plaque ne peut être faite en maintenant l'appareil horizontal (voir remarque à la fin du mémoire).

Certains ne se tiennent pas pour battus et braquent résolument leur objectif sur le sujet, sans éprouver le moindre remords pour une pareille dérogation aux conventions de la perspective.

Dans le cliché obtenu, les lignes verticales, au lieu d'être parallèles, convergent en un point de fuite v , que détermine sur la plaque P la verticale ov , suivant laquelle se coupent tous les plans déterminés par le centre optique O et les différentes verticales du paysage.

On peut, il est vrai, corriger cette convergence au moyen d'une chambre à double corps, munie de châssis à bascule.

Mais ce procédé, qui est employé habituellement pour corriger des déformations qui ne dépassent pas le taux des erreurs accidentelles, peut-il être appliqué dans le cas envisagé plus haut ?

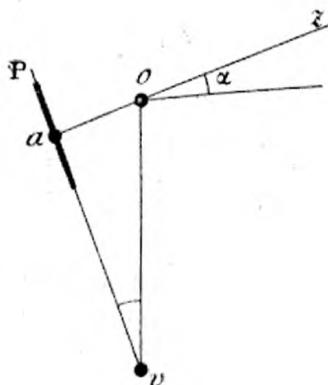


Fig. 1.

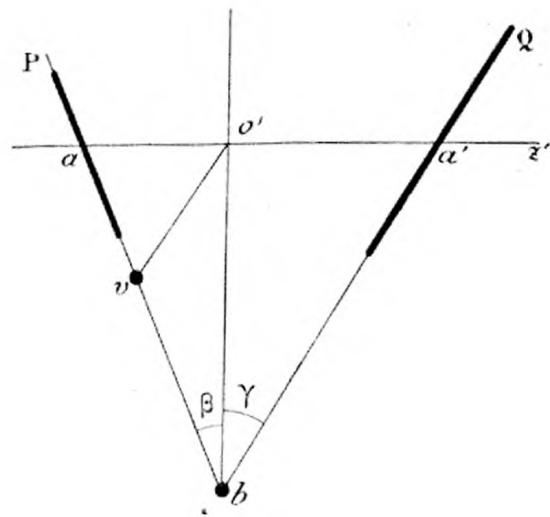


Fig. 2.

C'est à cette question que nous nous proposons de répondre, en rappelant auparavant les conditions géométriques que nécessite le redressement des verticales.

Conditions de redressement de l'image. — Chacun des deux châssis P et Q doit basculer autour de son axe de symétrie horizontal, de manière à satisfaire aux conditions suivantes (fig. 2) :

1^o Pour que la mise au point soit complète pour tous les points de la plaque, il faut que les plans des deux châssis coupent l'axe principal de l'objectif o' en deux

points conjugués a , a' et se coupent entre eux suivant une ligne b située dans le plan de l'objectif o' (voir note 1).

2^o Pour que le parallélisme des verticales soit rétabli sur le châssis positif Q , il faut que ce châssis soit parallèle à l'axe secondaire $o'v$ du point de fuite des verticales dans le cliché (voir note 2).

Si l'on désigne par

f) le foyer de l'objectif o de la chambre,

α) l'inclinaison de l'axe optique de cet objectif pendant la mise en plaque,

F le foyer de l'objectif d'agrandissement o' ,

G le grossissement réalisé dans l'agrandissement,

p, p' les distances des points a et a' au point o' ,

β l'angle que fait le plan P avec le plan o' ,

γ l'angle que fait le plan Q avec le plan o' ,

les conditions géométriques précédentes peuvent se traduire par les formules :

$$\text{Conditions de mise au point} \left\{ \begin{array}{l} (1) \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{F} \\ (2) \quad \operatorname{tg} \gamma = G \operatorname{tg} \beta \end{array} \right.$$

$$\text{Conditions de parallélisme des verticales (3)} \quad \sin \beta = \frac{F \operatorname{tg} \alpha}{f}$$

Si l'angle β est assez petit pour que l'on puisse confondre $\sin \beta$ avec $\operatorname{tg} \beta$, on peut déduire de ces formules

$$(4) \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{F}{f} \operatorname{tg} \alpha$$

Cette formule approchée montre que l'angle γ est sensiblement indépendant du grossissement. Il ne dépend que de la seule variable α . Comme dans la pratique on ne mesure pas l'angle α et que d'autre part l'opération du redressement de l'image donne γ par la position du châssis Q , nous emploierons cet angle γ pour caractériser la déformation du cliché.

L'angle β qui dépend de G serait plus incommodé.

Déformations de l'image redressée. — Si les conditions précédentes sont remplies, le parallélisme des verticales sera rétabli. Mais il ne faut pas croire pour cela que toute déformation aura disparu dans l'image obtenue.

Le parallélisme des verticales n'implique pas en effet la restitution exacte de la forme des objets et, si les déformations qu'il laisse subsister peuvent être négligées lorsqu'elles proviennent d'une déclivité accidentelle de la chambre, il n'en est plus de même dans le cas qui nous intéresse.

On se rend compte de ces déformations (voir note 3) en les appliquant à un quadrillage oxy formé sur une horizontale ox et une verticale oy divisées en parties égales. La diagonale OR de ce quadrillage fait avec oy un angle $\Omega = 45^\circ$.

On trouve que, si les conditions de redressement de l'image sont remplies, ce quadrillage sera figuré dans l'image agrandie par un quadrillage $o'x'y'$ formé par des rectangles égaux dont les dimensions horizontales et verticales sont dans le rapport

$$K = \frac{o v}{o' v}$$

Ou, si l'on préfère, les angles sont altérés de telle sorte que l'angle Ω est figuré par un angle ω' satisfaisant à la relation

$$\operatorname{tg} \omega' = K \operatorname{tg} \Omega = K$$

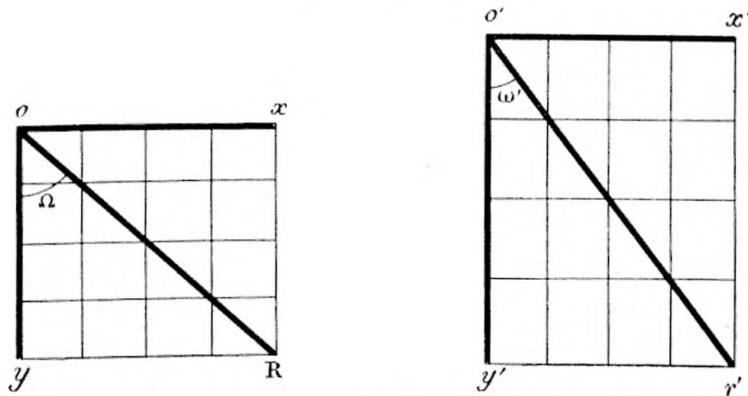


Fig. 3.

Si $ov < o'v$, K est plus petit que 1 et il y a allongement de l'image dans le sens vertical.

Si $ov > o'v$, K est plus grand que 1 et il y a tassemement de l'image en hauteur.

Comme le point v se trouve, dans la pratique, en dehors de la plaque, les distances ov et $o'v$ sont difficiles à déterminer et il est plus commode d'exprimer la constante de déformation K en fonction de l'angle γ par la formule

$$(5) \quad K = \sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma \left(\frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2} \right)}{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}}$$

dans laquelle m représente le rapport $\left(\frac{F}{f}\right)$

Cette formule a permis d'établir les tableaux B et C qui donnent successivement les valeurs de

$$\mu = \frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2} \quad \text{et de } K$$

Condition de conservation des angles. — D'après ce qui précède, cette condition peut s'exprimer par l'égalité

$$ov = o'v$$

Mais pour les raisons données plus haut, il vaut mieux se servir de la relation (5) d'après laquelle on a

$$K = 1 \quad \text{pour (6)} \quad \frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2} = 1$$

(Si on met de côté la solution $\operatorname{tg} \gamma = 0$ qui est relative à un cliché normal).

Cette condition est vérifiée par les valeurs de G et de m qui se correspondent sur le trait rouge du tableau B.

Conclusion. — Si l'on veut faire disparaître toutes les déformations dues à une déclivité de l'axe optique, il faut combiner le foyer de l'objectif employé avec le taux de l'agrandissement de manière que les valeurs de

$$G \text{ et de } m = \frac{F}{f}$$

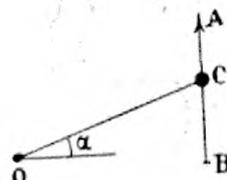
se correspondent sur la ligne rouge du tableau B.

Si on est obligé de s'écartier de cette ligne, on aura des déformations plus ou moins sensibles. Pour se rendre compte de leur importance, on effectuera la mise au point et le redressement de l'image. La position du châssis positif permettra d'évaluer l'angle γ et par suite les déformations d'angle en consultant successivement les tableaux B et C.

Si, par exception, on avait mesuré α (comme on peut le faire avec certains pieds d'appareils munis d'une tête mobile graduée), il serait inutile de mesurer γ . On obtiendrait directement les déformations d'angle en fonction de α en consultant successivement les tableaux D et E, établis d'après la formule

$$(7) \quad K = \sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \left(1 - \frac{4}{G^2}\right)}} \quad (\text{Voir note 3})$$

Remarque. — Il ne s'agit pas ici bien entendu du cas où le champ de l'objectif serait



insuffisant, car rien ne peut suppléer à ce défaut. On considère seulement le cas où le décentrage est insuffisant par suite d'une différence de niveau entre l'appareil o et le centre C du sujet AB que l'on peut caractériser par l'angle de site α .

Il ne faut pas oublier en outre que le décentrage est lui-même limité par la surface que peut couvrir l'objectif.

J. OLIVE

NOTES EXPLICATIVES A L'APPUI DU MÉMOIRE PRÉCÉDENT

NOTE 4

Plans conjugués obliques.

Considérons un plan P oblique sur l'axe $x'x$ d'une lentille t ayant son centre optique en o .

Si nous prenons pour plan de la fig. le plan passant par l'axe de la lentille qui

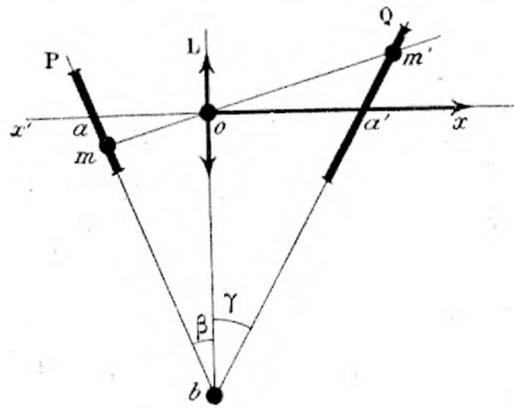


Fig. 4.

est perpendiculaire sur le plan P , ce dernier plan et la lentille seront représentés par deux droites P et L , faisant entre elles l'angle β qui mesure l'obliquité du plan P .

Cherchons d'abord le lieu des points conjugués m' des points m de la droite P qui ne sont pas trop éloignés de l'axe $X'X$.

A cet effet, prenons pour axe polaire la demi-droite ox , dirigée suivant l'axe de la lentille dans le sens de la marche des rayons lumineux et désignons par

ρ et ω les coordonnées du point m ,
 ρ' et ω' celles du point m'

Comme les points m, o, m' sont en ligne droite

$$(1) \quad \omega' = \omega - \pi$$

Les points m et m' étant de plus conjugués

$$(2) \quad \frac{1}{\rho} + \frac{1}{\rho'} = \frac{1}{F}$$

Enfin le point m est sur la droite qui réunit les points

$$\begin{array}{ll} a & \text{de coordonnées } \omega = \pi p = oa = p \\ b & \text{id.} \quad \omega = \frac{\pi}{2} \quad p' = \frac{oa}{\operatorname{tg}\beta} = \frac{p}{\operatorname{tg}\beta} \end{array}$$

et ses coordonnées satisfont à l'équation

$$(3) \quad \frac{1}{p'} = -\frac{\cos \omega - \operatorname{tg}\beta \sin \omega}{p}$$

En comparant les relations (2) et (3), on trouve

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{F} + \frac{\cos \omega + \operatorname{tg}\beta \sin \omega}{p}$$

Comme nous avons supposé le point m assez rapproché de l'axe ω est voisin de π et $\cos \omega$ de 1 ; ce qui permet d'écrire

$$\begin{aligned} \frac{1}{p'} &= \frac{\cos \omega}{F} + \frac{\cos \omega + \operatorname{tg}\beta \sin \omega}{p} \\ \frac{1}{p'} &= -\cos \omega \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{p} \right) + \frac{\operatorname{tg}\beta}{p} \sin \omega \end{aligned}$$

et en substituant ω' à ω d'après la relation (1)

$$(4) \quad \frac{1}{p'} = \cos \omega' \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{p} \right) - \sin \omega' \frac{\operatorname{tg}\beta}{p}$$

Cette équation est celle d'une droite qui passe par les points

$$\begin{array}{lll} a' & \text{de coordonnées } \omega' = o \varphi' = p' & \left(\text{en posant } \frac{1}{p'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{p} \right) \\ b & \text{id.} & \omega' = -\frac{\pi}{2} \quad \varphi' = \frac{p}{\operatorname{tg}\beta} \end{array}$$

Donc le lieu du point m' est la droite définie par le point a' conjugué de a et par le point b . En considérant les points de l'espace qui se projettent en m et m' et qui ne sont pas trop éloignés de l'axe, nous déduisons de ce résultat :

- 1^o Les points conjugués des différents points du plan P sont sur un autre plan Q.
- 2^o Les plans P et Q, coupent l'axe de la lentille en 2 points conjugués a et a' .
- 3^o Ces mêmes plans se coupent suivant une droite b située dans le plan de la lentille.

La 2^e propriété est exprimée par la relation

$$(5) \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{F}$$

La 3^e donne successivement

$$\begin{aligned}\frac{oa}{\operatorname{tg} \beta} &= \frac{oa'}{\operatorname{tg} \gamma} \\ \operatorname{tg} \gamma &= \operatorname{tg} \beta \frac{oa'}{oa} = \operatorname{tg} \beta \frac{p}{p} \\ (6) \quad \operatorname{tg} \gamma &= G \operatorname{tg} \beta\end{aligned}$$

Les relations (5) et (6) sont les conditions de mise au point dans l'emploi de la bascule.

NOTE 2

Condition de parallélisme des verticales.

Reportons-nous aux figures (1) et (2) du mémoire ci-joint. Pour que sur le plan O les verticales soient parallèles, il faut que l'image du point de fuite v de ces verticales dans le cliché soit rejetée à l' ∞ ; ce qui exige que l'axe secondaire $o'v$ soit parallèle au plan Q.

Si cette condition est remplie, les triangles $ao'v$, $aa'b$ sont semblables et l'on a

$$\frac{av}{ab} = \frac{ao'}{aa'} \quad \frac{p}{p+p'} = \frac{1}{1+G}$$

D'autre part le triangle $aa'b$ donne

$$ab = \frac{ao'}{\sin \beta} = \frac{p}{\sin \beta}$$

et d'après la fig. 4 : $av = \frac{oa}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha}$

Par suite :

$$\frac{\left(\frac{f}{\operatorname{tg} \alpha}\right)}{\left(\frac{p}{\sin \beta}\right)} = \frac{1}{1+G}$$

$$\frac{f \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{p}{1+G} = \frac{F \frac{(G+1)}{G}}{1+G} = \frac{F}{G}$$

$$(7) \quad \sin \beta = \frac{F}{Gf} \operatorname{tg} \alpha$$

Telle est la relation qui exprime la condition de parallélisme des verticales dans l'agrandissement d'un cliché à lignes verticales convergentes.

NOTE 3

Déformations des images rectifiées.

Réunissons les figures 1 et 2 du mémoire ci-joint en une seule en supposant la plaque fixe et prenant pour plan de la figure celui des deux plans de symétrie de la plaque qui est vertical. Ce plan renferme les axes optiques oz , $o'z'$ et est aussi un plan de symétrie pour le châssis Q .

Si par le point o , nous menons une verticale, nous obtenons en v le point de fuite des verticales dans le cliché et en vertu de la condition de parallélisme des verticales ov est parallèle au plan Q .

Coupons le champ de l'objectif o par un plan vertical V .

Les rayons lumineux qui viennent des différents points de ce champ et qui passent par o forment sur le plan V une perspective normale du paysage, sur le plan P la perspective déformée du cliché.

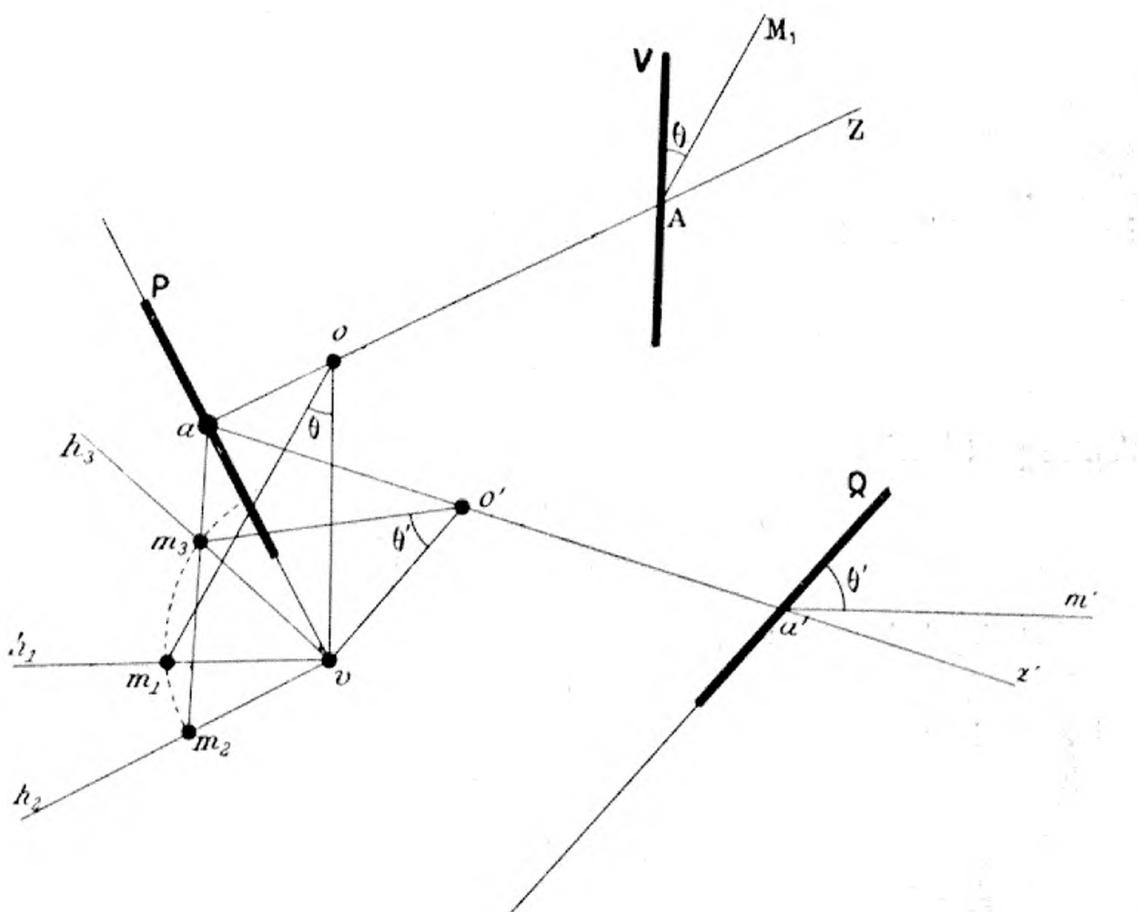


Fig. 2. (1)

Les rayons lumineux qui viennent des différents points du cliché et qui passent par o' forment sur le plan Q la perspective rectifiée du paysage.

Ainsi la dernière image se déduit de la première par deux perspectives successives données par les deux points de vue o et o' . Comme la première présente une perspective normale, nous nous rendrons compte des déformations de la dernière en

(1) Le point m_3 de cette figure ne doit pas nécessairement se trouver sur la droite am_2 ; il y a là une coïncidence accidentelle; nous prions le lecteur de vouloir bien rectifier lui-même cette petite erreur de dessin (*Note de la rédaction*).

étudiant les transformations qui permettent de passer de l'une à l'autre. Cette étude repose sur les transformations élémentaires suivantes :

Transformation d'une direction. — Si nous menons par o et o' des plans respectivement parallèles aux plans v et v' , ces plans auront pour traces $ov, o'v$ et se couperont suivant une ligne debout projetée en v qui se rabat.

$$\begin{array}{c} \text{Suivant } vh_1 \text{ autour de } ov \\ \hline = \quad vh_2 \quad - \quad P \\ = \quad vh_3 \quad - \quad o'v \end{array}$$

Considérons dans le plan V une direction AM définie par l'angle θ , qu'elle fait avec la trace de ce plan et représentée dans un rabattement, par AM.

Si par le point o nous menons une parallèle à AM, cette droite se trouve dans le plan ov parallèle au plan V et perce le plan P en un point m de vh , qui se rabat.

$$\begin{array}{l} \text{en } m_1 \text{ sur } vh_1 \text{ autour de } ov \\ \text{en } m_2 \text{ sur } vh_2 \quad - \quad \text{de } P \\ \text{en } m_3 \text{ sur } vh_3 \quad - \quad \text{de } o'v \end{array}$$

La perspective de AM sur le plan P est la droite am qui se rabbat en am_2 , autour de P. Comme l'angle vom a ses côtés parallèles à ceux de l'angle VAM, on a

$$\begin{array}{l} \overbrace{vom} = \theta \\ \text{Et par suite :} \qquad \qquad \qquad \overbrace{vm_1} = vo \times \operatorname{tg} \theta \\ \text{Comme d'autre part :} \qquad \qquad \qquad \overbrace{vm_1} = vm_2 \\ \text{On a en définitive :} \qquad \qquad \qquad \overbrace{vm_2} = ov \times \operatorname{tg} \theta \end{array}$$

Pour passer de la 2^e image à la 3^e, il faut effectuer une transformation inverse de la précédente en remplaçant le point o par le point o' . On a donc par analogie avec la relation précédente :

$$vm_2 = o'v \times \operatorname{tg} \theta'$$

En comparant ces deux dernières relations, on trouve

$$(8) \qquad \operatorname{tg} \theta' = \frac{ov}{o'o} \operatorname{tg} \theta$$

Cette relation justifie la règle suivante :

Règle 1^e. — Si l'on trace dans le plan V un faisceau de parallèles à une direction définie par l'angle θ qu'elle fait avec la trace de ce plan, ces droites sont représentées sur le plan P par un faisceau de parallèles dont la direction fait avec la trace de ce plan un angle θ' défini par la formule 8.

Transformation des divisions égales. — Considérons dans le plan V deux segments égaux $AB = CD$ portés sur une droite quelconque.

Prenons dans ce même plan un vecteur GH égal et parallèle à ces segments.

Ces 3 segments déterminent deux parallélogrammes ABGH, CDGH, qui se trans-

forment dans la fig. Q en deux autres parallélogrammes $a'b'g'h'$, $c'd'g'h'$, puisque le parallélisme se conserve.

Par suite :

$$a'b' = g'h'$$

$$c'd' = g'h'$$

Donc :

$$\overline{a'b' = c'd'}$$

Règle II. — Des divisions égales portées sur une droite quelconque sont représentées par des divisions égales de la perspective de cette droite.

Transformation d'un quadrillage. — Appliquons les résultats précédents à un quadrillage oxy obtenu en portant des divisions égales sur une horizontale ox et sur une verticale oy (voir fig. 3 du mémoire).

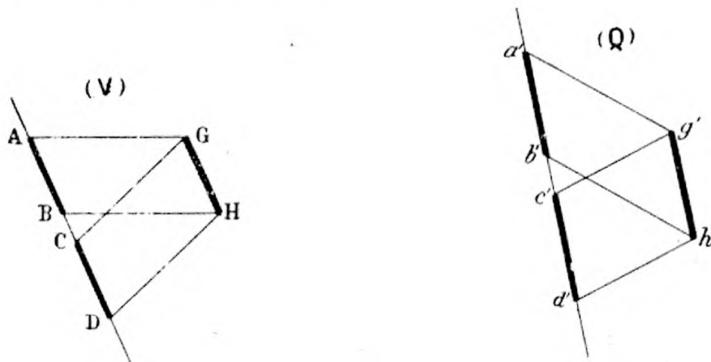


Fig. 3.

Considérons la diagonale OR et appliquons la 4^{re} règle aux trois lignes maîtresses OX , OY , OR .

$$\text{Pour la 4}^{\text{re}} \quad \theta = \frac{\pi}{2} \quad \text{Par suite : } \operatorname{tg} \theta' = \frac{ov}{o'v} \quad \operatorname{tg} \theta = \infty \quad \theta' = \frac{\pi}{2}$$

$$\text{Pour la 2}^{\text{e}} \quad \theta = 0 \quad \operatorname{tg} \theta' = 0 \quad \theta' = 0$$

$$\text{Pour la 3}^{\text{e}} \quad \theta = \frac{\pi}{4} \quad \operatorname{tg} \theta' = \frac{ov}{o'v} \quad \operatorname{tg} \theta = \frac{ov}{o'v}$$

Les trois lignes correspondantes ox' , oy' , ov' sont ainsi déterminées.

En faisant ensuite intervenir la 2^e règle, on voit que dans le quadrillage transformé les carrés égaux sont remplacés par des rectangles égaux dont les dimensions horizontales et verticales sont dans le rapport

$$K = \frac{ov}{o'v}$$

Transformation d'une figure quelconque. — Ce cas se ramène à celui d'un quadrillage à divisions infiniment petites et les conclusions précédentes peuvent encore s'appliquer.

Condition de conservation des angles. — D'après la relation de transformation

$$\operatorname{tg} \theta' = \frac{o v}{o' v} \operatorname{tg} \theta$$

la condition de conservation des angles est

$$o v = o' v$$

Formules pratiques. — Pour des raisons déjà données, il y a lieu d'exprimer la constante de déformation

$$K = \frac{o v}{o' v}$$

en fonction de l'angle γ .

$$\text{D'après la figure 1 : } o v = \frac{f}{\sin \alpha}$$

$$\begin{aligned} \text{D'après la figure 2} \quad \frac{o' v}{ba'} &= \frac{ao'}{aa'} = \frac{p}{p+p'} \\ ba' &= \frac{o' a'}{\sin \gamma} = \frac{p'}{\sin \gamma} \end{aligned}$$

$$\text{De plus } a, a' \text{ étant conjuguées } \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{F}$$

$$\text{Par suite : } o' v = \frac{p'}{\sin \gamma} \times \frac{p}{p+p'} = \frac{F}{\sin \gamma}$$

$$K = \frac{o v}{o' v} = \frac{f \sin \gamma}{F \sin \alpha}$$

En posant $\frac{F}{f} = m$, cette formule devient :

$$(9) \quad K = \frac{1}{m} \cdot \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha}$$

Mais γ et α sont reliés par les conditions de mise au point et de redressement de l'image (voir notes 1 et 2).

$$(10) \quad \operatorname{tg} \gamma = G \operatorname{tg} \beta$$

$$(11) \quad \sin \beta = \frac{m}{G} \operatorname{tg} \alpha$$

Exprimons $\sin \gamma$ et $\sin \alpha$ en fonction de $\operatorname{tg} \gamma$ en tenant compte des conditions précédentes.

$$\sin^2 \gamma = \frac{\operatorname{tg}^2 \gamma}{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}$$

$$\begin{aligned} \sin^2 \alpha &= \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{\frac{G^2}{m^2} \operatorname{sin}^2 \beta}{1 + \frac{G^2}{m^2} \operatorname{sin}^2 \beta} = \frac{\frac{G^2}{m^2} \frac{\operatorname{tg}^2 \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}{1 + \frac{G^2}{m^2} \frac{\operatorname{tg}^2 \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}} = \frac{\frac{G^2}{m^2} \operatorname{tg}^2 \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta \left(1 + \frac{G^2}{m^2}\right)} = \frac{\frac{1}{m^2} \operatorname{tg}^2 \gamma}{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma \left(\frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2}\right)} \end{aligned}$$

Portons ces valeurs dans l'expression (9)

$$(12) \quad K^2 = \frac{1}{m^2} \frac{\sin^2 \gamma}{\sin^2 \alpha} = \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma \left(\frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2} \right)}{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}$$

$$R = \sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma \left(\frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2} \right)}{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma}}$$

Cette relation exprime les déformations en fonction des trois variables

$$m \quad G \quad \operatorname{tg} \gamma$$

Pour la mettre sous forme de tableaux, nous remarquerons que les 2 premières variables ne rentrent que dans la somme

$$\mu = \frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2}$$

Dès lors, on formera

Un 1^{er} tableau B donnant μ en fonction de G et de m .

Un 2^e tableau C donnant K en fonction de μ et de $\operatorname{tg} \gamma$.

Cas particuliers. — Si on connaissait α , on calculerait K en fonction de α comme il suit

$$\sin^2 \gamma = \frac{\operatorname{tg}^2 \gamma}{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma} = \frac{G^2 \operatorname{tg}^2 \beta}{1 + G^2 \operatorname{tg}^2 \beta} = \frac{G^2 \frac{\sin^2 \beta}{1 - \sin^2 \beta}}{1 + G^2 \frac{\sin^2 \beta}{1 - \sin^2 \beta}} = \frac{G^2 \sin^2 \beta}{1 + \sin^2 \beta (G^2 - 1)} = \frac{m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \left(1 - \frac{1}{G^2} \right)}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

$$\frac{\sin^2 \gamma}{\sin^2 \alpha} = \frac{m^2 (1 \operatorname{tg}^2 \alpha)}{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \left(1 - \frac{1}{G^2} \right)}$$

$$K = \frac{1}{m} \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \left(1 - \frac{1}{G^2} \right)}}$$

D'après cette formule on a établi les tableaux D et E qui donnent successivement

$$\nu = m^2 \left(1 - \frac{1}{G^2} \right) \text{ en fonction de } m \text{ et } G$$

$$K$$

$$\nu \quad \alpha$$

TABLEAUX DES DÉFORMATIONS D'ANGLES (en fonction de γ)

TABLEAU B

DONNANT LES VALEURS DE $\mu = \frac{1}{G^2} + \frac{1}{m^2}$

	Valeurs de m										
	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
4.0	2.00	4.70	4.51	4.39	4.31	4.25	4.21	4.17	4.15	4.13	4.11
4.2	4.70	4.40	4.21	4.09	4.01	0.95	0.91	0.87	0.85	0.83	0.81
4.4	4.51	4.21	4.02	0.90	0.82	0.76	0.72	0.68	0.66	0.64	0.62
4.6	4.39	4.09	0.90	0.78	0.70	0.64	0.60	0.56	0.54	0.52	0.50
4.8	4.31	4.01	0.82	0.70	0.62	0.56	0.52	0.48	0.46	0.44	0.42
2.0	4.25	0.95	0.76	0.64	0.56	0.50	0.46	0.42	0.40	0.38	0.36
2.2	4.21	0.91	0.72	0.60	0.52	0.46	0.42	0.38	0.36	0.34	0.32
2.4	4.17	0.87	0.68	0.56	0.48	0.42	0.38	0.34	0.32	0.30	0.28
2.6	4.15	0.85	0.66	0.54	0.46	0.40	0.36	0.32	0.30	0.28	0.26
2.8	4.13	0.83	0.64	0.52	0.44	0.38	0.34	0.30	0.28	0.27	0.25
3.0	4.11	0.81	0.62	0.50	0.42	0.36	0.32	0.28	0.26	0.25	0.22
3.2	4.10	0.80	0.61	0.49	0.41	0.35	0.31	0.27	0.25	0.23	0.21
3.4	4.09	0.79	0.60	0.48	0.40	0.34	0.30	0.26	0.24	0.22	0.20
3.6	4.08	0.78	0.59	0.47	0.39	0.33	0.29	0.25	0.23	0.21	0.19
3.8	4.07	0.77	0.58	0.46	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.20	0.18
4.0	4.06	0.76	0.57	0.45	0.37	0.31	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17

TABLEAU C

$$\text{DONNANT LES VALEURS DE } K = \sqrt{\frac{1 + \mu \operatorname{tg}^2 \gamma}{4 + \operatorname{tg}^2 \gamma}}$$

Valeurs de $\operatorname{tg} \gamma$

	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Valeurs de μ	4.00	0.99	0.98	0.96	0.93	0.90	0.86	0.82	0.78	0.74	0.70
0.2	4.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.82	0.80	0.74
0.4	4.00	0.99	0.99	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.87	0.85	0.83
0.6	4.00	4.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89
0.8	4.00	4.00	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.95	0.95	0.95
1.0	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
1.2	4.00	4.00	4.00	4.01	4.01	4.02	4.03	4.03	4.04	4.05	4.05
1.4	4.00	4.00	4.01	4.02	4.03	4.04	4.06	4.06	4.08	4.09	4.10
1.6	4.00	4.00	4.01	4.02	4.04	4.06	4.08	4.10	4.12	4.14	4.15
1.8	4.00	4.00	4.01	4.03	4.05	4.08	4.11	4.13	4.15	4.18	4.20
2.0	4.00	4.00	4.02	4.04	4.07	4.10	4.13	4.16	4.18	4.20	4.25

TABLEAUX DES DÉFORMATIONS D'ANGLES (en fonction de α)
 TABLEAU D

DONNANT LES VALEURS DE $\nu = m^2 \left(4 - \frac{1}{G^2} \right)$

Valeurs de m

	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.2	0.3	0.4	0.6	0.8	4.0	4.2	4.4	4.7	2.0	2.3	2.7
4.4	0.5	0.7	1.0	1.3	4.6	2.0	2.4	2.8	3.3	3.8	4.4
4.6	0.6	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4	2.9	3.5	4.4	4.8	5.5
4.8	0.7	1.0	1.3	1.8	2.2	2.8	3.3	4.0	4.6	5.4	6.2
2.0	0.7	4.1	4.5	4.9	2.4	3.0	3.6	4.3	5.4	5.9	6.7
2.2	0.8	4.1	4.5	2.0	2.6	3.2	3.8	4.6	5.3	6.2	7.4
2.4	0.8	4.2	4.6	2.4	2.7	3.3	4.0	4.8	5.6	6.5	7.4
2.6	0.8	4.2	4.7	2.2	2.7	3.4	4.1	4.9	5.7	6.6	7.6
2.8	0.9	4.3	4.7	2.2	2.8	3.5	4.2	5.0	5.9	6.8	7.8
3.0	0.9	4.3	4.7	2.3	2.9	3.6	4.3	5.4	6.0	6.9	8.0
3.2	0.9	4.3	4.8	2.3	2.9	3.6	4.4	5.2	6.4	7.1	8.2
3.4	0.9	4.3	4.8	2.3	2.9	3.6	4.4	5.2	6.4	7.1	8.2
3.6	0.9	4.3	4.8	2.3	3.0	3.7	4.4	5.3	6.2	7.2	8.3
3.8	0.9	4.3	4.8	2.4	3.0	3.7	4.5	5.3	6.3	7.3	8.4
4.0	0.9	4.4	4.8	2.4	3.0	3.8	4.5	5.4	6.3	7.4	8.4

TABLEAU E

$$\text{DONNANT LES VALEURS DE } K = \sqrt{\frac{4 + \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \alpha \left(1 - \frac{4}{G^2} \right)}}$$

Valeurs de $\operatorname{tg} \alpha$

	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.08	1.11	1.12
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92	0.91
3	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.93	0.93	0.91	0.88	0.85	0.84
4	1.00	1.00	0.98	0.97	0.95	0.92	0.89	0.87	0.84	0.80	0.79
5	1.00	1.00	0.97	0.96	0.93	0.90	0.86	0.84	0.81	0.75	0.75
6	1.00	1.00	0.97	0.95	0.92	0.88	0.84	0.81	0.77	0.72	0.71
7	1.00	1.00	0.97	0.95	0.90	0.87	0.82	0.78	0.74	0.68	0.67
8	1.00	0.99	0.96	0.94	0.89	0.83	0.79	0.75	0.71	0.65	0.65
9	1.00	0.99	0.96	0.93	0.88	0.83	0.77	0.73	0.68	0.63	0.62

SOCIÉTÉS SAVANTES

Expériences permettant de déceler les rayons N.

Parmi les procédés permettant de déceler l'existence des rayons de Blondlot celui qui consiste à regarder directement un écran au sulfure de calcium légèrement insolé, et près duquel on approche une source de rayons N, est d'une observation tellement délicate qu'un grand nombre d'expérimentateurs n'ont pu parvenir à saisir une augmentation d'éclat de l'écran. On sait que cette difficulté d'observation a fait émettre à certains physiciens des doutes sur l'existence des rayons N.

Les expériences que je vais indiquer constituent un moyen objectif où la suggestion dans un sens ou dans l'autre n'a aucun rôle à jouer. C'est encore au sulfure de calcium que j'ai eu recours, mais au lieu d'employer la rétine comme réactif des variations instantanées de l'éclat de ce sulfure, j'ai confié à la plaque sensible le soin de révéler ces variations par une pose prolongée.

1^o Sur une feuille de papier épais, on laisse tomber des gouttes de collodion tenant en suspension un peu de sulfure, comme l'a indiqué M. Blondlot, en ayant soin de disposer les gouttes en deux groupes, par exemple, quatre gouttes à droite et quatre gouttes à gauche de la feuille. Ces gouttes, une fois bien sèches, sont laissées dans l'obscurité pendant une nuit.

Le papier qui les porte est alors exposé à la lumière du jour pendant 5 à 10 minutes (le temps étant très sombre) ; on le place ensuite, les gouttes en dessous sur une plaque photographique enveloppée dans du papier écolier et l'on dispose sur l'un des groupes une source de rayons N, par exemple une lime en acier trempé ; sur l'autre groupe, on met un morceau de plomb ayant exactement le même poids que la lime et à peu près la même forme.

Après 24 heures de séjour dans l'obscurité, la plaque est développée ; on constate alors sur le cliché la formation de taches très noires entourées chacune d'une auréole allant en se dégradant vers la périphérie, mais les auréoles qui entourent les taches correspondant à la lime sont nettement plus étendues que celles correspondant au plomb.

2^o Sur une feuille de papier on a disposé 16 gouttes de collodion au sulfure d'un côté, et 16 gouttes de l'autre ; le lendemain, la feuille fut placée sur une plaque sensible entourée de papier écolier : sur l'un des groupes, on plaça une boîte en carton contenant des billes d'acier trempé et, sur l'autre groupe, une boîte identique contenant le même poids de gros grains de plomb. Après 24 heures, la plaque fut développée, le côté correspondant à l'acier trempé ayant été marqué par un trait. La plaque fut alors confiée au directeur du service photographique de l'Université de Lyon, M. Louis, avec prière de mesurer le diamètre de chacune des taches noires et celui de l'auréole correspondante : celui-ci ignorant tout à fait ce que l'on recherchait.

Voici la moyenne des nombres trouvés :

		Diamètre
	des taches	des auréoles
Côté marqué	6 mm,4	11 mm,7
Côté non marqué	7 mm,1	10 mm,8

Ainsi les taches du côté marqué, quoique ayant en moyenne un *diamètre plus petit*, sont entourées d'*aureoles plus grandes* que celles correspondant aux grains de plomb, résultat qui met nettement en évidence l'action des rayons N.

3^e Enfin, l'expérience suivante est encore plus démonstrative : dans un tube effilé, on place un peu de collodion sulfuré et l'on trace une raie sur du papier épais avec la pointe du tube. Le collodion, en s'étendant, produit une bande ayant environ 3 mm de largeur. Le papier est laissé dans l'obscurité jusqu'au lendemain ; on insole alors le sulfure à l'aide de la lumière du jour pendant 7 minutes, puis on coupe le papier perpendiculairement à la bande phosphorescente en deux parties. Chaque moitié est placée sur une plaque photographique enveloppée de papier écolier et, sur chaque portion de bande, sont posés la lime d'un côté et le morceau de plomb de l'autre, lime et plomb ayant le même poids.

En développant la plaque après 48 heures, on constate la production de deux bandes noires, mais celle correspondant à la source de rayons N est accompagnée sur ses deux bords d'*auréoles beaucoup plus larges* que celles de l'autre bande. En outre, pendant le développement de la plaque, on voit apparaître la bande correspondant à la lime *plus tôt* que l'autre.

Toutes ces expériences montrent bien que l'acier trempé a émis des rayons N qui ont agi sur le sulfure de calcium en augmentant le degré et probablement aussi la durée de sa phosphorescence et cette augmentation, que l'œil décèle difficilement, a été enregistrée lentement par la plaque sensible. Il paraît donc exister pour les rayons N (ce qui est bien connu pour les rayons X) la même différence entre l'observation directe et l'enregistrement photographique qu'entre la Radioscopie et la Radiographie.

(Communication de M. H. BORDIER, à la séance du 5 décembre 1904 de l'Académie des Sciences).

Sur l'enregistrement des rayons N par la photographie.

Les objections qui ont été faites aux diverses expériences photographiques instituées pour établir l'existence des rayons N ont porté sur les difficultés qu'il y a à maintenir identiques les conditions dans lesquelles se font les expériences comparatives, avec les rayons N et sans eux, tant au point de vue de la durée de pose que de l'intensité de la source lumineuse et de son uniformité. Il faut aussi éviter de placer au voisinage des plaques sensibles des objets tels que des morceaux d'acier, qui peuvent donner lieu à des réflexions simulant une émission de rayons N.

On peut éliminer ces causes d'incertitude en exécutant simultanément les expériences comparatives, avec et sans rayons N. Divers procédés peuvent être employés dans ce but. Celui qui nous a paru le plus simple et le plus démonstratif est basé sur une expérience de M. Blondlot, communiquée à l'Académie le 2 novembre 1903 et où ce physicien annonce que toute surface faiblement éclairée augmente d'éclat quand elle reçoit des rayons N.

Le dispositif que nous avons adopté consiste à former sur la plaque d'un appareil photographique l'image diffuse d'une feuille de carton blanc éclairée uniformément. La mise au point n'était pas établie rigoureusement pour éviter sur l'épreuve le grain du carton. Derrière la plaque photographique se trouvait, séparé d'elle par une feuille de papier noir, un écran en plomb, d'environ un demi-centimètre d'épaisseur, et percé de deux ouvertures carrées. Ces ouvertures avaient 3 cm de côté chacune, et étaient séparées par un intervalle de 45 mm. La feuille de papier noir, interposée entre la plaque sensible et la lame de plomb, avait pour but de garantir la plaque contre la lumière extérieure et de lui former un fond uniforme.

Derrière l'appareil photographique se trouvait la lampe Nernst, destinée à produire les rayons N. Cette lampe était enfermée dans une caisse munie, du côté de l'appareil photographique, d'une grande ouverture rectangulaire couverte d'un papier noir. La distance de

la lampe était de 50 cm. La surface sensible était tournée vers l'arrière de façon à recevoir directement les rayons N ne traversant ainsi que quelques épaisseurs de papier noir.

Dans ces conditions, on commençait par allumer la lampe Nernst, puis on ouvrait l'obturateur. La surface entière de la plaque recevait la lumière du carton également répartie sur cette plaque, mais les rayons N n'y arrivaient que par les deux ouvertures carrées. Si donc ces rayons N renforçaient l'éclairage sur les surfaces correspondant à ces deux ouvertures, on devait au développement voir apparaître deux carrés plus foncés comprenant entre eux une bande plus claire.

Nous avons répété cette expérience un grand nombre de fois, variant la nature des plaques, la durée de pose et l'intensité d'éclairage. La pose la plus courte fut de 20 secondes, la plus longue de 5 minutes. On poussait le développement jusqu'à une teinte claire, que l'expérience montre comme la plus propre à faire ressortir les différences d'impression lumineuse.

Dans aucun cas, nous n'avons pu obtenir de résultat positif. Toujours la plaque était uniformément impressionnée.

(Communication de MM. G. WEISS et L. BULL, à la séance du 12 décembre 1904 de l'Académie des Sciences).

A propos d'une prétendue démonstration de l'existence des rayons N par la photographie d'écrans au sulfure de calcium insolé.

M. BORDIER (1) croit pouvoir démontrer l'existence des rayons N par l'expérience suivante :

Sur une plaque sensible, recouverte de papier blanc, il place un ou des écrans insolés formés de gouttes ou de bandes étroites d'un mélange de collodion et de sulfure de calcium.

Une masse d'acier trempé (lime ou billes) recouvre un certain nombre de ces gouttes ou bandes. Un poids égal de plomb est déposé sur d'autres gouttes ou bandes de sulfure.

La pose est de 48 heures.

Après développement de la plaque, on constate que chaque placard de sulfure a donné une impression photographique complexe : une zone noire centrale, une auréole grise dégradée périphérique. Dans ses expériences, M. BORDIER observe que les auréoles sont plus larges sous la lime que sous le plomb. Il admet que la plus grande largeur de l'auréole est due à l'action de la lime, ou plutôt aux rayons N qu'elle émet. Il en conclut que c'est là une preuve objective de l'existence des rayons N.

N'ayant jamais, dans de nombreuses expériences antérieures, constaté de différences appréciables dans la trace photographique d'écrans au sulfure insolé soumis ou non au rayonnement N d'un bec Auer, nous avons tenu à répéter les essais de M. BORDIER et à étudier les conditions de formation de l'auréole à laquelle cet auteur attache une si grosse importance.

Nous résumons ici ce que nous avons constaté d'essentiel dans nos recherches faites avec des écrans sulfurés ; au collodion, à la gomme arabique et à matière poisseuse spéciale.

1^o Il n'est pas nécessaire, pour constater les auréoles, de faire des poses de 24 ou 48 heures. Il suffit d'un temps très court (des secondes) pour les observer nettement quand elles doivent se produire.

2^o Pour des écrans ne différant que par l'épaisseur de la couche de sulfure, la largeur de l'auréole dépend de l'épaisseur de cette couche.

Un écran à couche mince de sulfure obtenu par tamisation ne donne pas d'auréole appréciable, s'il est placé rapidement au contact du papier blanc recouvrant exactement la plaque sensible. Un écran épais, formé par écoulement d'un tube de mélange de sulfure et de matière adhérente, donne dans les mêmes conditions une large auréole.

(1) Comptes rendus, décembre 1904, *Revue des sciences photographiques*, page 377.

3^e Pour un écran donné, la largeur de l'auréole dépend de la distance de cet écran à la plaque sensible.

L'auréole est minima si l'écran est muni d'une masse pesante plane, qui l'applique aussi exactement que possible contre la plaque photographique, dans de certaines limites, l'auréole augmente par éloignement de la plaque sensible, que cet éloignement se produise par l'existence d'un pli du papier blanc, d'une incurvation de l'écran, ou de toute autre cause.

4^e Si deux écrans identiques, adaptés préalablement sous des masses pesantes égales, planes, sont au même instant placés sur la plaque sensible, les auréoles sont les mêmes, quelle que soit la nature de chacune des masses pesantes.

Une différence de quelques degrés centigrades dans la température de ces masses pesantes n'influe pas pratiquement sur la grandeur des auréoles.

5^e Soient deux écrans isolés identiques. L'écran n° 1 est placé sur le papier recouvrant la plaque sensible ; on dépose ensuite sur la même plaque le n° 2 adapté préalablement sous sa masse pesante ; finalement, c'est-à-dire 15 à 20 secondes après le début de l'expérience, on recouvre le n° 1 d'une charge égale.

Le cliché obtenu dans de telles conditions montre les résultats suivants :

a. Si les écrans employés sont à couche mince de sulfure, l'écran n° 1 possède une auréole pour le n° 2.

b. Si les écrans sont à couche épaisse, l'auréole est plus large pour le n° 1 que pour le n° 2.

Ces résultats sont vrais, quelle que soit la masse pesante plane recouvrant chacun des écrans.

En résumé, deux masses égales de plomb et d'acier trempé, placées identiquement par une face plane sur des écrans comparables comme épaisseur et isolation, ne donnent jamais d'auréoles différentes, quelle que soit la durée de la pose.

Si, dans des essais pratiqués avec des écrans identiques, on observe des auréoles inégales, il faut rechercher la raison de cette différence non pas dans la nature des masses pesantes utilisées, mais dans la manière dont s'est établi dans le temps et l'espace le contact des écrans isolés avec la plaque photographique.

(Communication de MM. CHANOZ et M. PERRIGOT à la séance du 9 janvier 1905 de l'Académie des Sciences.)

Sur la fonction photographique dans ses rapports avec les phénomènes d'inversion, par le Dr GUEBARD.

Quand on passe en revue, depuis DAGUERRE, les nombreux cas observés d'*inversion* des actions radiographiques, en prenant ce dernier terme dans son sens le plus étendu (lumière, chaleur, émanations, rayons X, etc.), l'on est frappé de la multiplicité des interprétations contradictoires qui en ont été données. Or il suffit, en photographie, de mettre en compte, comme variable principale, une valeur toujours tacitement traitée comme constante indifférente, celle de la *surexposition* (*voilage*) mise en jeu, pour voir rentrer immédiatement tous les cas dans la loi commune qui lie à l'énergie de l'excitation les manifestations de la sensibilité physique de surface, comme celles de la sensibilité physiologique : loi de fatigue, qui montre la réponse au stimulus, un instant attardée au voisinage du zéro, bientôt monter suivant une formule de proportionnalité, puis se ralentir aux approches d'un maximum relatif plus ou moins étalé, et, de là, retomber vers un zéro, assez lointain pour que ses au delà n'aient pu encore être sûrement précisés.

Or, quelle que soit encore (après les observations de JANSSEN, ABNEY, A. et L. LUMIÈRE, STOLZE, MICHALKE, HURTER, et DRIFFIELD, BOUASSE, etc.) l'incertitude expérimentale sur la forme précise de la courbe des impressions en fonction soit des énergies excitatrices, soit

de leurs modalités, le fait seul de l'existence d'un maximum entre les zéros de départ et d'aboutissement explique comment toutes les expériences faites au voisinage de ce maximum (ainsi que c'est toujours le cas, en photographie, lorsque intervient un voilage de la surface sensible) peuvent donner tantôt des apparences de *continuation*, si, restant en deçà du maximum, elles poussent les ordonnées à s'en approcher, tantôt des effets d'*état neutre* (voile noir) lorsqu'on arrive au plateau, ou d'*inversion* lorsqu'on le dépasse, et, enfin, de *pseudo-destruction* dans l'approche finale du zéro. Toute intervention d'énergie additionnelle peut, suivant l'instant relatif de son application, et de son aboutissement, avant ou après le changement de signe de la dérivée, jouer successivement le rôle *exciteur*, *continuateur* ou soi-disant *destructeur*. Mais la possibilité, expérimentalement établie, de substitutions mutuelles et d'interversions d'ordre, prouve qu'il n'y a jamais d'action *négative* et que, d'un bout à l'autre du spectre, entre autres, ainsi que le proclamait avec insistance Edm. BECQUEREL, il n'y a ni spécialisations, ni surtout antagonismes d'actions, mais de simples variations de coefficients d'intensité.

Or, les données expérimentales actuellement acquises montrent que si l'on réunit en tableau les courbes représentatives des intensités d'impression en fonction du temps, pour des excitations diverses, chaque courbe, après être montée, et puis retombée, d'autant plus vite qu'elle correspond à une intensité plus grande, recoupe aussi, d'autant plus près sa voisine, en donnant ainsi, à tout instant, l'image des progrès de l'inversion avec le temps, suivant le groupe de courbes en jeu. On comprend tout de suite, par exemple, comment les impressions de spectres sur plaques voilées donnent, à la place exacte du seul maximum vrai, un faux minimum dû à l'inversion de l'action du violet, tandis que, de part et d'autre, les radiations extrêmes, lentement agissantes par superposition de leur faible énergie à celle du voilage de renfort, font naître la fausse apparence de deux maxima sans fixité. Il n'est pas un des nombreux faits cités depuis l'origine de la photographie, semblables à ceux qu'a rapportés M. VILLARD qui ne s'explique immédiatement de la même façon, sans recours à d'autres circonstances, purement accessoires. La seule condition, pour cela, est de ne rien négliger dans l'estimation de la somme des énergies utilisées, et particulièrement (quand on n'a pas eu soin d'en faire une constante d'expérience, ainsi que cela est rendu facile par la pratique du développement lent portant simultanément sur plusieurs plaques impressionnées en échelons) l'énergie chimique surnuméraire empruntée aux bains liquides, et surtout au développeur, qui peut, à lui seul, d'après les dernières recherches de M. GUÉBHARD, compenser par son activité ou sa durée le défaut d'intensité ou de durée de l'excitation lumineuse. Mais, d'expériences où l'aléa de l'emploi de clichés quelconques, exposés de manière quelconque à une quelconque lumière diffuse, se double de temps de bain quelconques, quelles conclusions, autres que quelconques, est-il possible de tirer ? Ce n'est qu'en rendant rigoureusement comparables et répétables toutes les conditions expérimentales, pour ne laisser varier systématiquement que les seules grandeurs à étudier, qu'on arrivera à préciser davantage des données générales encore purement schématiques, mais déjà suffisamment sûres pour servir de guide à un plan de recherches, applicable, avec au moins autant d'utilité, à une revision des actions phosphoroscopiques que des actions photographiques de la lumière.

M. P. VILLARD pense que les très intéressants résultats exposés par M. GUÉBHARD rendent bien compte de ce qui se passe (développement alcalin compris) quand on emploie des radiations lumineuses dont chacune peut, à elle seule, impressionner la surface sensible, mais que l'extension aux phénomènes de continuation et de destruction ne paraît pas justifiée. Dans ces deux cas, on fait intervenir, en effet, des radiations qui, en dehors de toute impression préalable, seraient rigoureusement inactives pendant la durée de l'expérience (infra-rouge, par exemple). Il n'est pas indifférent ici de remplacer une radiation par une

autre, comme dans les expériences de M. GUEBHARD, ou de changer l'ordre dans lequel on les fait agir.

Voici quelques exemples :

1^o On prend du papier sensible ordinaire pour noircissement direct (papier salé passé à l'azotate d'argent) : ce papier peut être exposé 40 ou 42 heures au soleil sous de bons verres jaunes ou rouges sans donner d'impression décelable, même pour un révélateur.

On impressionne très légèrement ce papier par la lumière du ciel pendant un temps très court (*un quart de seconde* suffit sous un cliché parfaitement limpide ; en papier noir découpé, par exemple).

On fait agir ensuite la lumière jaune bien pure. Les parties impressionnées noircissent (seules, bien entendu). C'est l'expérience célèbre d'Ed. BECQUEREL. En réalité, la lumière jaune a simplement développé l'image avec l'aide de l'azotate d'argent ; on aurait pu remplacer cette lumière par de l'acide gallique, et la suppression de l'azotate d'argent supprime la continuation. Mais les rayons jaunes n'ont pas produit d'impression véritable, car un révélateur alcalin est absolument indifférent au renforcement produit par la lumière jaune et développe aussi vite une image témoin non continuée.

Il est évident que si l'on renversait l'ordre de l'expérience, ce serait comme si l'on voulait développer un papier avant de l'avoir impressionné.

Si l'on remplace le jaune par du rouge ou de l'infra-rouge, l'image disparaît au lieu de se renforcer, et le papier traité par un révélateur quelconque, acide gallique, révélateur alcalin, ou *lumière jaune*, ne donne plus rien. L'action destructive du rouge extrême est d'ailleurs telle qu'il *efface directement une image visible* (20 à 30 secondes d'impression préalable sous un cliché).

Si au lieu des rayons jaunes ou rouges on avait pris des rayons bleus, on aurait simplement noirci le papier et le quart de seconde d'avance donné à l'image préalable passerait inaperçu. Il va sans dire que la lumière bleue ne ramènera pas le papier au blanc. (Pour le noircissement direct il n'y a jamais solarisation et une plaque au gélatinobromure d'argent, exposée au soleil, continue à noircir de plus en plus, alors que pour le révélateur elle est déjà solarisée.)

2^o Une plaque au gélatinochlorure d'argent est faiblement impressionnée en lumière blanche ou violette (sous-exposition). En l'absence d'azotate d'argent on ne peut constater aucun effet continuateur par la lumière jaune, mais le rouge et l'infra-rouge détruisent l'image comme pour le papier. Dans le même temps ces radiations ne donneraient rien sur une plaque non impressionnée.

De plus, la sensibilité est si exactement restaurée qu'une comparaison très précise est nécessaire pour trouver une différence.

4^o Une plaque au bromure d'argent donne le même résultat, mais il faut employer le rouge extrême et l'infra-rouge (A solaire et au delà). Les verres rouges sont insuffisants.

5^o Une plaque au bromure d'argent est voilée, sur une moitié, par les rayons X. On l'enveloppe dans quatre feuilles de papier noir épais et on l'expose ainsi à la lumière d'un bœuf Auer derrière un cliché découpé dans une feuille métallique. Au bout de 5 à 6 heures il y a une image par destruction sur la moitié voilée et absolument rien sur l'autre moitié. L'action de l'infra-rouge est encore destructive et, comme plus haut, rigoureusement subordonnée à l'existence d'une impression préalable. En opérant en ordre inverse, on aurait simplement le voile ordinaire dû aux rayons X.

6^o Un écran au platinocyanure de baryum qui est absolument insensible à la lumière devient au contraire sensible si on le soumet d'abord aux rayons X. Ces derniers transforment le sel en un composé brun que la lumière ramène à l'état de platinocyanure ordinaire (1), détruisant ainsi l'impression produite par les rayons X. Ici l'antagonisme est

(1) On peut recommencer l'expérience autant de fois qu'on veut avec le même écran.

tout à fait frappant. Il convient aussi de remarquer que les rayons X ne pourraient être remplacés ici par la lumière.

Dans toutes ces expériences les rayons qu'on fait agir en second lieu seraient à eux seuls incapables d'impressionner la substance sensible (c'est indiscutable pour la dernière expérience); ils ne peuvent donc ajouter simplement une impression qu'ils seraient inaptes à produire. Les résultats sont en outre entièrement différents suivant la radiation choisie et l'ordre dans lequel on fait succéder les deux actions. Rien dans tout cela ne ressemble aux phénomènes d'inversion ou de solarisation.

Sans vouloir le moins du monde critiquer les travaux de M. GUÉBHARD et les conclusions si claires qui s'en dégagent, l'Auteur considère donc que ces conclusions sont étrangères aux effets de continuation (ou mieux de développement) et au phénomène visiblement général de la destruction d'une image par une radiation convenablement choisie.

M. GUÉBHARD, regrettant de voir maintenir, et même agraver, par M. VILLARD une logomachie contre l'abus de laquelle ne cessa de protester celui qu'on en rend souvent responsable, Edm. BECQUEREL, maintient formellement que tous les cas de *continuation* ou *destruction* cités par M. VILLARD sont, à son avis, également justiciables de la formule générale ci-dessus rappelée, et point de telle ou telle circonstance purement secondaire.

Dans tous se constate la superposition d'une forme d'énergie à une autre, et rien ne démontre qu'à équivalence de sommes d'énergie, le même effet n'eût pu s'obtenir avec d'autres radiations, qu'il importerait cependant beaucoup plus de convenablement doser que de « convenablement choisir », étant loisible de s'adresser à n'importe laquelle, fût-ce à la continuation de la première en jeu. Il est vrai que l'appréciation de ces équivalences, déjà difficile en l'état de la Science, est rendue impossible dans des expériences où se mêlent, sans mesures, tant de variables qu'il semble au moins téméraire d'attribuer à l'une, plutôt qu'à l'autre, des résultats forcément communs. Les interventions chimiques ne peuvent que masquer l'action propre des radiations, quoique leur rôle relativement secondaire et la possibilité de leur interversion (ne peut-on, sur une plaque mise au bain sans impression, produire le noircissement, d'abord, puis le retour au blanc, par une action *a posteriori* de la lumière, fût-ce à travers le carreau jaune ou l'écran presque monochromatique du bain rougi ?) soient démontrés par la multiplicité des procédés, n'ayant de commun que le voilage, usités depuis Bayard pour les *positives directes* sur papier.

En thèse générale, de deux impressions d'apparence également faible, celle-là seule peut, sans croître d'abord, être *détruite* par une excitation nouvelle, d'espèce quelconque, qui, par elle-même, était déjà en voie de déclin, ayant outrepassé son maximum ; l'autre, réellement faible, pourra bien être *détruite* aussi, mais seulement après une période de croissance, qui peut échapper à l'observation, comme échappe couramment, dans le bain développateur, le foncement qui précède le retour au blanc des plages directement noircies par solarisation ; c'est, d'ailleurs, cette période qu'utilisaient les contemporains de DAGUERRE pour demander aux verres rouges les effets doucement continuateurs que M. VILLARD attribue aux jaunes, d'autres aux bleus, et Ed. BECQUEREL, très justement, à toutes les radiations, en notant que, même en phosphorescence, l'extinction par le rouge est presque toujours précédée de surexcitation. BECQUEREL aussi insiste sur ce que l'infra-rouge dont il a observé directement des impressions spectrales, possède, à l'intensité près, la même faculté d'excitation que le violet. Comment concilier d'ailleurs les propriétés destructives qu'on attribue au rouge, avec le rôle tutélaire qu'on lui demande dans toutes les opérations du laboratoire en bravant souvent inconsidérément la loi du carré des distances, et l'action directe des radiations obscures ? Et enfin, si ces mêmes rayons rouges, dans la lumière blanche, agissaient en vrais antagonistes des autres, n'aurait-on pas, depuis longtemps,

trouvé, dans leur élimination, une facile solution du double problème de l'achromatisme et de la vitesse de pose ?

De très petites doses de blanc opèrent les mêmes effets *continuateurs* que de grandes de jaunes ou de très grandes de rouges ; et les uns et les autres sont si peu *absolument subordonnés* à la présence d'azotate d'argent, que la première observation en fut faite sur plaque daguerréotype, simplement iodée. S'il est connu que le blanc, avec ou sans jaune, se *continue* lui-même, il est non moins certain que, par cette seule continuation, avec ou sans rouge, il arrive à se *détruire*. Une exposition de quelques secondes au grand soleil est de pratique courante, pour produire, si absurde que cela paraîsse à M. VILLARD, le même *effacement* que réalisent péniblement de longues heures de rouge plus ou moins vrai.

La plaque, après cette opération, reprend-elle bien, sans repos, la *même* sensibilité qu'auparavant ? Ou bien change-t-elle, ainsi que la plaque daguerrienne où l'on aurait, à la place du premier brun des anneaux de NEWTON, employé celui du second ordre, — sans qu'il puisse entrer, il est vrai, dans l'esprit de personne que ce retour à la coloration primitive ait été dû à la *destruction* des phases intermédiaires. La courbe, en un mot, au lieu de tendre asymptotiquement vers le zéro, rebondit-elle après l'avoir touché, pour prendre une forme rigoureusement périodique ou à ondulations successivement décroissantes ? Il reste là un problème d'autant plus délicat à étudier, qu'une expérience de BOUASSE, contraire à d'autres de A. et L. LUMIÈRE, tendrait à confirmer l'existence de ressauts ondulatoires de la courbe, même avant sa chute au zéro, comme ont voulu l'inférer certains commentateurs des expériences anciennes de JANSSEN, alors que tout cela pourrait bien ne tenir qu'à de simples détails non remarqués du développement.

M. P. VILLARD pense que tout ce débat repose sur des confusions. Ainsi il n'a jamais été question de continuation pour le gélatinobromure d'argent (sauf si, au lieu d'un révélateur alcalin, on prend une solution d'argent, avec plaques à grain très fin). Pour ces préparations il y a en effet lieu de détruire la légende créée autour de l'expérience d'Ed. BECQUEREL, et d'après laquelle une plaque légèrement voilée serait plus sensible parce que le voile permettrait l'action des rayons continuateurs. Or il n'y a pas continuation, et, s'il y en avait une, elle exigerait des heures pour se manifester, enfin elle ne donnerait pas prise au révélateur. Il n'y a ici que les effets décrits par M. GUÉBHARD.

Quant aux papiers, il serait invraisemblable que l'addition d'une impression blanche invisible et d'une impression jaune également invisible donnât l'image intense qu'on obtient par continuation. Si les épreuves présentées à la Société ne paraissent pas suffisamment probantes à M. GUÉBHARD, il suffira à cet Auteur de répéter l'expérience pour se convaincre que le jaune, le rouge et le blanc ne sont pas interchangeables. Il est d'ailleurs évident *a priori* qu'une exposition de 15 secondes par exemple en lumière blanche, suivie d'une deuxième exposition de 45 secondes également, sans cliché cette fois, ne donnera pas l'image assez forte que donne la continuation, car il faudrait au moins 30 minutes de lumière blanche pour l'obtenir, et les blancs de l'épreuve seraient singulièrement voilés. M. GUÉBHARD pourra également vérifier qu'en *lumière rouge pure* il n'y a jamais continuation, et que l'azotate d'argent est bien nécessaire. L'argument tiré de la propriété des plaques daguerriennes *simplement iodées* (1) est précisément d'accord avec le fait en question, car la suppression de la couche d'argent sous-jacente supprime la continuation, et il y a là un phénomène dont l'intérêt n'échappera à personne.

Il sera également facile à M. GUÉBHARD de s'assurer qu'il est extrêmement difficile de

(1) Avec les plaques daguerriennes ordinaires, Claudet a toujours obtenu la destruction avec restauration de la sensibilité première. D'ailleurs une comparaison ne saurait prévaloir contre un fait palpable.

faire une photographie avec une plaque non voilée, enveloppée de deux ou trois feuilles de fort papier noir qui laisse cependant passer l'infra-rouge destructeur (*voir* plus haut, Rayons X).

Quant au rôle tutélaire des lanternes de laboratoire, il n'est pas menacé. Les verres rouges ayant leur maximum de transparence situé entre les raies D et C, ce qu'ils laissent passer fait partie des radiations qui impressionnent et voilent les plaques au gélatinobromure, comme tout le monde le sait. Il n'y aurait destruction qu'avec le gélatinochlorure ; mais, comme il faudrait alors 5 ou 6 heures au moins de plein soleil sous un bon verre rouge pour détruire une image, on voit ce que pourra faire en 15 minutes une bougie placée derrière le même verre rouge.

(Résumé des communications faites à la séance du 16 décembre 1904
de la *Société française de physique*).

Sur les photographies en couleurs obtenues par la méthode interférentielle sans miroir de mercure.

A propos de la présentation des photographies interférentielles obtenues par M. Rothé, sans miroir de mercure, M. LIPPmann dit que l'explication donnée par M. Rothé de son expérience (1) peut être vérifiée de la manière suivante : derrière la couche sensible on met un verre noir, et l'on interpose une couche de benzine entre la gélatine et le verre noir. On supprime ainsi toute réflexion, et les couleurs disparaissent du même coup. Si, entre la gélatine et le verre noir, on laisse au lieu de benzine une couche d'air, les couleurs du spectre sont de nouveau reproduites ; et on aperçoit en outre, sur le cliché, la trace noire des anneaux de Newton qui s'étaient formés entre les deux surfaces.

Même résultat si l'on remplace le verre noir par une glace argentée sur sa face la plus voisine de la gélatine.

En remplaçant la glace argentée par du mica argenté, qui est plus flexible, et en exerçant une pression appropriée, on réalise à peu près les conditions de bon contact que donne une couche de mercure. Les couleurs sont alors très brillantes ; mais seulement là où le contact a été suffisant ; dans la plaque, au contraire, où il est resté une couche d'air d'épaisseur appréciable, les couleurs redeviennent faibles. Le mica argenté ne remplace donc pas pratiquement la couche de mercure.

On peut encore séparer la surface sensible du miroir de mercure par un vernis transparent, formé d'une couche de gélatine pure et insensible étendue sur la gélatine sensible, puis séchée. Dans ce cas, les couleurs sont très brillantes encore ; elles perdent en éclat si l'épaisseur du vernis augmente. Ces résultats montrent que, pour obtenir les couleurs les plus brillantes et les plus justes, il faut le contact parfait que l'on n'obtient qu'avec la lame de mercure coulée derrière la gélatine.

(Résumé des communications faites à la séance du 16 décembre 1904
de la *Société française de physique*).

(1) *Revue des Sciences photographiques*, I, p. 230, n° 8, novembre 1904.

Le Directeur-Gérant : CHARLES MENDEL.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LE TOME I DE LA REVUE DES SCIENCES PHOTOGRAPHIQUES

(AVRIL 1904 — MARS 1905)

I. — ARTICLES ORIGINAUX

	N°s	Mois	Pages
La focimétrie photogrammétrique (compt LEGROS)	1	Avril	33
— — — — —	2	Mai	33
— — — — —	3	Juin	84
— — — — —	4	Juillet	103
— — — — —	5	Août	139
— — — — —	6	Septembre	161
— — — — —	7	Octobre	217
— — — — —	8	Novembre	235
Sur la photochimie de l'iodure d'argent (LUPPO CRAMER).	1	Avril	43
Sur la reproduction des objets difficiles par la microphotographie (L. MATHET)	1	Avril	18
id.	2	Mai	48
id.	4	juillet	117
id.	6	Septembre	176
id.	8	Novembre	231
Photographie de la Comète Borrelly (F. QUÉNISSET)	1	Avril	23
Influence de l'état hygrométrique de l'atmosphère dans la fabrication des papiers photographiques (Dr L. BAKELAND)	1	Avril	25
Sur l'altération à l'air du sulfite de sodium anhydre (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	2	Mai	42
La photographie de la rétine (Docteur A. N.)	3	Juin	65
Sur l'altération à l'air du sulfite de sodium cristallisé (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	3	Juin	70
Sur l'altération à l'air du métabisulfite de potasse et du bisulfite de soude (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	3	Juin	76
Expression des formules de préparation d'écrans colorés (L. P. CLERC)	3	Juin	81
Influence de la nature des révélateurs sur la grosseur du grain de l'argent réduit (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	4	Juillet	97
Photohydrographie : application de la photogrammétrie à l'hydrographie (A. LE MÉE)	5	Août	129
Sur la constitution des substances réductrices susceptibles de développer l'image latente sans être additionnées d'alcalis (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	5	Août	135
Sur une nouvelle méthode d'obtention des photographies en couleurs (A. et L. LUMIÈRE)	5	Août	152

	N°s	Mois	Pages
Sur les sensibilisateurs complémentaires (Dr A. MIETHE)	5	Août	153
Etudes spectrographiques appliquées au perfectionnement du procédé trichrome (Dr J.-M. EDER)	6	Septembre	181
Photographie stéréoscopique à courte distance; effets divers du relief stéréoscopique (E. COLARDEAU)	7	Octobre	293
Notice sommaire sur la métrophotographie (colonel LAUSSEDAT) .	7	Octobre	203
Sur le développement, en solution alcaline, avec les révélateurs fonctionnant habituellement en solution sulfitique (Léopold LÖBEL)	7	Octobre	214
Sur quelques appareils nouveaux destinés aux études sensitométriques et résumé des méthodes employées antérieurement (C.-L.-K. MEES et S.-E. SHEPPARD)	8	Novembre	223
id. id.	9	Décembre	270
id. id.	10	Janvier	193
id. id.	11	Février	335
Sur un moyen rapide d'obtenir le plan d'un terrain en pays de plaines, d'après une vue photographique prise en ballons (colonel LAUSSEDAT)	8	Novembre	245
Sur l'inversion photographique (Dr A. GUEBHARD)	9	Décembre	257
Sur les propriétés révélatrices de l'hydrosulfite de soude (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	9	Décembre	274
Etude spectrométrique du phénomène de fluorescence (E.-J. NICHOLS et Ernest MERRIT)	9	Décembre	178
Etudes photographiques de la décharge électrique (Dr Stéphane LEDUC)	10	Janvier	289
Sur la composition des images argentiques virées aux divers sels métalliques (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	10	Janvier	297
Sur un nouveau virage au plomb et au cobalt (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	10	Janvier	301
Action de la lumière sur le chlorure d'argent (A. GUNTZ)	10	Janvier	304
L'écran jaune (F. MONPILLARD)	11	Février	321
Sur la composition de la gélatine insolubilisée par les sels de sesquioxyde de chrome et la théorie de l'action de la lumière sur la gélatine additionnée de chromates métalliques (A. et L. LUMIÈRE et A. SEYEWETZ)	12	Mars	354
Agrandissement des phototypes à perspective anormale (J. OLIVE)	12	Mars	361

II. — SOCIÉTÉS SAVANTES

Action des rayons cathodiques sur les surfaces sensibles (ZEHNDER)	4	Avril	30
Etude des diaphragmes (GLEICHEN)	4	Avril	30
Inversion de l'image sous-exposée par sur-développement lent. (Dr Adrien GUEBHARD)	4	Avril	30
De l'emploi du stéréoscope en topographie et en astronomie (colonel LAUSSEDAT)	2	Mai	57
Action des corps radio-actifs sur la conductibilité électrique du sélénium.	2	Mai	58

	N°s	Mois	Pages
Observation photographique de l'éclipse de lune du 11 avril 1903 à l'observatoire de Toulouse (MONTANGERAND)	2	Mai	58
Nouveau procédé pour mettre en évidence les objets ultramicroscopiques (COTTON et MOUTON)	2	Mai	59
De l'effluviographie (TOMMASI)	2	Mai	59
Action du rayonnement du radium sur la plaque photographique (SHINNER)	2	Mai	60
Photographie par catalyse (V. HENRI)	2	Mai	60
Radiation actinique solaire (PACINI)	2	Mai	60
Sur une particularité nouvelle de l'inversion de l'image sous-posée par surdéveloppement lent (Dr GUEBHAND)	2	Mai	60
Congrès des sociétés savantes.	2	Mai	62
Focimètre photogrammétrique (comm ^d LEGROS)	3	Juin	93
Changement de résistance électrique du sélénium sous l'influence de certaines substances (GRIFFITHS)	3	Juin	93
Sur les premiers fascicules du catalogue photographique du ciel publiés par M. TRÉPIED.	3	Juin	93
Atlas de photographies solaires exécutées à l'Observatoire de Meudon (JANSSEN)	3	Juin	94
Production à froid des sulfures de phosphore. Observations relatives à l'action de la chaleur et de la lumière sur les mélanges de sesquisulfure de phosphore et de soufre en dissolution dans le sulfure de carbone (BOUCLOUCH, DERVIN)	4	Juillet	123
Enregistrement, au moyen de la photographie, de l'action produite par les rayons N sur une petite étincelle électrique (R. BLONDLOT)	4	Juillet	124
Essai de représentation de la loi du développement photographique en fonction de sa durée (Dr GUEBHAND)	4	Juillet	124
Application de l'étincelle électrique à la chronophotographie des mouvements rapides (Lucien BULL)	4	Juillet	125
Sur quelques corps impressionnant la plaque photographique (Van AUBEL)	4	Juillet	126
Sur la parallaxe du soleil (Bouquet de la GRYE)	4	Juillet	127
Sur la photographie des diverses couches superposées qui composent l'atmosphère solaire (H. DESLANDRES)	4	Juillet	127
Enregistrement continu de l'état d'ionisation des gaz (NORDMANN) .	4	Juillet	127
Polaristobométreographe, (Gaston GAILLARD)	5	Août	135
Sur l'emploi d'images stéréoscopiques dans la construction des plans topographiques (colonel LAUSSEDET)	5	Août	136
Enregistrement photographique de l'apparition de certains précipités (Gaston GAILLARD)	5	Août	138
Effets chimiques de la lumière: action de l'acide chlorhydrique sur le platine et sur l'or (BERTHELOT)	6	Septembre	188
Sur l'adaptation de la plante à l'intensité de la lumière (WIESNER) .	6	Septembre	189
Action de la lumière sur l'anthracène (LUTHER et WERGERT) . .	6	Septembre	190
Comparaison de courbes à diverses échelles (G. J. BURCH) . .	6	Septembre	190
Etude photographique du spectre de la planète de Jupiter (MILLOCHAU)	7	Octobre	219
Essai d'une méthode photographique pour étudier l'action des rayons N sur la phosphorescence (ROTHÉ)	7	Octobre	219

	Nos	Mois	Pages
Perfectionnements apportés au procédé photographique pour enregistrer l'action des rayons N sur une petite étincelle électrique (R. BLONDLOT).	7	Octobre	220
Présence d'hydroquinone dans le poirier (RIVIÈRE et BOULHACHE).	7	Octobre	221
Sur différents résultats récemment obtenus par la métrophotographie (colonel LAUSSEDAUT)	7	Octobre	221
Sur la profondeur de champ et de foyer des objectifs photographiques (J. THOVERT).	8	Novembre	249
Photographies en couleurs obtenues par la méthode interférentielle sans miroir de mercure (ROTINÉ)	8	Novembre	250
Action des bois sur les plaques photographiques (RANELL) . .	8	Novembre	253
Sur les quatre premiers fascicules du catalogue photographique du ciel publiés par l'observatoire de Toulouse	9	Décembre	281
La stéréoscopie sans stéréoscope	9	Décembre	282
Inscription des mouvements sismiques (LIPPmann).	9	Décembre	284
Nouvelles expériences sur l'enregistrement photographique de l'action des rayons N sur une petite étincelle électrique (R. BLONDLOT)	9	Décembre	284
Sur les actions chimiques de la lumière (VILLARD, Dr GUEBHAND)	10	Janvier	315
Sur la télestéréoscopie (Paul HELBRONNER).	11	Février	345
Expériences permettant de déceler les rayons N (H. BORDIER) .	12	Mars	377
Sur l'enregistrement des rayons N par la photographie (G. WEISS et L. BULL)	12	Mars	378
A propos d'une prétendue démonstration de l'existence des rayons N par la photographie d'écrans au sulfure de calcium ensolé (CHANÓZ et PERRIGOT)	12	Mars	379
Sur la fonction photographique dans ses rapports avec les phénomènes d'inversion (A. GUEBHAND).	12	Mars	380
Sur les photographies en couleurs obtenues par la méthode interférentielle sans miroir de mercure (G. LIPPmann) . . .	12	Mars	385

III. — REVUE DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

La photographie et ses applications dans les périodiques scientifiques en 1903	1	Avril	32
Sur les propriétés photo-électriques du sélénium (A. BERTHIER).	2	Mai	64
La solarisation est-elle due au développement (Dr EDER) . . .	2	Mai	64
Influence de la lumière sur la rapidité de formation des plaques d'accumulateurs (TOMMASI, ROSSET)	3	Juin	96
Sur un appareil transmetteur et un appareil récepteur destinés à la transmission à distance des photographies	3	Juin	96
Stabilité des sulfites et bisulfites alcalins (R. NAMIAS). . . .	4	JUILLET	128
Expériences sur l'orthochrome (MONPILLARD, PAYRE)	6	Septembre	191
Sensibilisateurs (NAMIAS)	6	Septembre	192
Sur une cause systématique d'erreurs dans la pratique des sélections trichromes (Chapman JONES)	8	Novembre	254
Grosseur des grains de l'argent constituant les noirs de l'image photographique	8	Novembre	256

	N°	Mois	Pages
Oxydation de la quinine par l'acide chromique	9	Décembre	285
Appareil et méthode pour la mesure de l'action de la lumière sur les plaques photographiques	9	Décembre	287
Combinaison du chlore et de l'hydrogène sous l'influence de la lumière (BEVAN)	9	Décembre	288
Nouveaux sensibilisateurs; spectrographe Calmels	10	Janvier	317
— — — orthochrome, pinachrome, homocol.	11	Février	367
Sur la théorie de l'orthochromatisme (ABNEY)	11	Février	358

PLANCHES HORS TEXTE

1. Microphotographies (L. MATHET)	4	Avril	16
2. Photographies de la comète Borelly (F. QUENISSET)	4	Avril	24
3. Microphotographies (L. MATHET)	2	Mai	41
4. Photographies de la rétine (Dr THORNER)	3	Juin	64
5. Grosseur du grain d'argent réduit (LUMIÈRE)	4	Juillet	96
6. Microphotographies (L. MATHET)	4	Juillet	120
7. Photohydrographie (A. LE MÉE)	5	Août	132
8. Microphotographies (L. MATHET)	6	Septembre	176
9. Microphotographies (L. MATHET)	6	Septembre	176
10. Microphotographies (L. MATHET)	6	Septembre	176
11. Stéréophotographies (E. COLARDEAU)	7	Octobre	192
12. Stéréophotographies (E. COLARDEAU)	7	Octobre	196
13. Stéréophotographies (E. COLARDEAU)	7	Octobre	202
14. Microphotographie (L. MATHET)	8	Novembre	224
15. Microphotographies (L. MATHET)	8	Novembre	232
16. Inversion photographique (A. GUEBHARD)	9	Décembre	206
17. Inversion par surdéveloppement (A. GUEBHARD)	9	Décembre	264
18. Etincelle ornementale (Dr LEDUC)	10	Janvier	288
19. Champ électrique (Dr LEDUC)	10	Janvier	290
20. Etincelles électriques (Dr LEDUC)	10	Janvier	292
21. Photographies de nuages (MONPILLARD)	11	Février	320



