

Auteur : Clerc, Louis-Philippe
Titre : La photographie des couleurs

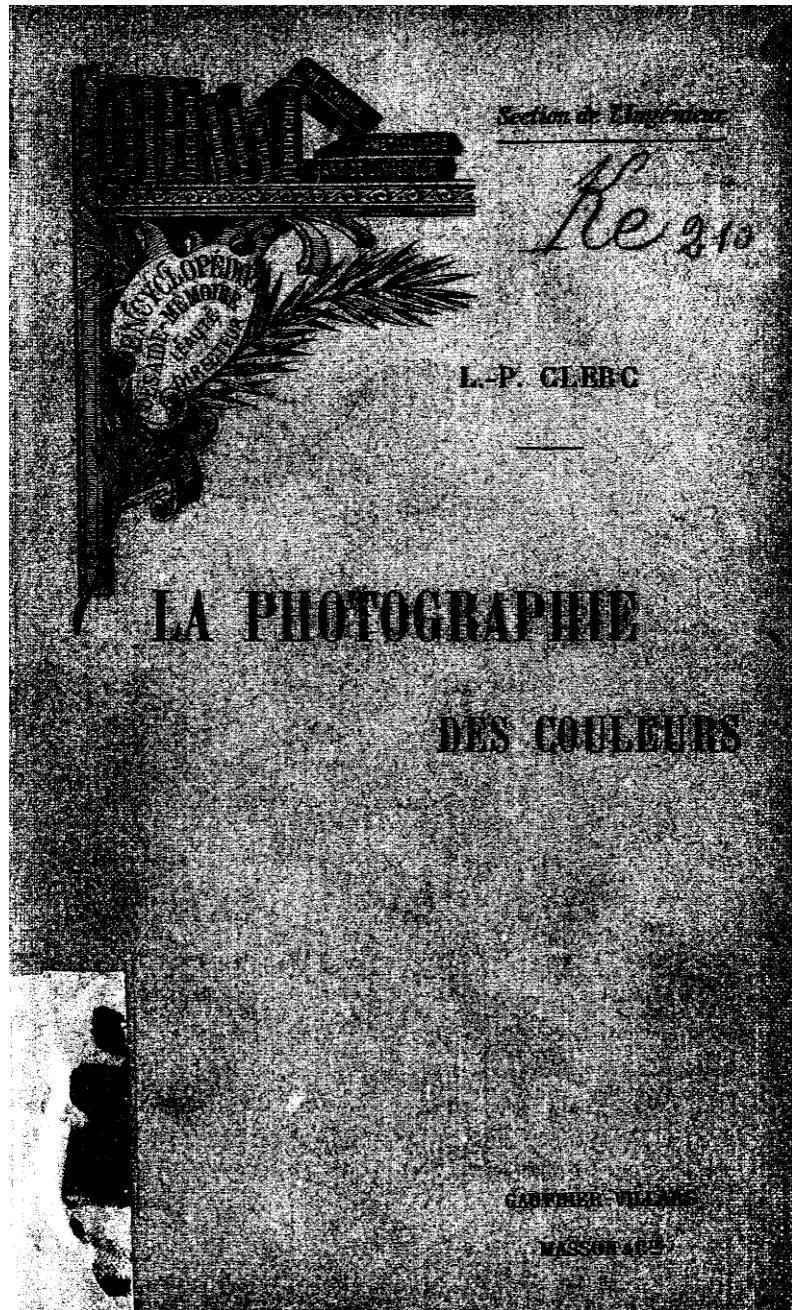
Mots-clés : Photographie en couleurs -- France -- 19e siècle
Description : 1 vol. (190-[16]-16 p.) ; 19 cm
Adresse : Paris : Gauthier-Villars : Masson et Cie, [1889]
Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 12 Ke 210

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?12KE210>

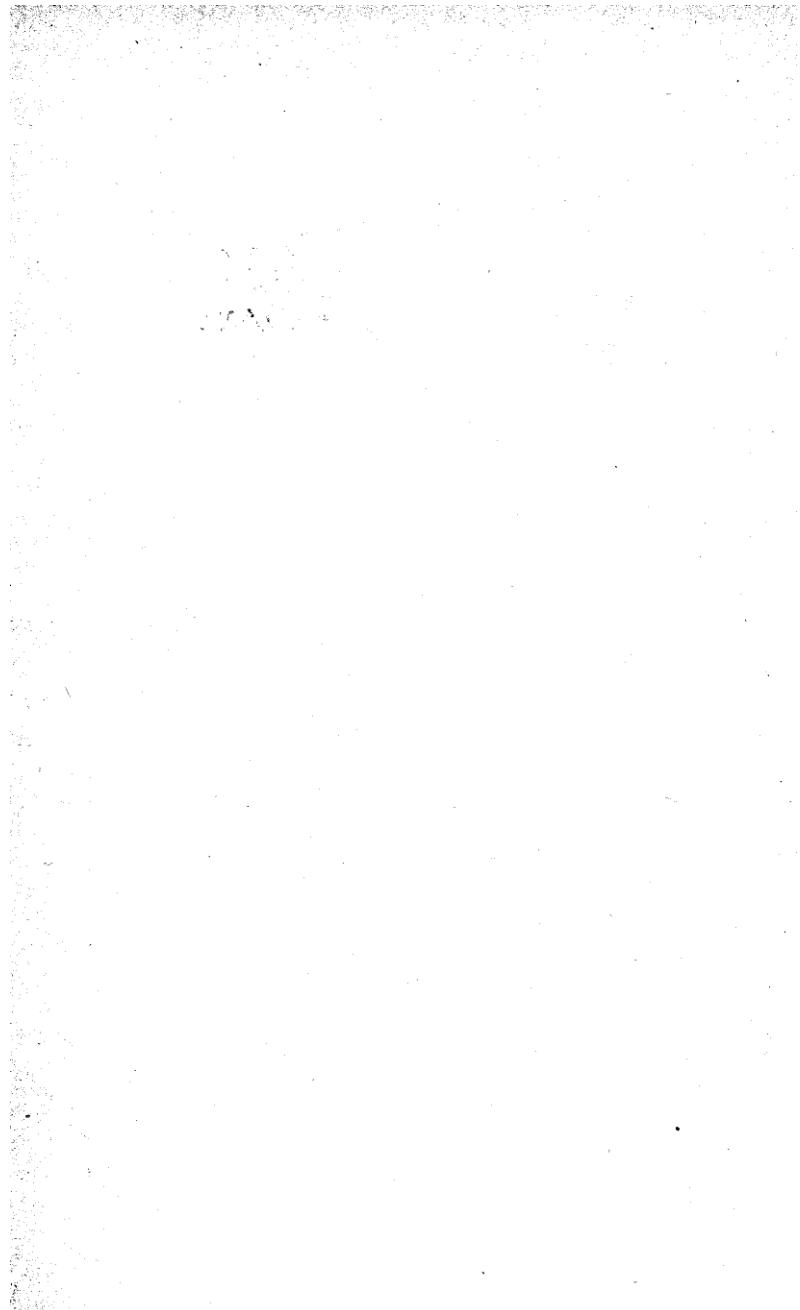


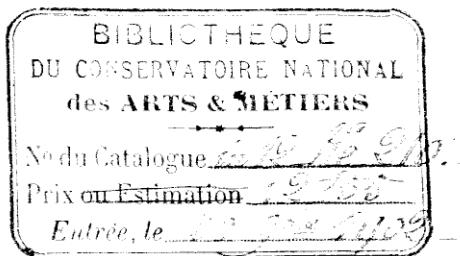
La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>*. You may assemble and distribute links that point to other CNUM documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from CNUM.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires





ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. L'HAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

CIREC — La Photographie des Couleurs

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; L. Isler, Secrétaire
général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

Nº 230 A

18^e Fe 210

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION
DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

LA PHOTOGRAPHIE

DES

COULEURS

PAR

L.-P. CLERC

Préparateur à la Faculté des Sciences de Paris

Acc. une Préface

DE

M. GABRIEL LIPPmann

Membre de l'Institut

PARIS

GAUTHIER-VILLARS

IMP. ET EDITIONS
Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et Cie, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'UNIVERSITÉ DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

PREFACE

M. L. P. Clerc a exposé dans cet ouvrage, avec la compétence et la clarté qui lui sont habituelles, les deux principaux procédés en usage pour reproduire les couleurs au moyen de la photographie : à savoir le procédé trichrome, et le procédé interférentiel.

Le procédé *trichrome* ou *indirect*, on le sait, est déjà ancien ; il a été inventé vers 1869 à la fois par Ch. Cros et par M. Ducos du Hauron. Pour produire une image en couleur, il faut exécuter trois négatifs, desquels on tire trois positifs. Ces trois positifs sont mis en couleur séparément par voie de teinture ou d'enrage, puis superposés. Ce procédé trichrome est dit indirect parce que la coloration n'est apportée qu'après coup sous forme de pigments, encres ou teintures, dont le choix demeure quelque peu arbitraire.

Le procédé interférentiel ou direct n'exige

qu'une seule pose, une seule plaque et un seul développement. Point de mise en couleur : les couleurs apparaissent d'elles-mêmes à leur place. Elles sont dues à la fixation automatique des vibrations lumineuses dans la couche sensible. Les opérations photographiques sont exactement les mêmes que pour l'obtention d'un négatif ordinaire.

Le lecteur se demandera peut-être quel est l'avenir réservé à l'un et l'autre de ces procédés.

L'expérience a déjà répondu en ce qui concerne le procédé trichrome qui est devenu industriel. Ce procédé s'est développé en Allemagne et plus encore en Amérique. On en tire parti pour l'illustration des livres et des prospectus industriels, et il fera sans doute encore des progrès. Son principal avantage est de se prêter aux tirages photomécaniques, c'est-à-dire à la multiplication indéfinie des épreuves. Il est un peu compliqué de produire six clichés pour obtenir une seule épreuve; mais cette complication devient insignifiante quand on veut tirer à mille ou dix mille exemplaires.

On ne peut pas prédire les mêmes destinées au procédé direct ou interférentiel, qui est d'ailleurs plus récent, puisque je ne l'ai publié qu'en 1891. Il fournit par une pose unique, et

après un quart d'heure de travail, une épreuve qui est unique aussi. Pour avoir une seconde épreuve, il faut, actuellement du moins, recommencer toute la série des opérations. De plus, il ne pourra se répandre parmi les amateurs que si quelque fabricant de plaques intelligent consent à mettre en vente les plaques transparentes qui y sont nécessaires. Par contre, les épreuves qu'il fournit peuvent être d'une perfection remarquable comme éclat, comme fidélité et comme finesse. Le procédé direct est donc un procédé d'amateurs; il a seulement l'avantage d'être supérieur à tout autre pour fournir la copie indestructible d'un tableau, pour fixer les lumières d'un paysage, ou la ressemblance d'une personne.

GABRIEL LIPPMANN,

Membre de l'Institut

LA
PHOTOGRAPHIE DES COULEURS

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

1. — Dès les premiers jours de la découverte de la photographie, maints chercheurs et Daguerre lui-même s'efforcèrent d'obtenir, non pas l'image monochrome que fournissent les procédés photographiques, mais un tableau où chaque point du modèle fut représenté avec sa couleur propre. Nous ne saurions mieux préciser ce problème qu'en reproduisant une définition de l'un des auteurs que nous aurons le plus souvent à citer au cours de ce volume, M. Ducos du Hauron.

« La *Photographie des couleurs* comprend toute méthode, soit directe, soit à empreintes

réversibles, à l'aide de laquelle on crée, par l'action de la lumière et sans l'intervention d'un travail manuel, soit graphique, soit pictural, un tableau polychrome dont chaque point provoque une sensation de lumière et de couleur semblable à la sensation que provoque chaque point correspondant du modèle ».

L'ancien daguerréotype et, plus tard, le procédé au collodion purent faire espérer à quelques chercheurs qu'ils touchaient à la solution du problème ; quelquefois, il est vrai, de fugitives couleurs apparaissaient lors du développement de l'image latente, mais ces couleurs ne tardaient pas à disparaître par la suite des opérations. Au début du siècle, en 1810, Seebeck, d'après, découvrit que sous l'influence prolongée des rayons colorés du spectre solaire, le chlorure d'argent, au lieu de noircir comme il l'eut fait en lumière blanche, prenait des colorations qui rappelaient celles des rayons agissant. Les expériences de Wollaston et de Davy n'apprirent rien que l'on ne connaît déjà et Herschell lui-même, en 1840, ne fit guère que confirmer et préciser les expériences de Seebeck (1) ; notons seulement au pas-

(1) J. HERSCHELL. — *Athenaeum* ; 1839 ; n° 621. *Biblioth. Univ. de Genève* ; t. 23, p. 185 et t. 26, p. 507.

sage, le choix fort judicieux fait par ces physiciens du modèle coloré à reproduire. La reproduction du spectre dont chaque point n'est éclairé que par une lumière simple doit, en effet, présenter le minimum de complications dans le cas des procédés directs et devra, au contraire, servir de contrôle dans le cas des procédés indirects.

2. -- Ce n'est qu'en 1858 que fut pour la première fois obtenue une véritable *image* du spectre solaire. M. Alexandre Edmond Becquerel transformait superficiellement, en sous-chlorure d'argent violet (Ag^2Cl), une plaque métallique argentée analogue à celles utilisées en daguerréotypie; une telle plaque, préparée avec les précautions que nous indiquerons par la suite, puis exposée pendant un temps suffisant aux rayons du spectre, prenait en chaque point la couleur du rayon incident. Si intéressante que fut cette expérience, elle ne résolvait en rien le problème de la photographie des couleurs, car une telle image ne peut, quoi qu'on fasse, être fixée; en lumière blanche, elle s'efface, comme aussi d'ailleurs dans toute solution par laquelle on cherche à l'immobiliser. Ce n'est que dans l'obscurité complète que peuvent être conservées ces photographies; une épreuve du spectre exécutée par Becquerel lui-même existe encore actuellement au Conser-

vatoire national des Arts et Métiers. Ces résultats encourageants furent assez bien accueillis du public pour que quelques chevaliers d'industrie aient pu faire, dès cette époque, de nombreuses dupes; citons parmi les plus habiles de ces escrocs un pasteur américain, le Révérend Hill; des mystifications du même genre sont d'ailleurs assez récentes pour être encore présentes à la mémoire du plus grand nombre de nos lecteurs (1).

D'un tout autre caractère sont les beaux travaux entrepris vers 1862 par Niepce de St-Victor, lieutenant de la garde, et cousin de Nicéphore Niepce; les résultats obtenus n'étaient malheureusement guère plus stables que ceux de Bequerel. Un mémoire publié à cette époque (1863) par un savant modeste, Tiellement, semble indiquer, quelque peu de bonne volonté aidant à sa lecture, que jamais procédé direct pour la reproduction photographique des couleurs ne pourra utiliser de couleurs pigmentaires, mais seulement « des colorations dues à certaines modifications de structure, analogues, par exemple, aux irisations de la nacre ».

En 1865, l'un des plus féconds chercheurs que

(1) Journal *La Photographic*, année 1897, p. 52, 156.

compte la photographie, Poitevin, abordait à son tour l'étude de ce passionnant problème et pouvait bientôt présenter, à la Société française de Photographie, quelques épreuves, obtenues elles aussi par modifications du sous-chlorure d'argent, entachées, par conséquent, du même défaut capital : l'impossibilité du fixage ; notons cependant que, pendant les premiers temps du moins qui suivent leur obtention, ces images sont un peu moins fragiles que celles fournies par le mode opératoire de Beequerel.

Valton, Simpson, J. Traill-Taylor et, récemment, M. le lieutenant-colonel de St-Florent ne furent guère plus heureux.

3. — Lassés de ces recherches infructueuses, quelques novateurs s'efforçaient de résoudre indirectement le problème : en 1865, le baron Ransonnet, de Vienne, proposait d'exécuter des lithographies en couleurs au moyen de trois planches d'impression seulement, le dessin étant réparti photographiquement sur chacune d'elles au moyen de trois clichés du même sujet effectués successivement derrière trois écrans colorés ; il proposait d'imprimer en bleu l'image donnée par le négatif obtenu sous l'écran bleu, de même les deux autres images en rouge et en jaune. Il y avait là une erreur de principe, comme le mon-

trèrent bientôt deux Français, Ch. Cros et L. Ducos du Hauron qui, simultanément et à l'insu l'un de l'autre, découvrirent, vers 1869, le principe de l'*antichromatisme* des écrans et des pigments, principe fondamental de tous les procédés industriels actuellement employés à la reproduction photographique des couleurs.

Ch. Cros se bornait d'ailleurs à indiquer la solution théorique, tandis que Ducos du Hauron, breveté sous le n° 83 061 présentait peu après, à diverses sociétés savantes, les premières images polychromes obtenues par voie d'impressions photo-mécaniques (¹).

« L'inventeur vint trop tôt, dit M. Davanne en parlant de Louis Ducos, son invention théorique remonte à 1862 ; le brevet d'application pratique est du 23 novembre 1868... Les procédés de gravure et de lithographie photographiques étaient encore dans l'enfance, promettant pour l'avenir, mais il fallait produire, bien difficilement alors, les trois planches encrables pour l'impression ; on les obtient couramment aujourd'hui ; l'inventeur, M. Ducos du Hauron, suivait ces perfectionnements nouveaux, les

(¹) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, juillet 1897. — Rapport pour l'attribution du prix Gifard.

adaptait à son œuvre, faisait, sans compensation, des sacrifices d'autant plus grands que son avoir était modeste. Lorsque enfin les procédés d'orthochromatisme permirent de faire rapidement les clichés, quand les méthodes de photogravure, de photocollographie donnèrent les résultats actuels, les brevets étaient périmés, les ressources étaient épuisées, et l'inventeur voit maintenant d'habiles opérateurs utilisant ses procédés et s'en attribuant l'invention tandis que, désarmé, il ne peut qu'assister sans profit à la réalisation de son œuvre et quelquefois aux manœuvres qui la présentent comme une invention nouvelle ».

Jamais inventeur ne se heurta à plus de mauvaises volontés, ne fut en butte à plus de sarcasmes. Nombre de publicistes, même des plus compétents, se rangèrent du côté de ses contradicteurs ; une lettre de notre distingué confrère, M. Léon Vidal, publiée en 1876 dans le *Journal de Photographie* (1), est, à ce point de vue, caractéristique ; en voici les fragments essentiels :

« Je pense qu'il est impossible à M. Ducos du Hauron, en employant les procédés par lui décrits, d'arriver à faire un portrait *d'après*

(1) *Journal de Photographie* publié par Huberson, III^e année, 1878, p. 298.

nature semblable à l'original. Je doute même qu'il puisse faire un portrait quelconque tant soit peu satisfaisant.... En admettant que le tour de force d'une triple pose identique soit accompli, je ne croirais jamais à la possibilité d'obtenir tous les tons de la nature avec les trois seules couleurs que prétend employer M. Ducos du Hauron.... Jusqu'à cette heure, rien de probant n'a été mis en ma présence en faveur d'un procédé que je ne crains pas de traiter d'utopie jusqu'à preuve contraire.

« Je regrette seulement que l'on veuille laisser croire au public qu'il y a la une *solution du problème*, et que M. Ducos du Hauron, dont je connais toute l'honorabilité et la science, n'ait pas de répugnance à traiter son procédé d'*héliochromie naturelle*, rien n'étant moins naturel que tous les artifices et superpositions qu'il doit employer pour arriver à produire des résultats si éloignés de l'exactitude et de la valeur artistique. »

Les procédés de M. Ducos du Hauron sont entrés aujourd'hui dans la pratique industrielle; leur valeur pratique est donc indiscutable. A tout instant, les droits indiscutables de priorité de nos deux compatriotes sont négligés ou méconnus.

« Depuis quelques années, il tend à s'établir à l'étranger, mais surtout en Allemagne, une fâcheuse habitude. On cherche à restreindre le rôle si grand qu'a joué notre pays dans l'histoire de la Photographie. A lire aujourd'hui les journaux photographiques allemands, il semble que la méthode indirecte de la photographie des couleurs ne date que d'hier. Une discussion assez vive s'étant élevée, à ce sujet, entre l'Angleterre et l'Allemagne, celle-ci tenant pour le Dr Selle, et celle-là pour M. Ives, on ne voit pas que, dans les articles qu'elle a suscités, les noms de Cros et de Ducos soient une seule fois prononcés ; il en est de même dans divers manuels récemment parus. A Daguerre et à Niepce, on oppose un Dr Schulze ; à M. Lippmann, Zenker ou Otto Wiener.

« La découverte de la méthode indirecte est, quoiqu'on en dise, purement française.... Dans leurs brochures (publiées en 1869, séparément, par Cros et Ducos), la question est traitée de façon complète ; les modifications apportées depuis au procédé, soit en France, soit à l'étranger, y sont prévues de façon nette ; même la méthode *inventée* l'an dernier par M. Joly, de Dublin, se trouve presque entière dans le premier mémoire de M. Ducos. Les

écrivains vraiment autorisés, Eder, Vogel..., ont d'ailleurs reconnu les droits de nos compatriotes ^o (1).

4. — Tandis que de nombreux expérimentateurs s'égaraient en infructueuses tentatives pour obtenir la fixation directe des couleurs, un savant français, M. Gabriel Lippmann (2), professeur de physique et directeur du laboratoire des Recherches à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, arrivait, après quelques années d'essais, uniquement guidés par des considérations mathématiques sur la théorie de la lumière, à publier une solution définitive et d'une rare élégance. Le 2 février 1891, date désormais historique dans l'évolution des sciences, M. G. Lippmann montrait à l'Académie la première image fixe du spectre solaire. Cet enregistrement, en quelque sorte mécanique, de l'ondulation lumineuse, que M. A. Buguet a si justement comparé à l'enregistrement des vibrations sonores dans le phonographe, fournissait la plus éclatante démonstration de l'exactitude des idées de Fresnel

(1) Extrait d'un rapport de M. Wallen pour l'attribution du prix Janssen. — *Bulletin de la Société française de Photographie*, avril 1897.

(2) Né en 1845 à Hollerich (Luxembourg), de parents français.

sur la nature intime des phénomènes lumineux. Cette découverte, réalisée de toutes pièces, sans rien attendre du hasard, par un savant qui, jusqu'à ces recherches, ignorait à peu près tout de la pratique photographique, peut être à bon droit considérée, tant par la perfection de ses résultats que pour sa valeur scientifique, comme l'une des plus belles découverte du siècle. La presse scientifique étrangère accueillit cependant d'assez singulière façon la publication des travaux de M. Lippmann.

« Jamais inventeur, je crois, ne fut, la jalousie aidant, plus violemment pris à partie. Mais, et le fait mérite d'être rapporté, tandis que l'Allemagne garde au moins une stricte neutralité, ce sont les journaux d'Outre-Manche et d'au-delà de l'Atlantique qui sont les plus acharnés après M. Lippmann et son procédé. Voici entre autres..., amertumes ce que publiait récemment un journal anglais. — La photographie des couleurs n'est qu'un mythe. La distribution de la couleur à travers un verre coloré n'est qu'un idiotisme. La science n'en a pas besoin, et la photographie des portraits la déteste — » (1).

Ces « critiques » n'eurent d'ailleurs qu'un

(1) Journal *La Photographie*, année 1893, p. 251, Faits divers.

temps et nombre de sociétés savantes de l'étranger se sont honorées depuis en décernant à M. Lippmann leurs plus grandes récompenses.

Cette belle découverte ne peut malheureusement satisfaire complètement les aspirations du public qui toujours préférera une photocopie qu'il soit loisible d'examiner comme et quand bon lui semble à une de ces chromographies directes qui ne peuvent être vues que sous un angle déterminé et ne produisent leur plein effet que projetées par réflexion, l'image vue en transparence ne présentant que les couleurs complémentaires ternes et noyées d'une nuance générale jaunâtre. La méthode de M. Lippmann est en quelque sorte à ce que devrait être la photographie directe des couleurs ce que fut le daguerréotype aux procédés actuels de la photographie.

CHAPITRE II

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES COULEURS

5. Lumières colorées. — L'expérience connue de la projection du *spectre* nous montre qu'un faisceau de lumière solaire est constitué par la superposition d'un nombre infini de lumières diversement colorées. Chacune d'elles ne pouvant évidemment recevoir un nom particulier, et comme, d'autre part, ces diverses lumières ne diffèrent pas également les unes des autres au point de vue de leurs actions sur la rétine, on les a réparties en groupes auxquels sont communément attribués les noms de rouge, orangé, jaune, vert, bleu et violet ; mais il est bien entendu que les diverses lumières d'un même groupe conservent leur individualité propre ; on remarquera seulement que l'effet produit sur nous séparément par les diverses lumières d'un même groupe se rapproche beaucoup de l'effet produit par l'ensemble des lumières constituant ledit groupe.

6. — Physiquement définie par le nombre de

ses vibrations pendant l'unité de temps, ou, ce qui revient au même, par la longueur d'onde (¹) dans un milieu déterminé; la lumière n'est, comme le son, qu'une sensation; sa perception et son appréciation varient donc le plus souvent d'un individu à un autre.

Tandis qu'une oreille exercée reconnaît et distingue divers sons simples émis simultanément, l'œil est impuissant à séparer les divers éléments d'une lumière complexe comme celles qu'émettent les sources habituelles de lumière et que, par conséquent, réfléchissent ou diffusent les objets qui nous entourent.

Étant donnée une lumière simple quelconque, choisie parmi celles que sépare le prisme, on peut réaliser, en nombre considérable, des mélanges d'autres lumières simples qui produisent sur l'œil la même sensation que la lumière simple proposée. Ces lumières équivalentes, simples ou composées, se comporteront d'ailleurs de façon identique dans leurs mélanges respectifs avec d'autres lumières.

(¹) La longueur d'onde λ est l'espace parcouru par la radiation lumineuse pendant la durée T d'une vibration; on a donc toujours $\lambda = VT$, V étant la vitesse de la lumière dans le milieu où s'effectue la propagation.

(²) *Philosophical Transactions*, CL, p. 57.

Retenant, dans le cas des radiations simples, les idées émises par Newton sur le mélange des couleurs pigmentaires, Maxwell put, en 1860⁽¹⁾, montrer que le mélange, en proportions variables, de trois radiations simples déterminées pouvait reproduire à volonté la sensation de toute couleur donnée et, en particulier, de toute autre radiation simple. C'est ainsi qu'il reconnut que les radiations indiquées à cet effet par Young sont, à peu de chose près, celles qui conviennent le mieux, savoir : un rouge situé entre les raies C et D du spectre, et deux fois plus éloigné de D que de C dans un spectre normal ($\lambda = 0^{\circ},630$) ; un vert voisin de E ($\lambda = 0^{\circ},528$) et un bleu compris entre les raies G et F, deux fois plus éloigné de G que de F ($\lambda = 0^{\circ},457$). On trouvera, dans maints traités de physique⁽¹⁾, un mode de représentation graphique des couleurs basé sur ces travaux.

7. — On sait que la lumière passant d'un milieu dans un autre se partage généralement en trois, chacune de ces parties ayant, vis-à-vis des autres, une importance très différente, suivant que l'on considère un corps ou un autre ou que, sur un même corps, on étudie l'effet d'une ra-

(1) J. VIOLLE. — *Cours de Physique*, Masson, 1892, t. II, 2^e partie, p. 570-582.

diation déterminée ou d'une autre. Une portion de la lumière incidente pénètre, en se réfractant sur la surface d'entrée, à l'intérieur du second milieu où elle est partiellement absorbée ; une autre portion se réfléchit vers le premier milieu ; la dernière partie, enfin, se diffuse en tous sens et, entre autres, dans la direction de l'œil du spectateur qui peut ainsi distinguer un corps des corps voisins, l'intensité de cette lumière diffusée ainsi que sa composition variant d'un corps à l'autre.

Si la lumière qui parvient à un certain corps est complètement absorbée par lui, ce corps nous paraît noir et, seule, la présence des corps contigus, blanches ou colorés, le rend visible. A vrai dire, il n'existe aucun corps parfaitement noir ; une très faible proportion de lumière diffusée nous permet de juger du relief d'un corps désigné comme noir.

La lumière diffusée par un corps opaque coloré, ou transmise par un corps transparent coloré n'est *jamais* une lumière simple. De ce qu'un corps nous paraît rouge, jaune... il n'en faudrait même pas conclure que ce corps ne nous envoie *que* des radiations rouges ou des radiations jaunes ; chacun de ces corps nous envoie le plus généralement toutes sortes de rayons colorés, mais les rayons rouges, ou les rayons jaunes

étant en plus grand nombre nous font dire que l'objet est rouge, ou jaune... ; ce sont cependant, le plus souvent du moins, les autres rayons dont l'influence est incontestable, qui produisent les infinies variations de nuances que l'on constate sur un objet déterminé ; notons enfin qu'outre la lumière colorée due à l'absorption partielle des rayons incidents de la lumière blanche, tout corps diffuse en plus ou moins grande proportion de la lumière blanche sans altération. C'est la proportion de lumière blanche réfléchie ou diffusée qui nous fait dire que de deux objets de même nuance, l'un est d'une tonalité plus claire que l'autre.

PREMIÈRE PARTIE

LA REPRODUCTION DIRECTE DES COULEURS (CHROMOPHOTOGRAPHIE)

CHAPITRE III

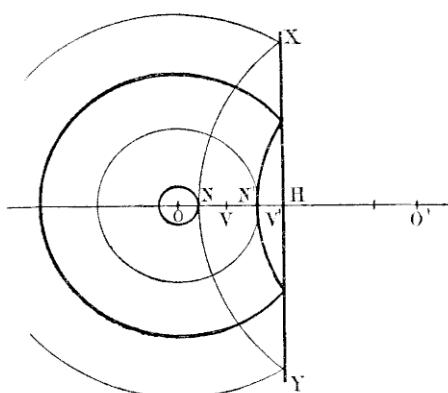
MÉTHODE INTERFÉRENTIELLE DE M. LIPPmann

8. Propagation de la lumière. Interférences. Ondes stationnaires. — On sait depuis les travaux de Fresnel que la propagation de la lumière n'est autre qu'un mouvement vibratoire comparable à la propagation des ondes qui se produisent à la surface des eaux tranquilles lorsqu'on y jette une pierre. Sur chacun des rayons qui partent du point où la pierre est tombée, chaque particule d'eau est alterna-

tivement soulevée puis déprimée, sans, pour cela, se déplacer latéralement. Du centre partent donc successivement des anneaux circulaires creux ou surplombants qui se propagent jusqu'à s'éteindre à quelque distance du centre d'émission, ou jusqu'à se trouver arrêtés par un obstacle.

9. — Quand ce mouvement ondulatoire vient à rencontrer une paroi plane, la bordure du

Fig. 1



bassin par exemple, le mouvement se réfléchit, c'est-à-dire revient sur lui-même comme s'il avait pour centre d'émission un point O' qui, par rapport à la paroi plane XY, soit précisément le

symétrique du véritable centre O. À ce moment, chaque onde réfléchie dans son mouvement de retour, entrera en conflit, *interfèrera* avec les ondes qui la suivent et sont encore à leur trajet d'aller. Sur la ligne OO', les deux ondes, directe et réfléchie, étant d'égale amplitude et directement opposées, pourront en certains points N, N', se compenser exactement; en d'autres points V, V', au contraire, l'effet des deux mouvements ondulatoires s'ajoutant, la surélévation ou la dépression de l'eau sera double de ce qu'elle eût été en l'absence de la paroi réfléchissante.

L'expérience et le raisonnement permettent de reconnaître que la position des points morts, où tout mouvement est annihilé (points nodaux), est invariable, ces points se succédant sur OO' à une distance constante, précisément égale à la moitié de celle qui, dans le mouvement ondulatoire non contrarié, sépare deux dépressions ou deux bourrelets successifs (longueur d'onde du mouvement considéré).

Les points où l'amplitude du mouvement est maxima (points ventraux) sont au milieu de chacun des intervalles limités par deux points nodaux successifs.

Si, en effet, un point du milieu vibrant est

situé de telle sorte que les deux mouvements ondulatoires (direct et réfléchi), auxquels il est soumis, aient entre eux un retard égal à un nombre entier de longueurs d'onde, l'effet des deux mouvements s'ajoutera, puisqu'il n'y aura entre eux aucune différence de phase; en particulier, le point H et tous les points qui, sur OO' , en sont distants d'une demi-longueur d'onde, satisfont à cette condition. Pour l'ensemble du milieu vibrant, les points satisfaisant à cette condition sont tels que la différence de leurs distances aux points OO' soit constante; ils sont donc répartis, dans l'espace, sur des hyperboloides de révolution ayant pour axe OO' et, dans un plan sécant quelconque, par des hyperboles. Pour l'incidence normale, et au voisinage de l'axe, on pourra sans inconvénient confondre un élément de la surface avec le plan tangent en ce point et on retrouvera ainsi les plans ventraux. On aurait de même des hyperboloides nodaux et, par suite, des plans nodaux intermédiaires en tous points où la différence de marche entre les deux mouvements ondulatoires est égale à un nombre impair de demi-longueurs d'onde, soit en particulier tous les points de OO' distants de H d'un nombre impair de quarts de longueur d'onde.

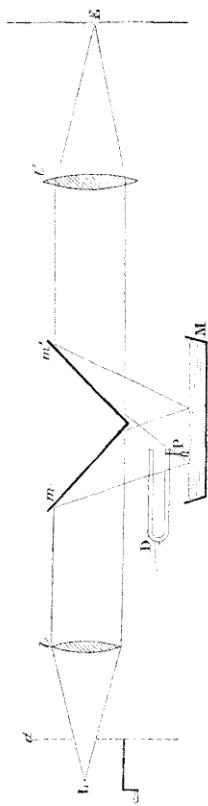
On peut matérialiser ces phénomènes à la

surface d'un bain de mercure et mettre ainsi en évidence les hyperboles ncales et ventrales dans le plan du niveau libre par l'expérience suivante imaginée, croyons-nous, par M. Lippmann, et dont nous empruntons la description au cours de Physique de MM. Chappuis et Berget⁽¹⁾.

« On arme l'une des branches d'un diapason D (*fig. 2*) d'une fourchette à deux dents dont le plan est perpendiculaire à celui du diapason ; ces deux dents affleurent à la surface du mercure M contenu dans une large cuvette. Quand le diapason vibre, elles donnent naissance à deux systèmes d'ondes de mêmes périodes dont les centres d'ébranlement sont les pointes elles-mêmes. Ces deux systèmes d'ondes peuvent donc interférer. Pour étudier leur mouvement, on place au-dessus du bain M deux miroirs *m* et *m'* disposés comme l'indique la figure et éclairés par les rayons parallèles venant d'une source L ; le miroir *m*, suivi d'une lentille *l*, sert à projeter sur l'écran E l'image des ondes à la surface du bain. Dès que le diapason vibre, on voit nettement en E les images des hyperboles fixes, lieux des points où se produisent les interférences. Si l'on éclaire *stroboscopiquement* la surface du

(1) J. CHAPPUIS et BERGET. — *Physique générale* t. III, p. 194.

Cig. 2. — Matérialisation des ondes stationnaires.



mercure en interrompant périodiquement le faisceau parallèle à l'aide d'un disque tournant *d* percé sur sa circonference de trous équidistants, on verra les ondes elles-mêmes animées d'un mouvement apparent que l'on peut rendre aussi lent que l'on veut en agissant sur la vitesse de rotation du disque ».

10. — Ce phénomène, auquel M. Otto Wiener a donné le nom d' « ondes stationnaires », a été mis en évidence dans le cas de la réflexion normale d'un faisceau lumineux sur un miroir plan par des expériences célèbres dont l'idée remonte à W. Zenker (1) mais qui ne

⁴ Prix Bordin 1867. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXVI, p. 932, 934.

furent réalisées précisément que par M. Wiener (1889) dans le but d'élucider quelle était la direction de la vibration lumineuse dans la lumière polarisée. Nous nous bornerons à donner ici le résumé de son Mémoire, dont on trouvera la traduction intégrale aux *Annales de Chimie et de Physique* (1).

« Le précédent travail fournit la démonstration expérimentale de l'existence des ondes stationnaires; une mince pellicule de collodion, parfaitement transparente et sensible, d'épaisseur faible vis-à-vis d'une longueur d'onde, se trouve au milieu de corps optiquement identiques, placés à une petite distance d'un miroir métallique sur lequel elle est faiblement inclinée. Après une longue exposition à une lumière spectrale, on développe l'image; on trouve des franges qui, ainsi qu'on l'a démontré, peuvent être considérées comme provenant de l'action des ondes stationnaires.

« Des recherches précises sur l'onde stationnaire montrent que, par une réflexion normale sur un milieu optiquement plus dense, les noeuds de l'action chimique sont distants du

(1) WIENER, — *Ondes stationnaires et direction de la vibration dans la lumière polarisée*. Ann. de Ch. et de Ph., 6^e série, t. XXIII, p. 387.

miroir d'un multiple d'une demi-longueur d'onde; les ventres sont intermédiaires à des distances égales à un multiple impair d'un quart de longueur d'onde. Des expériences où l'on fait interférer des faisceaux qui se croisent à angle droit prouvent la possibilité de l'interférence si les plans de polarisation des deux faisceaux sont parallèles; l'impossibilité si ils sont croisés... ».

M. Wiener admettait, comme démontrée par ses expériences, l'impossibilité d'obtenir autre chose qu'une zone confuse d'opacité homogène au cas où l'on eût substitué, à ses plaques extraordinairement minces et inclinées sur la direction du faisceau lumineux, des plaques sensibles d'épaisseur courante disposées normalement aux rayons incidents. Il y avait là une grave erreur de principe: c'est, en effet, en recevant dans l'épaisseur d'une plaque sensible ordinaire à couche continue la stratification d'ombres et de lumières fournies par l'interférence d'un faisceau normal incident et du faisceau réfléchi que M. Lippmann parvint à sa belle réalisation de la photographie directe des couleurs.

Nous ne pouvons mieux faire que reproduire ici les passages essentiels des mémoires adressés

à ce sujet par M. Lippmann à l'Académie des Sciences et insérés aux Comptes-rendus des séances de cette compagnie (1).

11. — « Je me suis proposé d'obtenir, sur une plaque photographique, l'image du spectre avec ses couleurs, de telle façon que cette image demeurât désormais fixée et put rester indéfiniment au grand jour sans s'altérer.

« J'ai pu résoudre ce problème en opérant avec les surfaces sensibles, les développateurs et les fixatifs courants en photographie, et en modifiant seulement les conditions physiques de l'expérience. Les conditions essentielles pour obtenir les couleurs en photographie sont au nombre de deux :

1^o Continuité de la couche sensible ;

2^o Présence d'une surface réfléchissante adossée à cette couche.

« J'entends par continuité l'absence de grains : il faut que l'iode, le bromure d'argent, etc., soient disséminés à l'intérieur d'une

(1) G. Lippmann, — *La Photographie des Couleurs*, C. R. de l'Ac. des Sc., 1891, 1^{er} semestre, p. 274.

— *Sur la Photographie des Couleurs*, 2^e note, L. CXIV, 1891, 1^{er} semestre, p. 97.

— *Photographies colorées du spectre sur albumine hydratée*, t. CXV, 1892, 2^e semestre, p. 575.

lame d'albumine, de gélatine ou d'une autre matière transparente et inerte, d'une manière uniforme et sans former de grains qui soient visibles, même au microscope ; s'il y a des grains, il faut qu'ils soient de dimensions négligeables par rapport à la longueur d'onde lumineuse.

« L'emploi des grossières émulsions usitées aujourd'hui se trouve par là même exclu. Une

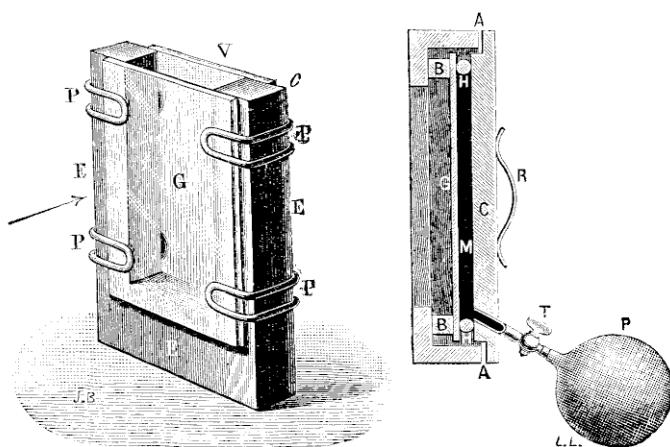


Fig. 3. — Châssis à mercure Lippmann.

Fig. 4. — Châssis Lumière.

couche continue est transparente, sauf ordinairement une légère opalescence bleue. J'ai employé comme support l'albumine, le collodion et

la gélatine; comme matières sensibles, l'iодure et le bromure d'argent; toutes ces combinaisons donnent de bons résultats.

La plaque, sèche, est portée par un châssis creux⁽¹⁾ où l'on verse du mercure (*fig. 3 et 4*); ce mercure forme une lame réfléchissante en contact avec la couche sensible. L'exposition, le développement, le fixage se font comme si l'on voulait obtenir un négatif noir du spectre; mais le résultat est différent: lorsque le cliché est terminé et séché, les couleurs apparaissent.

« Le cliché obtenu est négatif par transparence, c'est-à-dire que chaque couleur est représentée par sa complémentaire⁽²⁾.

« Par réflexion, il est positif, et on voit la

(1) La plupart des constructeurs d'appareils photographiques ont imaginé des dispositifs très ingénieux pour l'établissement de tels châssis.

(2) Si les phénomènes d'absorption par la couche impressionnée n'intervenaient pas, les couleurs vues en transparence seraient, comme dans le cas des bulles de savon nettement complémentaires des couleurs vues par réflexion. Si l'une des couleurs est en excès dans le faisceau réfléchi, elle doit en effet être en défaut dans le faisceau de lumière transmise, puisque la superposition de ces deux faisceaux reconstitue exactement le faisceau incident. Par suite de l'absorption très notable de certaines radiations, les couleurs vues en transparence sont toujours très assombries.

couleur elle-même, qui peut s'obtenir très brillante. Pour obtenir ainsi un positif, il faut

révéler, ou parfois renforcer l'image, de façon que le dépôt photographique ait une couleur claire, ce qui s'obtient, comme l'on sait, par l'emploi des liqueurs acides.

« On fixe à l'hydrogénosulfite de soude suivi de lavages soignés; j'ai vérifié qu'ensuite les couleurs résistaient à la lumière électrique la plus intense.

42. — « La théorie de l'expérience est très simple. La lumière incidente qui forme l'image dans la chambre

noire, interfère avec la lumière réfléchie par le mercure. Il se forme, par suite, dans l'intérieur



Fig. 5
Schéma montrant les stratifications du dépôt d'argent dans la couche sensible CG en contact avec la cuve à mercure.

de la couche sensible, un système de franges, c'est-à-dire de maxima lumineux et de minima obscurs. Les maxima seuls impressionnent la plaque; à la suite des opérations photographiques, ces maxima demeurent marqués par des dépôts d'argent, plus ou moins réfléchissants, qui occupent leur place. La couche sensible se trouve partagée par ces dépôts, en une série de lames minces (¹) qui ont pour épaisseur l'intervalle qui sépare deux maxima, c'est-à-dire une demi-longueur d'onde de la lumière incidente (²). Ces lames minces ont

(¹) Toute lame mince d'une substance incolore ou peu colorée par elle-même se revêt de brillantes couleurs dues à ce fait que la lumière blanche naturelle réfléchie sur la face antérieure interfère avec celle réfléchie par la face postérieure, produisant ainsi l'extinction partielle ou totale de certaines des radiations qui constituent la lumière incidente. La nuance vue par réflexion est complémentaire de celle observée par transparence. Ce fait se remarque bien sur les bulles de savon. On peut, de plus, constater qu'en gonflant la bulle, c'est-à-dire en diminuant l'épaisseur, la nuance varie. L'éclat de ces « couleurs d'apparence » a été utilisé pour la décoration en recueillant sur des supports convenables les irisations que donnent à la surface de l'eau d' λ minces couches de certains vernis (Trichromatine) (voir notamment le journal *La Photographie*, 1^{er} juin 1898).

(²) Tout récemment, le Dr Neubauß a constaté expérimentalement l'exactitude de cette théorie. Une pho-

donc précisément l'épaisseur nécessaire pour reproduire par réflexion la couleur incidente.

« Les couleurs visibles sur le cliché sont ainsi de même nature que celles des bulles de savon. Elles sont seulement plus pures et plus brillantes, du moins quand les opérations photographiques ont donné un dépôt bien réfléchissant. Cela tient à ce qu'il se forme dans l'épaisseur de la couche sensible un très grand nombre de lames minces superposées : environ 200, si la couche a, par exemple, $\frac{1}{20}$ de millimètre. Pour les mêmes raisons, la couleur réfléchie est d'autant plus pure que le nombre des couches réfléchissantes augmentent ; ces couches forment, en effet, une sorte de réseau en profondeur, et, pour la même raison que dans la théorie des réseaux par réflexion, la pureté des couleurs va croissant avec le nombre des miroirs élémentaires ».

13. — Il est tout d'abord évident que la nuance

tographie du spectre solaire, obtenue par la méthode interférentielle, a été coupée au microtome dans la région rouge (celle où les lamelles doivent être les plus espacées). L'étude au microscope de la section ainsi réalisée a pu montrer, sous un grossissement de 4 000 diamètres, six ou huit lamelles aux distances prévues par la théorie de M. Lippmann (*Wiedemann Annalen*, 1898, t. LXV, p. 164).

de l'image en chaque point dépendant exclusivement de l'intervalle des stratifications, intervalle mesuré sur la direction des rayons visuels, les colorations doivent se modifier si, pour quelque cause que ce soit, cet intervalle vient à se modifier (gonflement du substratum par immersion dans l'eau) ou si la direction du rayon visuel varie notablement. Sous une incidence très oblique les rouges deviendront des orangés, puis des jaunes, les jaunes des verts, puis des bleus, les violets disparaîtront. Cependant, tandis qu'un déplacement angulaire de quelques degrés suffit à modifier la coloration apparente des anneaux de Newton, il faut, pour observer de tels changements sur une chromophotographie, des variations d'incidence considérables. Il faut tenir compte, en ce cas, que les interférences se produisent, non plus dans l'air, comme les anneaux de Newton dans les expériences ordinaires, mais dans un milieu plus réfringent : albumine, collodion ou gélatine, au sein duquel les variations angulaires du rayon lumineux sont beaucoup plus faibles que les variations du même rayon dans l'air.

14. — Par suite de légères différences dans la sensibilité des plaques pour les diverses couleurs, les premières images réalisées par M. Lippmann

présentaient certains défauts dans le rendu des nuances, certaines devenant plus sombres, d'autres au contraire brillant d'un plus vif éclat. Les recherches parallèles de M. Lippmann et de MM. les frères Lumière, de Lyon, vainquirent bientôt ces quelques difficultés et, en 1892, M. Lippmann put produire des chromographies correctes d'objets naturels.

« Dans la première communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie sur ce sujet, écrivait M. Lippmann, je disais que les couches sensibles que j'employais alors manquaient de sensibilité et d'isochromatisme, et que ces défauts étaient le principal obstacle à l'application générale de la méthode que j'avais imaginée. Depuis lors, j'ai réussi à améliorer la couche sensible, et, bien qu'il reste encore beaucoup à faire, les nouveaux résultats sont assez encourageants pour que je me permette d'en faire part à l'Académie.

« Sur des couches d'albumino-bromure d'argent, rendues orthochromatiques par l'azaline et la cyanine, j'obtiens des photographies très brillantes du spectre. Toutes les couleurs viennent à la fois, même le rouge, sans interpolation d'écrans colorés, et après une pose comprise entre cinq et trente secondes. Sur deux de ces clichés, on remarquera que les couleurs,

vues par transparence, sont nettement complémentaires de celles qu'on aperçoit par réflexion.

« La théorie indique que les couleurs composées que revêtent les objets naturels doivent venir en photographie au même titre que les lumières simples du spectre. Il n'en était pas moins nécessaire de vérifier le fait expérimentalement. Les quatre clichés que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie représentent fidèlement des objets divers : un vitrail à quatre couleurs, rouge, vert, bleu, jaune ; un groupe de drapeaux ; un plat d'oranges surmontées d'un pavot rouge ; un perroquet multicolore.

« Ils montrent que le modélisé est rendu en même temps que les couleurs.

« Les drapeaux et l'oiseau ont exigé de cinq à dix minutes de pose à la lumière électrique ou au soleil. Les autres objets ont été faits après de nombreuses heures de pose à la lumière diffuse. Le vert des feuillages, le gris de la pierre d'un bâtiment sont parfaitement venus sur un autre cliché ; le bleu du ciel, par contre, était devenu indigo. Il reste donc à perfectionner l'orthochromatisme de la plaque et à augmenter considérablement sa sensibilité ».

15. — Nous devons d'ailleurs remarquer que certaines causes d'erreur peuvent, lors de l'obser-

vation de l'image, modifier sa coloration. Si, en effet, la plaque est exposée, non plus à la lumière blanche du soleil *pour laquelle elle a été rendue isochromatique*, mais à une lumière telle que celle d'une lampe à huile, par exemple, les intensités des différentes couleurs simples seront altérées dans le rapport de l'intensité de chaque couleur de la lumière incidente de la lampe à l'intensité de la même couleur dans la lumière du soleil. Si, en particulier, la plaque est une photographie du spectre solaire, elle réfléchit le spectre même de la lampe, tel que le donnerait le spectroscope ou le réseau au moyen duquel on a photographié le spectre solaire (¹).

D'autre part, et par suite de la réflexion d'une partie de la lumière incidente sur la face antérieure de la plaque, les teintes propres de l'image se trouvent lavées de blanc. On atténue cet effet en observant sous l'incidence normale qui rend minima la proportion de lumière réfléchie, ou mieux en collant sur la couche de gélatine, avec un peu de baume de Canada, une lame de verre légèrement prismatique (fig. 6). L'indice de réfraction variant peu de la gélatine au baume et

(¹) G. SAONAC. — Journal *La Photographie*, mai 1893, p. 233.

du baume au verre, la seule réfraction importante est celle qui a lieu sur la face antérieure du prisme. Les rayons qui ont traversé le prisme ressortent, colorés, dans une direction différente de celle des rayons parasites réfléchis; l'œil placé à distance suffisante pourra donc recevoir

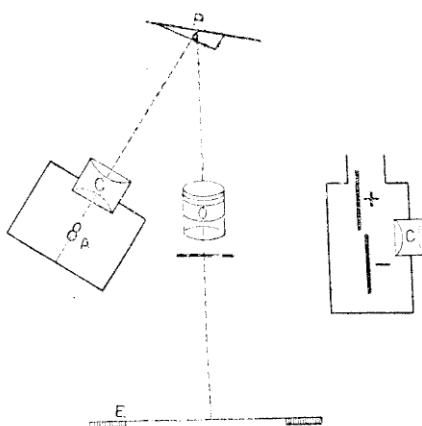


Fig. 6. — Projection d'une chromophotographie interférentielle.

la lumière colorée à l'exclusion de la lumière blanche et les teintes apparaîtront plus vives.

16. — On trouvera dans tous les traités photographiques les indications nécessaires à la préparation des plaques au collodion humide. Nous donnerons donc ici seulement la prépara-

tion, moins connue, des plaques à l'albumine⁽¹⁾ d'après les indications publiées il y a quelques années par M. Contamine⁽²⁾, l'un des rares amateurs qui aient entrepris, et avec succès, de répéter les expériences de M. Lippmann.

« On prend un blanc d'œuf que l'on verse dans une éprouvette cylindrique à pied. Avec un disque de bois de diamètre presque égal au diamètre intérieur de l'éprouvette, disque emmanché au bout d'une longue baguette, on baratte le blanc d'œuf afin d'obtenir une mousse très épaisse ; on le laisse alors reposer quelques heures pour le fréter sur un tampon de ouate préalablement désarmé en le faisant bouillir dans une solution étendue de potasse. Une fois filtré, le blanc d'œuf est additionné de quatre gouttes de solution saturée à froid de cyanine dissoute dans l'alcool et de deux gouttes d'une solution d'érythrosine.

(1) Quelques essais récents de M. Lippmann pour l'emploi de plaques commerciales à l'albumine (plaques Châron, entre autres) rendues isochromatiques dans les bains colorants appropriés ont fourni des résultats satisfaisants.

(2) Journal *La Photographie*, 30 septembre 1895, et *Les Couleurs et la Photographie*, par G. H. Niewenglowski et Renault, Société d'Éditions scientifiques, p. 295.

« Après lavage à fond de l'éprouvette, on y remet le liquide filtré et on l'additionne d'iodure de potassium rougi par le procédé suivant : dans une bouteille, on introduit quelques paillettes d'iode et des cristaux d'iodure de potassium ; ces cristaux deviennent rouges au bout de quelques heures ; on choisit alors les plus teintés pour les mettre dans une bouteille compte-gouttes, de manière qu'ils occupent le tiers de la hauteur, et on achève de remplir avec de l'eau distillée. On a ainsi obtenu la liqueur saturée dont on verse six gouttes dans l'éprouvette renfermant l'albumine. Après barattage et repos de trois heures dans une cave fraîche et aérée, on filtre et on recommence pendant deux ou trois jours ; puis on laisse reposer encore plusieurs jours.

« On étend alors, au moyen d'une tournette, deux couches minces sur une plaque de verre, puis on sensibilise au bain d'acéto-nitrate d'argent suivant :

| | |
|-------------------------------|-----|
| Eau. | 100 |
| Azotate d'argent cristallisé. | 10 |
| Acide acétique cristallisant. | 10 |

« On prépare ainsi quatre bains qu'on laisse exposés à la lumière ; M. Contamine a remarqué que plus les bains avaient servi, meilleurs ils étaient. Les quatre bains servent successivement ;

au fur et à mesure que leur teneur en argent diminue, on ajoute du bain neuf, de façon à avoir un bain renfermant une quantité d'argent sensiblement constante ».

Les plaques albuminées se conservent longtemps, à condition de ne les sensibiliser qu'au fur et à mesure des besoins, car dès qu'elles sont sensibilisées, il faut les employer dans les trois ou quatre jours suivant la sensibilisation.

Il est bon d'étendre la couche sensible sur des glaces rodées d'un côté, car la couche est tellement transparente qu'il serait difficile autrement de reconnaître le côté portant la couche sensible. On peut la faire sécher dans une boîte renfermant une grande quantité de chlorure de calcium récemment fondu.

17. -- On notera que le développement des plaques à l'albumine, comme celui des plaques au collodion, est tout différent de celui des plaques commerciales au gélatino-bromure. Les révélateurs « chimiques » ⁽¹⁾, qui d'ailleurs fourniraient un dépôt d'argent pulvérulent noir, ne peuvent être employés. On doit en effet réduire, par un révélateur « physique », non le

⁽¹⁾ A. DE LA BAUME PLUVINEL. -- *La théorie des opérations photographiques*, Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire. Gauthier-Villars et Masson, éditeurs.

sel haloïde d'argent insolé, mais l'excès d'azotate d'argent dont la plaque est imprégnée, produisant ainsi un précipité d'argent blanc par réflexion, qui se déposera seulement aux points insolés.

On prendra, par exemple, une solution pure à 1 pour 1000 d'acide gallique, dont l'action, très lente, peut être accélérée par l'addition de quelques gouttes du bain sensibilisateur. MM. Lumière qui ont, à maintes reprises, perfectionné la technique de la méthode interférentielle, emploient un révélateur constitué comme suit :

SOLUTION A

| | |
|----------------------|-----|
| Eau. | 100 |
| Pyrogallol | 1 |

SOLUTION B

| | |
|-------------------------------|-----|
| Eau. | 100 |
| Bromure de potassium. | 10 |

SOLUTION C

Ammoniaque caustique . . D = 0,96 à 18°

On s'attachera à employer une solution ammoniaque ayant très exactement le titre indiqué ; ou, au cas contraire, on modifiera en conséquence la proportion à employer de la solution C : des variations assez faibles dans la quantité

d'ammoniaque influent, en effet, beaucoup sur l'intensité et l'éclat des colorations.

On constituera le bain révélateur en mélangeant, au moment de l'emploi :

| | |
|----------------------|------------------|
| Solution A | 10 ^{mo} |
| Solution B | 15 |
| Solution C | 5 |
| Eau | 70 |

18. — Certains expérimentateurs préféreront peut-être, aux plaques sensibles à l'albumine, les plaques sensibles préparées au moyen de l'émulsion sans grains indiquée par MM. Lumière auxquels nous empruntons la notice suivante (¹) :

« Pour obtenir l'émulsion sensible (si tant est qu'on puisse ainsi appeler la préparation colloïdale obtenue), on prépare les solutions suivantes :

SOLUTION A

| | |
|-------------------------|-----|
| Eau distillée | 400 |
| Gélatine | 20 |

SOLUTION B

| | |
|--------------------------------|-----|
| Eau distillée | 25 |
| Brumure de potassium | 2,3 |

(¹) *Bulletin de la Société française de Photographie*,
juin 1863.

SOLUTION C

| | |
|----------------------------|----|
| Eau distillée | 25 |
| Azotate d'argent | 3 |

On ajoute à la solution C la moitié de la solution A, puis l'autre moitié de cette dernière est additionnée à B. On mélange ensuite ces deux solutions gélatineuses en versant le liquide contenant l'azotate d'argent dans celui contenant le bromure de potassium. On additionne ensuite d'un sensibilisateur coloré convenable : cyanine, violet de méthyle, érythrosine..., puis l'émulsion est filtrée et coulée sur plaques. Cette opération doit se faire à la fourchette, la température de la solution ne dépassant pas 40°.

On fait prendre la couche en gelée, puis les plaques sont immergées dans de l'alcool pendant un temps très court, traitement qui permet le mouillage complet de la surface, et enfin on lave dans un courant d'eau. La couche étant très mince le lavage ne demande que peu de temps. Cette méthode présente l'avantage d'éviter le grossissement du grain de bromure d'argent, grossissement résultant du lavage de la masse et de la refonte, et de permettre l'obtention de plaques d'une transparence complète. De plus, on doit éviter, pour la même raison, l'emploi d'un trop grand excès de bromure soluble. Les

plaques ayant été lavées suffisamment sont mises à sécher, puis, avant l'emploi, traitées pendant deux minutes par la solution suivante :

| | |
|----------------------------|-----|
| Eau distillée | 200 |
| Azotate d'argent | 1 |
| Acide acétique | 1 |

Ce dernier traitement permet d'obtenir des images beaucoup plus brillantes. Il augmente, en outre, la sensibilité, mais amène assez rapidement l'altération de la couche sensible. On secche de nouveau, puis la plaque est exposée conformément aux indications données par M. le professeur Lippmann ».

19. — C'est en se conformant à ce mode opératoire que MM. Lumière ont obtenu les belles chromographies interférentielles que M. Lippmann présentait en ces termes à l'Académie des Sciences⁽¹⁾ :

« Ces épreuves ont été obtenues par MM. Lumière sur des plaques au gélatino-bromure d'argent, transparentes et isochromatiques, préparées par eux. Elles représentent, d'une part, un spectre solaire de grandes dimensions : d'autre part, une série d'objets reproduits très fidèlement.

⁽¹⁾ *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXVI, 1893, 1^{er} sem., p. 784.

ment... On remarque notamment sur ces épreuves que les blancs sont rendus fidèlement avec leurs nuances diverses et leur éclat. Ces blancs ne sont visibles, comme les autres couleurs, que sous l'angle de la réflexion régulière ; par diffusion, on ne voit, à l'endroit où ils sont marqués, que la couleur brun foncé du précipité photographique. La reproduction exacte des couleurs les plus complexes par la méthode interférentielle se trouve ainsi nettement démontrée ».

A la suite d'une conférence récente, M. Lippmann a publié la formule de préparation des plaques sensibles qu'il emploie maintenant.

« Dans 100 grammes d'eau, faire fondre 45^{gr} de gélatine. Ajouter 0^{gr},53 de bromure de potassium. Pour l'isochromatisme, ajouter environ 6 centimètres cubes d'une dissolution alcoolique de cyanine au $\frac{1}{500}$ et 3 centimètres cubes d'une solution alcoolique de rouge de quinoléine au $\frac{1}{500}$. Le tout étant mélangé et descendu à une température *inférieure* à 40°, ajouter, dans l'obscurité, 0^{gr},75 de nitrate d'argent *sec* en poudre, agiter une ou deux minutes pour dissoudre. Filtrer au coton de verre. Couler sur plaques de verre tiédies, comme du collodion. Laisser re-

froidir les plaques sur un marbre horizontal très froid. Mouiller chaque plaque à l'alcool avant de la laver, puis la laver une demi-heure. Égoutter et sécher. Ces plaques se conservent longtemps. Avant l'emploi, mouiller la couche sensible avec

| | |
|----------------------------|-----|
| Alcool absolu | 100 |
| Azotate d'argent | 0,5 |
| Acide acétique cristallisé | 0,5 |

séouer et sécher ; la plaque a gagné en sensibilité ; elle doit être employée le même jour. Poser environ deux minutes au soleil avec objectif anastigmat diaphragmé à $\frac{F}{6,3}$.

On peut se servir d'un développeur quelconque. On obtient plus d'éclat avec le développeur de MM. Lumière indiqué ci-dessus.

Plus récemment, M. Lippmann a cherché à produire un dépôt d'argent parfaitement blanc en utilisant les vieux procédés de développement après fixage que MM. Sterry et Neuhauss ont cherché récemment à remettre en honneur. Des expériences entreprises par M. E. Cousin, à la demande de M. Lippmann, n'ont apporté aucun fait nouveau, l'examen en transparence ne fournit cette fois qu'une nuance presque uniforme.

20. — Signalons enfin, à titre de curiosité, l'emploi possible mais peu pratique de couches sensibles constituées de substances colloïdes bichromatées.

« On sait qu'une couche sèche de gélatine ou d'albumine bichromatée est modifiée par la lumière : la matière organique devient moins hygrométrique. La plupart des procédés d'impression photomécaniques employés dans l'industrie sont fondés sur cette action de la lumière.

« Une couche d'albumine (ou de gélatine) bichromatée, coulée et séchée sur verre, est exposée à la chambre noire, adossée à un miroir de mercure. Il suffit ensuite de la mettre dans de l'eau pour voir apparaître les couleurs ; ce lavage à l'eau pure, en enlevant le bichromate, fixe l'épreuve en même temps qu'il la développe. L'image disparaît quand on sèche la plaque, pour reparaître chaque fois qu'on la mouille de nouveau.

« Les couleurs sont très brillantes, on les voit sous toutes les incidences, c'est-à-dire en dehors de l'incidence de la réflexion régulière. En regardant la plaque par transparence, on voit nettement les complémentaires des couleurs vues par réflexion.

« La gélatine bichromatée se comporte de même, sauf que les couleurs apparaissent à leur place, non quand la plaque est moquillée en plein, mais quand on la rend légèrement humide en soufflant à sa surface.

« La théorie de l'expérience est facile à faire. Comme dans le cas des couches sensibles contenant un sel d'argent, le miroir de mercure donne lieu, pendant la pose, à une série de maxima et de minima d'interférence. Les maxima seuls impressionnent la couche, qui prend par suite une structure lamellaire et se divise en couches alternativement gonflables et non gonflables par l'eau. Tant que la plaque est sèche on n'aperçoit pas d'image. Mais dès que l'eau intervient les parties de la couche non impressionnée s'en imbibent ; l'indice de réfraction varie dès lors périodiquement dans l'épaisseur de la couche, de même que le pouvoir réflecteur, et l'image colorée devient visible (¹). »

21. — La théorie complète de ce procédé est l'un

(¹) Lorsque l'on emploie l'albumine, il faut étendre une couche de ce liquide sur le verre, la faire sécher et, de plus, la coaguler par du bichlorure de mercure. Sans cette précaution, l'albumine non impressionnée se dissoudrait lors du lavage à l'eau pure. On peut passer au bichlorure de mercure soit avant, soit après que la plaque a reçu l'impression lumineuse.

des problèmes les plus intéressants de la physique mathématique. Ceux de nos lecteurs, non familiarisés avec les notions de mathématiques supérieures, comprendront peut-être assez aisément l'exposé relativement élémentaire qu'en a publié notre collègue M. Sagnac (¹). Nous préférions ici reproduire, en le résumant autant qu'il est possible, le mémoire présenté par M. Lippmann lui-même à l'Académie des Sciences, trois ans après sa découverte (²).

22. — « Considérons d'abord le cas simple où l'impression photographique est produite par une lumière homogène de longueur d'onde λ ; supposons, en outre, l'incidence normale et la vibration lumineuse réduite à une de ses composantes rectilignes. Soit z , la distance d'un point au plan qui limite la couche sensible, plan qui est adossé au miroir pendant la pose, et qui, après coup, sera tourné du côté de l'œil. L'interférence entre

(¹) G. SAGNAC, Agrégé des Sciences physiques, préparateur à la Sorbonne — *Essai sur la théorie des expériences de M. Lippmann*. Journal *La Photographie*, 1893, p. 216 et 232 ou *Les Couleurs et la Photographie*, déjà cité, p. 285.

(²) G. LIPPMANN. — *Sur la théorie de la photographie des couleurs simples ou composées par la méthode interférentielle*. C. R. de l'Acad. des Sc., t. CXXIII, 1894, 1^{er} sem., p. 92 à 102.

58 THÉORIE MATHÉMATIQUE DES EXPÉRIENCES

le rayon incident et le rayon réfléchi donne lieu à une vibration stationnaire dont l'intensité a pour mesure $\frac{1}{2} \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda}$. Il en résulte au point z , après développement, un pouvoir réflecteur ρ qui est une fonction de l'intensité qui a produit l'impression : on a donc

$$(1) \quad \rho = \varepsilon \varphi \left(\sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda} \right);$$

ε est un coefficient qui dépend des conditions de l'expérience : on ne peut le faire croître indéfiniment ; mais, par contre, on peut le diminuer à volonté soit en diminuant la proportion de matière sensible contenue dans la couche transparente, soit en changeant le mode de développement. φ est donc une fonction de $\frac{z}{\lambda}$, toujours comprise entre 0 et 1 et ayant $\frac{\lambda}{2}$ pour période.

Cela posé, supposons que l'on éclaire la couche développée par de la lumière blanche. Parmi les lumières homogènes qui constituent la lumière blanche, considérons-en une quelconque dont la longueur d'onde λ' ne soit pas égale à λ . À l'entrée de la couche la vibration en question est représentée par l'équation

$$y = \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

Après réflexion sur un élément situé en z et de profondeur infiniment petite dz , l'amplitude incidente est multipliée par la fraction infiniment petite φdz . En même temps, il y a une perte de phase due au chemin parcouru $2z$, et égale à $2\pi \frac{2z}{\lambda}$. La vibration réfléchie a donc pour équation

$$y = \varphi dz \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2z}{\lambda} \right)$$

ou

$$y = \varphi dz \cos 4\pi \frac{z}{\lambda} \sin 2\pi \frac{t}{T} -$$

$$\varphi dz \sin 4\pi \frac{z}{\lambda} \cos 2\pi \frac{t}{T}.$$

Telle est l'équation de l'un quelconque des rayons élémentaires renvoyés à l'œil. Pour en avoir la résultante, il suffit d'intégrer par rapport à z , depuis $z = 0$ jusqu'à $z = Z$, Z étant l'épaisseur de la couche.

On obtient ainsi une expression de la forme

$$X \sin 2\pi \frac{t}{T} + Y \cos 2\pi \frac{t}{T}$$

en posant

$$(2) \quad \begin{cases} X = \int_0^Z \varphi dz \cos 4\pi \frac{z}{\lambda} \\ Y = \int_0^Z \varphi dz \sin 4\pi \frac{z}{\lambda} \end{cases}$$

60 THÉORIE MATHÉMATIQUE DES EXPÉRIENCES

L'amplitude résultante a, comme on sait, pour expression

$$+ \sqrt{X^2 + Y^2}.$$

Il s'agit de discuter la valeur de cette quantité. Il est commode, quoique non indispensable, de faire intervenir pour cela l'expression

$$X + Y \sqrt{-1} e^{iz} \\ = \int_0^z \varphi \left(\cos 4\pi \frac{z}{\lambda} + \sqrt{-1} \sin 4\pi \frac{z}{\lambda} \right) dz$$

Cette dernière intégrale peut se partager en une somme d'intégrales prises respectivement entre les limites

$$0 \text{ à } \frac{\lambda}{2}; \frac{\lambda}{2} \text{ à } 2 \frac{\lambda}{2}; 2 \frac{\lambda}{2} \text{ à } 3 \frac{\lambda}{2}; \dots; p \frac{\lambda}{2} \text{ à } (p+1) \frac{\lambda}{2}.$$

On passe d'une intégrale à la suivante en changeant z en $z + \frac{\lambda}{2}$; il faut remarquer qu'il est inutile de faire ce changement dans la fonction φ qui a précisément $\frac{\lambda}{2}$ pour période. Posons

$$u = \cos 2\pi \frac{z}{\lambda} + \sqrt{-1} \sin 2\pi \frac{z}{\lambda}.$$

On passe d'une intégrale à l'autre en multi-

pliant par u sous le signe \int . Il s'ensuit que l'on a

$$\begin{aligned} X + Y \sqrt{-1} &= \\ &= \int_0^{\lambda} z \left(\cos 4\pi \frac{z}{\lambda} + \sqrt{-1} \sin 4\pi \frac{z}{\lambda} \right) dz \times \sum \end{aligned}$$

avec la notation

$$\sum = 1 + u + u^2 + u^3 + \dots + u^{n-1}.$$

L'intégrale en facteur au second membre est toujours finie. Il en est de même de la somme Σ , qui reste finie quand $\frac{\lambda}{\lambda}$ a une valeur quelconque fractionnaire, lors même que le nombre de ses termes croit indéfiniment. Quand l'épaisseur totale Z croit indéfiniment, n croit indéfiniment puisque l'on a $Z = n \frac{\lambda}{2}$ où, en négligeant s'il y a lieu la fraction complémentaire, on peut supposer n entier.

D'autre part, il convient de déterminer la fraction arbitraire ε qui entre dans l'expression (1) de ζ , de manière que $n\varepsilon$ reste égale à une grandeur finie, qu'il est loisible de prendre égale à l'unité (1),

(1) Le nombre des couches réfléchissantes élémentaires augmentant avec l'épaisseur totale, il faut bien admettre que le pouvoir réflecteur de chacune d'elles diminue en même temps; car, d'une part, le pouvoir

on a donc

$$z = \frac{1}{n}$$

et

$$X + Y \sqrt{-1} = \int_0^{\frac{\lambda}{2}} z \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right) \left(\cos 4\pi \frac{z}{\lambda} + \right. \\ \left. + \sqrt{-1} \sin 4\pi \frac{z}{\lambda} \right) dz \times \frac{\Sigma}{n}.$$

Or $\frac{\Sigma}{n}$ tend vers zéro quand n tend vers l'infini.

En résumé, quand il n'y a pas de relation particulière entre λ' , la longueur d'onde de la lumière qui éclaire la plaque, et λ , celle de la lumière qui l'a impressionnée, l'amplitude réfléchie tend vers zéro quand l'épaisseur de la couche sensible tend vers l'infini. Il n'en est plus de même si $\lambda = \lambda'$, c'est-à-dire si l'on éclaire avec la même lumière qui a impressionné la plaque. Dans ce cas, $\Sigma = n$, et par suite

$$X + Y \sqrt{-1} = n \int_0^{\frac{\lambda}{2}} z \left(\sin^2 4\pi \frac{z}{\lambda} \right) \left(\cos 4\pi \frac{z}{\lambda} + \right. \\ \left. + \sqrt{-1} \sin 4\pi \frac{z}{\lambda} \right) dz.$$

réflecteur total doit être au plus égal à l'unité et, d'autre part, il faut que la lumière puisse traverser toute l'épaisseur du système.

Le second membre tend vers l'infini avec ν si ε est fini ou vers une quantité finie si

$$\nu \varepsilon \rightarrow 1$$

il en est de même pour $\lambda = 2\lambda'$, $\lambda = 3\lambda'$...

Le cas de $\lambda = \lambda'$ est le seul réalisé dans la pratique, à cause de la faible longueur du spectre visible qui comprend moins d'une octave.

Pour réaliser le cas de $\lambda = \frac{\lambda'}{2}$, il faudrait photographier le spectre assez loin dans l'infra rouge⁽¹⁾. D'autre part, en humectant quelque peu la couche, ce qui la gonfle et revient à augmenter les valeurs de λ , on voit apparaître le violet et les couleurs suivantes, correspondant aux demi-valeurs de λ .

En opérant sur des couches sèches, impressionnées par la partie visible du spectre, on n'aperçoit que les couleurs du premier ordre données par $\lambda' + \lambda$

(1) Sur les premières épreuves du spectre présentées par M. Lippmann, on voyait précisément en deçà du rouge, une partie bleu verdâtre ou bleu violacé atteignant quelquefois une longueur de 50 millimètres; les radiations de l'infra-rouge ont, en effet, des longueurs d'onde voisines ou égales au double de la longueur d'onde des radiations les plus réfrangibles du spectre visible.

23. — Le cas général où la plaque photographique a été impressionnée par une lumière hétérogène, telle que celle qui est diffusée par un corps quelconque exposé à la lumière blanche est beaucoup plus complexe. Il faut encore calculer le pouvoir réflecteur σdz en un point z du réseau photographique, ce qui exige que l'on définisse, au préalable, la composition d'une lumière hétérogène, la couleur d'un corps, la sensibilité photographique et l'isochromatisme d'une plaque. Ces deux dernières définitions peuvent seules présenter quelques difficultés.

La composition d'une lumière hétérogène peut se définir comme suit. Supposons que l'on forme le spectre normal (¹) de cette lumière et que l'on mesure, par exemple au moyen d'une pile thermo-électrique, l'intensité totale des rayons qui passent à travers une fente de largeur $d\lambda$; enfin que l'on déduise de cette mesure l'amplitude correspondante. Cette amplitude est de la forme $d\lambda \times F(\lambda)$; $F(\lambda)$ définit la répartition des amplitudes dans le spectre normal et, par conséquent, la composition de la lumière hétérogène employée.

(¹) Spectre obtenu par diffraction sur un réseau ligné; la déviation est proportionnelle à la longueur d'onde.

La couleur d'un corps se définit également par une fonction de λ . Tout corps diffuse (ou transmet) une fraction déterminée de l'amplitude d'une lumière simple incidente de longueur d'onde λ . Cette fraction varie, en général, avec λ ; on peut la représenter par $f(\lambda)$. Cette fonction définit la couleur du corps. La condition $f(\lambda) = \text{constante}$ définit le corps incolore.

$F(\lambda)$ représentant la composition de la lumière blanche et $f(\lambda)$ la couleur d'un corps ou d'un élément d'un corps, le produit $F(\lambda) \times f(\lambda)$ représente la composition de la couleur diffusée par l'élément considéré, et qui vient impressionner la plaque.

Enfin, il faut définir la sensibilité d'une couche isochromatique. Soit $O(\lambda)$, l'impression produite par une vibration λ d'amplitude égale à l'unité; une amplitude égale à $F(\lambda)$ produira une impression égale à $F(\lambda) \times O(\lambda)$. J'admettrai que l'équation

$$(3) \quad F(\lambda) \times O(\lambda) = \text{const.}$$

exprime analytiquement l'isochromatisme; c'est la condition pour que l'impression d'un spectre normal soit uniforme.

Cela posé, on peut calculer le pouvoir réflecteur τ en un point z de la plaque; si l'on éclaire

66 THÉORIE MATHÉMATIQUE DES EXPÉRIENCES

celle-ci par une lumière homogène de longueur d'onde λ , l'intensité totale réfléchie se calculera à l'aide des intégrales

$$(4) \quad \begin{cases} X = \int_0^Z \tau \cos 4\pi \frac{z}{\lambda} dz \\ Y = \int_0^Z \tau \sin 4\pi \frac{z}{\lambda} dz \end{cases}$$

analogues à celles données en (2). Seulement, le pouvoir réflecteur τ , au lieu d'être donné par un terme unique, est la somme d'une infinité de termes correspondant aux lumières simples qui ont produit l'impression ; il est donc représenté par une intégrale.

Le pouvoir réflecteur produit au point z par un rayon homogène λ est, en tenant compte de la réduction d'amplitude due à l'interférence,

$$F(\lambda) \times f(\lambda) \times O(\lambda) \times \tau \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right).$$

En tenant compte de la condition d'isochromatisme (3), ce terme se réduit à

$$f(\lambda) \tau \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right).$$

Pour les raisons indiquées plus haut, il convient

de faire encore $z = \frac{1}{Z}$. On a donc enfin

$$(5) \quad \tau = \frac{1}{Z} \int_A^B f(\lambda) \varphi \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right) d\lambda,$$

A et B étant les limites entre lesquelles varie λ ,
En substituant en (4) il vient

$$X = \frac{1}{Z} \int_A^B \int_0^Z f(\lambda) \cdot z \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right) \cdot \cos 2\pi \frac{z}{\lambda} \cdot d\lambda \cdot dz$$

$$Y = \frac{1}{Z} \int_A^B \int_0^Z f(\lambda) \cdot z \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right) \cdot \sin 2\pi \frac{z}{\lambda} \cdot d\lambda \cdot dz$$

L'amplitude réfléchie est égale à $\sqrt{X^2 + Y^2}$.

Les intégrales doubles X et Y étant définies, il est permis de renverser l'ordre des intégrations. Ce renversement a une interprétation physique : au lieu d'intégrer par rapport à λ , il est permis de donner d'abord à cette variable l'une quelconque des valeurs qu'elle doit acquérir, et d'intégrer par rapport à z . Ceci équivaut à isoler par la pensée, au milieu du réseau photographique complexe que porte la plaque, le réseau partiel produit par l'une quelconque des vibrations simples agissantes, et de chercher le

68 THÉORIE MATHÉMATIQUE DES EXPÉRIENCES

pouvoir réflecteur total de ce réseau partiel ; l'intégration faite ensuite par rapport à λ représente la somme des actions partielles ainsi considérées.

En d'autres termes, *l'amplitude réfléchie est la même que si chacune des vibrations simples impressionnantes avait été seule à agir sur la couche sensible.*

Cette remarque permet de prévoir la conclusion de l'analyse, ainsi que la propriété essentielle des intégrales X et Y.

On a vu que le réseau photographique dû à une vibration simple λ ne refléchit une fraction finie de la vibration λ' qui éclaire la plaque que si $\lambda = \lambda'$ (ou plus généralement si λ est un multiple exact de λ'), et que l'effet de toute lumière λ' différente de λ est infiniment petit quand la couche est infiniment épaisse. En d'autres termes, *le pouvoir réflecteur de la plaque pour une vibration λ' est déterminé uniquement par l'amplitude que possédait la vibration de même longueur d'onde dans le faisceau complexe qui a produit l'impression photographique.*

Au point de vue analytique, il s'ensuit que les intégrales X et Y ne dépendent qu'en apparence des limites A et B de λ , et qu'elles se réduisent à des fonctions de λ' . En effet, on peut

démontrer directement qu'il en est ainsi et que pour Z infini

$$\begin{aligned}\lim X &= f(\zeta) + \text{const.} \\ \lim Y &= 0.\end{aligned}$$

Par cette propriété singulière comme par leur forme, les intégrales doubles X et Y sont analogues à une intégrale double découverte par Fourier (¹) et qui se réduit, elle aussi, à un seul de ses éléments.

Pour le montrer, il convient de développer

$$\varphi \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right)$$

en tant que fonction de Z à l'aide de la série trigonométrique de Fourier, entre les limites

$$z = 0 \text{ et } z = \frac{\lambda}{2}.$$

On a ainsi

$$\begin{aligned}(6) \quad \varphi \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right) &= C_0 + C_1 \cos 2\pi \frac{z}{\lambda} + C_2 \cos 2\pi \frac{2z}{\lambda} + \dots \\ &\dots + C_i \cos 2\pi \frac{iz}{\lambda} + \dots\end{aligned}$$

Le premier membre étant, ainsi que le second, une fonction périodique de z ayant $\frac{\lambda}{2}$

(¹) *Oeuvres de Fourier*, publiées par G. DARBOUX, t. I, p. 494.

70 THÉORIE MATHÉMATIQUE DES EXPÉRIENCES

pour période, les deux membres sont égaux, non seulement entre 0 et $\frac{\lambda}{2}$ mais entre deux multiples consécutifs quelconques de $\frac{\lambda}{2}$. Le développement est donc valable de 0 à l'infini.

Remarquons d'ailleurs que les coefficients $C_0, C_1 \dots C_i$ de ce développement sont indépendants de λ , comme de z ; en d'autres termes, ce sont des nombres déterminés seulement par le choix de la fonction φ . En effet, on a

$$C_0 = \frac{1}{\lambda} \int_0^{\frac{\lambda}{2}} \varphi \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right) dz$$

$$C_i = \frac{2}{\lambda} \int_0^{\frac{\lambda}{2}} \varphi \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right) \cdot \cos 2\pi \frac{2iz}{\lambda} dz$$

posons :

$$\frac{4\pi z}{\lambda} = x; \text{ par suite, } dz = \frac{\lambda}{4\pi} dx.$$

Il vient

$$C_0 = 4\pi \cdot \int_0^{2\pi} \varphi \left(\sin^2 \frac{x}{2} \right) dx$$

$$C_i = 8\pi \cdot \int_0^{2\pi} \varphi \left(\sin^2 \frac{x}{2} \right) \cos ix dx.$$

La variable z disparaissant dans l'intégration, les constantes $C_0 \dots C_n \dots$ se réduisent donc à des nombres.

En substituant à $z \left(\sin^2 2\pi \frac{z}{\lambda} \right)$, sa valeur, il vient

$$X = \frac{1}{Z} \cdot \int_A^B \int_0^Z f(\lambda) \cdot \sum \left(C_i \cos 2\pi \frac{2i\lambda}{\lambda} \right) \cos \frac{4\pi z}{\lambda} \cdot d\lambda \cdot dz$$

ainsi, en faisant $i = 1$, le terme correspondant est

$$(7) \frac{1}{Z} \cdot \int_A^B \int_0^Z f(\lambda) \cdot C_1 \cos \frac{4\pi z}{\lambda} \cos \frac{4\pi z}{\lambda} d\lambda dz$$

En appliquant à cette intégrale double, le raisonnement de Fourier, on voit que, tant qu'il y a une différence finie entre les périodes des deux cosinus, l'intégrale reste finie quel que soit Z ; son quotient par Z a donc pour limite zéro. Il n'en est plus de même si les arguments sont égaux, c'est-à-dire si $\lambda = \lambda'$; l'intégrale double tend vers $f(\lambda)C_1Z$ et son quotient par Z vers $C_1f(\lambda)$.

Si l'on opère avec les longueurs d'onde du

72 THÉORIE MATHÉMATIQUE DES EXPÉRIENCES

spectre visible, λ ne varie pas du simple au double; le terme (7) qui correspond à $i = 2$ ou à $\lambda = \lambda'$, est le seul qui ne se réduise pas à zéro⁽¹⁾.

On a alors

$$(8) \quad \lim X = C_1 f(\lambda').$$

On démontre d'ailleurs que

$$\lim Y = 0.$$

$\sqrt{X^2 + Y^2}$ se réduit à X .

C_2 est une constante numérique; en se reportant à la définition de $f(\lambda)$, on voit que l'équation (8) signifie que *l'image d'un élément dont la couleur est définie par $f(\lambda)$ affaiblit par réflexion les diverses radiations de la lumière incidente dans la même proportion que l'élément qui a servi d'objet*; en d'autres termes, **LA COULEUR DE L'IMAGE EST LA MÊME QUE CELLE DE L'OBJET.**

24. — La théorie qui précède est non seulement abrégée sur certains points, mais incom-

⁽¹⁾ Si l'on supposait, au point de vue théorique, que λ et λ' puissent varier entre des limites quelconques, il y aurait lieu de considérer les autres valeurs de i . Chacun des termes correspondants représenterait une image *d'ordre supérieur*. L'œil ne pourrait d'ailleurs percevoir parmi ces images d'ordre supérieur que celles fournies par une source émettant des radiations infra-rouges.

plète sur d'autres. Il y aurait à examiner l'influence de l'absorption. Cette influence complique le phénomène et les formules, mais les conclusions restent *qualitativement* les mêmes.

Il est bon de remarquer également que l'on a supposé implicitement le dépôt photographique formé de molécules réfléchissantes disséminées suivant une loi déterminée dans un milieu d'ailleurs homogène. Il n'est pas impossible, au moins dans certains cas, que ce milieu lui-même ait été altéré chimiquement de telle façon que, tout en restant continu, il acquière un indice variable en fonction de l'espace, et un pouvoir réflecteur dû précisément à la variation de l'indice⁽¹⁾. L'examen de cette hypothèse exigerait une autre analyse ».

25. — C'est probablement à ces dernières causes, et principalement à l'absorption de lumière par des lamelles d'argent réduit coloré en brun, très absorbantes pour le bleu et le violet, que doivent être attribuées certains défauts signalés par diverses personnes et notamment par M. G. Meslin⁽²⁾, sur les premières épreuves

⁽¹⁾ C'est le cas, en particulier, pour la chromophotographie sur albumine bichromatée.

⁽²⁾ G. MESLIN. — *Sur la photographie des couleurs*. Annales de chimie et de physique 1892, 6^e série, t. XXVII, p. 369.

présentées. Ces légères modifications de nuances avaient pu faire croire au début que les couleurs reconstituées lors de l'examen de l'épreuve étaient dues, non comme on l'a victorieusement établi aujourd'hui, aux interférences de premier ordre, mais à des interférences du deuxième ou du troisième ordre.

C'est aussi à l'absorption de certaines radiations par le dépôt d'argent que plusieurs expérimentateurs, et notamment MM. Meslin et Labatut⁽¹⁾, attribuent la variation dans les couleurs de l'image si, au lieu d'examiner celle-ci par la face qui, lors de l'inscription était au contact du miroir (face sensible), on l'examine par la face verre.

Dans ces conditions, en effet, M. Meslin a fait remarquer sur une épreuve du spectre la substitution des teintes suivantes :

Rougeâtre, vert sombre, vert vif, rouge bronzé aux teintes

Violet, bleu, vert, rouge

de l'épreuve regardée correctement.

(1) MESLIN et LABATUT. — *L'absorption et la photographie des couleurs, étude sur l'orthochromatisme*. Comptes-rendus de l'Ac. des Sciences, 1891, 2^e sem., p. 126.

CHAPITRE IV

EXPÉRIENCES D'EDMOND BECQUEREL

26. — C'est Edmond Becquerel qui obtint le premier une véritable chromophotographie; il put reproduire non-seulement le spectre solaire, mais encore tous objets polychromes (¹).

Il utilisa comme substance sensible le sous-chlorure d'argent violet qui prend naissance quand on expose le chlorure d'argent blanc à la lumière pendant un temps relativement très court. Lorsqu'on projette le spectre solaire sur

(¹) Les recherches d'Edmond Becquerel sont décrites en détail dans le tome II de son ouvrage classique : *La Lumière*; elles ont été résumées dans une conférence faite le 20 Mars 1892 au Conservatoire national des Arts et Métiers par son fils, M. Henri Becquerel et ayant pour titre : « Les expériences de M. Edmond Becquerel sur les actions chimiques de la lumière et l'héliochromie ». Cette conférence a été publiée dans les Annales du Conservatoire national des Arts et Métiers.

une couche de ce sous-chlorure d'argent violet, ce corps devient rouge dans la région du rouge, violet dans la région du violet.

C'est à la suite de recherches sur ce phénomène, recherches qui durèrent de 1838 à 1868, qu'Edmond Becquerel parvint à photographier directement les objets avec leurs couleurs. Malheureusement, s'il est arrivé à des résultats tout à fait remarquables par la beauté et par l'éclat des épreuves, il n'a pu trouver le moyen de fixer les images ainsi obtenues. Elles s'altèrent rapidement au soleil, lentement à la lumière diffuse et ne peuvent se conserver que dans l'obscurité. L'hyposulfite de soude entraîne non seulement les portions non impressionnées du sel sensible, mais encore les parties colorées.

27. — Edmond Becquerel, après de nombreux essais, s'est arrêté aux deux procédés suivants de préparation de la surface sensible.

1° Une plaque d'argent ou une lame de plaqué d'argent, exempte de toute trace de mercure, décapée, polie et brunie comme s'il se fut agi de préparer une plaque daguerrienne, était plongée dans le bain suivant :

| | |
|---|-----|
| Eau. | 600 |
| Solution saturée de chlorure cuivreux. | 50 |
| Solution saturée de chlorure de sodium. | 50 |

jusqu'à ce qu'elle se soit recouverte d'un dépôt suffisant de sous-chlorure.

2° Le second procédé, bien meilleur, permet de donner à la couche sensible telle épaisseur que l'on veut. Nous en extrayons la description du tome II de l'ouvrage d'Edmond Becquerel, *La Lumière* (¹) :

« Pour préparer la couche impressionnable à l'aide de courants électriques, on commence par décapier et chauffer la lame de plaqué d'argent ou la lame d'argent que l'on emploie, et on lui donne un poli parfait, comme si l'on voulait obtenir une épreuve daguerrienne; puis on suspend cette lame à l'aide de deux petits crochets en fil de cuivre de façon qu'elle puisse être plongée au milieu d'une masse liquide et être enlevée à volonté au moyen du fil qui est formé par la réunion des deux fils de cuivre. Le liquide dans lequel on plonge la lame est de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique dans les proportions de 8 l. d'eau par 1 litre d'acide ordinaire. On attache alors les fils de cuivre qui forment les supports en crochets de la lame au pôle positif de la pile qui doit agir et l'on plonge la lame au milieu de la dissolution au moment même d'opérer. La pile est formée d'un ou plusieurs couples à acide azotique, suivant l'étendue de la lame et la disposition de l'appareil, sans l'addition dont il va être question plus loin; si l'on opère avec des quartiers de plaque daguerrienne (0^m.16 sur 0^m.08) il faut un

(¹) *La Lumière, ses causes, ses effets*, t. II, p. 213; Paris, Firmin-Didot, 1868.

couple à acide azotique fortement chargé; avec des demi-plaques, deux couples sont nécessaires, et même trois pour des plaques entières.

Lorsque la lame est dans le liquide et se trouve maintenue verticalement, on plonge dans ce même bain un fil de cuivre ou de platine en communication avec le pôle négatif des couples, afin de fermer le circuit voltaïque. On promène le fil dans le liquide parallèlement à la surface argentée de la lame et à 8 ou 10 centimètres de distance.

Alors on voit des bulles d'hydrogène se détacher de ce fil, tandis que la surface d'argent se colore par suite du transport du chlore provenant de la décomposition de l'acide chlorhydrique. Si l'on promène le fil en face de la lame, la coloration de toute la surface est la même, et celle-ci change également de nuance dans tous les points; mais si l'on n'avait pas cette précaution la surface sensible n'aurait pas partout la même épaisseur.

Les nuances qui se produisent sur la lame sont celles des lames minces ou des anneaux colorés vues par transmission et sont analogues à celles des dépôts des oxydes métalliques à la surface des métaux.

La surface de la lame commence à se colorer en gris, puis prend des teintes jaunâtres, violettes, vertes, qui se succèdent à mesure que le dépôt augmente d'épaisseur.

Quand on veut se baser seulement sur la teinte du dépôt pour juger de son épaisseur, il faut opérer dans une pièce peu éclairée, retirer la lame d'argent de bain à plusieurs reprises et s'arrêter à la teinte convenable, qui est, en général, du 3^e, du 4^e ou de

5^e ordre, suivant les expériences que l'on a en vue, et ainsi qu'on le dira plus loin.

Quand on a atteint le degré voulu, on lave la plaque à l'eau distillée, puis on la fait sécher en l'inclinant légèrement et en la chauffant à l'aide d'une lampe à alcool, soit en insufflant de l'air à la surface pour accélérer l'évaporation. On juge exactement de l'ordre de l'épaisseur de la couche impressionnable en regardant la surface près du bord, vers les points où les crochets en cuivre étaient attachés; on observe une suite d'anneaux colorés qui entourent ces points, se succèdent avec régularité et viennent se fondre avec la nuance générale de la plaque.

Si l'on examine la plaque à l'aide de la lumière d'une lampe, elle paraît recouverte d'une légère poussière blanchâtre formant comme un faible voile. Pour l'enlever, on place cette plaque sur le cadre à polir, et on passe, à différentes reprises, à sa surface, un polissoir en velours. Elle devient brillante, acquiert une teinte bois assez foncée et est alors éminemment propre à recevoir les impressions colorées des différentes parties du rayonnement lumineux; ce léger poli, après le dépôt de la couche sensible, est nécessaire pour donner de la vivacité aux nuances qu'on veut obtenir.

On peut rendre ce procédé d'une application facile et certaine en déterminant, dans chaque circonstance et à chaque instant, la quantité de chlore que l'on met à la surface de la lame d'argent. Pour cela, on interpose dans le circuit composé de la pile et du bain d'eau acidulée par l'acide chlorhydrique dans lequel plonge la lame attachée au pôle positif, un voltamètre

a eau; de cette manière, le courant qui décompose l'acide chlorhydrique et transporte le chlore sur l'argent décompose aussi l'eau acidulée du voltamètre.

Les décompositions électro-chimiques ayant lieu en proportions définies, il se porte autant de chlore en volume sur la surface de la lame d'argent qu'il se dégage de gaz hydrogène dans l'éprouvette placée au dessus de l'électrode négative du voltamètre; si donc on recueille ce gaz, on voit à chaque instant à quel point en est la préparation. Pour opérer ainsi, il faut garantir avec un vernis le verso de la lame de plaqué, afin que le cuivre soit préservé et que l'argent métallique soit seul attaqué par le chlore provenant de la décomposition de l'acide chlorhydrique.

On a pu, par ce moyen, préparer les lames dans l'obscurité et avoir des couches uniformes et d'une épaisseur déterminée. D'après cette addition du voltamètre, l'on peut dire que cette méthode de préparation est la seule qui puisse donner, dans des expériences de ce genre, des couches impressionnables identiques à elles-mêmes. Mais il est nécessaire, quand on opère ainsi, d'employer un plus grand nombres de couples que lorsqu'on ne se sert pas du voltamètre et cela pour vaincre la résistance introduite ainsi dans le circuit.

Ainsi pour des lames dites quart de plaque, il faut au moins trois couples à acide azotique fortement chargées; pour des demi-plaques et des entières, 4, ou même 6 couples. Pour les expériences courantes, il est inutile, dans la mesure du gaz dégagé par le voltamètre, de faire la correction de la pression et de la tension de la vapeur d'eau, il suffit de maintenir la

température à 10 ou 12° et de disposer l'éprouvette graduée de façon que le gaz hydrogène soit pris à la pression ordinaire au moment où on observe son volume v .

Il résulte des déterminations faites à l'aide de préparations opérées sur des surfaces d'argent de 0^m,16 sur 0^m,08, qu'en rapportant tout à l'unité de surface, et en évaluant le chlore d'après le volume de l'hydrogène du voltamètre déterminé en centimètres cubes, il faut, par décimètre carré :

2^o,80 de chlore pour que la teinte violette de la couche du 2^e ordre commence à paraître ;

De 3^o,80 à 3^o,90 pour que la couche du 4^e ordre ait une épaisseur suffisante pour donner de belles reproductions des spectres lumineux.

Si l'on avait la densité exacte du chlorure, rien ne serait plus facile que de déduire des résultats précédents l'épaisseur de la couche impressionnable ; or, comme on ne connaît pas sa composition chimique, on ne peut faire que des suppositions à ce sujet. En admettant, par exemple, que la densité de ce chlorure soit la même que celle du chlorure blanc fondu et que cette densité soit 5,277, on trouve que chaque centimètre cube de chlore donnerait sur un décimètre de surface d'argent une couche de chlorure d'une épaisseur de $\frac{1}{4120}$ de millimètre ; cela ferait pour l'épaisseur correspondant à 1 centimètres cubes $\frac{1}{1030}$ de millimètre et pour 7 centimètres cubes $\frac{1}{588}$ de millimètre. Mais vu l'incertitude où l'on est sur la composition du corps impressionnable on doit s'en tenir à la détermination de la quantité de matière

d'après la proportion de chlore transportée sur la surface de la lame d'argent.

Je ferai remarquer que ce procédé se préterait bien à la détermination de l'épaisseur des lames minces produites au moyen des actions électriques à la surface des plaques métalliques par l'oxyde de plomb, de manganèse, etc., suivant la méthode expérimentale découverte par mon père.

En laissant le courant électrique agir plus longtemps qu'il vient d'être dit, la lame devient noire par suite d'une plus grande épaisseur du chlorure d'argent, mais ne donnerait pas d'aussi bons résultats sous l'action de la lumière.

Il faut opérer entre les limites de 1 à 7 centimètres de chlore par décimètre carré, selon l'épaisseur de la couche dont on a besoin. Plus la couche est mince, plus sa substance est impressionnable, mais aussi moins les nuances colorées sont belles. Les plaques préparées ainsi peuvent se conserver à l'abri de la lumière aussi longtemps que cela sera nécessaire et reçoivent toujours également bien les impressions colorées ».

28.— Dans le procédé d'Edmond Becquerel « les épreuves des spectres viennent très bien, parce que les rayons des diverses couleurs sont séparés; mais la simplicité d'action n'est plus la même pour les objets colorés et les teintes composées. Celles-ci viennent avec leur nuance, s'il n'y a pas, en outre, des rayons invisibles qui agissent sur la matière; ce sont surtout les rayons infrarouges, dont il faut éliminer l'effet ainsi que

l'action des rayons ultra-violets. La présence de ces rayons invisibles fait que les reproductions de vitraux ne sont pas toujours bonnes ; il faudrait arrêter les rayons infra-rouges (1) ».

29. — Les recherches d'Edmond Becquerel furent répétées en 1851 par Niepce de Saint-Victor, neveu de Nicéphore Niepce, qui utilisa tantôt les phénomènes d'électrolyse, tantôt les procédés de chloruration chimique.

Il composait son bain chlorurant en mélan-geant une solution de sulfate de cuivre et une solution d'un chlorure métallique. L'essai de tous les chlorures connus à son époque lui ont montré qu'un petit nombre seulement de chlorures pouvaient servir à préparer le sous-chlorure d'argent susceptible de reproduire toutes les couleurs (2).

Les bains chlorurants qui semblent lui avoir donné les meilleurs résultats sont :

1^o Le mélange :

| | |
|-------------------|-----|
| Eau distillée | 360 |
| Sulfate de cuivre | 4 |
| Chlorure ferrique | 1 |

(1) H. BECQUEREL. — *Conférence faite le 20 mars 1892 au Conservatoire National des Arts et Métiers.*

(2) On trouvera dans l'ouvrage de MM. G. H. Ni-ewenglowski et A. Renault sur les *Couleurs et la Photographic*, p. 251, la classification des divers chlo-

qui donne une couche sensible donnant toutes les couleurs, mais peu vives, sur fond blanc.

2^o Le bain :

| | |
|---------------------------------|------|
| Eau distillée | 1000 |
| Sulfate de cuivre | 50 |
| Chlorure de magnésium | 100 |

qui donne des couleurs plus vives, mais sur fond sombre ou rougeâtre.

Au sortir de ces bains, la plaque d'argent présente une teinte noirâtre, peu propre à la reproduction des couleurs. Il faut, avant de l'utiliser, la chauffer sur la flamme d'une lampe à alcool ; elle prend alors successivement les teintes : rouge brun, rouge cerise, rouge vif, rouge blanc et blanche. C'est en arrêtant le chauffage, quand elle a pris la nuance rouge cerise, qu'on obtient les meilleurs résultats.

On peut impressionner ces plaques sensibles, soit par contact, derrière un vitrail, soit à la chambre noire ; dans ce dernier cas, il faut une pose de deux à trois heures pour obtenir une héliochromie.

Niepce de Saint-Victor a fait de nombreuses recherches sur ces phénomènes, recherches qu'il

rures, faite à ce point de vue, par Niepce de Saint-Victor.

a décrites dans de nombreux mémoires adressés à l'Académie des Sciences. Il a, par exemple, constaté que les phénomènes de coloration par la lumière se manifestaient aussi bien dans le vide que dans l'air.

Lorsqu'au sortir du bain chlorurant, on se contente de sécher la plaque sans la chauffer, on peut obtenir parfois une reproduction d'une gravure coloriée, en l'exposant à la lumière, derrière cette gravure; mais, le plus souvent, en opérant ainsi, les couleurs ne sont pas visibles; quelques-unes seulement apparaissent lorsque l'exposition à la lumière a été assez prolongée; ce sont les verts, les rouges et quelquefois les bleus; les autres couleurs et, fréquemment, toutes les couleurs, quoique certainement produites, sont restées à l'état latent. Mais si on prend un tampon de coton imprégné d'ammoniaque, ayant déjà servi à nettoyer une plaque, et que l'on frotte doucement la surface de l'image, on voit apparaître peu à peu toutes les couleurs.

30. — Les résultats qu'obtint Niepce de Saint-Victor étaient assez encourageants pour qu'il ait pu dire dans une de ses communications à l'Académie des Sciences :

« Mes meilleures épreuves réalisent déjà les espérances enthousiastes de mon oncle, qui di-

sait à l'un de ses amis, Monsieur le marquis de Jouffroy, qu'un jour il reproduirait son image, telle qu'il la voyait dans une glace. Cet immense progrès n'est malheureusement pas encore atteint; mais on peut espérer d'y arriver un jour, et quoique les difficultés à vaincre soient encore nombreuses et graves, j'ai mis, il me semble, hors de doute la possibilité d'une réussite complète ».

Néanmoins, pas plus qu'Edmond Becquerel, Niepce de Saint-Victor n'est parvenu à fixer ses héliochromies.

31. — Poitevin, qui, en 1865, obtint des héliochromies, non plus sur argent ou sur plaque d'argent, mais sur papier, n'arriva pas non plus à les rendre durables.

Poitevin se servait aussi du sous-chlorure d'argent violet comme substance sensible. Il présenta ses premières épreuves en couleurs à la Société Française de Photographie, le 12 janvier 1866. Ce n'est que le 7 décembre de la même année qu'il communiqua complètement à la même Société, son mode opératoire, que nous reproduisons textuellement (¹) :

(¹) A. POITEVIN. — *Traité des Impressions Photographiques*, 2^e édition. Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1883.

Première communication (12 janvier 1886). — « En étudiant cette même question, mais au point de vue de son application à la photographie en couleurs naturelles sur papier, j'ai cherché si l'action de la lumière, très lente et presque nulle sur le chlorure d'argent violet formé à sa surface, ne serait pas facilitée et rendue plus complète en mettant le sous-chlorure en présence de substances modifiables elles-mêmes par la lumière. Les corps réducteurs, c'est-à-dire ceux qui absorbent et se combinent chimiquement avec le chlore, n'ont rien produit; il n'en a pas été de même avec les corps qui fournissent soit de l'oxygène, soit du chlore, ou leurs composés, etc., pourvu toutefois qu'ils n'agissent pas spontanément sur le sous-chlorure violet. Les bichromates alcalins, l'acide chromique libre, ainsi que l'azotate d'urane, n'ont donné de bons résultats, il en serait sans doute de même avec le nitrate d'argent, si, en se décomposant, il ne se colorait lui-même en noir.

Après d'assez longs essais, je suis parvenu à produire une réaction que je crois capable de certaines applications. En effet, le sous-chlorure violet, qui, sur papier ou sur couche de collodion, ne se colore que très lentement et très incomplètement aux rayons solaires, traversant un écran ou dessin transparent et diversement coloré, est, au contraire, à modifié assez promptement même à la lumière diffuse, lorsqu'on l'a préalablement recouvert d'une dissolution d'un bichromate alcalin, etc.; de sorte qu'il devient blanc dans la lumière blanche et prend des couleurs analogues à celles des divers rayons qui agissent sur lui.

Désirant signaler le fait que je crois nouveau, c'est-

à-dire l'action simultanée des sels oxygénée et de la lumière sur le sous-chlorure violet, et son application à la reproduction des couleurs par la photographie, voici, sans aucune explication théorique, le procédé qui m'a fourni les épreuves naturellement colorées que j'ai l'honneur de présenter à la Société de Photographie.

Du papier photographique étant préalablement recouvert d'une couche de chlorure d'argent, j'applique à sa surface, et au moyen d'un pinceau, un liquide formé par le mélange de 1 volume de dissolution aqueuse à 5 % de bichromate de potasse, 1 volume de dissolution à saturation de sulfate de cuivre et 1 volume de dissolution à 5 % de chlorure de potassium ; je laisse sécher ce papier et je le conserve à l'abri de la lumière : il peut rester bon pour l'emploi pendant plusieurs jours. Ici le bichromate de potasse est l'agent principal ; il pourrait être remplacé par un autre bichromate soluble, ou par l'acide chromique, etc.

Le sulfate de cuivre semble faciliter la réaction et le chlorure de potassium conserver les blancs formés, mais ils ne sont pas absolument indispensables.

A travers des peintures sur verre, l'exposition à la lumière directe n'est que de cinq à dix minutes ; elle est proportionnelle au plus ou moins de transparence des clichés ou écrans colorés.

L'impression se fait par contact dans le châssis-presse, ce papier n'étant pas encore assez sensible pour l'employer utilement dans la chambre noire ; mais, tel qu'il est, on peut obtenir des images en couleur par projection, dans l'appareil d'agrandissement ou mégascope solaire.

En employant le papier humide, il est plus sensible; les acides ajoutés à la dissolution sensibilisatrice agissent de même. Pas plus que les images en couleur obtenues déjà sur plaqué par M. Becquerel et par ceux qui ont suivi sa méthode, les épreuves en couleur que je fais sur papier ne sont absolument stables à la lumière blanche. Pour les conserver dans un album ou à la lumière diffuse, il suffit de les laver à l'eau faiblement acidulée par de l'acide chromique, de les traiter ensuite par de l'eau contenant du bichlorure de mercure, de les laver à l'eau chargée de nitrate de plomb, et enfin à l'eau. Dans cet état, elles ne s'altèrent pas à l'abri de la lumière, mais elles brûnissent à la lumière directe du soleil.

Je dois dire que j'ai constaté que cette réaction se produit parfaitement sur une couche de collodion appliquée sur verre et chargée de chlorure violet. Le papier gélatiné ou albuminé n'est pas d'un bon emploi, le composé argentico-organique qui se forme dans ce cas étant à ce qu'il paraît nuisible; la gomme et les corps analogues, au contraire, ne nuisent pas. Je reviendrai plus tard sur ce sujet, ainsi que sur la préparation spéciale de la couche de sous-chlorure violet qui me réussit le mieux ».

32.—*Préparation de la couche de sous-chlorure d'argent violet pour les images héliochromiques 7 décembre 1866.* — « Si je n'ai pas, dès le principe, donné cette préparation, c'est qu'une seule méthode me réussissait, et que j'en cherchais d'autres, meilleures peut-être. Après bien des essais, je suis porté à croire que ma première préparation est encore la préférable et celle qui donne le mieux les couleurs naturelles.

Voici cette préparation ; elle date du 10 août 1865 : Je forme à la surface du papier photographique non aluminé une couche de chlorure d'argent ordinaire, en appliquant chaque feuille, et d'un seul côté, sur un bain de chlorure de sodium à 10 de sel pour 100 d'eau ; après dessiccation, je l'applique sur du nitrate d'argent à 8 % ; j'arrive au même but, en recouvrant, au moyen d'un large pinceau, l'un des côtés du papier d'une couche d'un mélange de dissolution de bichromate de potasse à saturation et de sulfate de cuivre à 10 %, fait à volumes égaux ; je laisse sécher la feuille dans l'obscurité ; puis j'applique la surface préparée sur le bain de nitrate d'argent ; il se forme du chromate d'argent ; je lave à grande eau pour enlever l'excès de nitrate, et j'ajoute à la dernière eau de lavage et goutte à goutte de l'acide chlorhydrique ordinaire, jusqu'à ce que le chromate rouge soit transformé en chlorure blanc d'argent. Ces deux moyens de préparer la couche de chlorure d'argent sont également bons. Pour obtenir le sous-chlorure violet, je verse dans la cuvette contenant la feuille de papier immergée dans l'eau, une petite quantité de dissolution de protochlorure d'étain à 5 % d'eau ordinaire ; il en faut environ 50 centimètres cubes par feuille entière ; j'expose alors, et sans la retirer du bain, la feuille à la lumière, à l'ombre plutôt qu'au soleil ; sa surface se teinte promptement et, après cinq à six minutes, elle a acquis la teinte violet foncé voulue. Il ne faudrait pas laisser davantage agir la lumière, car on obtiendrait un ton noir grisâtre, impropre à l'héliochromie. Après l'action de la lumière, je lave la feuille à plusieurs eaux, et je laisse sécher dans l'obscurité. Dans cet

état, elle est très peu sensible à l'action de la lumière, et elle peut être conservée pendant très longtemps, ce qui permet d'en préparer un certain nombre à l'avance pourvu qu'on les conserve dans l'obscurité.

Lors de la description de mon procédé héliochromique, j'ai dit comment je rendais la couche de sous-chlorure violet apte à recevoir l'impression des couleurs naturelles, je n'y reviendrai pas; je dois seulement dire que les nombreuses expériences que j'ai faites depuis m'ont appris que les preuves en couleur qui se conservent le mieux, car j'en ai qui datent de plus d'une année, sont celles pour lesquelles je n'ai employé que le mélange de bichromate de potasse et de sulfate de cuivre comme sensibilisateur; le chlorure de potassium ou tout autre chlorure donne de la rapidité, mais il a l'inconvénient de reconstituer dans les blancs du chlorure d'argent ordinaire qui se teinte plus ou moins pendant l'opération et que l'on ne peut ensuite faire disparaître. J'ai reconnu aussi que le meilleur fixateur est de l'acide sulfurique ou bien une dissolution très diluée de bicarbonate de mercure également acidulée par de l'acide sulfurique. L'eau acidulée dissout certains composés d'argent qui se sont formés sur les endroits insolés et, après lavage et dessiccation dans l'obscurité, l'image en couleur n'est presque plus sensible à la lumière; on peut la conserver sans altération dans un carton ou album, et même la regarder à la lumière diffuse et surtout à la lumière artificielle, sans aucun inconvénient ».

33. — Les recherches de Poitevin ont été reprises par nombre de chercheurs, notamment

par MM. Valton, Warton-Simpson, de Saint-Florent et surtout par M. J. Vallot. Mais les uns pas plus que les autres ne parvinrent à fixer les couleurs d'une manière durable.

Le commandant Colson a bien indiqué un procédé de fixage, qui consiste à appliquer sur l'épreuve terminée, sous faible pression, durant deux ou trois jours, un papier imprégné d'encre et sec. L'insensibilisation obtenue dans ces conditions serait due à une oxydation de la matière organique. Mais ce n'est pas là, à proprement parler, un procédé de fixage.

CHAPITRE V

IDÉES DE WIENER SUR LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS

34. — La cause exacte de la production des couleurs dans les procédés d'Edmond Becquerel et de Poitevin, est difficile à déterminer.

La plupart des savants l'attribuèrent à la formation de lames minces.

C'est ainsi que le journal *La Lumière* publiait, en 1855, l'opinion de Ross :

« M. Ross pensait qu'il se produisait dans les images photochromatiques de M. Edmond Becquerel des teintes dues aux lames minces telles que les montrent les bulles de savon, les anneaux colorés, etc., et que les couleurs sont dues à une épaisseur variable d'un composé qui se produirait sous l'action de la lumière ».

Une année plus tard, en 1856, Carrère écrivait dans le même journal :

« Si les différents points de la lame sont frap-

94 THÉORIE DES EXPÉRIENCES DE BECQUEREL

pés par des rayons simples différents, l'oxydation variera d'un point à un autre de la lame et, par conséquent, l'épaisseur de la lame variera aussi et il pourra se faire que les couleurs produites par la lame même en ses différents points soient identiques à celles des rayons qui l'ont frappée en ces points. On pourra donc obtenir la photochromie, c'est-à-dire la formation par la lumière des images des objets avec leurs couleurs ».

On peut remarquer que si l'on se doutait de la cause du phénomène, les idées étaient loin d'être nettes : on semblait croire que les couleurs étaient dues à la plus ou moins grande épaisseur de la couche sensible modifiée par la lumière.

Edmond Becquerel avait des idées plus précises. Il dit, à propos de son procédé, dans le tome II de *La Lumière* :

« La lumière étant le résultat de vibrations transversales des corps lumineux, jusqu'à la rétine, et chaque rayon du spectre correspondant à une vitesse de vibration différente, il peut se faire que la substance sensible qui a été impressionnée par un rayon, c'est-à-dire par des vibrations d'une certaine vitesse, ait acquis la faculté de vibrer plus facilement ensuite sous

l'action des vibrations de même vitesse que celles de ce rayon. Ainsi, il se produirait, dans cette circonstance, le même phénomène que celui qui se passe lorsqu'une réunion de sons vient frapper une corde tendue ; il n'y a que les sons de même hauteur que celui rendu par la corde qui mettent celle-ci en vibration. De même, quand dans ces phénomènes, un faisceau de lumière diffuse, renfermant une masse de vibrations différentes, vient frapper une image colorée produite par la lumière, chaque partie de l'image vibrerait de préférence sous l'influence des rayons de même longueur d'onde que ceux qui ont agi pour la produire, et alors les rayons réfléchis par les divers points de cette image se trouveraient identiques à ceux qui lui ont donné naissance ».

35. — Le capitaine Abney ne croit pas à l'origine interférentielle des épreuves Becquerel. Dans une note communiquée à la Société Royale de Londres, en 1879, il attribue la formation des colorations obtenues dans le procédé Becquerel, à une oxydation du sel d'argent employé. Il avait accompagné sa communication de deux photochromies du spectre obtenues, l'une sur plaqué d'argent, l'autre sur sel d'argent emprisonné dans un substratum de collodion, avec une pose

de deux minutes. Les couleurs étaient aussi bien visibles par réflexion que par transmission sur l'épreuve obtenue sans plaque d'argent.

36. — Otto Wiener, convaincu aussi que dans les divers procédés de photographie directe des couleurs, proposés avant la découverte de M. G. Lippmann, les interférences ne jouaient pas toujours un rôle, a fait de nombreuses expériences, très précises, qu'il a publiées dans un long mémoire paru dans le numéro de juin 1895 des *Annales de Wiedemann* (1).

Ce mémoire qui a pour titre : *Photographie des couleurs par couleurs propres aux corps, et mécanisme de l'adaptation à la couleur dans la nature*, a été analysé par M. Bernard Brunhes dans le n° du 30 juillet 1895 de la *Revue Générale des Sciences*. Nous résumons ici ce très intéressant article.

M. Otto Wiener a commencé par répéter les expériences de Seebeck, d'Edmond Becquerel et de Poitevin ; comme sujet, il prit le spectre d'un arc voltaïque obtenu au moyen d'un spectroscope de Steinheil, dont il avait remplacé l'oculaire par une petite chambre photographique.

Pour savoir si, dans ces divers procédés, les colorations étaient dues à des couleurs réelles ou

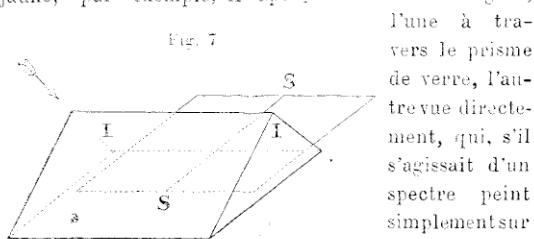
(1) *Wied. Ann.*, t. LV, p. 225, juin 1895.

à des couleurs d'apparence, dues aux interférences, M. Otto Wiener a employé les procédés suivants, dont nous empruntons la description à l'article de M. Bernard Brunhes :

« On connaît l'expérience de M. Lippmann, qui consiste à mouiller d'alcool une photographie du spectre; les couleurs se déplacent, et, à mesure que l'alcool séche, elles reviennent progressivement à leurs places : c'est la preuve irréfutable que l'on est en présence de couleurs d'interférences, de couleurs de lampes minces. Il suffit, d'ailleurs, de regarder le spectre sous une incidence très oblique pour apercevoir un léger déplacement des colorations sur le cliché : toutefois, ce déplacement, cette variation de couleurs, est assez faible, car l'indice de la couche sensible du milieu réfringent interposé entre les lampes réfléchissantes est assez élevé, et l'on n'a jamais de rayons émergents qui, dans l'intérieur même du milieu, aient pu être très obliques. L'inconvénient serait encore plus grave avec des couches sensibles comme celles dont on a décrit ici la préparation, et qui atteignent des indices pouvant aller jusqu'à 3 et 4. Aussi M. Wiener a-t-il imaginé un artifice permettant de déceler une variation de coloration par variation de l'incidence, qui soit appréciable même pour une couche qui aurait un indice égal à 5.

L'artifice consiste à couvrir la moitié de l'épreuve avec un prisme rectangle isoscèle en verre très réfringent ; on pose la face hypoténuse sur l'épreuve, l'arête coupant à angle droit la direction des lignes d'égale couleur.

L'œil de l'observateur (fig. 7) est dans le prolongement de la face latérale I, de sorte que, pour le jaune, par exemple, il aperçoit deux demi-lignes,



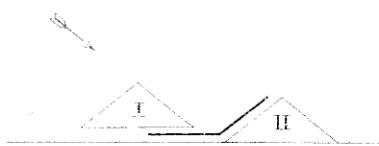
l'une à travers le prisme de verre, l'autre vue directement, qui, s'il s'agissait d'un spectre peint simplement sur une feuille de papier ou sur une lame de verre seraient exactement dans le prolongement l'une de l'autre.

S'agit-il, au contraire, d'une frange rectiligne de lames minces, qui soit jaune, qui apparaisse jaune à l'œil nu, sous cette incidence la moitié couverte par le prisme de verre n'apparaîtra plus jaune. La longueur d'onde est changée dans un rapport qui dépend des indices du prisme et de la couche sensible et qui est d'autant plus différent de 1 que l'indice du verre est plus grand et celui de la couche sensible plus petit. L'indice du verre du prisme est 1,75 pour la raie D. Remarquons qu'il suffit que ce rapport soit égal à 0,90 pour que le jaune de sodium passe au rouge voisin de la raie C du spectre. Ce rapport fut-il même 0,98, ferait voir encore nettement une différence de couleur entre les deux moitiés de la ligne coupée par le prisme : cette valeur 0,98 est celle qu'on obtiendrait encore avec un indice de la couche sensible égal à 5.

Pour recueillir les rayons obliques qui subiraient

la réflexion totale au sortir de la couche sensible, s'il y avait une mince couche d'air entre l'épreuve et le prisme, on y introduit une goutte de benzine. Dans l'expérience de Seebeck, on a eu soin, avant l'exposition à la lumière, de noyer dans la benzine la poudre de chlorure d'argent interposée entre les deux glaces de verre. Avec les épreuves sur papier de Poitevin, il faut prendre quelques précautions pour que tout le papier ne soit pas imbibé de benzine. On prie la feuille en relevant à 45° l'une des moitiés et l'appuyant contre un prisme auxiliaire II (fig. 8); l'autre

Fig. 8



moitié reste horizontale et l'on y pose le prisme réfringent I, au moment de l'expérience on verse la benzine entre le prisme et la partie horizontale de l'épreuve.

Si l'on pose le prisme sur une épreuve de Béqueral on voit immédiatement une discontinuité entre les deux moitiés du spectre séparées par l'arête, le jaune sous le prisme devient vert, un trait rectiligne tracé dans le jaune apparaît, sous le prisme, dans le vert; un autre, tiré à la limite du vert et du bleu, est, sous le prisme, en plein dans le bleu.

Au contraire, avec les épreuves obtenues au même spectroscope et dans la même chambre photographique, par les procédés de Seebeck et de Poitevin, si l'on fait l'expérience du prisme en prenant les pré-

cautions indiquées, on n'a jamais pu observer le moindre déplacement des couleurs dans le spectre par l'interposition du prisme.

Donc, dans les épreuves de Becquerel, on a des couleurs de lames minces; dans celles de Seebeck et de Poitevin, on a obtenu, au contraire, une peinture véritable.

Une autre expérience conduit exactement à la même conclusion; on a pu réussir, en employant de la gélatine, à isoler une couche sensible de Becquerel et à l'enlever de la plaque d'argent qui la supporte; la couche transparente ainsi détachée présente des colorations très différentes, par transparence, de celles qu'elle présente par réflexion. On a le même effet qu'avec les spectres colorés de Lippmann.

Est-ce à dire qu'on ait exactement par transparence et par réflexion des teintes complémentaires? Non, car, en réalité, si le phénomène des ondes stationnaires est ce qui domine dans les épreuves de Becquerel; il se complique toujours, dans une certaine mesure, de production de couleurs propres à la couche colorée; il en est sans doute ainsi dans les expériences de M. Lippmann, et l'on expliquerait de la sorte les particularités qu'y a signalées M. Meslin.

Les épreuves de Poitevin, au contraire, donnent, en lumière transmise, exactement les mêmes colorations et aux mêmes places qu'en lumière réfléchie ».

37. — Ainsi donc, M. Otto Wiener a montré nettement que les divers procédés de photographie directe des couleurs pouvaient être divisés en deux grandes classes :

1^o Ceux où les colorations que présentent l'épreuve sont dues à des phénomènes d'interférence, soit des *couleurs d'apparence*.

2^o Ceux où les colorations sont des couleurs dues aux phénomènes d'absorption, soit des *couleurs réelles*.

Dans ces derniers procédés, qui dérivent tous de celui de Poitevin, les matières colorantes ne seraient autres que ces combinaisons du sous-chlorure d'argent avec le chlorure d'argent, ces sortes de laques auxquelles Carey Lea a donné le nom de *photo-sels* et qui présentent une gamme très variée de nuances, selon les proportions relatives de chlorure et de sous-chlorure d'argent.

Mais comment se fait-il qu'une lumière colorée donne précisément sa couleur à la région de la surface sensible qu'elle frappe ?

38. — M. Wiener en donne une intéressante explication : « Sur ces couches sensibles si ondoyantes, la lumière qui exercera le moins une action modifiante ou destructive, sera celle qui sera le moins absorbée, le plus complètement renvoyée par réflexion ou diffusion. Si l'on fait tomber de la lumière rouge sur une plaque colorée en vert, la couche absorbe le rouge, et elle est modifiée par l'action de cette lumière ; sa composition ou sa couleur change. Si elle est rouge, au

contraire, elle renvoie, sans l'absorber, la lumière rouge, et, par suite, n'est pas modifiée par elle. La seule couleur stable, celle qui pourra seule durer dans une pareille couche exposée à des rayons rouges, ce sera le rouge. »

Une expérience très simple, pour la description de laquelle nous renvoyons à l'article de M. Bernard Brunhes, a permis à M. Wiener de vérifier cette théorie.

M. Otto Wiener donne le nom de *couches chromosensibles* aux substances qui sont ainsi susceptibles de prendre la couleur de la lumière qui les frappe. D'après lui, la couche chromosensible idéale serait une substance noire absorbante due au mélange de substances absorbantes, au nombre minimum de trois, chacune absorbant toutes les couleurs, sauf une couleur donnée (qui doit être une des trois couleurs fondamentales⁽¹⁾), dans le cas où on ne prend que trois substances) et détruite par les couleurs qu'elle absorbe.

39. — Il est curieux de constater que Charles Cros avait eu bien avant M. Otto Wiener ces idées, comme en témoigne l'extrait suivant d'un article paru, en 1881, dans le *Moniteur de la*

(1) Voir plus loin, p. 112.

Photographie ⁽¹⁾ sous le titre : Hydrotypie et Polychromie immédiate :

« L'expérience primordiale sur laquelle est fondée la polychromie est la suivante :

Sur une glace, on étend d'abord du collodion rouge à la carthamine, puis une couche de gélatine bleue à la phyllocyanine, enfin un collodion jaune au curcuma.

Si l'on applique sur cette triple couche un vitrail vert, violet et orangé, il se passera les phénomènes suivants :

La lumière verte traversera, sans y produire d'effet appréciable, la couche du curcuma jaune, et la couche du phyllocyanine bleue, mais, arrivée dans la couche rouge de carthamine, cette lumière verte sera absorbée, elle déterminera l'oxydation de la carthamine et décolorera cette substance.

Done, là où la lumière verte aura frappé, il ne restera plus que le curcuma jaune, et la phyllocyanine bleue.

La superposition de ces deux pigments donnera du vert; ainsi la lumière verte donnera une trace verte.

Le raisonnement parallèle montre que la lu-

⁽¹⁾ *Moniteur de la photographie*, 1881, p. 67.

mière violette détruisant le jaune, produit une trace violette et que la lumière orange détruisant le bleu, laisse seulement le jaune et le rouge dont la superposition donne l'orangé.

Enfin, la lumière blanche détruisant tous les pigments, laisse intacte la teinte neutre primitive de la surface.

On obtient ainsi un positif direct du modèle, transparent appliqué contre cet ensemble de couches colorées, mais ce positif n'est doué d'aucune stabilité; il disparaît sous l'action de la lumière.

Jusqu'ici, M. Cros n'est pas parvenu à le fixer; il a essayé, pour cela, divers mordants, mais sans atteindre encore au succès désiré ».

40.—Après la publication du travail de M. Otto Wiener, M. Emile Vallot qui, déjà avait répété avec succès les expériences de Poitevin, obtint des résultats encourageants en employant une couche chromosensible obtenue en faisant flotter une feuille de papier sur un mélange à volumes égaux des trois solutions :

| | | |
|---|------------------------------|----------------------------------|
| 1 | { Alcool | 100 ^{cc} |
| | { Curcuma | 08 ^{gr} , ⁴⁰ |
| 2 | { Alcool | 100 ^{cc} |
| | { Bleu victoria | 08 ^{gr} , ⁴⁰ |
| 3 | { Alcool | 100 ^{cc} |
| | { Pourpre d'aniline. | 08 ^{gr} , ⁴⁰ |

Le papier, séché dans l'obscurité, présente une surface noire. Il suffit de l'exposer au soleil deux ou trois jours derrière un vitrail pour obtenir de celui-ci une reproduction colorée. On peut remplacer avantageusement le pourpre d'aniline par la safranine.

MM. Auguste et Louis Lumière ont obtenu un papier plus sensible en remplaçant les matières colorantes employées par M. Emile Vallot, par la cyanine, le rouge de quinoléine et le curcuma. Mais les résultats ainsi obtenus ne sont pas encore très bons. Il est difficile de trouver trois matières colorantes présentant la même loi de sensibilité à la lumière.

Même avec le mélange indiqué par MM. Lumière, l'impression est très lente. En outre, ces images n'ont pu encore être fixées. Cependant, notons que MM. A. et L. Lumière ont pu réaliser un commencement de fixage, avec certaines couleurs, en traitant l'image colorée par des sels métalliques appropriés, formant des combinaisons plus stables que les matières colorantes elles-mêmes. Et encore, ce mode de fixage a l'inconvénient de modifier les couleurs de l'image ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ A. et L. LUMIÈRE. — *La Photographie des Couleurs: ses méthodes et ses résultats*. Communication faite à la séance du 3 janvier 1895 de la Société française de Photographie.

DEUXIÈME PARTIE

LA REPRODUCTION INDIRECTE DES COULEURS (PHOTOCHROMOGRAPHIE)

CHAPITRE VI

PRINCIPES GÉNÉRAUX

41. — La découverte, si importante tant au point de vue artistique qu'au point de vue industriel, de la « photochromographie » par Cros et Ducos du Hauron, a pour point de départ la remarque suivante, due à Newton, et dont la loi de Maxwell, antérieurement énoncée n'est qu'une généralisation :

« Par le mélange en certaines proportions de trois couleurs convenablement choisies, dites *couleurs fondamentales*, on peut à volonté, sinon reproduire, au sens exact du mot, toute autre

couleur donnée, du moins produire une nuance dont l'effet sur l'œil soit identique ».

Une belle démonstration expérimentale de cet énoncé a été réalisée, dans le cas des couleurs pigmentaires, par l'illustre Chevreul dans l'atlas qui accompagne son ouvrage « Loi du contraste simultané des couleurs ».

Les faits énoncés restent vrais quelque soit le mode employé pour la combinaison des couleurs, mais nous devons, au point de vue des applications, distinguer deux cas principaux nettement différents :

1^o Sur un écran incolore (blanc) ne recevant aucune lumière étrangère, nous envoyons en un même point des faisceaux de lumière colorée. Nous pourrons, entre autres moyens, réaliser ces lumières colorées en placant, en avant de la source de lumière correspondante, une lame de verre coloré (ou une cuve renfermant une solution colorée) laissant arriver à l'écran, parmi toutes les radiations qu'émet la source, celles seulement qui concourent à la formation de la couleur fondamentale considérée. Nous opérons ainsi sur l'écran des *additions de lumières*. Les trois lumières convenables étant fournies par trois dispositifs analogues, on peut, de plus, varier leurs intensités respectives, au moyen par

exemple de diaphragmes. Le noir est l'absence de toute lumière (les trois intensités nulles simultanément) ; le blanc sera réalisé par la superposition des trois lumières, chacune d'elles étant admise avec une certaine intensité que nous considérerons désormais comme maxima pour la lumière correspondante.

Des expériences faites, en 1862, par Maxwell, au moyen de trois lanternes de projection, munies chacune d'un verre coloré, ont montré la possibilité de combiner ainsi, conformément aux prévisions de Newton, trois couleurs fondamentales convenablement choisies pour l'obtention du blanc et de toute couleur donnée.

2^o Sur un écran blanc réfléchissant (feuille de papier, par exemple) ou sur une lame transparente ou translucide (lame de verre poli ou dépoli) renvoyant l'un par réflexion, l'autre par transmission, de la lumière blanche, nous superposons soit des milieux colorés transparents (lames de verre ou feuilles de gélatine colorées), soit des teintes pigmentaires suffisamment transparentes pour jouer un rôle identique. Chacun de ces milieux, pris isolément, arrête ou affaiblit certaines des radiations dont l'ensemble constituait la lumière blanche réfléchie ou transmise par le support ; la superposition de deux ou de

trois milieux colorés différents arrête ou affaiblit, par conséquent, toutes les radiations qu'euissent arrêtées ou affaiblies les deux ou les trois milieux considérés chacun isolément; les modifications de la lumière blanche primitive en vue de la création des nuances sont donc réalisées par *soustraction de lumières*. En particulier, la superposition de trois milieux colorés de nuance et d'intensité convenablement choisies permettra d'arrêter toutes les radiations, produisant ainsi la sensation du noir. Dans ce procédé, le blanc ne peut être réalisé que par l'absence de toute modification, c'est-à-dire en laissant à nu le support.

On remarquera que ce second mode se prête seul avec facilité à la production matérielle et *permanente* d'une coloration déterminée; le premier mode, au contraire, ne convenant le plus souvent qu'à la réalisation *provisoire* d'un effet.

On peut nettement montrer la différence essentielle de ces deux modes opératoires en constituant d'abord du blanc sur un écran de projection au moyen de trois lanternes distinctes, garnies chacune d'un verre coloré convenable. Si l'on supprime alors deux des lanternes et que, dans la lanterne restante, on superpose les trois verres colorés précédemment employés, on arrête à peu

près complètement toute lumière et produit ainsi sur l'écran la sensation presque parfaite de noir.

42. — Pour toute reconstitution indirecte des couleurs d'un original nous devrons, ayant fait choix de trois couleurs fondamentales convenables, faire le triage ou plutôt l'analyse des teintes du sujet, isolant et dosant dans chacune d'elles la ou les couleurs fondamentales, plus ou moins éclaircies de blanc (¹), que nous y pouvons considérer et dont la synthèse nous restituera une sensation identique à celle que nous procure la nuance originale. Ce triage s'effectuera automatiquement au moyen de trois écrans colorés au travers desquels seront prises successivement trois photographies du modèle à reproduire.

Suivant le mode adopté pour la reconstitution des couleurs (*addition* ou *soustraction* de lumières) chacun des écrans colorés devra soit laisser passer, à l'exclusion des autres, toutes les radiations qui constituent l'une des lumières colorées fondamentales, soit, au contraire, absorber à l'exclusion de toute autre toutes les radiations qui constituent l'une de ces mêmes lumières colorées fondamentales.

(¹) Nous considérons le blanc comme étant la somme des trois lumières colorées fondamentales prises chacune à son *maximum* d'intensité.

Pour la reproduction correcte de toutes les nuances de l'original, il faut évidemment que toute radiation diffusée par celui-ci puisse traverser l'un des écrans colorés ; il faut, de plus, que chacun de ces écrans absorbe intégralement toutes les radiations invisibles, et, en particulier, les radiations ultra-violettes qui, sans cette précaution, concourraient indûment à la formation des images élémentaires, altérant ainsi gravement la répartition des radiations visibles entre ces trois images.

43. — Quelques expériences simples, dont on trouvera l'exposé dans un excellent ouvrage de M. Ducos du Hauron (1), permettent aisément de reconnaître que, suivant le mode de reconstitution des couleurs, il est plus avantageux de choisir tel ou tel des groupes de trois couleurs fondamentales théoriquement utilisables. Dans le cas où l'on procède par *addition de lumières*, les couleurs composées les plus franches, se dégradant le mieux du blanc au noir pur avec tous les intermédiaires de gris par un jeu convenable des intensités respectives des trois lumières, se réalisent en employant, comme couleurs fonda-

(1) A. DUCOS DU HAURON. — *La Triplice Photographique des couleurs et l'imprimerie*. Gauthier-Villars, 1897, p. 9 à 30.

mentales, des nuances voisines respectivement du rouge orangé, du vert et du violet. On emploiera donc, en ces cas, pour le triage, comme nous le montrerons incessamment, trois écrans colorés en rouge orangé, en vert et en violet (ternaires de Young, de Maxwell et de Helmholtz).

Dans le cas où la combinaison des couleurs s'effectue par *soustraction de lumières*, les nuances composées les plus franches se réaliseront mieux, au contraire, en utilisant comme pigments trois couleurs fondamentales bleue, rouge et jaune (ternaires de Newton, de Chevreul, de Brewster). En vertu du principe d'*antichromatisme* énoncé par Cros et Ducos du Hauron, ce seront cependant cette fois encore des écrans colorés rouge orangé, vert et violet que nous devrons utiliser au triage des couleurs.

44. Photochromographie par addition de lumière. — Trois *filtres* colorés étant choisis qui satisfassent aux conditions ci-dessus énoncées, photographions successivement, au travers de ces trois filtres le modèle à représenter. Le phototype négatif obtenu derrière le filtre rouge orangé représente en noir intense les régions de l'objet émettant ou diffusant une lumière rouge orangé qui traverse le filtre sans

absorption ; les régions rouges ou jaunes s'y traduisent par du gris, car elles n'ont pu, au travers du filtre, envoyer une aussi grande quantité de radiations actives. Exécutons par contact avec ce premier négatif, une photocopie transparente, une diapositive sur verre, par exemple, et doublons cette image du filtre rouge orangé qui a servi à l'inscription du négatif. Les régions transparentes du positif, au travers desquelles passe librement la lumière rouge orangé tamisée par le filtre coloré, sont précisément celles qui, dans le modèle original, émettaient ou diffusaient cette même lumière. Nous avons donc ainsi isolé et reconstitué, parmi toutes les radiations lumineuses émises ou diffusées par le modèle, celles comprises dans une certaine région du spectre voisine du rouge orangé.

Opérons de même au travers des deux autres filtres, vert et violet ; dirigeons sur un même écran blanc les faisceaux fournis par trois lanternes de projection, et, dans chacune d'elles, engageons l'un des positifs transparents doublé du verre coloré sous lequel s'est effectuée l'inscription du phototype négatif correspondant. Réglons enfin ces trois lanternes de telle sorte que les trois images par elles fournies soient aussi exactement repérées que possible.

On se rend compte aisément que l'écran sur lequel s'effectue la triple projection présente à ce moment l'image du modèle avec toutes ses gradations de nuance et de ton.

45. — Tout d'abord, la gradation du blanc au noir s'y trouve exactement reproduite. Un objet blanc, ou d'une couleur très éclairecie de blane, diffuse, en effet, toutes les radiations ; son image s'est donc insérée en noir, ou au moins en gris foncé sur chacun des trois phototypes négatifs ; les trois photocopies présentent, aux points correspondants, des zones transparentes laissant arriver librement à l'écran la lumière des trois lanternes ; or, par hypothèse, la superposition des trois lumières colorées, fournies par chacune des lanternes, prises chacune avec leur intensité maxima, doit produire du blanc.

Inversement, un objet noir, ou de couleur très assombrie, ne diffuse, ou peu s'en faut, aucune radiation ; sur les trois phototypes négatifs, un tel objet est représenté par une partie transparente, donc sur les trois photocopies positives par une zone opaque.

Il n'arrive donc aucune lumière à l'écran en ces points, qui, par suite, donneront la sensation du noir.

46. — Reste à voir maintenant que la *sensation*

tion de couleur est fidèlement reproduite dans cette image trichrome.

Un objet ayant exactement même couleur que l'un des filtres employés, un objet rouge orangé, par exemple, ne peut, au travers des écrans vert et violet, envoyer aucune radiation susceptible d'agir sur les plaques photographiques correspondantes ; il a évidemment envoyé au travers de l'écran rouge-orangé une grande quantité de lumière.

Il est donc représenté sur le positif de l'orangé par une zone transparente et sur les deux autres par des zones opaques. Seule, la lanterne émettant la lumière orangée peut donc envoyer sa lumière à l'écran de projection qui, aux points correspondants, se trouve donc coloré, comme l'objet, en rouge orangé.

Considérons maintenant un objet dont la couleur ne soit pas exactement celle de l'un des filtres colorés, un objet bleu par exemple. Avec le mode adopté pour la reconstitution des couleurs, du bleu ne peut être réalisé que par l'addition, en proportions convenables, de vert et de violet. Or, précisément un objet naturel, de couleur bleue, émet ou diffuse, non seulement une radiation bleue déterminée, mais tout un groupe de radiations qui toujours est à cheval sur les

spectres de lumière transmise par les deux filtres vert et violet. Cet objet impressionne donc les deux plaques photographiques correspondant à ces deux filtres vert et violet; les deux photocopies positives superposées à ces filtres lors de la reconstitution sont donc plus ou moins transparentes au point correspondant. L'objet considéré n'a pu envoyer à la troisième plaque photographique la moindre radiation, qu'eût arrêtée à coup sûr l'écran rouge orangé. Le positif superposé au filtre rouge est donc opaque au point correspondant. En définitive, l'écran à projection reçoit, pour l'image de cet objet, les lumières verte et violette, à l'exclusion de toute radiation rouge orangé; l'image de l'objet est donc bleue. Suivant d'ailleurs que la nuance de ce bleu se rapprochait davantage du violet ou du bleu, l'une ou l'autre des plaques négatives a reçu une plus forte impression, et le positif correspondant laisse passer davantage de la couleur dominante. Nous examinerons ultérieurement par quels dispositifs pratiques peuvent être réalisés et le triage et la reconstitution des couleurs par ce procédé.

47. Photochromographie par superposition de pigments. — Supposons que, comme précédemment, on ait photographié trois fois un

modèle coloré, au travers, chaque fois, de l'un des filtres rouge orangé, vert et violet.

Nous pouvons, par un tout autre procédé que précédemment, tirer parti de ces trois négatifs pour la reconstitution des couleurs du modèle original.

Remarquons, en effet, qu'au travers de l'un des filtres, le filtre vert, par exemple, tous objets, à l'exception des objets noirs et des objets rouges ou de nuance voisine ont envoyé à la plaque sensible des radiations actives; par contre, on sait qu'un objet noir n'envoie de lumière dans aucune direction et que toutes radiations issues d'un objet rouge sont strictement arrêtées par un filtre vert: le rouge et le vert étant, deux couleurs complémentaires ne peuvent avoir aucune radiation commune. Dans ces conditions, la plaque sensible exposée dans l'appareil photographique sous le filtre vert représente, par des régions plus ou moins opaques, tous objets blancs ou de couleur autre que rouge et, au contraire, par des régions transparentes tous objets rouges ou noirs.

De même, les objets bleus ou noirs seront représentés par une zone transparente sur le phototype négatif obtenu derrière le filtre orangé; enfin le phototype obtenu derrière le filtre violet

traduira par des zones transparentes tous objets jaunes ou noirs.

Sous chacun de ces trois phototypes négatifs, exécutons sur une surface sensible une photocopie positive sur un support mince et transparent ; supposons que, par un procédé quelconque, on parvienne à transformer l'argent réduit noir qui constitue chacune de ces diapositives en une substance colorée, rouge pour la diapositive correspondant au phototype obtenu sous le filtre vert, bleue pour la diapositive correspondant au phototype obtenu sous le filtre orangé ; jaune pour la diapositive correspondant au phototype obtenu au travers du filtre violet.

Superposons enfin, en les repérant convenablement, ces trois images monochromes ; nous reconstituons ainsi une image colorée à très peu près exacte du modèle original. Nous pouvons aisément reconnaître qu'elle est correcte au double point de vue de la gradation du blanc au noir et du rendu des nuances.

48. — Un objet blanc s'est trouvé représenté sur chacune des diapositives monochromes par une zone transparente : la superposition des trois monochromes fournit donc pour la représentation dudit objet blanc une zone transparente au travers de laquelle passe librement la lumière

blanche naturelle employée à l'illumination de l'image reconstituée. Un objet noir qui, nous l'avons vu, se traduit sur chacun des phototypes négatifs par une zone transparente se trouve représenté sur chaque diapositive par une coloration à son maximum d'intensité; si donc, les matières colorantes rouge, bleue et jaune ont été choisies de nuance et d'intensité convenable, leur superposition doit arrêter strictement toute lumière; au travers des deux images rouge et bleue passent seules, en effet, les radiations violettes, communes à ces deux lumières, et ces radiations violettes sont arrêtées, à coup sûr, par la troisième image jaune, de nuance complémentaire. Un objet blanc et un objet noir, et par suite aussi tout objet gris sont donc correctement représentés dans l'image reconstituée.

49. — Considérons maintenant divers objets colorés, et d'abord un objet rouge. Comme nous l'avons vu, un tel objet se trouve représenté, sur le phototype exécuté au travers du filtre vert, par une zone transparente, donc, sur la diapositive correspondante par de la couleur rouge à son maximum d'intensité; ce même objet rouge aura, au contraire, impressionné les deux autres plaques photographiques au travers des filtres orangé et violet; il se trouvera donc, sur les diapositives

correspondantes, représenté par des régions transparentes et la superposition des trois monochromes ne donne, en définitive, pour cet objet qu'une image rouge. Il en sera de même évidemment pour tout autre objet jaune ou bleu. Considérons alors un objet de nuance intermédiaire et, par exemple, un objet vert. Un tel objet impressionnera évidemment la plaque photographique au travers du filtre vert et n'impressionnera qu'à un degré bien moindre les deux autres plaques au travers des filtres orangé et violet. Il sera donc, sur le monochrome rouge, représenté par une zone transparente et, sur les deux autres, par une zone plus ou moins colorée dont la superposition reconstituerá du vert.

50. — Plutôt que d'exécuter ainsi trois monochromes transparents que l'on superpose ensuite, il est plus avantageux, au point de vue industriel, d'étaler sur un support blanc diffusant, feuille de papier par exemple, trois impressions exécutées à la presse au moyen d'encre colorées transparentes.

Deux procédés photomécaniques, la photocollographie (phototypie) et la phototypogravure (similigravure) conviennent particulièrement à ce genre de travaux, nous en rappellerons donc sommairement le principe.

Photocollographie. --- « Sous l'influence de la lumière, la gélatine bichromatée s'insolubilise dans l'épaisseur de la couche, et ceci proportionnellement à l'intensité de la lumière qui l'a pénétrée » (Poitevin). L'insolubilisation n'est d'ailleurs que l'un des côtés du phénomène ; non seulement, aux points insolés, la gélatine est devenue insoluble, mais encore elle est devenue imperméable, a perdu la propriété de se gonfler dans l'eau ; elle repousse même l'eau et l'humidité à la façon d'un corps gras.

Si donc, on insole, sous un négatif, une couche de gélatine bichromatée, puis que l'on lave cette couche pendant quelques instants, une matière grasse, comme l'est l'encre d'imprimerie, sera repoussée par toute région humide et se fixera bien sur les régions insolées, sèches, en quelque sorte elles-mêmes grasses⁽¹⁾. En passant donc un rouleau à encrer sur une feuille de gélatine bichromatée ainsi insolée sous un négatif, puis lavée, et prenant ensuite sur cette même feuille un papier blanc, celui-ci entraînera une image positive à l'encre grasse identique à celle qu'eut laissée sur lui une pierre lithographique encrée.

(1) L. P. CLERC. --- *La Chimie du Photographe*,
H. Desforges, 1898.

Phototypogravure. — Par suite de phénomènes divers dont la description détaillée nous entraînerait un peu loin (¹), l'interposition d'un *réseau* (plaqué transparente couverte de hachures fines et serrées) à quelque distance de la plaque photographique pendant son insolation dans la chambre noire, permet de transformer une image à demi-teintes continues en une image discontinue, formée de taches et de points d'autant plus larges et d'autant plus serrés qu'au point correspondant l'on eut dû avoir un noir plus intense, d'autant plus fins et d'autant plus espacés qu'au point correspondant on eut dû avoir un gris plus léger. Une plaque de zinc est recouverte d'un vernis au bitume de Judée, puis exposée au soleil sous ce négatif discontinu. Le vernis devient insoluble dans les parties où lui parvient la lumière ; si donc, on lave à l'essence de térébenthine, puis que l'on morde avec un bain acide, les noirs de l'original se présenteront en relief, et la feuille de zinc pourra être utilisée à l'impression des images dans une presse typographique ordinaire. La forme des taches et des points dépend à la fois

(¹) L. YVES. — *Étude sur l'emploi des réseaux en photographie*. Journal *La Photographie* année 1897, p. 46 et 55.

de la forme et des dimensions du diaphragme intercalé dans l'objectif de l'appareil photographique, et aussi de la direction des hachures ou de la forme des quadrillages dont est couvert le réseau employé.

CHAPITRE VII

PRATIQUE DE LA PHOTOCHROMOGRAPHIE PAR SUPERPOSITION DE PIGMENTS (1)

51. Choix des couleurs primitives. — La première opération à effectuer est le choix judicieux des trois couleurs pigmentaires : encres ou colorants, destinés à jouer par la suite le rôle de couleurs fondamentales. Ces trois substances doivent être telles que la superposition de deux quelconques d'entre elles soit d'une tonalité aussi franche que la tonalité obtenue par l'emploi d'un seul pigment. Ces conditions ne sont satisfaites que pour les trois couleurs *jaune, cramoisie et bleu verdâtre*, dont le mé-

(1) On consultera tout particulièrement sur ce sujet l'ouvrage du baron von A. HUBL, *Die Dreifarben Photographie*. Nous-mêmes avons utilisé à la rédaction de ce chapitre un article du même auteur publié, en 1898, dans la *Photographische Correspondenz* et reproduit au *British Journal of Photography*, nos des 4 et 18 mars 1898.

lange fournit à volonté le rouge, le violet bleu et le vert parfaitement purs. Les couleurs *jaune de chrome*, *bleu de Prusse* et *laque carminée* que les photochromistes ont malheureusement trop employées jusqu'ici ne peuvent fournir que des verts assombris, dont l'opacité est manifeste quand on les compare à une nuance pure de vert.

Le vert d'une peinture n'est jamais un vert absolument pur, mais toujours un mélange de vert et d'un peu de noir, que le procédé trichrome décomposera en trois constituants, bleu, jaune et rouge ; si déjà la superposition du jaune et du bleu donne une teinte assombrie, l'adjonction du rouge ne donnera plus qu'un gris verdâtre. Au lieu de s'en prendre au choix défectueux de leurs encres, nombre de photochromistes s'en prennent à leur « négatif des rouges » et, pour rétablir l'harmonie du vert, compromettent la correction des rouges.

52. — Les intensités des trois encres doivent évidemment être réglées de telle sorte que la superposition de deux glacis fournit la nuance intermédiaire, et que, d'autre part, la superposition des trois glacis fournit le noir pur. Or, si l'on règle, pour satisfaire à la première de ces conditions, les intensités de trois encres jaune de

chrome, bleu de Prusse et laque carminée, la superposition des trois glacis fournit, non pas du noir, mais un brun. De là est née cette fausse croyance que l'impression en trois couleurs ne pourrait donner correctement les noirs, à moins d'utiliser un quatrième tirage à l'encre grise sur l'ensemble des trois premières impressions. M. Lorilleux, entre autres, a victorieusement combattu cette fâcheuse tendance dans une présentation, faite par lui au Congrès de Chimie appliquée, à Paris, en 1896, de trois encres satisfaisant à la fois aux deux conditions imposées (1).

Nous sommes loin par conséquent de la stupéfiante affirmation, publiée jadis « qu'il suffit d'employer trois encres quelconques à la seule condition qu'elles soient stables ». Nous verrons de plus que le triage des couleurs serait beaucoup plus pénible, dans le cas des trois couleurs rejetées, au cas même où les divers inconvénients résultant de leur superposition n'existaient pas. Il est d'ailleurs à remarquer que par suite de cette difficulté les jeux de filtres colorés

(1) Congrès de chimie appliquée de Paris en 1896. Compte-rendu des travaux de la VII^e Section (Photographie). Journal *La Photographie*, 5 septembre 1896, p. 137.

employés par ceux même qui utilisent les trois encres incorrectes sont établis précisément en vue de l'emploi des trois encres que nous préconisons. S'il n'existe pas actuellement d'encres suffisamment stables en cramoisi et en bleu verdâtre, c'est sur ce point que doivent porter les premières recherches ; mais tant que l'on utilisera la laque carminée et le bleu de Prusse, on devra s'attendre à voir, en guise de rouges et de bleus, des orangés et des violettes, et aussi, comme nous l'avons dit déjà, à voir s'obscurcir tous les verts.

53. Analyse des couleurs. — Les trois pigments une fois déterminés, on doit procéder au choix de trois filtres de couleurs et d'intensités appropriées. Au point de vue pratique, les meilleurs résultats sont obtenus si, *au travers de chacun des filtres, deux des couleurs pigmentaires, choisies comme couleurs fondamentales, agissent comme du blanc, la troisième se comportant comme du noir* (2).

Il est d'ailleurs facile d'essayer un écran ; on doit, pour cela, disposer côté à côté les trois pigments choisis et une bande noire, de façon à constituer l'image à trois couleurs que représente

(2) A. HÜBL. — *Die Dreifarben Photographie*, p. 29 et go.

notre *fig. 9*. Au travers de chacun des écrans l'une des teintes doit se confondre avec la bande noire qui la borde, les deux autres se confondant alors avec le blanc qui constitue les marges.

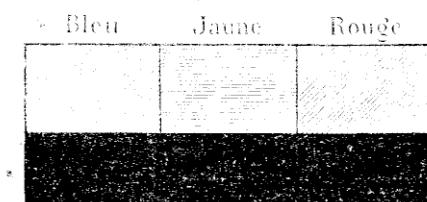
Nous obtiendrons, en général, les résultats consignés au tableau ci-dessous :

| Radiations spectrales diffusées par les couleurs pigmentaires | | |
|---|-----------------|----------|
| Bleu verdâtre | Jaune | Cramoisi |
| Violet. | Vert. | Orangé. |
| Bleu. | Jaune verdâtre. | Rouge. |
| Vert. | Jaune. | Violet. |
| Jaune verdâtre. | Orange. | Bleu. |
| | Rouge. | |

Dans ces conditions, chaque négatif représentera le blanc et deux des couleurs fondamentales par des opacités, la troisième et le noir étant représentés par la transparence de la couche aux points correspondants. Pour prévoir la nuance à donner aux écrans et limiter ainsi les essais, nous devons, par des analyses spectroscopiques, rechercher quelles sont les *radiations* diffusées par chacune des couleurs pigmentaires choisies.

54. — Le négatif pour l'impression du jaune (négatif des jaunes) devra représenter le jaune comme il aurait représenté du noir, le cramoisi et le bleu comme du blanc. Les seules radiations qui doivent parvenir à la plaque photographique sont donc celles communes au cramoisi et au

Fig. 9



bleu vert, soit donc les radiations violettes et bleues, à l'exclusion de toute autre. En raisonnant de même pour les deux autres négatifs, nous pouvons dresser le tableau suivant:

| Radiations actives pour l'obtention du négatif des | | |
|--|---------------|-------------------|
| Colorimétrie | Jaune | Cramoisi |
| Orange, Rouge. | Violet, Bleu. | Jaune vert, Vert. |

Il résulte de là qu'en définitive, chaque filtre

doit être d'une couleur complémentaire de celle du pigment auquel il correspondant : nous retrouvons ainsi le principe fondamental de l'antichromatisme, énoncé par Cros et Dueos du Hauron. Remarquons cependant que cette loi, énoncée seule, serait insuffisante : dans tous les cas où les encres ne seraient pas celles que nous avons supposées, on devra apporter à la nuance des filtres toutes modifications qu'indiquera la pratique pour corriger, dans la mesure du possible, les défauts résultant de ce choix défectueux des pigments ; il se pourra très bien alors qu'un filtre ne soit plus de la couleur complémentaire de celle du pigment correspondant ; nous avons, en effet, tenu compte, pour la détermination de la couleur de chaque filtre, non pas seulement des radiations diffusées par le pigment qui lui correspond, mais aussi de celles diffusées par les deux autres pigments.

55. --- Au cas où l'on parviendrait à préparer trois séries de plaques, dont l'une soit exclusivement sensible aux radiations orangées et rouges, une autre, aux radiations bleues et violettes et la dernière enfin, aux radiations vert et jaune vert, l'emploi de tout filtre coloré deviendrait évidemment inutile. Sans atteindre à ce cas limite, on prépare assez facilement des plaques sensibles

dont la sensibilité soit maxima pour une région déterminée du spectre. On sait qu'il suffit pour cela d'incorporer à l'émulsion sensible une matière colorante telle que la pellicule sensible absorbe précisément alors les radiations que l'on se propose de rendre particulièrement actives⁽¹⁾, soit, en général, des matières colorantes de nuance complémentaire de celle de ces radiations. Mais ces radiations actives étant elles-mêmes complémentaires de celles qui figurent dans le pigment utilisé comme couleur primitive, nous arrivons ainsi à l'énoncé de Vogel : « Les matières colorantes employées comme sensibilisateurs pour chacune des plaques doivent servir de pigment pour l'impression de l'image correspondante ». Dans tous les cas où l'on utilisera ainsi des plaques ayant en une certaine région du spectre un maximum de sensibilité, certaines modifications pourront, si l'on veut, être apportées à la nature des filtres colorés. Si, par exemple, on utilise à l'exécution du négatif des jaunes une plaque sensible ordinaire (plaqué Lumière rapide, étiquette jaune) presque exclusivement sensible aux radiations violettes et

(1) LABATUT. — *Étude sur l'orthochromatisme*. C. R. de l'Ac. des Sc. 1891, 1^{er} sem., t. CXII, p. 126.

bleues, toute addition d'un colorant jaune à l'émulsion est évidemment inutile, comme aussi l'interposition d'un filtre violet. De même, si, pour l'exécution du négatif des rouges, on utilise une plaque photographique ayant un maximum de sensibilité dans le jaune et dans le vert, sensible aussi au bleu et au violet, mais absolument insensible pour l'orangé et le rouge (plaque orthochromatique de Lumière, série A) on pourra, au lieu du filtre vert indiqué, utiliser seulement un écran jaune pour arrêter les radiations bleues et violettes, les radiations orangées et jaunes indûment admises par ce filtre étant sans aucune action sur la plaque employée.

Une condition supplémentaire a été indiquée par le baron von Hübl ; son application conduit aisément à des résultats d'une grande exactitude ; on lève ainsi toutes les incertitudes relatives à l'étendue à donner aux limites de transparence des filtres ou aux limites de sensibilité des plaques. *Les couleurs composées de parties égales des couleurs fondamentales doivent agir, sur la plaque qui correspond à l'une ou l'autre de ces couleurs fondamentales, comme un gris d'opacité $\frac{1}{2}$* (mélange de parties égales de noir et de blanc).

De là résulte un mode pratique d'essai des

écrans très analogue à celui que nous avons indiqué ci-dessus, et auquel il vient s'adjointre. On imprimera côté à côté, sur une feuille de papier blanc, les trois couleurs composées intermédiaires que nous utilisons comme *couleurs de contrôle*, et aussi une bande de ce gris d'opacité $\frac{1}{3}$. Au travers de chacun des écrans, deux des couleurs devront alors se confondre avec la bande de gris, la troisième se confondant avec le blanc des marges.

On pourra d'ailleurs effectuer simultanément ces deux essais en disposant côté à côté les six nuances, fondamentales et composées, et les limitant sur un bord par une bande de noir, sur l'autre par une bande de gris. Généralement, on dispose alors les colorations dans l'ordre des radiations de même nom du spectre, constituant ainsi ce que l'on nomme souvent un « spectre artificiel ».

56. Les plaques sensibles. -- En général, on évite l'emploi des plaques panchromatiques qui, par suite de leur sensibilité uniforme, doivent être manipulées (¹) dans une obscurité

(1) Remarquons cependant qu'il n'y a pas là d'inconvénient sérieux en ce qui concerne le travail industriel à l'atelier, les conditions pouvant toujours être identiques d'une opération à l'autre.

complète: pour le négatif du jaune, on emploiera une plaque sensible ordinaire de rapidité moyenne (une plaque extra-rapide ne fournit jamais, en effet, un modélisé aussi harmonieux); pour le négatif du rouge, on utilisera une plaque Lumière orthochromatique, série A; pour le négatif du bleu on utilisera enfin une plaque Lumière sensible au rouge (orthochromatique série B). Notons que la manipulation de telles plaques demande des précautions plus minutieuses que celle des plaques ordinaires; suivant le cas, on choisira pour l'éclairage du laboratoire la lumière la moins active, prise avec l'intensité minima, soit donc la lumière rouge pour les plaques série A et une lumière vert jaune faible pour les plaques série B.

57. Les filtres. — Les filtres, ou *écrans colorés*, peuvent être, soit des cuves de glace à faces parallèles renfermant des solutions colorées convenables, soit des pellicules de collodion ou de gélatine colorées dans la masse, à l'exclusion de toutes lames de verres de couleur qu'il est pratiquement impossible de se procurer en lames parallèles d'une nuance et d'une intensité déterminées. Chacun de ces filtres doit, comme nous l'avons vu (§ 48), absorber intégralement toutes les radiations ultra-violettes; les meilleurs ab-

sorbants incolores de ces radiations sont, avec le sulfate acide de quinine, les azotates alcalins et l'acide azotique en solution, même diluées. Une cuve remplie d'une de ces dissolutions, ou une feuille de gélatine que l'on en aura imprégnée seront donc maintenues à poste fixe sur le trajet des rayons lumineux. Si l'on emploie, comme filtres, des cuves à faces parallèles, les liquides à y introduire, si l'on utilise les trois qualités de plaques indiquées ci-dessus, seront : un mélange d'aurantia et d'érythrosine en solutions aqueuses (négatif du bleu); une solution d'acide pierique ou de pierate d'ammoniaque (négatif du rouge) et une solution de noir d'aniline (négatif du jaune).

« Nous trouvons plus pratique l'emploi de couches de gélatine colorée ; le plus simple est de prendre une pellicule au bromure d'argent (plaques vitreuses de MM. Lumière et Plançon) de la débromurer par immersion dans l'hyposulfite, puis, après lavage, de la plonger cinq ou six minutes dans la solution colorante et, après rinçage sous un courant d'eau, de la laisser sécher. Pour le rouge orangé, nous accolons deux de ces écrans préparés, l'un avec une solution aqueuse d'éosine, l'autre avec une solution d'aurantia ; pour le jaune, nous accolons deux écrans au pierate d'ammoniaque (on prépare une solu-

tion saturée d'acide picrique à laquelle on ajoute quelques centimètres cubes d'ammoniaque ; nous n'employons pas d'écran bleu, on peut s'en passer (¹). Au cas où cependant on en désirerait employer un, on l'imprégnait d'une solution de noir d'aniline. On ne peut être plus précis dans l'énoncé de ces indications ; l'intensité de ces écrans ne peut être déterminée que par tâtonnements, en cherchant d'abord à satisfaire approximativement pour l'œil les conditions ci-dessus énoncées (§§ 53 et 55), puis en vérifiant que ces conditions sont effectivement satisfaites : on photographiera, pour cela, le spectre artificiel dont nous avons indiqué la construction dans les conditions mêmes de filtres et de plaques où l'on se propose d'effectuer par la suite les trois prototypes des modèles colorés à reproduire. Le négatif ainsi obtenu derrière le filtre orangé doit être parfaitement transparent dans le bleu du spectre artificiel ainsi que dans la bande noire de bordure : la bande grise doit s'y confondre avec les images du vert et du violet ; le jaune, l'orangé et le rouge doivent enfin y prendre la même opacité que les marges. De même pour

(¹) G. NAUDÉT. -- *La Photographie des couleurs à la portée de tous*. Paris, 1899. H. Desforges, éditeur.

les deux autres photographies de ce spectre artificiel derrière les deux autres filtres.

58. — Ces filtres peuvent évidemment se placer en un point quelconque du parcours des rayons lumineux qui vont du sujet à la plaque sensible, ou même à la rigueur devant les vitres de l'atelier où est installé le modèle pendant la triple pose. Le plus souvent on les dispose, soit en avant de l'objectif, soit au contact immédiat de la plaque sensible (1). La première de ces dispositions convient seule au cas des cuves; quant aux filtres à feuillets colorés, il ne semble pas que l'une soit plus avantageuse que l'autre; chacun choisira donc celle de ces dispositions qu'il jugera la plus commode. « Avec l'appareil classique à soufflet et à châssis indépendants, l'accès de l'objectif étant facile, c'est plutôt sur l'objectif que nous fixerons les écrans, et cela au moyen de rondelles de carton, rappelant par leur forme le bouchon d'objectif mais évidées en leur centre, à l'intérieur desquelles on aura collé par ses bords l'écran coloré. Avec un appareil

(1) De toute façon, on devra, pour éviter les variations dans la netteté et la dimension des images, employer un écran incolore de même épaisseur que les écrans colorés quand, dans l'exécution du négatif des jaunes, on se dispense de l'emploi d'un écran violet.

genre défective, il serait assez difficile de fixer ces écrans à l'objectif; nous préparerons alors nos écrans au format même des plaques sensibles, et chacun des écrans sera engagé en même temps que la plaque sensible dans le châssis porte-plaque, ce qui, d'ailleurs, est facile si l'écran est exécuté sur pellieule» (1).

59. Contrôle des négatifs. — La reconstitution des couleurs ne peut s'effectuer correctement qu'autant que les intensités des trois phototypes ont entre elles une certaine harmonie. Toute prédominance de l'une des encres produirait en effet, et surtout dans les demi-teintes, de graves altérations de nuance. Or, l'intensité et la gradation des tons d'un phototype négatif dépendent d'une part de la pose et, d'autre part, de la conduite du développement (2); on utilise le plus généralement le même révélateur et pendant le même temps pour chacun des trois phototypes que l'on développe simultanément. Le point important est donc de déterminer, une fois pour toutes et par tâtonnements, la durée relative des trois poses, supposant choisis une fois pour toutes les filtres colorés et les plaques.

(1) G. NAUDÉ. — *Loc. cit.*

(2) L. P. CLERC. — *La Chimie du Photographe*, L. H. Destorges, 1898.

A titre de première indication, et pour limiter le nombre des essais, on pourra prendre, pour ces trois négatifs, le même temps de pose en donnant à l'objectif une ouverture de $\frac{F}{7,7}$ pour les phototypes exécutés derrière les filtres rouge et vert et une ouverture de $\frac{F}{22}$ pour le phototype exécuté sans écran.

C'est encore le spectre artificiel que nous utiliserons à cette recherche; après une triple pose effective sur ce tableau coloré pris pour modèle, les trois plaques sont développées simultanément dans un même bain, retirées en même temps; si les durées de pose étaient relativement correctes, l'intensité des régions qui représentent respectivement le blanc des marges, la bande de gris et la bande de noir, doivent être rigoureusement égales sur les trois négatifs.

Il est d'ailleurs d'une bonne pratique de toujours photographier dans la suite ce spectre coloré, faisant office de témoin, en même temps que tout modèle coloré à reproduire: on s'assure lors de la reconstitution des couleurs que la reconstitution de ce spectre artificiel se fait rigoureusement, sinon on apportera toutes modifications utiles au mode opératoire.

CHAPITRE VIII

SYNTHÈSE DURABLE DES COULEURS

60. Impression trichrome par la photocollographie. — La photocollographie, qui, comme la lithographie, fournit une image à demi-teintes continues, est assurément le meilleur procédé courant à utiliser dans l'impression trichrome. Les trois planches sensibles à la gélatine bichromatée seront simultanément insolées sous les trois négatifs précédemment obtenus (1). Tous traitements effectués sur ces planches, lavages et mouillage, seront exactement les mêmes. On arrivera généralement ainsi à produire sans grands tâtonnements une reconstitution correcte des couleurs; la reproduction du spectre artificiel nous renseignera d'ailleurs sur ce point, et, le cas échéant, on

(1) Ces négatifs ont dû être, au préalable, pelliculés afin de permettre leur mise en contact avec la couche sensible par leur envers.

modifierait le mouillage des planches, ou la consistance des encres pour éviter toute prédominance de l'un des encrages sur les autres.

61. Impression trichrome par la phototypogravure (1). — Le prix relativement élevé des tirages photocollographiques fait préférer généralement l'impression phototypographique. Ce mode de reproduction, traduisant en un pointillé plus ou moins serré les demi-teintes plus ou moins foncées de l'original, ne se prête pas avec une même facilité au rendu correct des nuances légères. On peut cependant, avec certaines précautions, réaliser ainsi d'une façon économique des images en couleurs d'une exactitude suffisante pour l'illustration courante.

Les premières applications industrielles importantes de ce procédé furent faites à Berlin par le Dr Vogel qui breveta, pour cet usage, l'emploi de réseaux, non plus quadrillés, mais seulement lignés de hachures parallèles. Depuis on a reconnu l'inutilité de cette disposition, les

(1) Ce mode d'impression pour lequel la France a longtemps été tributaire des pays étrangers est maintenant mis en œuvre avec une rare perfection par les maisons Prieur, Taton et Fabert, Delaye et Hemmerlé. Des amateurs, parmi lesquels en première ligne M. Monpillard, ont aussi obtenu dans cette voie de merveilleux résultats.

maîmes résultats, au point de vue de la disposition et de la répartition du pointillé final se réalisant par l'emploi, dans l'objectif, d'un diaphragme très allongé (*fig. 10*) convenablement orienté (**§ 62**). Trois épreuves positives, exécutées de préférence sur support transparent et par un procédé de développement, sont exécutées simultanément, et dans des conditions identiques, pour conserver les mêmes gradations de ton que les négatifs originaux. C'est alors d'après ces trois photocopies positives, que sont exécutés les trois négatifs framés, avec des durées de pose identiques pour un même éclairage ; le développement de ces trois négatifs s'effectue simultanément et dans des conditions identiques, comme d'ailleurs toutes opérations auxquelles ils doivent être soumis, renforcement et affaiblissement par exemple. La reproduction simultanée du spectre artificiel permet d'ailleurs de se rendre compte à tout moment si les opacités relatives des trois images ont été fidèlement conservées.

62.—L'impression, sans précaution spéciale, de

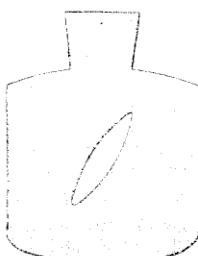


Fig. 10. — Diaphragme par la chromatotypographie.

trois images superposées formées chacune, en quelque sorte, de hachures parallèles, pourrait donner lieu aisément à des moirages si les directions de ces hachures étaient voisines dans deux ou trois des monochromes superposés. Pour éviter totalement ce défaut, on a coutume d'orienter successivement ces hachures parallèlement aux trois côtés d'un triangle équilatéral. On réalise pratiquement cette condition en faisant tourner de 120° après chacune des poses le châssis porte-plaques ou mieux le châssis porte-objet sur lequel sont fixées successivement les trois images positives, transparentes ou non, servant d'intermédiaires entre un négatif original et un négatif tramé. Cette dernière disposition est de beaucoup la plus pratique si l'on prend soin de munir la plaque tournante sur laquelle sont successivement fixés les positifs de butoirs et d'index permettant la rotation rapide jusqu'à l'orientation voulue.

63.—Les trois négatifs tramés une fois obtenus, on procédera, toujours avec les mêmes précautions, à l'exécution des trois planches gravées ; insolation, dépouillement et morsures devront, pour chacune de ces planches, être identiques pour n'altérer en rien les rapports des trois monochromes. Après s'être assuré, en dernier lieu,

que la reconstitution du spectre artificiel s'effectue correctement, on peut supprimer cette portion inutile de chacune des planches et procéder au tirage proprement dit (¹).

64. Images trichromes par superposition de trois épreuves obtenues par impressions photochimiques. — Le nombre est grand des procédés de photocopie fournissant des images monochromes de couleurs variées, utilisables, en particulier, à la confection des trois monochromes nécessaires à la reconstitution d'une image en couleurs. La description de ces procédés appartient aux traités de photographie pratique. Signalons cependant, comme fournissant à volonté des images de diverses couleurs, les virages d'une épreuve obtenue par développement d'une pellicule sensible aux sels d'argent (²) ; l'image bleue obtenue ainsi par virage aux sels de fer, ou ce qui

(¹) Nous ne pouvons, sous peine de sortir du cadre de cet Aide-Mémoire, entrer dans les détails techniques de la *Phototypogravure* et de l'impression polychrome. On consultera, sur ce point, les traités spéciaux.

Nous avons omis à dessein l'impression par les procédés de photoplastogravure et de photoglyptogravure (*Woodburytype* et *héliogravure*), d'usage peu fréquent vu leur prix élevé.

(²) L. P. CLERC. — *Virages colorés des diapositives de projection*. Journal *La Photographie*, juin 1897, et *Les virages aux ferrocyanures*. Bulletin de la Société

revient au même l'image obtenue directement sur surface sensible au ferro-prussiate conviendrait particulièrement bien à la réalisation du monochrome bleu; le monochrome rouge pourrait être obtenu sur plaque au chlorure d'argent par développement en un bain très bromuré, après surexposition considérable (¹); l'image jaune pourrait enfin s'exécuter en transformant une image noire aux sels d'argent en un chromate jaune.

Les procédés qui laissent, de beaucoup, le plus de latitude, sont les procédés fondés sur la sensibilité à la lumière du mélange d'un bichromate alcalin et d'une substance colloïde; soit notamment les procédés dits « au charbon » très habilement mis en œuvre par M. Ducos du Hauron, puis, tout récemment, par un photographe toulousain, M. Chaupe; les procédés par imbibition (hydrotypie) (²) signalés déjà par Ch. Cros, et modifiés récemment par MM. Lumière qui en ont fait un véritable procédé de teinture (³).

française de Photographie, 1^{er} février 1890 et suiv.; ou journal *La Photographie*, 1^{er} février et 1^{er} mars 1890.

(¹) *Développement en teintes variées des diapositives de projection*, Journ. *La Photographie*, 1^{er} janvier 1890.

(²) G. NAUDET. — *L'Hydrotypie*. Journal *La Photographie*, 1^{er} Juin 1898.

(³) *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 1894.

Signalons enfin les procédés de phototeinture proprement dits. M. Villain put, en 1891, obtenir de belles teintures sur étoffes en utilisant comme mordant l'oxyde de chrome résultant de l'insolation d'un bichromate alcalin. Peu après, M. Geo. Richard réussit à transformer par réactions successives l'argent réduit d'une photocopie positive en un mordant susceptible de fixer à froid certaines matières colorantes; M. Geo. Richard utilisa précisément ce mode opératoire au tirage des monochromes élémentaires de quelques photochromographies transparentes destinées à la projection. Des résultats d'une rare perfection ont pu enfin être obtenus par l'emploi des colorants diazoïques.

65. Tirage des monochromes au moyen des diazo et tétrazosulfites alcalins. — Les dérivés diazoïques sont susceptibles de donner avec le sulfite de sodium des combinaisons moléculaires qui ont perdu la propriété de se combiner aux amines et aux phénols pour donner naissance à des matières colorantes azoïques; mais cette propriété apparaît de nouveau quand on expose à la lumière un mélange de ces combinaisons diazoïques sulfitées et d'amines ou de phénols. Feer a basé sur ce phénomène qu'il a le premier observé, un procédé de tirage des photocop-

pies (1). Le papier ou le tissu qui doit servir de support à l'image est imprégné de la combinaison diazoïque sulfite, puis une fois sec, trempé dans un phénol ou une amine, choisis selon la couleur à obtenir, et mis à nouveau à sécher. Lorsqu'on insole le tissu ainsi traité sous un phototype négatif, la substance sensible n'est pas altérée sous les noirs; sous les parties transparentes du cliché, au contraire, le composé sulfite est détruit et le dérivé diazoïque, ainsi mis en liberté, réagit au fur et à mesure de sa formation sur l'amine ou le phénol, colorant ainsi le tissu aux points correspondants.

Lorsque l'image a acquis l'intensité voulue, il suffit d'arrêter l'insolation et de la plonger dans de l'eau additionnée ou non d'acide chlorhydrique pour la fixer.

Feer n'avait indiqué, dans son brevet, que les composés sulfites suivants :

Benzène diazosulfite de soude;
Toluène diazosulfite de soude;
Benzidine tétrazosulfite de soude;
Toluidine tétrazosulfite de soude.

(1) Brevet allemand, 5 décembre 1889; *Photographic News*, 1891, p. 98 et G. H. NIEWENGLOWSKI, *Applications de la photographie aux Arts Industriels*, p. 167. Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire, Gauthier-Villars et Masson, éditeurs.

MM. Auguste et Louis Lumière ont repris avec M. A. Seyewetz l'étude de ces dérivés azoïques sulfités, et ont donné une liste assez longue d'amines diazotées réagissant sur le sulfite de soude et susceptibles de donner naissance à autant de procédés de photocopie. Nous renvoyons à leur communication à la Société Française de Photographie pour la nomenclature de ces dérivés (1).

Les solutions aqueuses de tous ces composés ont une couleur variant du jaune clair au jaune foncé et peuvent être chauffées jusqu'à 100° sans éprouver de décomposition.

On peut opérer de deux manières différentes :

1^o Imprégnier le papier du mélange du diazoïque sulfité et de l'amine ou du phénate alcalin, puis l'exposer à la lumière.

2^o Imprégnier le papier d'une solution aqueuse de la combinaison sulfitée seule, exposer à la lumière et faire apparaître les couleurs en plongeant le papier dans la solution d'amine ou de phénate alcalin.

Il semble que, dans les deux cas, les phénomènes ne soient pas identiques et, d'après MM. A. et L. Lumière, l'action de la lumière ne

(1) Communication faite à la séance du 7 février 1896 de la Société française de Photographie.

consisterait pas simplement à dissocier le composé sulfité.

Quoi qu'il en soit, voici les solutions auxquelles MM. Lumière et Seyewetz se sont arrêtés pour préparer les papiers sensibles destinés à obtenir les trois monochromes :

Monochrome jaune

Plonger le papier dans la solution :

| | |
|--|-----|
| Eau. | 100 |
| Diazoorthotoluidine sulfite de sodium. | 2 |
| Métamidophénol (base). | 1 |

et le faire sécher à l'obscurité.

Monochrome rouge

Plonger le papier dans la solution :

| | |
|--|-----|
| Eau. | 120 |
| Tétrazotolylsulfite de sodium. | 1 |

puis immédiatement dans le bain :

| | |
|--|-----|
| Eau. | 125 |
| β-naphtylamine étherchlorhydrate | 2,0 |

et laisser sécher dans l'obscurité.

Monochrome bleu

Plonger d'abord le papier dans :

| | |
|--|-----|
| Eau. | 125 |
| Tétrazoéthoxybenzidine sulfite de soude. | 1 |

puis dans

Eau. 125
2-Naphtylamine éther chlorhydrate. 2,5

et le laisser sécher dans l'obscurité.

En réalité, MM. Lumière et Seyewetz n'ont pu trouver de combinaisons donnant des photocopies d'un bleu réellement pur; le papier sensibilisé au moyen des solutions précédentes, donne des images d'un bleu très légèrement violacé.

On fixe les images en les traitant par l'eau chaude vers 50-60° qui dissout facilement le composé sulfite non impressionné par la lumière.

CHAPITRE IX

PRATIQUE DE LA PHOTOCHROMOGRAPHIE PAR ADDITION DE LUMIÈRES

66. Triage des couleurs. — Le mode opératoire est assez peu différent de celui que nous avons exposé précédemment (§ 53) pour que souvent on emploie mêmes plaques sensibles et mêmes filtres colorés que dans le cas du triage destiné à la reconstitution par superposition de pigments. Il est aisément cependant de se rendre compte que des résultats parfaits ne peuvent être obtenus dans ces conditions. Quoique les filtres colorés aient à peu près mêmes nuances, les limites de leur transparence ne sont plus les mêmes : tandis que chaque radiation du spectre ne devait traverser qu'un seul des filtres, certaines radiations doivent, cette fois, passer au travers de deux des filtres.

L'image reconstituée d'un objet rouge, par exemple, doit être fournie par le mélange des

lumières orangée et violette. Les épreuves positives transparentes doivent donc, aux points correspondants, laisser passer ces deux lumières ; mais il a fallu, pour cela, que les plaques sensibles correspondantes aient été affectées par les radiations diffusées du dit objet rouge. On reconnaîtrait de même quelles doivent être les limites de transparence de chacun des filtres :

| <i>Radiations admises par chacun des filtres colorés</i> | | |
|--|----------------------------|--------------------------|
| Orangé | Violet | Vert |
| Jaune. Orangé. Rouge. | Rouge. Violet. Bleu. | Bleu. Vert. Jaune. |

La préparation et la vérification des écrans sont fort analogues à celles que nous avons passées en revue ; le lecteur adaptera facilement à ces nouvelles conditions le mode opératoire précédemment indiqué.

Les plaques sensibles seront à peu de chose près les mêmes : plaque Lumière orthochromatique série A, pour le négatif exécuté derrière le filtre orangé ; plaque Lumière orthochroma-

tique série A pour le négatif exécuté au travers du filtre vert, mais on ne pourra plus, pour le troisième négatif, se contenter d'une plaque ordinaire; la plaque choisie doit, en effet, être également sensible au rouge, au violet et au bleu, condition qui n'est remplie que par les plaques orthochromatiques, série B; c'est donc une telle plaque que l'on exposera derrière le filtre violet.

Les mêmes précautions devront être prises pour assurer à chacun des négatifs, puis à chacune des photocopies diapositives des valeurs exactes. On pourra donc, pour régulariser les temps de pose, s'astreindre à reproduire chaque fois un spectre artificiel et s'assurer si le rendu de ce spectre correspond aux conditions nouvelles. Les trois négatifs une fois obtenus par développement simultané, les trois diapositives seront, elles aussi, préparées simultanément, avec des durées de pose identiques et un même développement.

SYNTHÈSE TEMPORAIRE DES COULEURS

67. — Les divers procédés de synthèse des couleurs par *addition* de lumières colorées ont été indiqués par Louis Ducos du Hauron, en

1869, dans sa brochure : *Les couleurs en photographie, solution du problème.*

Une fois les trois phototypes négatifs obtenus, on en tire, dit-il, trois positifs noirs sur support transparent (verre par exemple) puis on applique respectivement chacun de ces positifs sur un fond offrant la couleur de l'écran qui a servi à obtenir chaque cliché.

« 1^o Si on projette les images de ces trois épreuves sur une surface blanche au moyen de trois lentilles, placées de telle sorte que les trois images se superposent exactement, on voit apparaître sur l'écran une image polychrome, qui est la représentation fidèle de la nature.

« 2^o Pour confondre les trois épreuves en un seul tableau, on peut remplacer l'appareil pyramique à trois lentilles par un appareil composé de trois glaces sans tain, situées les unes derrière les autres par rapport à l'œil de l'observateur, auquel elles envoient chacune par réflexion une épreuve différente.

« Pour éviter que l'image de chaque épreuve se dédouble par sa réflexion sur les deux faces parallèles de la face correspondante, il est nécessaire de disposer entre l'épreuve et la glace une lentille convergente ou verre d'optique, dont le grossissement aura pour effet de placer l'épreuve

à une distance telle que ce dédoublement devienne insensible ».

68. — Charles Cros pensa aussi à la synthèse des couleurs au moyen de positifs noirs sur verre (¹).

« Si l'on obtient le positif de chaque cliché, dit-il, ce seront les parties les moins modifiées — les moins transparentes si l'on tire sur le verre — qui correspondront aux maxima de coloration.

« Soit donc le positif du rouge sur verre. On le fait traverser par des rayons rouges et on projette son image sur un écran. Les parties de l'image les plus éclairées — en rouge, puisqu'on opère avec des rayons rouges — correspondront avec les points les plus rouges du tableau réel à reproduire. Les parties les plus sombres correspondront à celles qui, dans le tableau réel, sont noires, ou jaunes, ou bleues.

« Les positifs des deux autres clichés donneront de même, si on les fait traverser par des rayons jaunes et bleus, deux autres images où les parties les plus jaunes et les plus bleues viendront au maximum d'éclat.

(¹) CHARLES CROS. — *Solution générale du problème de la Photographie des couleurs*. Paris, Gauthier-Villars, 1869.

« Sidone, par toute espèce de moyens, on arrive à superposer exactement ces trois images, l'image unique résultante contiendra, dans toutes ses parties, des quantités de rouge, de jaune, de bleu correspondant à celles du tableau réel. Là où il n'y aura aucune des trois couleurs on aura du noir; là où une seule, ou deux, ou trois en proportions spéciales auront agi, on aura toutes les teintes possibles, simples ou mixtes, y compris le blanc pur ».

Comme on le voit, MM. Louis Ducos du Hauron et Charles Cros, dès la publication de leur procédé, avaient indiqué le principe des projections polychromes et le principe des chromoscopes.

69. — A vrai dire, une tentative de projections polychromes avait été effectuée à la « Royal Institution » de Londres, par le professeur James Clerk Maxwell, le 17 mai 1861. Nous empruntons à une communication de M. E. Wallon (¹) la traduction du procès-verbal de cette expérience : « Trois photographies d'un ruban de couleur, respectivement prises à travers trois solutions colorées (sulfocyanate de fer, chlorure cuivre et sulfate de cuivre ammoniacal) sont

(¹) *Société Française de Photographie* (Bulletin), 1^{er} novembre 1897, p. 547.

introduites dans un appareil formé de trois lanternes ; elles fournissent des images représentant séparément les éléments rouges, verts et bleus comme ils auraient été vus par chacune des trois séries de nerfs de Young (1) prise à part. La superposition faite, on vit une image colorée, qui, si les images rouge et verte avaient été aussi complètement photographiées que la bleue, aurait été l'image exactement colorée du raban. Si l'on trouvait des substances photographiques plus sensibles aux rayons les moins réfrangible, la reproduction des couleurs pourrait être grandement améliorée». Citons enfin l'appréciation donnée de cette expérience par M. Wallon. «Ainsi Maxwell n'avait abordé le problème que dans un cas particulièrement simple et, d'après le procès verbal lui-même, l'expérience n'avait pas réussi, en ce que la coloration de l'objet n'était pas exactement reproduite. L'eût-elle été beaucoup mieux si l'auteur avait eu, pour la réaliser, des préparations orthochromatiques ? Je ne le crois pas, mon avis étant que l'échec était dû surtout à la nature des filtres employés. Nulle

(1) Young avait admis l'hypothèse que la vision s'effectue par trois systèmes distincts de nerfs transmettant respectivement au cerveau les sensations du rouge, du jaune et du bleu.

part, dans cette conférence, Maxwell ne fait allusion au principe de l'antichromatisme. Ce principe, essentiel à la solution du problème *général*, lui a échappé, et nul que je sache ne l'a énoncé avant Cros et Dueos du Hauron. »

70. Projections polychromes. — Mais il faut arriver à l'année 1886 pour assister à une réalisation de projections polychromes ; réalisation qui fut faite par M. G. Lippmann au moyen du dispositif dont nous empruntons la description à l'ouvrage de MM. G.-H. Niewenglowski et A. Ernault⁽¹⁾.

« La planchette d'une chambre ordinaire porte trois petits objectifs rangés en ligne droite et munis respectivement de trois cuves remplies de solutions convenables ; à chaque objectif correspond une plaque orthochromatisée pour les radiations que laissait passer la cuve correspondante ; on tire trois positifs que l'on met à la place du verre dépoli et qu'on éclaire fortement, en ayant soin de conserver les mêmes cuves devant les objectifs ; on projette ainsi une reproduction polychrome de l'original ; on peut faire varier les dimensions de l'image projetée en in-

⁽¹⁾ G.-H. NIEWENGLOWSKI et A. ERNAULT. — *Les Colorants et la Photographie*, p. 353.

terposant entre l'écran et les objectifs une lentille convergente ou divergente ».

71. — Trois ans plus tard, en 1889, M. Ives, de Philadelphie, puis le Dr R.-L. Gray ont, au moyen d'une lanterne munie de quatre systèmes optiques (condensateurs et objectif) réalisé des projections polychromes qui eurent un grand succès en Amérique. Aussi ces expériences furent-elles repétées en Angleterre, puis en France, aux conférences organisées en 1892, sur la photographie et ses applications, au Conservatoire national des Arts et Métiers, par la Société française de Photographie et le Cercle de la Librairie.

Le plus souvent, on emploie soit une lanterne

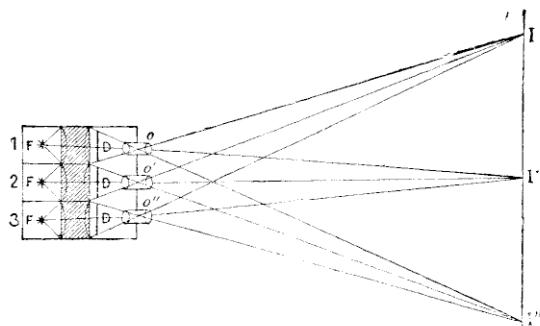


Fig. 11. -- Projections par lanterne triple.

triple (fig. 11), soit trois lanternes à projection. Les

écrans colorés qui doivent être identiques à ceux qui ont servi à l'obtention des trois négatifs doivent être tels que si on éclaire une même région de l'écran avec les trois lanternes munies chacune de leur filtre coloré, cette région doit rester blanche.

On commence par projeter les trois épreuves positives noires et faire coïncider leurs images

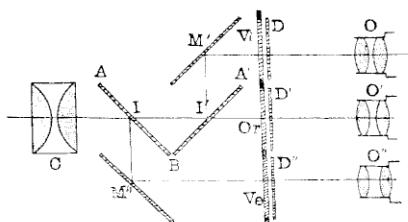


Fig. 12. — Lanterne unique à trois objectifs.

sur l'écran, après quoi on place les verres colorés destinés à tamiser la lumière.

On a imaginé, en Angleterre, un dispositif de lanterne à trois corps n'utilisant qu'une seule source de lumière et un seul condensateur (fig. 12).

72. Chromoscopes. — Comme nous l'avons vu plus haut, la première idée du chromoscope est due à Louis Ducos du Hauron ; la fig. 13 représente un chromoscope tel que le concevait cet inventeur. Ce dispositif a l'avantage de per-

mettre de ranger les trois positifs de front ; ces positifs étant placés respectivement dans les plans focaux des trois lentilles, les trois images virtuelles superposées perçues par l'œil sont très

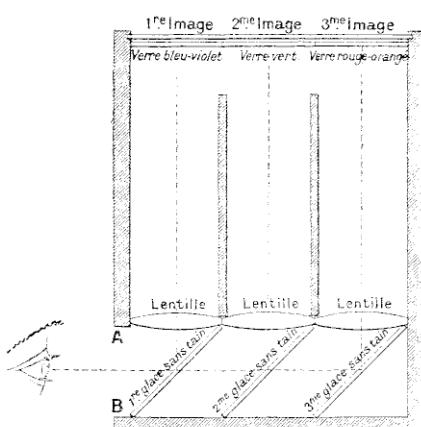


Fig. 13. — Chromoscope Dueos du Hauron.

éloignées et aucun dédoublement d'images par les deux faces des miroirs n'est sensible ; au besoin, l'addition au système d'une lentille divergente placée en AB, donnerait plus de netteté à l'image polychrome.

Le 23 décembre 1878, Charles Cros, dans une note présentée à l'Académie des Sciences : *Sur la classification des couleurs et sur les moyens de reproduire les apparences colorées par trois*

clichés photographiques spéciaux (1), décrivit, sous le nom de chromomètre, un chromoscope formé d'une caisse noireie intérieurement et dans laquelle sont disposées parallèlement trois glaces sans tain, formant avec la paroi des angles de 45° et munies de trois ouvertures destinées à recevoir les trois diapositives et les trois écrans colorés. Le 4 juin 1892, M. Ives, de Philadelphie, fit breveter un appareil assez compliqué, muni d'un grand nombre de glaces, sous le nom d'*hélio-chromoscope*, appareil dont on trouvera la description et le schéma dans l'ouvrage de MM. G. H. Niewenglowski et A. Ernault (2). M. Ives a, depuis, simplifié beaucoup son dispositif et pris un nouveau brevet le 17 décembre 1894.

Vers la même époque, M. Charles Zink, photographe à Gotha, imagina sous le nom de *photopolychromoscope*, un dispositif des plus simples, analogue au chromomètre de Charles Cros, dispositif qui peut servir pour prendre les trois phototypes négatifs et pour obtenir la superposition des trois images colorées. L'appareil, dont

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXXXVIII, p. 119, 1879, 2^e semestre.

(2) G. H. NIEWENGLOWSKI et A. ERNAULT. — *Les Couleurs et la Photographie*, p. 35.

une coupe est représentée par la *fig. 14*, comprend trois miroirs *d*, *e*, *f*, inclinés à 45° sur l'axe optique d'un oculaire *g*. Les trois positifs recouverts respectivement des trois écrans colorés sont placés en *a*, *b*, *c*. La disposition en échelons assure l'égalité du trajet parcouru par les divers

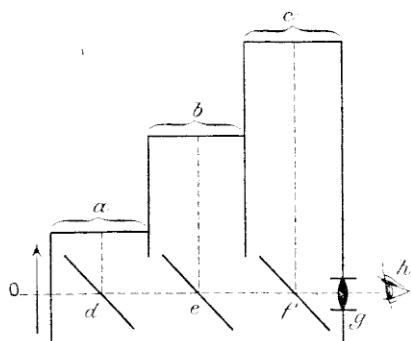


Fig. 14. — Polychromoscope Zink.

faisceaux lumineux qui vont de chacun des positifs à l'oculaire.

73. — M. Nachet, opticien à Paris, a breveté, le 29 mars 1894, une chambre noire à miroirs, utilisable à la fois comme chromographe et comme chromoscope, c'est-à-dire pour l'obtention des trois négatifs et pour l'examen simultané des trois images positives en résultant (*fig. 15*).

Dans l'axe de l'objectif sont disposés, à l'inté-

rieur de cette chambre, deux miroirs platinés réfléchissants et translucides ; l'un dans un plan vertical, incliné à 45° sur l'axe et sur les parois latérales de la chambre, reçoit le premier les rayons lumineux et en renvoie horizontalement une partie sur la plaque sensible A disposée le

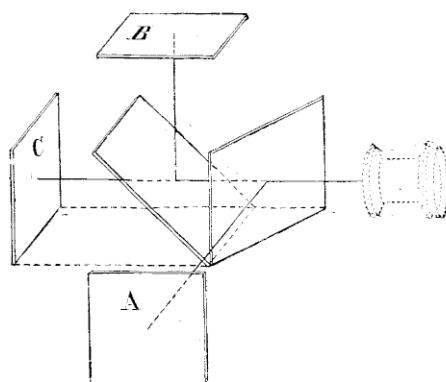


Fig. 15. — Chromographe Nachet.

long d'une des parois latérales ; l'autre miroir est incliné à 45° sur le plan horizontal qui sert de fond à la chambre ; il est perpendiculaire aux parois latérales. Il renvoie sur la plaque sensible B qui occupe la paroi supérieure de l'instrument, une autre partie du faisceau lumineux. Une dernière portion du faisceau qui a traversé les deux miroirs rencontre enfin la paroi d'arrière du chro-

mographe où se trouve disposée la troisième plaque sensible C. En avant de chaque châssis se trouve le milieu coloré correspondant, maintenu à poste fixe. Le châssis latéral recevant la plus grande quantité de lumière, c'est sur lui que s'effectue la mise au point, par réglage de l'objectif. C'est aussi celui que l'on emploiera à l'obtention du négatif derrière l'écran orangé ; le châssis d'arrière recevant, au contraire, le minimum de lumière sera garni de l'écran violet. De cette façon, les temps de pose nécessaires à l'obtention des trois négatifs seront à peu de chose près les mêmes.

Pour utiliser, par la suite, cet instrument comme chromoscope, il suffit d'éclairer l'instrument de telle sorte qu'à vide, chaque châssis étant garni seulement du filtre coloré correspondant. L'œil regardant par l'oculaire ait la sensation du blanc ; sans rien modifier à l'éclairage, on dispose alors, et dans le sens convenable, les diapositives que l'on a exécutées par contact sous les trois négatifs, dans le châssis même où ceux-ci avaient été obtenus.

74. — L'un des derniers nés de ces dispositifs se distingue par une particularité fort avantageuse, en ce qu'elle permet de simplifier les opérations : dans le *chromographoscope* de Ducos

PHOTOCHIROMOGRAPHIE À RÉSEAU
POLYCHROME

76. — Dans le mémoire qu'il publia, en 1869, sous le titre : *Les Couleurs en Photographie, solution du problème*, M. Louis Ducos du Hauron avait indiqué un procédé permettant de faire le triage et la synthèse des couleurs au moyen d'une surface unique (¹). Une surface transparente, glace, membrane ou pellicule, entièrement recouverte de raies, alternativement rouge orangé, vertes et bleu violet, aussi minces que possible, d'égale largeur et sans solution de continuité, est placée contre une plaque sensible (panchromatique) dans la chambre noire, de façon que la lumière traverse d'abord ce réseau coloré. On pose, développe et fixe comme d'ordinaire. Du négatif ainsi obtenu, on tire un positif transparent sur lequel on place un réseau identique à celui qui a été employé dans la chambre noire. Si la position de ce réseau est

(¹) On trouvera la description détaillée de ce procédé dans le Chap. XV de l'ouvrage de M. Alcide Ducos du Hauron : *La Triplice Photographique des Couleurs et l'Imprimerie*.

convenablement réglée, on voit une reproduction polychrome de l'original.

Tout récemment, M. Joly, de Dublin, a mis ce procédé en pratique, en s'en attribuant à tort l'invention. La seule différence qu'il y a dans le procédé Joly est que les raies de l'écran positif sont respectivement *rouge carmin, vert et bleu*.

De telles images peuvent être projetées ; mais si les couleurs sont à peu près rendues, les objets semblent vus à travers un grillage, ce qui produit un effet d'autant plus désagréable que les images sont regardées de plus près.

CONCLUSION

—

77. — La méthode interférentielle de photographie des couleurs du professeur G. Lippmann est la seule qui donne une reproduction rigoureusement fidèle des couleurs de l'original; elle constitue, en outre, une magnifique confirmation de la théorie de Young et de Fresnel.

On ne peut lui faire que deux reproches :

1^o La délicatesse de sa mise en pratique, due à la structure excessivement délicate que doit avoir le dépôt stratifié d'argent. « En opérant avec des poids de substances aussi égaux que peuvent les donner les balances et les instruments de mesure les plus perfectionnés, disent MM. Lumière (1), en séparant les opérations successives par les mêmes intervalles de temps, en se plaçant dans des conditions aussi iden-

(1) A. et L. LUMIÈRE. — *La Photographie des couleurs; ses méthodes et ses résultats*. Bulletin de la Société française de Photographie, 1^{er} février 1896, p. 66.

tiques que possible de température, de degré hygrométrique, de milieu, etc., on ne peut produire les mêmes résultats avec constance ».

2^e Chaque opération ne donne qu'une seule épreuve; comme du temps du daguerréotype, il faut faire autant de poses à la chambre noire qu'on désire de copies.

Mais il viendra peut-être un jour où l'on pourra aisément reproduire et multiplier les photochromies interférentielles. Et d'ailleurs, faut-il reprocher cette difficulté à la méthode de M. Lippmann? « Si la multiplicité a son mérite, dit M. Alcide Duccos du Hauron (¹); la rareté a aussi le sien. Qu'on demande à l'heureux propriétaire d'une toile signée par un grand artiste, s'il serait bien aisément que son tableau eût, de par le monde, des sosies plus ou moins nombreux; sa réponse est connue d'avance, il se récriera de toutes ses forces. Sans doute, la souveraine puissance fait foisonner la rose, surnommée la reine des fleurs; mais cette souveraine puissance a isolé le diamant dans une prestigieuse solitude. »

Quant aux autres méthodes directes de photographie des couleurs, leurs résultats sont actuellement loin d'être complets.

¹ A. DUCOS DU HAURON. — *Triplice photographique des Couleurs*, p. 87.

La méthode indirecte de photographie des couleurs de MM. Charles Cros et Louis Ducos du Hauron n'est, en réalité, qu'une solution approchée du problème de la photographie des couleurs. Mais l'approximation peut être poussée assez loin pour donner l'illusion de la réalité, comme en témoignent les belles épreuves obtenues par MM. Lumière.

En outre, la méthode indirecte a le grand avantage de se plier aisément à la multiplication des épreuves, notamment aux tirages photo-mécaniques. MM. Prieur et Dubois, de Puteaux, ont obtenu dans cette voie de magnifiques résultats qui montrent le brillant avenir industriel réservé à cette méthode.

Le seul reproche qu'on puisse lui adresser est d'exiger trois opérations pour la prise des clichés; on a bien essayé de faire les trois poses simultanément, soit sur une même plaque, soit sur trois plaques différentes. Mais, jusqu'à présent, il semble préférable, au point de vue industriel, de faire trois poses distinctes.

BIBLIOGRAPHIE

I. OUVRAGES

- ZENKER. — *Lehrbuch der Photochromie*, Berlin, 1868.
- LOUIS DUCOS DU HAURON. — *Les couleurs en photographie, solution du problème*, Paris, A. Marion, 1869.
- *Les couleurs en photographie et, en particulier, l'héliochromie au charbon*, Paris, A. Marion, éditeur, 1870.
- *L'héliochromie. Méthode perfectionnée pour la formation et la superposition des trois monochromes constitutifs des héliochromies à la gélatine*, Mémoire dédié à la Société d'Agriculture, Sciences et Arts, d'Agen, 12 pages in-8°, Agen, imprimerie de Prosper Noubel, 5 avril 1875.
- *L'héliochromie; nouvelles recherches sur les négatifs héliochromiques; la rapidité trouvée; le paysage et le portrait d'après nature*, Mémoire dédié à la Société d'agriculture,.... Agen, imprimerie de Prosper Noubel, 6 septembre 1875.
- *Traité pratique de photographie des couleurs; système d'héliochromie Louis Ducos du Hauron*, Paris, Gautier-Villars, éditeur, 1878.
- ALCIDE DUCOS DU HAURON. — *La triplice photographique des couleurs et l'imprimerie, système de photochromographie Louis Ducos du Hauron*, Nouveau — *La Photographie des Couleurs*

velles descriptions théoriques et pratiques mises en rapport avec les progrès généraux de la photographie, de l'optique et des diverses sortes de phototirages soit industriels, soit d'amateurs. Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1897.

- ALCIDE DUCOS DU HAURON. — *La Photographie des Couleurs et les découvertes de Louis Ducos du Hauron*. Paris, A. L. Guyot, éditeur, 1899.
- BERGET (ALPHONSE). — *Photographie des couleurs par la méthode interférentielle de M. Lippmann*. Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1891.
- BONACINI (Dr G.). — *La fotografia dei colori*. Noeph, Milano, 1892.
- CALMETTE. — *Lumière, couleur et photographie*. Paris, Société d'éditions scientifiques, 5, rue Antoine-Dubois, 1892.
- DAVID (L.) und SCOTT (G.). — *Die orthoskiagraphische Photographie*. Halle, Konapp, éditeur, 1890.
- DUMOULIN. — *Les couleurs reproduites en photographie. Historique, théorie et pratique*. Paris, Gauthier-Villars, 1876.
- MATHET. — *Étude théorique et pratique sur les procédés isochromatiques ou orthochromatiques, avec trois planches hors texte*. Paris, 1890.
- MATHET (L.). — *Guide pratique pour l'emploi des surfaces orthochromatiques*. Paris, 1891.
- NIEWENGLOWSKI (G.-H.) et A. ERNAULF. — *Les Couleurs et la Photographie. Reproduction photographique directe des couleurs. Historique, théorie, pratique*. Paris, Société d'éditions scientifiques, 1895.
- *La photographie directe des couleurs*. Paris, Société d'éditions scientifiques, 1896.

- NIEWENGLAWSKI (J.-H.). — *Les progrès de la photographie des couleurs*, Paris, Société d'éditions scientifiques, 1899.
- NAUDET (G.). — *La photographie des couleurs à la portée de tous*, Paris, H. Desforges, éditeur, 11, quai des Grands-Augustins, 1899.
- ROUX (V.). — *Photographie isochromatique*, Paris, Gauthier-Villars, 1887.
- RUCKERT. — *La photographie des couleurs*, Paris, Schleicher frères, éditeurs, 1891.
- VIDAT (Léon). — *Manuel d'orthochromatisme*, Paris, Gauthier-Villars, 1891.
- *Photographie des couleurs. Sélection photographique des couleurs primaires. Son application à l'exécution des clichés et des tirages propres à la production d'images polychromes à trois couleurs*, Paris, Gauthier-Villars, 1897.
- LIESEGANG. — *Die Heliocromie; das problem der photographie natürlichen Farben, eine Zusammenstellung der hierauf bezüglichen Arbeiten von Bequerel, Nièze und Poiterin*, Düsseldorf.
- VOGEL. — *La photographie des objets colorés avec leurs couleurs vives*, traduit de l'allemand par H. Gauthier-Villars, Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1887.
- HÜNT (Arthur, Freiherr von k. u. k. Meyor, Vorstand der technischen Gruppe im k. u. k. militär, Geographischen Institute in Wien). — *Die Dreifarbenphotographie mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarben-durches u. s. w.* Wilhelm Knapp, Halle a. S., 1897.
- ZANDER (C.-G.). — *Photo-Trichromatic Printing*, London, Raithley, Lawrence and C°, 1896.

- LENZ (TH.). — *Die Farben-Photographie. Eine kurze Zusammenstellung ihrer verschiedenen Methoden.* Braunschweig, Verlag der Ramdohr'schen Buchhandlung, 1897.
- ABNEY (CAPTAIN). — *The Scientific Requirements of Colour Photography.* Londres, Henri Fronde, Amen Corner E. C.
- F. DROUIN. — *Photographie des couleurs. Procédés par impression en couleurs fondamentales. Obtention des clichés. Obtention des épreuves. Projections en couleurs ; chromoscopes. Méthode interférentielle. Procédés divers.* Paris, Charles Mendel, éditeur.
- NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — *La photographie et la photochimie*, un volume de la Bibliothèque scientifique internationale. Paris, Félix Alcan, éditeur, 1897.
- Dr NEUHAUSS. — *Die Farbenphotographie nach Lipmann's Verfahren.* Halle, W. Knapp, éditeur, 1898.
- AUSTIN (A.-C.). — *Practical half-tone and tri-color engraving.* The Practical Photo Co. Buffalo (N. Y.) Amérique.

II. PÉRIODIQUES FRANÇAIS

- G.-H. NIEWENGLOWSKI et L.-P. CLERC. — *Journal La Photographie*; H. Desforges, éditeur. *Procédés généraux de la photographie ; tirages photochimiques utilisables à la production des trois monochromes...* (1889-seq).

COMPTES-RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADEMIE DES SCIENCES

Procédés directs

- BIANCHI. — *Image photographique dans laquelle des tons rougeâtres semblent correspondre à la couleur*

- rouge de quelques-uns des objets figurés*, t. X,
p. 41 (1841).
- EDMOND BECQUEREL. — *Image photographique colorée
du spectre solaire*, t. XXVI, p. 181.
- *De l'image photochromatique du spectre solaire et
des images obtenues dans la chambre obscure*,
t. XXVII, 483.
- REGNault. — *Rapport sur le mémoire précédent*,
t. XXVIII, p. 200.
- NIEPCE DE SAINT-VICTOR. — *Note sur la photographie
chromatique*, XXXII, 834, et XXXII, 862.
- *Mémoires sur l'héliochromie*, XXXIV, 215; XXXV,
691; LIV, 284; LVI, 90; LXIII, 567.
- BECQUEREL. — *Remarques sur le 2^e de ces mémoires*,
XXXV, 297.
- ARAGO. — *Réponses à ces remarques*, XXXV, 298.
- CHEVREUL. — *Remarque sur l'avant-dernière note de
Niepce de Saint-Victor*, LIV, 299.
- NIEPCE DE SAINT-VICTOR. — *Sur l'obtention des noirs
en héliochromie*, LXI, 698.
- CHEVREUL. — *Remarques à cette occasion*, LXI, 699
et 701.
- PIÉ. — *Note concernant la découverte d'une substance
qui permettrait d'obtenir sur papier des images
photographiques reproduisant les couleurs naturelles
des objets représentés*. LXVII, 584.
- G. LIEPMANN. — *La photographie des couleurs*, 1891,
I, p. 274.
- ED. BECQUEREL. — *Observation sur la communication
précédente*, 1891, I, p. 271.
- LABATUT. — *L'absorption et la photographie des cou-
leurs*, 1891, II, p. 196.

G. LIPPmann. — *Sur la photographie des couleurs*, 1892, I, p. 961.

G. LIPPmann. — *Photographie colorée du spectre sur albumine et sur gelatine bichromatées*, 1892, II, p. 575.
— *Sur la théorie de la photographie des couleurs simples et composées, par la méthode interférentielle*, 1896, I, p. 961.

Procédés indirects

NIEPCE DE SAINT-VICTOR. — *Procédé pour obtenir des images photographiques de couleur rouge, verte, violette et bleue*; XLVIII, 750.

CHARLES CROS. — *Procédés d'enregistrement et de reproduction des couleurs, des formes et des mouvements*: note contenue dans un pli cacheté déposé le 2 décembre 1867, LXXXII, 1514.

EDMOND BEQUEREL. — *Note au sujet du procédé de Ch. Cros*, LXXXIII, 11.

CHARLES CROS. — *Note sur la photographie des couleurs*, LXXXIII, 291.

ED. BEQUEREL. — *Note sur cette communication*, LXXXIII, 291.

CHARLES CROS. — *Sur la classification des couleurs et sur les moyens de reproduire les apparences colorées par trois clichés photographiques spéciaux*, LXXXVII, 1026, et LXXXVIII, p. 119.

— *De l'action des différentes lumières colorées sur une couche de bromure d'argent imprégnée de diverses matières colorantes organiques*, LXXXVIII, 379 (1869).

— *Note concernant son procédé*, LXXXIII, 135.

CHARLES CROS et J. CARPENTIER. — *Photographie des*

- couleurs par teinture de couches d'albumine coagulée*, 1881, I, p. 150¹.
- EDMOND BECQUEREL. — *Observations sur la communication précédente*, 1881, p. 1505.
- A. et L. LUMIÈRE. — *Sur la photographie en couleurs naturelles, par la méthode indirecte*, 1895, I, p. 875.
- GEORGES-ADOLphe RICHARD. — *Photographie en couleurs; substitution des couleurs organiques à l'argent réduit des plaques photographiques*, 1896, I, p. 609.
- STEINHEIL. — *Reproduction des couleurs en chromotypographie et système simple de notation des couleurs*, 1896, I.

ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE

- De l'image photographique colorée du spectre solaire*, par ED. BECQUEREL, XXII, 451.
- De l'image photochromatique du spectre solaire et des images colorées obtenues à la chambre obscure*, par ED. BECQUEREL, XXV, 447.
- Sur la fixation des couleurs*, par NIÉPCE DE SAINT-VICTOR, XXXII, 373.
- Recherches sur les impressions colorées produites lors de l'action chimique de la lumière*, par ED. BECQUEREL, XLII, 81.
- Sur la photographie des couleurs*, par G. MESLIN, XXVII, 369.

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE

Procédés directs

- TESTUD DE BEAUREGARD. — *Les couleurs naturelles reproduites photographiquement*, t. I, p. 156 (1855).

- TESTUD DE BEAUREGARD. — *Deuxième communication sur son procédé*, I, 179 et 1881.
 — *Épreuves colorées et explication sur leur mode d'obtention*, III, 86 et 116 (1857).
- EDMOND BEQUEREL. — *Observations sur la communication de M. Testud de Beauregard*, I, 156.
 — *Reproduction des couleurs naturelles au moyen de la lumière*, IV, 6 (1858).
- REGNAULT. — *Observations sur le procédé d'Edmond Bequerel*, IV, 17.
- SAINT-EDME. — *Exposé des recherches d'Edmond Bequerel*, IX, 129 et 130 (1863).
- NIEPCE DE SAINT-VICTOR. — *Ses procédés*, V, 151 (1859); VIII, III (1862) et IX, 21 (1863).
- MAGNET. — *Reproduction accidentelle des couleurs naturelles*, IV, 278.
- RAYMOND. — *Même sujet*, IV, 284.
- TOUSSAINT. — *Reproduction des couleurs naturelles sur plaques*, VI, 127 (1860).
- NIEPCE DE SAINT-VICTOR. — *Obtention des noirs*, XI, 287 (1865).
- CHEVREUL. — *Observations à ce sujet*, XI, 311.
- WARTON SIMPSON. — *Reproduction des couleurs*, XII, 67 (1866).
- NIEPCE DE SAINT-VICTOR. — *Sixième mémoire sur l'héliochromie*, XII, 253.
- CHEVREUL. — *Observations au sujet de la communication précédente*, XII, 295.
- POITEVIN. — *Nouvelle communication sur l'héliochromie*, XII, 318.
- NIEPCE DE SAINT-VICTOR. — *Mémoire sur l'héliochromie*, XIII, 295.

- WARREN DE LA RUE. — *Observations sur les épreuves en couleur obtenues par M. Ed. Becquerel*, XIV, 291.
- A. DAVANNE. — *Rapport sur la photographie des couleurs à l'Exposition universelle de 1867*, XIV, 191.
- DE SAINT-FLORENT. — *Notes diverses*, XIX, 228; XX, 18, 53, 72 et 103.
- GABRIEL REY. — *Héliochromie et photochromie*, 1876.
- DE SAINT-FLORENT. — *Note sur l'héliochromie*, 1882.
- CAREY LEA. — *De l'héliochromie et de l'image photographique latente*, 1888 (2^e série, IV), p. 225-247.
- VALLOT. — *Héliochromie sur papier*, 1889, p. 96, et 1890, p. 208.
- DE SAINT-FLORENT. — *Id.*, 1890, p. 228.
- *Notes sur l'héliochromie*, 1891, p. 319; 1892, pp. 661 et 663.
- R. KOPP. — *Héliochromie sur papier*, 1893, p. 31.
- A. et L. LUMIÈRE. — *Mise en pratique du procédé Lippmann*, 1893, p. 249.
- VALENTA. — *Remarques diverses*, 1893, p. 63.
- IVES. — *Contestations*, 1893, p. 285.
- VALENTA. — *Pratique du procédé interférentiel*, 1894, pp. 128 et 238.
- DE SAINT-FLORENT. — *Héliochromie sur verre*, 1895, pp. 229 et 296.
- KOLKOW. — *Photographie interférentielle*, 1895, p. 473.
- R. COLSON. — *Fixage des couleurs sur papier*, 1895, p. 589.
- A. et L. LUMIÈRE. — *La photographie des couleurs; méthodes et résultats*, 1896, p. 66.
- DE SAINT-FLORENT. — *Photographie des couleurs sur papier*, 1896, p. 252 et 287.

GRABY. — *Fixage des couleurs sur papier* (1), 1896,
p. 481.

Procédés indirects

- DUCOS DU HAURON. — *Lettre sur son procédé*, XV, 122.
DAVANNE. — *Explications sur les procédés de MM. Ducos du Hauron et Ch. Cros*, XV, 123.
DUCOS DU HAURON. — Extrait de son ouvrage sur les *Couleurs en photographie*, XV, 152.
CHARLES CROS. — *Lettre au sujet de la question de priorité*, XV, 177.
LOUIS DUCOS DU HAURON. — *Épreuves et communication à ce sujet*, XV, 180.
CH. CROS. — *Reproduction de sa brochure*, XV, 185.
GEORGES POIRÉE. — *Sur le procédé Ducos du Hauron*, XV, 311 et XVI, 65.
DUCOS DU HAURON. — *Communication*, XVI, 68.
LÉON VIDAL. — *Polychromie photographique*, XIX, 211.
— *Mémoire sur la polychromie*, XX, 25.
LARUCHE. — *Son procédé*, XIX, 282.
DUCOS DU HAURON. — *Notes diverses*, XX, 136, 163,
216 et 298.
GEYMET. — *Communication*, XX, 366.
ECKERT. — *Photochromolithographie*, XX, 16.
FERRIER. — *Observations au sujet de la communication précédente*, XX, 17.
LOUIS DUCOS DU HAURON. — *Nouvelle lettre sur l'héliochromie*, 1875, p. 48.

(1) V. en réponse à cette note : L.-P. CLERC. — *La Photographie*, 1896, p. 155 (octobre 1896).

- CHARLES CROS présente des épreuves polychromes et donne lecture du pli cacheté qu'il a déposé en 1861 à l'Académie des Sciences et fait ouvrir en 1876, 1876, p. 174.
- LOUIS DUCCOS DU HAUVRON. — *Fait présenter par Klerjot des épreuves polychromes et les verres colorés qui ont servi au triage des couleurs*, 1876, p. 177.
- CHARLES CROS. — *Note sur la classification des couleurs et sur les moyens de les reproduire par la photographie*, 1879, p. 23.
- L. VIDAL. — *Impossibilité de l'application industrielle de la solution photographique des couleurs de Cros et Duccos du Hauvron*, 1891, p. 155.
- *Projections polychromes*, 1892, p. 158.
- *Chromographie Nachet*, 1895, p. 564.
- G. RICHARD. — *Substitution de couleurs organiques à l'argent réduit des épreuves positives*, 1896, p. 116.
- L. VIDAL. — *Chromographie Nachet*, 1896, p. 312.
- A. ET L. LUMIÈRE. — *La photographie des couleurs, méthodes et résultats*, 1896, p. 66.
- L. VIDAL. — *Chromoscopie Nachet*, 1897, p. 225.
- IVES. — *Réclamations de priorité*, 1897, p. 451.
- L. VIDAL ET E. WALLON. — *Réponses à M. Ives*, 1897, p. 545-547.
- KLERJOT. — *Obtention des trois phototypes*, 1897, p. 45.
- E. WALLON. — *Rapport sur le pris Janssen*, 1897, p. 202.
- *Chromographoscope Duccos du Hauvron*, 1898, p. 80.
- CN. GRAVIER. — *Tirages chromophotographiques au charbon*, par M. CHAUPE, 1898, p. 64.

- L. VIDAL. — *Épreuves à réseau polychrome de Joly*, 1898, p. 153.
- MONPILLARD. — *Application de l'orthoéchromatisme à la microphotographie au point de vue de la sélection*, 1898, p. 310.
- MONPILLARD. — *Épreuves imprimées en trois couleurs dans les ateliers de M. Prieur*, 1898, p. 409.
- *Paysage d'après nature : interprétation de quelques défauts*, 1898, p. 534.
- *Reproduction trichrome d'une cristallisation d'acide picrique examinée au microscope polariseur*, 1898, p. 595.
-

TABLE DES MATIÈRES

| | Pages |
|---|-------|
| PREFACE DE M. LIPPmann | 5 |
| CHAPITRE PREMIER | |
| <i>Historique</i> | 9 |
| CHAPITRE II | |
| <i>Notions générales sur les couleurs</i> | 21 |
| PREMIÈRE PARTIE | |
| LA REPRODUCTION DIRECTE DES COULEURS (CHROMOPHOTOGRAPHIE) | |
| CHAPITRE III | |
| <i>Méthode interférentielle de M. Lippmann</i> | 27 |
| Interférences, ondes stationnaires. | 27 |
| Principe de l'expérience | 35 |
| Pratique de la chromophotographie | 45 |
| Théorie mathématique | 56 |
| CHAPITRE IV | |
| <i>Expériences d'Edmond Becquerel</i> , | 75 |
| Expériences de Poitevin | 86 |
| CHAPITRE V | |
| <i>Idées de Wiener sur la photographie des couleurs</i> | 93 |

DEUXIÈME PARTIE

LA REPRODUCTION INDIRECTE DES COULEURS
(PHOTOCHROMOGRAPHIE)

| | Pages |
|--|-------|
| CHAPITRE VI | |
| <i>Principes généraux</i> | 107 |
| Photochromographie par addition de lumières | 114 |
| Photochromographie par superposition de pigments | 117 |
| CHAPITRE VII | |
| <i>Pratique de la photochromographie par superposition de pigments</i> | 125 |
| Choix des couleurs primitives | 125 |
| Analyse des couleurs | 128 |
| Les plaques sensibles | 134 |
| Les filtres | 135 |
| Contrôle des négatifs | 139 |
| CHAPITRE VIII | |
| <i>Synthèse durable des couleurs; modes d'impression</i> | 144 |
| CHAPITRE IX | |
| <i>Pratique de la photochromographie par addition de lumières</i> | 152 |
| Synthèse temporaire des couleurs | 154 |
| Synthèse durable (réseau polychrome) | 171 |
| CONCLUSION | 173 |
| BIBLIOGRAPHIE | 177 |

ST-AMAND (CHER), IMPRIMERIE DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRES

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoy franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine.

Camille ROCHE,

Ancien Ingénieur de la Marine.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.):

TOME I: Thermodynamique. Puissance des machines, diagrammes et formules. Indicateurs. Organes. Régulation. Épures. Distribution et changement de marche. Alimentation etc.; xi-604 pages, avec 412 figures; 1895. **20 fr.**

TOME II: Volants régulateurs. Classification des machines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints. Montage et essais. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction; iv-560 pages, avec 281 figures; 1895. **18 fr.**

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,

Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ing^r Insp^r p^{re} aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). **15 fr.**

CHEMINS DE FER.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. — LA CHAUDIÈRE.

PAR

E. DEHARME,

Ing^r principal à la Compagnie du Midi. | Ing^r Insp^r p^{re} aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8 de vi-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). **15 fr.**

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAXX, Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... **20 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par Lucien GESCHWIND, Ingénieur-Chimiste.

Un volume grand in-8, de VIII-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). **10 fr.**

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES,

Par C. BRICKA,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de VIII-634 pages avec 326 figures; 1894..... **20 fr.**

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 709 pages, avec 177 figures; 1894..... **20 fr.**

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale,

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. **20 fr.**

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale,

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Poteaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894..... **20 fr.**

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts. — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Ferments des charpentes et menuiseries. Poutres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894..... **20 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ÉLÉMÉNTS ET ORGANES DES MACHINES

Par Al. GOUILLY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 740 FIG.; 1894 (E. I.).... 12 FR.

BLANCHIMENT ET APPRÊTS TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufactures nationales des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien Préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHANTILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1893 (E. I.).... 30 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par A. CRONEAU,

Ingénieur de la Marine,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I: Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de navires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages avec 905 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4^e doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II: Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouvertures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. — Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTE A TRAVÉES MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par Ernest HENRY,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P. ...) 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.
PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par E. BOURRY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 733 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

RÉSUMÉ DU COURS DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Par J. HIRSCH,

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,

Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

2^e édition. Gr. in-8 de 510 p. avec 314 fig.; 1898 (E. T. P.). 18 fr.

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par Henri DE LAPPARENT,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAI, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GR. IN-8 DE XII-533 P., AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES; 1895 (E.I.) 12 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par A. JOANNIS,

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,

Charge de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1896 (E. I.).

TOME I: 688 p., avec fig.; 1896. 20 fr. | TOME II: 718 p., avec fig.; 1896. 15 fr.

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par G. LECHALAS, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.).

TOME I; 1889; 20 fr. — TOME II (1^{re} partie; 1893); 10 fr. 2^{re} partie; 1898; 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par H. LORENZ,

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR, PAR

P. PETIT,

Prof. à la Faculté des Sciences de Nancy,
Directeur de l'Ecole de Brasserie.

J. JAQUET,

Ingénieur civil,

Un volume de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898..... 7 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par Maurice D'OCAGNE,

Ing. et Prof. à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

GR. IN-8, DE XI-428 P., AVEC 340 FIG.; 1896 (E. T. P.).... 12 FR.

LES ASSOCIATIONS OUVRIÈRES

ET LES ASSOCIATIONS PATRONALES,

Par P. HUBERT-VALLEROUX,

Avocat à la Cour de Paris, Docteur en Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES; 1899 (E. L.)..... 10 FR.

TRAITÉ DES FOURLS A GAZ

A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE.

DETERMINATION DE LEURS DIMENSIONS.

Par Friedrich TOLDT,

Ingénieur, Professeur à l'Académie impériale des Mines de Leoben.

TRADUIT DE L'ALLEMAND SUR LA 2^e ÉDITION REVUE ET DÉVELOPPÉE PAR L'AUTEUR,

Par F. DOMMER,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

Un volume grand in-8 de 292 pages, avec 68 figures; 1900 (E. L.). 11 fr.

ANALYSE INFINITÉSIMALE

A L'USAGE DES INGÉNIEURS,

Par E. ROUCHÉ et L. LÉVY,

2 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES (E. T. P.):

TOME I: *Calcul différentiel*, VIII-557 pages, avec 35 figures; 1900..... 15 fr.

TOME II: *Calcul intégral*..... (sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

PREMIERS PRINCIPES
D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

PILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS,

Par Paul JANET,

Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris,
Directeur de l'École supérieure d'Électricité.

Quatrième édition entièrement refondue. — In-8, avec 169 figures; 1901. **6 fr.**

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et
14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE
COMPLET) **72 fr.**

On vend séparément :

TOME I. — **9 fr.**

(*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec
150 figures et 1 planche **5 fr.**
2^{er} fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... **4 fr.**

TOME II. — **15 fr.**

(*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. **5 fr.**
(*) 2^{er} fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... **5 fr.**
3^{er} fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures **5 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

| | |
|--|--------|
| 1 ^{er} fascicule. — <i>Acoustique</i> ; avec 123 figures..... | 4 fr. |
| (*) 2 ^e fascicule. — <i>Optique géométrique</i> ; avec 139 figures et 3 planches..... | 4 fr. |
| 3 ^e fascicule. — <i>Etude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique</i> ; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... | 14 fr. |

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

| | |
|---|-------|
| 1 ^{er} fascicule. — <i>Gravitation universelle. Électricité statique</i> ; avec 155 figures et 1 planche | 7 fr. |
| 2 ^e fascicule. — <i>La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques</i> ; avec 161 figures et 1 planche..... | 6 fr. |

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

| | |
|---|-------|
| 3 ^e fascicule. — <i>Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction</i> ; avec 240 figures | 8 fr. |
| 4 ^e fascicule. — <i>Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales</i> ; avec 84 figures et 1 planche..... | 5 fr. |

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

2^e SUPPLÉMENT. — *Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X*; par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LEÇONS

D'ÉLECTROTECHNIQUE GÉNÉRALE

PROFESSÉES À L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

Par P. JANET,

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris,
Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 307 FIGURES; 1900..... 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES
D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AU CERTIFICAT D'ÉTUDES PHYSIQUES,
CHIMIQUES ET NATURELLES (P. C. N.).

Par Ch. FABRY,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Un volume in-8, avec 205 figures: 1898..... 7 fr. 50 c.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE
DE
MÉTÉORLOGIE

Par Alfred ANGOT,

Météorologiste titulaire au Bureau Central météorologique,
Professeur à l'Institut national agronomique et à l'Ecole supérieure
de Marine.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 103 FIG. ET 4 PL.; 1899. 12 FR.

MANUEL DE L'EXPLORATEUR

PROCÉDÉS DE LEVERS RAPIDES ET DE DÉTAILS
DÉTERMINATION ASTRONOMIQUE DES POSITIONS GÉOGRAPHIQUES,

PAR

E. BLIM,

Ingénieur-chef du service des Ponts
et Chaussées de Cochinchine.

M. ROLLET DE L'ISLE,

Ingénieur hydrographe
de la Marine.

UN VOLUME IN-18 JÉSUS, AVEC 90 FIGURES MODÈLES D'OBSERVATIONS
OU DE CARNETS DE LEVERS; CARTONNAGE SOUPLE; 1899.. 5 FR.

TRAITÉ DE NOMOGRAPHIE.

THÉORIE DES ABAQUES. APPLICATIONS PRATIQUES.

Par Maurice d'OCAGNE,

Ingénieur des Ponts et Chaussées,

Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,

Répétiteur à l'École Polytechnique.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 177 FIGURES ET 1 PLANCHE; 1899.

Broché..... 14 fr. | Relié (cuir souple)..... 17 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ
DE LA
FABRICATION DES LIQUEURS
ET DE LA
DISTILLATION DES ALCOOLS,

Par **P. DUPLAIS** Ainé,
SEPTIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFONDUE

PAR

Marcel ARPIN,
Chimiste industriel.

Ernest PORTIER,
Répétiteur de Technologie agricole
à l'Institut agronomique.

DEUX VOLUMES IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT; 1900.

TOME I : *Les Alcools*. Volume de VIII-613 pages avec 68 figures **8 fr.**
TOME II : *Les Liqueurs*. Volume de 606 pages avec 69 figures **10 fr.**

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FILS,

Par **André BROCA**,
Professeur agrégé de Physique à la Faculté de Médecine.
Un volume in-18 jésus, avec 35 figures; 1890 **3 fr. 50 c.**

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ
AVEC LES PRINCIPALES APPLICATIONS,

Par **R. COLSON**,
Commandant du Génie, Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.
3^e édition entièrement refondue. In-18 jésus, avec 91 fig.; 1900. **3 fr. 75 c.**

DE PARIS AUX MINES D'OR
DE L'AUSTRALIE OCCIDENTALE,

Par **O. CHEMIN**,
Ingénieur en chef des Ponts et Chausées.
Volume in-8 de 370 pages, avec 116 figures dont 111 photogravures, 7 cartes
et 2 planches; 1900 **6 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
annexé à l'Université de Liège,

Par Éric GÉRARD,
Directeur de cet Institut.

6^e ÉDITION, DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.
TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques*; avec 388 figures; 1899..... 12 fr.
TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'Électricité à la téléphonie, à la télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage, à la métallurgie et à la chimie industrielle*; avec 387 figures; 1900..... 12 fr.

TRACTION ÉLECTRIQUE,

Par Éric GÉRARD,
(Extrait des *Leçons sur l'Électricité* du même Auteur.)
Volume grand in-8 de vi-136 pages, avec 92 figures; 1900..... 3 fr. 50 c.

LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES DANS LES GAZ,

Par J.-J. THOMSON, D. Sc. F. R. S.
OUVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS, AVEC DES NOTES; PAR LOUIS BARBILLION,
ET UNE PRÉFACE DE CH. ED. GUILLAUME.
Volume in-8 de xiv-472 pages, avec 41 figures; 1900..... 5 fr.

TRAITÉ DE MAGNÉTISME TERRESTRE,

Par E. MASCART,
Membre de l'Institut.
Volume grand in-8 de vi-411 pages, avec 94 figures; 1900..... 15 fr.

ESSAIS SUR LA PHILOSOPHIE DES SCIENCES,

ANALYSE. — MÉCANIQUE.
Par C. DE FREYCINET, de l'Institut.
2^e édition, In-8 de xiii-336 pages; 1900..... 6 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LECONS D'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

à l'usage des Élèves de Mathématiques spéciales,

Par E. WALLON,

Ancien Élève de l'École Normale supérieure,
Professeur au Lycée Janson de Sailly.

Un volume grand in-8, avec 169 figures: 1900 9 fr.

LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

EXPOSÉ DES ÉLÉMENS DE LA THÉORIE DES ENSEMBLES
AVEC DES APPLICATIONS A LA THÉORIE DES FONCTIONS,

Par Émile BOREL,

Maitre de Conférences à l'École Normale supérieure.

Un volume grand in-8; 1898 3 fr. 50 c.

LEÇONS SUR LES FONCTIONS ENTIERES,

NOUVELLES LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS.

Par Émile BOREL,

Maitre de Conférences à l'École Normale supérieure.

Un volume grand in-8: 1900 3 fr. 50 c.

ÉLÉMENS DE LA THÉORIE DES NOMBRES

*Congruences. Formes quadratiques. Nombres incommensurables.
Questions diverses.*

Par E. CAHEN,

Ancien Élève de l'École Normale supérieure,
Professeur de mathématiques spéciales au Collège Rollin.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE VIII-403 PAGES; 1900 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

THÉORIE
DES
FONCTIONS ALGÉBRIQUES
DE DEUX VARIABLES INDÉPENDANTES,

PAR
Émile PICARD, | SIMART,
Membre de l'Institut, | Capitaine de Frégate,
Professeur à l'Université de Paris. | Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I. Volume de vi-256 pages, avec figures; 1897..... 9 fr.
TOME II. (1^{er} fascicule 206 p.) Prix du volume complet pour les souscripteurs;
1900..... 14 fr.

LEÇONS
SUR LA
THÉORIE DES FORMES
ET LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE SUPÉRIEURE,
à l'usage des *Étudiants des Facultés des Sciences*.

Par H. ANDOYER,
Maitre de Conférences à l'Ecole Normale supérieure.
DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :
TOME I : Volume de vi-508 pages; 1900..... 15 fr.
TOME II..... (*En préparation.*)

RECUEIL DE PROBLÈMES
DE
GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE
A L'USAGE DES ÉLÈVES DE MATHÉMATIQUES SPÉCIALES
SOLUTIONS DES PROBLÈMES DONNÉS AU CONCOURS D'ADMISSION A L'ÉCOLE
POLYTECHNIQUE DE 1860 à 1900.

Par F. MICHEL,
Ancien Élève de l'Ecole Polytechnique.
Volume in-8 de vi-340 pages, avec 70 figures; 1900..... 6 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ
DE
MÉCANIQUE RATIONNELLE

Par P. APPELL,

Membre de l'Institut,
Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

| | |
|--|--------|
| TOME I : <i>Statique, Dynamique du point</i> , avec 178 figures ; 1893..... | 16 fr. |
| TOME II : <i>Dynamique des systèmes. Mécanique analytique</i> , avec fig. ; 1896. 16 fr. | |
| TOME III : <i>Équilibre et mouvement des milieux continus</i> (Un fascicule de 224 pages a paru). Prix du volume complet pour les souscripteurs..... | 25 fr. |

LEÇONS NOUVELLES
D'ANALYSE INFINITÉSIMALE
ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES.

Par Ch. MÉRAY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique.

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

| | |
|---|--------|
| I ^e PARTIE : Principes généraux ; 1894 | 13 fr. |
| II ^e PARTIE : Étude monographique des principales fonctions d'une variable ; 1895..... | 14 fr. |
| III ^e PARTIE : Questions analytiques classiques ; 1897..... | 6 fr. |
| IV ^e PARTIE : Applications géométriques classiques ; 1898..... | 7 fr. |

TRAITÉ D'ASTRONOMIE STELLAIRE

Par CH. ANDRÉ,

Directeur de l'Observatoire de Lyon, Professeur d'Astronomie
à l'Université de Lyon.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

| | |
|---|----------------|
| I ^e PARTIE : Étoiles simples, avec 29 figures et 2 planches ; 1899..... | 9 fr. |
| II ^e PARTIE : Étoiles doubles et multiples. Amas stellaires, avec 73 figures et 3 planches ; 1900..... | 14 fr. |
| III ^e PARTIE : Photométrie, Photographie. Spectroscopie..... | (Sous presse.) |

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

MANUEL PRATIQUE DE PHOTOGRAPHIE AU CHARBON,

Par E. BELIN.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1900 2 fr.

REPRODUCTION DES GRAVURES, DESSINS, PLANS, MANUSCRITS,

Par A. COURRÈGES. Praticien.

In-18 jésus, avec figures; 1900 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par A. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens... 32 fr.
Chaque volume se vend séparément 16 fr.

PRINCIPES ET PRATIQUE D'ART EN PHOTOGRAPHIE,

LE PAYSAGE,

Par Frédéric DILLAYE.

Un volume in-8 avec 32 figures et 34 photographies de paysages; 1899. 5 fr.

FORMULES, RECETTES ET TABLES POUR LA PHOTOGRAPHIE ET LES PROCÉDÉS DE REPRODUCTION,

Par le Dr J.-M. EDER.

Édition revue par l'auteur et traduite de l'allemand,

Par G. BRAUN fils.

Un volume in-18 jésus de 185 pages; 1900 4 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... **48** fr.
Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892 **14** fr.
2^{de} Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. **14** fr.
Les 6 volumes se vendent ensemble..... **72** fr.

LA PHOTOTYPIE POUR TOUS,

ET SES APPLICATIONS DIRECTES
AUX TIRAGES LITHOGRAPHIQUES ET TYPOGRAPHIQUES.

Par L. LAYNAUD.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1900..... **2** fr.

L'OBJECTIF PHOTOGRAPHIQUE,

ÉTUDE PRATIQUE. EXAMEN. ESSAI. CHOIX ET MODE D'EMPLOI.

Par P. MOESSARD,

Lieutenant-Colonel du Génie,
Ancien Élève de l'École Polytechnique.

Un volume grand in-8, avec 116 figures et 1 planche; 1896.... **6** fr. **50** c.

MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,

Par F. PANAJOU,
Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine
de Bordeaux.

3^e ÉDITION COMPLÈTEMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.
Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... **2** fr. **75** c.

LA PHOTOGRAPHIE ANIMÉE,

Par E. TRUTAT.

Avec une Préface de M. MAREY.

Un volume grand in-8, avec 116 figures et 1 planche; 1899.... **5** fr.

ESTHÉTIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE,

Un volume de grand luxe in-4 raisin, avec 14 planches et 150 figures. **16** fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES
A L'USAGE DES AMATEURS.

Par E. TRUTAT.

2^e édition, revue et augmentée. 2 vol. in-18 jésus..... 5 fr.

On vend séparément :

I^e PARTIE : *Obtention des petits clichés*, avec 81 figures; 1900.... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE : *Agrandissements*, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE
DE PHOTOGRAVURE EN RELIEF ET EN CREUX,

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus de xiv-445 p. avec 65 figures et 6 planches; 1900.... 6 fr. 50 c.

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.

CONFÉRENCES FAITES A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE
EN 1899.

Brochures in-8; 1899. — On vend séparément :

LA PHOTOCOLLOGRAPHIE, par G. BALAGNY..... 1 fr. 25 c.

LA PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE, par R. COLSON.. 1 fr.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE PORTRAIT EN PHOTOGRAPHIE, par Frédéric DILLAYE..... 1 fr. 25 c.

LA MÉTROPHOTOGRAPHIE, avec 17 figures et 2 planches, par le Colonel A. LAUSSEDET..... 2 fr. 75 c.

LA RADIOPHOTOGRAPHIE ET SES DIVERSES APPLICATIONS, avec 29 figures, par Albert LONDE..... 1 fr. 50 c.

LA CHRONOPHOTOGRAPHIE, avec 23 fig., par MAREY. 1 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE EN BALLON ET LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE, avec 19 figures, par H. MEYER-HEINE..... 1 fr. 50 c.

LA MICROPHOTOGRAPHIE, avec 3 planches en couleur, par MONPILLARD..... 2 fr. 50 c.

SUR LES PROGRÈS RECENTS ACCOMPLIS AVEC L'AIDE DE LA PHOTOGRAPHIE DANS L'ÉTUDE DU CIEL; avec 2 planches, par P. PUISEUX..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES MONTAGNES, à l'usage des alpinistes, avec 19 figures, par J. VALLOT..... 1 fr. 75 c.

LES PROGRÈS DE LA PHOTOGRAVURE, avec 21 figures et 2 planches, par Léon VIDAL..... 1 fr. 75 c.

LE RÔLE DES DIVERSES RADIATIONS EN PHOTOGRAPHIE, avec 8 figures, par P. VILLARD..... 1 fr.

LES AGRANDISSEMENTS, avec fig., par E. WALLON. 1 fr. 75 c.

29342. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADEMIE DE MEDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris
P. n^o 204.

EXTRAIT DU CATALOGUE

(Août 1900)

LA PRATIQUE DERMATOLOGIQUE

Traité de Dermatologie appliquée

Publié sous la direction de MM.

ERNEST BESNIER, L. BROcq, L. JACQUET

Par MM. AUDRY, BALZER, BARBE, BAROZZI, BARTHÉLEMY, BENARD, ERNEST BESNIER, BODIN, BROcq, DE BRUN, DU CASTEL, J. DARIER, DEHU, DOMINICI, W. DUBREUILH, HUDELO, L. JACQUET, J.-B. LAFFITTE, LENGLET, LEREDDE, MERKLEN, PERRIN, RAYNAUD, RIST, SABOURAUD, MARCEL SÉE, GEORGES THIBIERGE, VEYRIÈRES.

4 volumes richement cartonnés toile formant ensemble environ 3600 pages, très largement illustrés de figures en noir et de planches en couleurs. En souscription jusqu'à la publication du Tome II. 140 fr.
Les volumes paraîtront à des intervalles assez rapprochés pour que l'ouvrage soit complet à la fin de l'année 1901.
Chaque volume sera vendu séparément.

TOME PREMIER. 1 fort vol. in-8° avec 230 figures en noir et 24 planches en couleurs. — Richement cartonné toile... 36 fr.

Anatomie et Physiologie de la Peau. — Pathologie générale de la Peau. — Symptomatologie générale des Dermatoses. — Acanthosis Nigricans. — Acnés. — Actinomycose. — Adénomes. — Alopécies. — Anesthésie locale. — Balanites. — Bouton d'Orient. — Brûlures. — Charbon. — Classifications dermatologiques. — Dermatites polymorphes douloureuses. — Dermatophytes. — Dermatozoaires. — Dermites infantiles simples. — Ecthyma.

Le Tome II contiendra les articles : *Eczéma*, par ERNEST BESNIER. — *Électricité*, par BROcq. — *Electrolyse*, par BROcq. — *Éléphantiasis*, par DOMINICI. — *Eosinophilie*, par LEREDDE. — *Epithélioma*, par DARIER. — *Eruptions artificielles*, par THIBIERGE. — *Érythème*, par BODIN. — *Érythrodermie*, par BROcq. — *Favus*, par BODIN. — *Folliculites*, par HUDELO. — *Furonculose*, par BAROZZI. — *Gale*, par DUBREUILH. — *Greffé*, par BAROZZI. — *Herpès*, par DU CASTEL. — *Ichtyose*, par THIBIERGE. — *Impétigo*, par SABOURAUD. — *Kératodermie*, par DUBREUILH. — *Kéralose piliaire*, par VEYRIÈRES. — *Langue*, par BENARD. — *Lépre*, par MARCEL SÉE. — *Leucokératose*, par BENARD. — *Lichens*, par BROcq.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE
FORGUE, GÉRARD MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER
KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

Ouvrage complet

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE

8 vol. gr. in-8° avec nombreuses figures dans le texte. 150 fr.

TOME I. — 1 vol. grand in-8° de 912 pages avec 218 figures 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses sèrèuses.

TOME II. — 1 vol. grand in-8° de 996 pages avec 361 figures 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.
MICHAUX. — Artères.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.
PONCET. — Affections non traumatiques des os.

TOME III. — 1 vol. grand in-8° de 910 pages avec 283 figures 18 fr.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.

QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

GERARD MARCHANT. — Crâne.
KIRMISSON. — Rachis.

TOME IV. — 1 vol. grand in-8° de 896 pages avec 334 figures 18 fr.

DELENS. — L'œil et ses annexes.
GERARD MARCHANT. — Nez, fosse

HEYDENREICH. — Mâchoires.

TOME V. — 1 vol. grand in-8° de 918 pages avec 187 figures 20 fr.

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.

WALTHER. — Maladies du cou.
PEYROT. — Poitrine.

TOME VI. — 1 vol. grand in-8° de 1127 pages avec 218 figures 20 fr.

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.
BERGER. — Hernies.

HARTMANN. — Estomac.

JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.

FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.

TOME VII. 1 fort vol. gr. in-8° de 1272 pages, 297 fig. dans le texte 25 fr.

WALTHER. — Bassin.
FORGUE. — Urètre et prostate.

RIEFFEL. — Affections congénitales de la région sacro-coccigienne.

RECLUS. — Organes génitaux de l'homme.

TUFFIER. — Rein. Vessie. Uretères. Capsules surrénales.

TOME VIII. 1 fort vol. gr. in-8° de 971 pages, 163 fig. dans le texte 20 fr.

MICHAUX. — Vuve et vagin.
PIERRE DELBET. — Maladies de l'utérus.

ovaires, trompes, ligaments larges, péritoneal pelvien.

SEGOND. — Annexes de l'utérus,

KIRMISSON. — Maladies des membres.

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BALLETT, P. BLOCQ, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUPARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, ÖTTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOQUES, THIBIERGE, THOINOT, FERNAND VIDAL.

Traité de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

BOUCHARD

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

40 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

En souscription. 150 fr.

TOME I^{er}

1 vol. gr. in-8° de 843 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'Ecole de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse**, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur du laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition**, par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Pitié-d'Aubervilliers.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Fièvre typhoïde, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses**, par F. VIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus exanthématique**, par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives**, par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle**, par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diphthérie**, par A. RUAULT. — **Rhumatism**, par ÖTTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut**, par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

TOME III

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies cutanées, par G. THIBIERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes**, par G. THIBIERGE. — **Maladies du sang**, par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications**, par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

TOME IV

1 vol. grand in-8° de 680 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies de la bouche et du pharynx, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac**, par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas**, par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin**, par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritone**, par COURTOIS-SUFFIT.

Les Tomes VI **Maladies du nez. Asthme. Coqueluche. Maladies des bronches. Troubles circulatoires du poumon. Maladies aiguës du poumon** et VII **Maladies chroniques du poumon. Phtisie. Maladies de la plèvre et du médiastin**, seront publiés au mois d'octobre 1990. — Les autres volumes paraîtront successivement.

Traité de Pathologie générale

Publié, par Ch. BOUCHARD

Membre de l'Institut

Professeur de pathologie générale à la Faculté de Médecine de Paris.

Secrétaire de la Rédaction : G.-H. ROGER

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

6 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

Prix en souscription jusqu'à la publication du t. V. 412 fr.

TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte : 18 fr.

Introduction à l'étude de la pathologie générale, par G.-H. ROGER. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux, par G.-H. ROGER et P.-J. CADOT. — Considérations générales sur les maladies des végétaux, par F. VULLEMIN. — Pathologie générale de l'embryon. Tératogénie, par MATHIAS DUVAL. — L'hérédité et la pathologie générale, par LE GENDRE. — Prédisposition et immunité, par BOUCY. — La fatigue et le surmenage, par MARFAN. — Les Agents mécaniques, par LEJARS. — Les Agents physiques. Chaleur, Froid, Lumière, Pression atmosphérique. Son, par LE Noir. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante, par D'ARSONVAL. — Les Agents chimiques : les caustiques, par LE Noir. — Les intoxications, par G.-H. ROGER.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 940 pages avec figures dans le texte : 18 fr.

L'infection, par CHARRIN. — Notions générales de morphologie bactériologique, par GUIGNARD. — Notions de chimie bactériologique, par HUGOUNENQ. — Les microbes pathogènes, par ROUX. — Le sol, l'eau et l'air, agents des maladies infectieuses, par CHANTEMESSÉ. — Des maladies épidémiques, par LAVERAN. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes, par RUFFER. — Les parasites, par R. BLANCHARD.

TOME III

1 vol. in-8° de plus de 1400 pages, avec figures dans le texte, publié en deux fascicules : 28 fr.

Fasc. I. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal, par E. LAMBLING. — Les troubles préalables de la nutrition, par CH. BOUCHARD. — Les réactions nerveuses, par CH. BOUCHARD et G.-H. ROGER. — Les processus pathogéniques de deuxième ordre, par G.-H. ROGER.

Fasc. II. — Considérations préliminaires sur la physiologie et l'anatomie pathologiques, par G.-H. ROGER. — De la fièvre, par LOUIS GUINON. — L'hypothermie, par J.-F. GUYON. — Mécanisme physiologique des troubles vasculaires, par E. GLEY. — Les désordres de la circulation dans les maladies, par A. CHARRIN. — Thrombose et embolie, par A. MAYOR. — De l'inflammation, par J. COURMONT. — Anatomie pathologique générale des lésions inflammatoires, par M. LETULLE. — Les altérations anatomiques non inflammatoires, par P. LE Noir. — Les tumeurs, par P. MENETRIER.

TOME IV

1 vol. in-8° de 719 pages avec figures dans le texte : 16 fr.

Evolution des maladies, par DUCAMP. — Sémiologie du sang, par A. GILBERT. — Spectroscopie du sang. Sémiologie, par A. HÉNOQUE. — Sémiologie du cœur et des vaisseaux, par R. TRIPIER. — Sémiologie du nez et du pharynx nasal, par M. LERMOYEZ et M. BOULAY. — Sémiologie du larynx, par M. LERMOYEZ et M. BOULAY. — Sémiologie des voies respiratoires, par M. LEBRETON. — Sémiologie générale du tube digestif, par P. LE GENDRE.

Pour paraître prochainement

TOME V

1 fort vol. in-8° avec nombreuses figures dans le texte.

Sémiologie du foie, par CHAUFFARD. — Pancréas, par X. ARNOZAN. — Analyse chimique des urines, par C. CHABRIE. — Analyse microscopique des urines (Histo-bactériologie), par NOËL HALLÉ. — Le rein, l'urine et l'organisme, par A. CHARRIN. — Sémiologie des organes génitaux, par PIERRE DELBET. — Sémiologie du système nerveux, par J. DEJERINE.

Traité élémentaire de Clinique Thérapeutique

Par le Dr Gaston LYON

Ancien chef de clinique médicale à la Faculté de médecine de Paris

TROISIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

1 volume grand in-8° de VIII-1332 pages. Relié peau. 20 fr.

TRAITÉ DE PHYSIOLOGIE

PAR

J.-P. MORAT

Professeur à l'Université de Lyon,

Maurice DOYON

Professeur agrégé

à la Faculté de médecine de Lyon

5 vol. gr. in-8° avec figures en noir et en couleurs.

En souscription 50 fr.

I. — Fonctions de nutrition : Circulation, par M. Doyon; Calorification, par P. Morat. 1 vol. gr. in-8° avec 173 figures en noir et en couleurs. 12 fr.
II. — Fonctions de nutrition (suite et fin) : Respiration, excrétion, par J.-P. Morat; Digestion, Absorption, par M. Doyon. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. 12 fr.

LES MÉDICAMENTS CHIMIQUES

Par Léon PRUNIER

Pharmacien en chef des Hôpitaux de Paris,

Professeur de pharmacie chimique à l'Ecole de Pharmacie,

Membre de l'Académie de Médecine.

2 volumes grand in-8° avec figures dans le texte 30 fr.

On vend séparément :

TOME I. Composés minéraux. 1 vol. grand in-8° avec 137 figures dans le texte 15 fr.

TOME II. Composés organiques. 1 vol. grand in-8° avec 41 figures dans le texte 15 fr.

Traité des Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,

Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin
de l'hôpital des Enfants-Malades.

A.-B. MARFAN

Agrégé,
Médecin des hôpitaux.

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. 90 fr.

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

P. POIRIER

Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris
Chirurgien des Hôpitaux.

A. CHARPY

Professeur d'anatomie
à la Faculté de Médecine
de Toulouse.

AVEC LA COLLABORATION DE

O. Amoëdo. — Branca. — B. Cunéo. — P. Fredet. — P. Jacques.
Th. Jonnesco. — E. Laguësse. — L. Manouvrier. — A. Niclas.
M. Picou. — A. Prenant. — H. Rieffel. — Gh. Simon. — A. Soulié.

5 volumes grand in-8°. En souscription : 150 fr.
Chaque volume est illustré de nombreuses figures, la plupart tirées en
plusieurs couleurs d'après les dessins originaux de
MM. Ed. Cuyer et A. Leuba.

ÉTAT DE LA PUBLICATION AU 1^{er} JUILLET 1900

TOME PREMIER

(Volume complet.)

Embryologie; Ostéologie; Arthrologie. Deuxième édition. Un volume
grand in-8° avec 807 figures en noir et en couleurs 20 fr.

TOME DEUXIÈME

| | |
|-----------------|--|
| 1 ^{er} | Fascicule : Myologie . Un volume grand in-8° avec 312 figures. 12 fr. |
| 2 ^e | Fascicule : Angéiologie (Cœur et Artères) . Un volume grand in-8° avec 145 figures en noir et en couleurs 8 fr. |
| 3 ^e | Fascicule : Angéiologie (Capillaires, Veines) . Un volume grand in-8° avec 75 figures en noir et en couleurs 6 fr. |

TOME TROISIÈME

(Volume complet.)

| | |
|-----------------|---|
| 1 ^{er} | Fascicule : Système nerveux (Méninges, Moelle, Encéphale) . 1 vol. grand in-8° avec 201 figures en noir et en couleurs 10 fr. |
| 2 ^e | Fascicule : Système nerveux (Encéphale) . Un vol. grand in-8° avec 206 figures en noir et en couleurs. 12 fr. |
| 3 ^e | Fascicule : Système nerveux (Les Nerfs, Nerfs crâniens, Nerfs rachidiens) . 1 vol. grand in-8° avec 205 figures en noir et en couleurs 12 fr. |

TOME QUATRIÈME

(Volume complet.)

| | |
|-----------------|---|
| 1 ^{er} | Fascicule : Tube digestif . Un volume grand in-8°, avec 158 figures en noir et en couleurs 12 fr. |
| 2 ^e | Fascicule : Appareil respiratoire; Larynx, trachée, poumons, plèvres, thyroïde, thymus . Un volume grand in-8°, avec 121 figures en noir et en couleurs. 6 fr. |
| 3 ^e | Fascicule : Annexes du tube digestif; Dents, glandes salivaires, foie, voies biliaires, pancréas, rate. Péritoine . 1 vol. grand in-8° avec 361 figures en noir et en couleurs 16 fr. |

IL RESTE A PUBLIER :

Les Lymphatiques qui termineront le tome II. Les Organes génito-urinaires et les Organes des sens feront, afin d'éviter des volumes d'un maniement difficile, l'objet d'un tome V qui contiendra, en outre, un chapitre d'*Indications anthropométriques* et la *Table alphabétique des matières* de l'ouvrage.

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

Dr CRITZMAN, directeur

Suite de Monographies cliniques

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES
en Médecine, en Chirurgie et en Biologie

Chaque monographie est vendue séparément 1 fr. 25
Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix à
fortfait et payable d'avance de 10 francs pour la France et 12 francs pour
l'étranger (port compris).

MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N° 1. **L'Appendicite**, par le Dr FÉLIX LEGUEU, chirurgien des hôpitaux (épuisé).
- N° 2. **Le Traitement du mal de Poit**, par le Dr A. CHAPAUT, de Paris.
- N° 3. **Le Lavage du Sang**, par le Dr LEJARS, professeur agrégé, chirurgien des hôpitaux, membre de la Société de chirurgie.
- N° 4. **L'hérédité normale et pathologique**, par le Dr CH. DEBIERRE, professeur d'anatomie à l'Université de Lille.
- N° 5. **L'Alcoolisme**, par le Dr JAQUET, privat docent à l'Université de Bâle.
- N° 6. **Physiologie et pathologie des sécrétions gastriques**, par le Dr A. VERHAEGEN, assistant à la Clinique médicale de Louvain.
- N° 7. **L'Eczéma**, par le Dr LERINDE, chef de laboratoire, assistant de consultation à l'Hôpital Saint-Louis.
- N° 8. **La Fièvre jaune**, par le Dr SANARELLI, directeur de l'Institut d'hygiène expérimentale de Montpellier.
- N° 9. **La Tuberculose du rein**, par le Dr TUFFIER, professeur agrégé, chirurgien de l'Hôpital de la Pitié.
- N° 10. **L'Opothérapie, traitement de certaines maladies par des extraits d'organes saignants**, par A. GILBERT, professeur agrégé, chef du laboratoire de thérapeutique à la Faculté de médecine de Paris, et P. CAUCOT, docteur ès sciences, ancien interne des hôpitaux de Paris.
- N° 11. **Les Paralysies générales progressives**, par le Dr KLIPPEL, médecin des hôpitaux de Paris.
- N° 12. **Le Myxédème**, par le Dr THIBIERGE, médecin de l'Hôpital de la Pitié.
- N° 13. **La Néphrite des Saturnins**, par le Dr H. LAVRAN, professeur à la Faculté catholique de Lille.
- N° 14. **Le Traitement de la Syphilis**, par le Dr E. GAUCHER, professeur agrégé, médecin de l'Hôpital Saint-Antoine.
- N° 15. **Le Pronostic des tumeurs basc sur la recherche du glycogène**, par le Dr A. BRAULT, médecin de l'Hôpital Tenon.
- N° 16. **La Kinesithérapie gynécologique** (*Traitement des maladies des femmes par le massage et la gymna-sique*), par le Dr H. STAPPER, ancien chef de clinique de la Faculté de Paris.
- N° 17. **De la gastro-entérite aiguë des nourrissons** (*Pathogénie et étiologie*), par A. LESAGE, médecin des hôpitaux de Paris.
- N° 18. **Traitement de l'Appendicite**, par FÉLIX LEGUEU, professeur agrégé, chirurgien des hôpitaux.
- N° 19. **Les lois de l'énergétique dans le régime du diabète sucré**, par le Dr E. DUFOUR, médecin de l'Hôpital thermal de Vichy.
- N° 20. **La Peste** (*Epidémiologie, Bactériologie, Prophylaxie, Traitement*), par le Dr H. BOUROUX, préparateur du laboratoire d'Hygiène à la Faculté de médecine de Paris.
- N° 21. **La Moelle osseuse à l'état normal et dans les infections**, par MM. H. ROGER, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, et O. JOSÉ, interne, lauréat des hôpitaux de Paris.
- N° 22. **L'Enterocolite muco-membraneuse**, par le Dr GASTON LYON, ancien chef de clinique médicale de la Faculté de Paris.
- N° 23. **L'Exploration clinique des fonctions rénales par l'élimination provoquée**, par le Dr G. AGRARD, professeur agrégé à la Faculté de médecine, médecin de l'Hôpital Tenon.

Leçons sur les Maladies nerveuses. *Deuxième série :*

Hôpital Saint-Antoine. par E. BRISSAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, recueillies et publiées par Henry MEIGE. 1 volume grand in-8° avec 163 figures dans le texte 15 fr.

Précis d'anatomie pathologique, par L. BARD, professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Lyon, médecin de l'Hôtel-Dieu. *Deuxième édition, revue et augmentée,* avec 125 figures dans le texte. 1 volume in-16 diamant, de xii-804 pages, cartonné toile, tranches rouges 7 fr. 50

Traité d'Ophtalmoscopie, par Étienne ROLLET, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien des hôpitaux de Lyon. 1 volume in-8° avec 50 photographies en couleurs et 75 figures dans le texte, cartonné toile, tranches rouges. 9 fr.

Leçons sur les maladies du sang (Clinique de l'Hôpital Saint-Antoine), par Georges HAYEM, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, recueillies par MM. E. PARMENTIER, médecin des hôpitaux, et R. BENSUADE, chef du laboratoire d'anatomie pathologique à l'hôpital Saint-Antoine. 1 vol. in-8°, broché, avec 4 planches en couleurs, par M. KARMANSKI 15 fr.

Précis d'Histologie, par Mathias DUVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine. *Deuxième édition, revue et augmentée,* illustrée de 427 figures dans le texte. 1 vol. gr. in-8° de 1020 pages 18 fr.

Consultations médicales sur quelques maladies fréquentes. *Quatrième édition, revue et considérablement augmentée,* suivie de quelques principes de Déontologie médicale et précédée de quelques règles pour l'examen des malades, par le Dr J. GRASSET, professeur de clinique médicale à l'Université de Montpellier, correspondant de l'Académie de médecine. 1 volume in-16, reliure souple, peau pleine. 4 fr. 50

Traité de Microbiologie, par E. DUCLAUX, membre de l'Institut de France, directeur de l'Institut Pasteur, professeur à la Sorbonne et à l'Institut national agronomique.

Tome I : **Microbiologie générale.** 1 volume grand in-8°, avec figures 15 fr.

Tome II : **Diastases, toxines et venins.** 1 vol. gr. in-8°, avec figures 15 fr.

Tome III : **Fermentation alcoolique.** 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. 15 fr.

- Atlas de Radiographie** (*Chirurgie infantile et orthopédique*), par P. REDARD et F. LARAN. 1 vol. in-4°, cartonné toile, de 118 pages et 48 planches hors texte, en photocollographie. **25** fr.
- Traité pratique des déviations de la colonne vertébrale**, par P. REDARD, ancien chef de clinique chirurgicale de la Faculté de médecine de Paris, chirurgien en chef du dispensaire Furtado-Heine, membre correspondant de l'American orthopedic Association. 1 volume grand in-8° de 466 pages avec 231 figures dans le texte **12** fr.
- Traité de l'Uréthrostomie périnéale dans les rétrécissements incurables de l'urètre**. — *Création au périnée d'un méat contre nature, périnéostomie, méat périnéal*, par MM. Antonin PONCET, professeur de clinique chirurgicale à l'Université de Lyon, ex-chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu, membre correspondant de l'Académie de médecine, et Xavier DELORE, ex-prosecteur, chef de clinique chirurgicale à l'Université de Lyon, lauréat de l'Académie de médecine. 1 vol. in-8° avec 11 figures dans le texte, broché **4** fr.
- Traité des maladies chirurgicales d'origine congénitale**, par le Dr E. KIRMISSON, professeur agrégé à la Faculté de médecine, chirurgien de l'hôpital Trousseau, membre de la Société de Chirurgie. 1 volume grand in-8° avec 311 figures dans le texte et 2 planches en couleurs. **15** fr.
- Manuel de Pathologie externe**, par MM. RECLUS, KIRMISSON, PEYROT, BOUILLY, professeurs agrégés à la Faculté de médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux. *Édition complète illustrée de 720 figures*. 4 volumes in-8°. **40** fr.
Chaque volume est vendu séparément. **10** fr.
- Cliniques chirurgicales de l'Hôtel-Dieu**, par Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, recueillies et publiées par les Drs Maurice CAZIN, chef de clinique chirurgicale à l'Hôtel-Dieu, et S. CLADO, chef des travaux gynécologiques. *Troisième série*. 1 volume grand in-8° avec figures **8** fr.
- Éléments de Chimie physiologique**, par Maurice ARTHUS, professeur de physiologie et de chimie physiologique à l'Université de Fribourg (Suisse). *Troisième édition revue et augmentée*. 1 volume in-16, avec figures dans le texte, cartonné toile, tranches rouges **4** fr.
- Le Corset** (*Étude physiologique et pratique*), par Mme GACHES-SARRAUTE, docteur en médecine. 1 volume in-8° broché, avec figures dans le texte. **4** fr.

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,
Inspecteur général des Services sanitaires.

*Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges,
et est vendu séparément : 4 fr.*

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accorçant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie ; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encorber le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

VOLUMES PARUS

L'Hygiène du Goutteux, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène de l'Obèse, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène des Asthmatiques, par E. BRISAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

L'Hygiène du Syphilitique, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.

Hygiène et thérapeutique thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

Les Cures thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

L'Hygiène du Neurasthénique, par le professeur PROUST et G. BALLET, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. *Deuxième édition.*

L'Hygiène des Albuminuriques, par le Dr SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.

L'Hygiène du Tuberculeux, par le Dr CHIQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du Dr DARENBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.

Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche, par le Dr CRUET, dentiste des hôpitaux de Paris, avec une préface de M. le professeur LANNE-LONGUE, membre de l'Institut.

Hygiène des maladies du Cœur, par le Dr VAQUEZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, avec une préface du professeur POTAIS.

Hygiène du Diabétique, par A. PROUST et A. MATHIEU.

L'Hygiène du Dyspeptique, par le Dr LINossier, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, membre correspondant de l'Académie de médecine, médecin à Vichy.

VOLUMES EN PRÉPARATION

Hygiène thérapeutique des maladies de la Peau, par le Dr THIBIERGE.

Traité

DE

Chirurgie d'urgence

Par Félix LEJARS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris,
Chirurgien de l'Hôpital Tenon, membre de la Société de Chirurgie.

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. grand in-8° de 908 pages, avec 617 figures
dont 219 dessinées d'après nature, par le Dr E. DALEINE,
et 150 photographies originales, relié toile. 25 fr.

Au nombre des additions qui ont été faites à cette seconde édition, il faut signaler particulièrement : *les Corps étrangers des fosses nasales, les Plaies du crâne, de la face et de la langue, les Abcès de la bouche et de la gorge, les Phlegmons de cou, la Néphrotonie d'urgence, les Abcès de la prostate, le Paraphimosis, les Abcès de l'anus et du rectum, la Dilatation anale d'urgence, les Plaies articulaires*, et toute une série de questions de pratique journalière, *les Sutures, les Plaies des parties molles, les Abcès chavirés, l'Adème phlegmonos et le Panaris, le Phlegmon et l'Anthrax diffus, etc.* Une large place a été faite à la Chirurgie des meubles, et le chapitre des *Fracas* a été plus que doublé. Enfin, plus de 130 dessins inédits et de photographies originales ont enrichi encore une illustration déjà hors de pair et universellement appréciée.

PETITE BIBLIOTHÈQUE DE " LA NATURE "

Recettes et Procédés utiles, recueillis par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. *Neuvième édition*.

Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science pratique, par Gaston TISSANDIER. *Cinquième édition*, avec figures dans le texte.

Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième série, par Gaston TISSANDIER. *Troisième édition*, avec 91 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Quatrième série, par Gaston TISSANDIER. *Deuxième édition*, avec 38 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Cinquième série, par J. LAFFARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Avec figures dans le texte.

Chacun de ces volumes in-18 est vendu séparément

Broché 2 fr. 25 | Cartonné toile 3 fr.

La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire, par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. *Septième édition des Récréations scientifiques. Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon)*. Un volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

42 MASSON ET C^{ie}, Libraires de l'Académie de Médecine

**Traité
d'Analyse chimique
QUANTITATIVE PAR ÉLECTROLYSE**

Par **J. RIBAN**

Professeur chargé du cours d'analyse chimique
et maître de conférences à la Faculté des sciences de l'Université de Paris.

1 vol. grand in-8^o, avec 96 figures dans le texte. 9 fr.

**Manuel pratique
de l'Analyse des Alcools
ET DES SPIRITUEUX**

PAR

Charles GIRARD

Directeur du Laboratoire municipal
de la Ville de Paris.

Lucien CUNIASSE

Chimiste-expert
de la Ville de Paris.

1 volume in-8^o avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile. 7 fr.

STATION DE CHIMIE VÉGÉTALE DE MEUDON
(1883-1899)

**Chimie végétale
et agricole**

PAR

M. BERTHELOT

Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences,
Professeur au Collège de France.

4 volumes in-8^o avec figures dans le texte 36 fr.

Précis de Chimie analytique

Analyse qualitative, Analyse quantitative par liqueurs filtrées, Analyse des gaz, Analyse organique élémentaire, Analyses et Dosages relatifs à la Chimie agricole, Analyse des vins, Essais des principaux minéraux.

Par **J.-A. MULLER**

Docteur ès sciences, Professeur à l'École supérieure des sciences d'Algier.

1 volume in-12, broché 3 fr.

La Photographie Française

REVUE MENSUELLE ILLUSTRÉE

*des Applications de la Photographie à la Science, à l'Art
et à l'Industrie.*

Louis GASTINE, DIRECTEUR

ABONNEMENTS :

UN AN. — PARIS, 6 fr. 50. — PROVINCE, 7 fr. — ÉTRANGER, 8 fr.

Prix spéciaux pour les abonnés de LA NATURE

Paris : 5 fr. — Départ. 5 fr. 50. — Étranger 7 fr.

Envoi de numéros spécimens à toute personne qui en fait la demande.

LES TRAVAUX

DE

L'EXPOSITION DE 1900

Par **A. DA CUNHA**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Préface de HENRI DE PARVILLE

1 vol. in-8°, avec 189 figures dans le texte, broché 4 fr.

En cherchant à résumer le gigantesque travail auquel tant d'efforts et tant d'intelligenices auront contribué, l'auteur de ce livre a voulu perpétuer le souvenir des merveilles admirées et permettre à chacun de tirer de ce spectacle unique les enseignements qu'il nous offre.

L'ouvrage de M. Da Cunha nous fait assister, depuis le début, à la création de cette œuvre admirable et nous la fait voir sous un aspect nouveau. Une des parties les plus intéressantes, et peut-être les moins connues de cette grande manifestation, est en effet celle qui se rapporte à la période de travail et d'élaboration de tous ces palais, de ces ponts, de toutes les attractions merveilleuses.

Cette Exposition marque une date dans l'histoire industrielle du monde, elle est une ère à laquelle on se reportera comme elle a été un but pour bien des efforts. Il faudra se souvenir. Et l'on trouvera un charme singulier à lire les pages écrites par un passionné du progrès, qui a vu jour par jour s'élèver et grandir l'œuvre immense, du soubassement au faîte.

Traité de Géologie

Par A. DE LAPAPPARENT

Membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

QUATRIÈME ÉDITION

entiièrement refondue et considérablement augmentée.

3 vol. grand in-8°, d'environ 1.850 pages, avec nombreuses figures,
cartes et croquis. 35 fr.

La quatrième édition du *Traité de Géologie* ne se distingue pas seulement par le soin que l'auteur a mis à tenir son œuvre au courant de toutes les acquisitions nouvelles de la science, soin dont témoigne suffisamment l'augmentation considérable des chapitres consacrés aux terrains sédimentaires.

Ce qui caractérise essentiellement cette nouvelle édition, c'est la refonte devant laquelle l'auteur n'a pas reculé pour substituer à la considération des *systèmes géologiques* celle des *étages*, divisions beaucoup plus étroites, dont il s'est efforcé de suivre les variations d'une façon méthodique. Pour cela, il a essayé de reconstruire, autant que possible pour chaque étage, les contours probables des anciennes mers. On trouvera ce dessein réalisé par environ 20 planisphères, 30 cartes d'Europe et 25 cartes de France. C'est la première fois qu'une pareille tentative est faite sur une aussi vaste échelle. Si l'hypothèse a nécessairement une grande part dans ces reconstitutions qui ne peuvent être considérées que comme de simples ébauches, on ne saurait néanmoins le grand intérêt qu'elles donnent à l'histoire des périodes, en dévoillant les descriptions géologiques de leur aridité traditionnelle. On reconnaîtra en même temps qu'elles sont de nature à simplifier beaucoup la tâche des étudiants.

Aussi avons-nous la confiance que l'ouvrage ainsi amélioré, augmenté de plus de 200 pages et enrichi d'une centaine de dessins nouveaux, méritera de plus en plus le crédit exceptionnel dont il a joui jusqu'à présent.

COLLECTION BOULE

Le Cantal. *Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue*
par Marcellin BOULE, docteur ès sciences. Louis FARGES, archiviste-paléographe. 1 volume in-16 avec 83 dessins et photographies,
et 2 cartes en couleurs, relié toile anglaise 4 fr. 50

La Lozère. *Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue*,
par Ernest CORD, ingénieur-agronome. Gustave CORD, docteur en droit, avec la collaboration de M. Armand VIRE, docteur ès sciences. 1 vol. in-16 avec de nombreux dessins et photographies
et cartes en couleurs. 4 fr. 50

Traité de Zoologie

Par **Edmond PERRIER**
Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,
Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle.

ÉTAT DE LA PUBLICATION

| | |
|--|--------|
| FASCICULE I : Zoologie générale. 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte | 12 fr. |
| FASCICULE II : Protozoaires et Phytozoaires. 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 233 figures | 10 fr. |
| FASCICULE III : Arthropodes. 1 vol. gr. in-8° de 480 pages, avec 278 figures | 8 fr. |
| Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures | 30 fr. |
| FASCICULE IV : Vers et Mollusques. 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 566 figures dans le texte | 16 fr. |
| FASCICULE V : Amphioxus, Tuniciers. 1 vol. gr. in-8° de 221 pages, avec 97 figures dans le texte | 6 fr. |

Cours préparatoire au Certificat
d'Études Physiques, Chimiques et Naturelles (P. C. N.)

COURS ÉLÉMENTAIRE DE ZOOLOGIE

Par **Rémy PERRIER**
Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,
Charge du Cours de Zoologie
Pour le certificat d'études physiques, chimiques et naturelles.
1 vol. in-8° avec 693 figures. Relié toile : 10 fr.

Traité de Manipulations de Physique

Par **B.-C. DAMIEN**
Professeur de Physique à la Faculté des sciences de Lille,
et **R. PAILLOT**
Agrégé, chef des travaux pratiques de Physique à la Faculté des sciences de Lille.
1 volume in-8° avec 216 figures dans le texte. 7 fr.

Éléments de Chimie Organique et de Chimie Biologique

Par **W. ECHSNER DE CONINCK**
Professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, Membre de la Société
de Biologie, Lauréat de l'Académie de médecine et de l'Académie des sciences.
1 volume in-16 2 fr.

ÉLÉMENTS DE CHIMIE DES MÉTAUX

A L'USAGE DU COURS PRÉPARATOIRE AU CERTIFICAT D'ÉTUDES P.C.N.
Par le Professeur **W. ECHSNER DE CONINCK**
Membre de la Société de Biologie, Lauréat de l'Académie de Médecine
et de l'Académie des Sciences.
1 volume in-16 2 fr.

16 MASSON ET C^e, Libraires de l'Académie de Médecine

LA GÉOGRAPHIE
BULLETIN
DE LA
Société de Géographie

PUBLIÉ TOUS LES MOIS PAR

LE BARON HULOT, Secrétaire général de la Société
ET
M. CHARLES RABOT, Secrétaire de la Rédaction

ABONNEMENT ANNUEL : PARIS : **24** fr. — DÉPARTEMENTS : **26** fr.
ÉTRANGER : **28** fr. — Prix du numéro : **2** fr. **50**

Chaque numéro, du format grand in-8^o, composé de 80 pages et accompagné de cartes et de gravures, comprend des mémoires, une chronique, une bibliographie et le compte rendu des séances de la Société de Géographie. La nouvelle publication n'est pas un recueil de récits de voyages pittoresques, mais d'observations et de renseignements scientifiques.

La chronique rédigée par des spécialistes pour chaque partie du monde fait connaître, dans le plus bref délai, toutes les nouvelles reçues des voyageurs en mission par la Société de Géographie, et présente un résumé des renseignements fournis par les publications étrangères : elle constitue, en un mot, un résumé du *mouvement géographique* pour chaque mois.

La Nature

REVUE ILLUSTRÉE

des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie
DIRECTEUR : **Henri de PARVILLE**

Abonnement annuel : Paris : **20** fr. — Départements : **25** fr. —
Union postal : **26** fr.

Abonnement de six mois : Paris : **10** fr. — Départements : **12** fr. **50**.
— Union postale : **13** fr.

Fondée en 1873 par GASTON TISSANDIER, la *Nature* est aujourd'hui le plus important des journaux de vulgarisation scientifique par le nombre de ses abonnés, par la valeur de sa rédaction et par la sûreté de ses informations. Elle doit ce succès à la façon dont elle présente la science à ses lecteurs en lui ôtant son côté aride tout en lui laissant son côté exact, à ce qu'elle intéresse les savants et les érudits aussi bien que les jeunes gens et les personnes peu familiarisées avec les ouvrages techniques; à ce qu'elle ne laisse, enfin, rien échapper de ce qui se fait ou se dit de neuf dans le domaine des découvertes qui trouvent chaque jour des applications nouvelles aux conditions de notre vie qu'elles modifient sans cesse.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 1904.

