



Section de l'Ingénieur

G.-H. NIEWENGLOWSKI

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

DE LA PHOTOGRAPHIE

CATHIER-VILLARS ET FILS

G. MASSON

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

COLLABORATEURS

Section de l'Ingénieur

MM.	MM.	MM.
Alain-Abadie.	Gossot (Comm ^t).	Minel (P.).
Alheilig.	Gouilly.	Minet (Ad.).
Armengaud jeune.	Grimaux.	Moëssard (C ^t).
Arnaud.	Grouvelle (Jules).	Moissan.
Bassot (Colonel).	Guenez.	Moissenet.
Baume-Pluvinel(dela).	Guillaume (Ch.-Ed.).	Monnier.
Bérard (A.).	Guye (Ph.-A.).	Moreau (Aug.).
Bergeron (J.).	Guyou (Comm ^t).	Niewenglowski (G. II.).
Berthelot.	Hatt.	Naudin (Laurent).
Bertin.	Hébert.	Ouvrard.
Biglia.	Hennebert (C ^t).	Perrin.
Billy (Ed. de).	Hérisson.	Perrotin.
Bloch (Fr.).	Hospitalier (E.).	Picou (R.-V.).
Blondel.	Hubert (H.).	Poulet (J.).
Boire (Em.).	Hutin.	Prud'homme.
Boucheron (H.).	Jacométy.	Rateau.
Bourlet.	Jacquet (Louis).	Resal (J.).
Candlot.	Jean (Ferdinand).	Ricaud.
Caspari.	Launay (de).	Rocques (X.).
Charpy (G.).	Laurent (H.).	Rocques-Desvallées.
Clugnet.	Laurent (Th.).	Rouché.
Croneau.	Lavergne (Gérard).	Sarrau.
Damour.	Léauté (H.).	Sauvage.
Dariès.	Le Chatelier (H.).	Schlossing fils (Th.).
Deforges (Comm ^t).	Lecomte.	Schützenberger.
Delafond.	Leloutre.	Seguela.
Drzewiecki.	Lenicque.	Seyrig (T.).
Dudebout.	Le Verrier.	Sidersky.
Duquesnay.	Lindet (L.).	Sinigaglia.
Durin.	Lippmann (G.).	Sorel (E.).
Dwelschauvers-Dery.	Lumière (A.).	Trillat.
Fabre (Ch.).	Lumière (L.).	Urbain.
Fourment.	Madamet (A.).	Vallier (Comm ^t).
Fribourg (Comm ^t).	Magnier de la Source.	Vermand.
Frouin.	Marchena (de).	Viaris (de).
Garnier.	Margerie.	Vivet (L.).
Gassaud.	Matignon.	Wallon (E.).
Gautier (Henri).	Meyer (Ernest).	Widmann.
Godard.	Michel-Lévy.	Witz (Aimé).

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

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

NIEWENGLOWSKI — Applications scientifiques de la Photographie 1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien
élève de l'École Polytechnique. Secrétaire général,
169, boulevard Malesherbes, Paris.*

N^o 134 B.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

DE

LA PHOTOGRAPHIE

PAR

G.-H. NIEWENGLOWSKI

Directeur du journal *La Photographie*

PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

G. MASSON, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

INTRODUCTION

L'APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE CONSIDÉRÉ COMME INSTRUMENT SCIENTIFIQUE

1. — Dès son invention, l'appareil photographique a été comparé à l'œil ; mais c'est un œil dont nous sommes maître, auquel nous pouvons donner, dans certaines limites, telle ou telle qualité.

Il a sur notre œil, outre l'avantage de garder les impressions reçues qui permet de conserver une image fidèle et complète, d'un phénomène rare, qu'on peut ensuite analyser à loisir, celui de pouvoir être impressionné en un temps excessivement court permettant l'analyse des mouvements les plus rapides et celui, non moins appréciable, d'accumuler les impressions reçues : ce que l'œil ne peut voir, parce que la lumière dont on dispose

est trop faible, il ne le voit jamais, tandis que la plaque photographique peut additionner les excitations alors que notre œil les dépense au fur et à mesure des besoins de la vision ; enfin la plaque photographique est sensible à une plus grande étendue du spectre que l'œil.

Mais cet œil artificiel, on peut s'en servir soit de manière à frapper ses œuvres du sceau de l'individualité, de la personnalité de l'opérateur, et en faire ainsi un véritable instrument artistique capable de produire des œuvres d'art, soit au contraire lui faire produire des reproductions fidèles de ce qu'il voit, indépendantes de l'imagination du photographe ; il faut, pour obtenir ce but, opérer sous certaines conditions que nous énumérons dans le chap. I de cet ouvrage. C'est ainsi que l'appareil photographique, véritable organe des sens, rend de grands services aux observateurs, grâce à sa sensibilité, à sa fidélité, à sa facilité de saisir les détails, nous met à l'abri des erreurs qui naissent d'une observation précipitée ou guidée par l'imagination. Loin de tuer l'observation comme on semblait le croire à ses débuts, la photographie en agrandit chaque jour le champ et y apporte une grande économie de travail. C'est donc à juste raison que Janssen a appelé la plaque photographique « la rétine du savant ».

2. — Il est étonnant que les applications scientifiques de la photographie ne se soient développées que petit à petit ; cependant, dès la découverte de la photographie, on songea à l'étude de l'astronomie et des sciences naturelles (1) ; en 1840, Daguerre, sur les instances d'Arago, essaya de reproduire l'image de la lune, mais ne put que constater l'action des radiations lunaires sur l'iodure d'argent, Fizeau et Foucault en 1845, purent obtenir un daguerréotype du soleil, qui fut transformé en gravure ; Faye recommanda la photographie en 1849 pour l'observation des passages du soleil au méridien ; en 1851, l'américain W. Bond put envoyer à l'Académie des Sciences de Paris un daguerréotype de la lune ; un mois plus tard, les observatoires de Paris, de Königsberg et de Rome utilisèrent la photographie à l'étude d'une éclipse de soleil qui eut lieu à cette époque. Depuis ce temps, l'appareil photographique est entré au rang des appareils indispensables de l'astronome.

Quant à l'application aux sciences autres que l'astronomie, elle n'a été faite que petit à petit et on ne pourrait guère signaler que des tentatives isolées.

(1) RADAU. — *La photographie et ses applications scientifiques*, Paris, Gauthier-Villars, 1888.

La découverte et les perfectionnements du gélatino-bromure en 1871 et en 1878, permettant d'avoir des plaques toujours prêtes, se conservant indéfiniment et d'une extrême rapidité, a permis d'augmenter dans un grand rapport les applications scientifiques de la photographie qui est désormais entrée dans la pratique courante des hommes de science dont elle devient de plus en plus un auxiliaire indispensable.

Notre intention est de résumer dans cet ouvrage les principales applications aux diverses branches de la science, de rapprocher les diverses tentatives isolées dans l'espoir qu'elles en suggéreront de nouvelles.

PREMIÈRE PARTIE

TECHNIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

3. — La photographie a pour but la reproduction fidèle des objets avec leur triple caractère de forme, de couleur et de mouvement ; quand les trois parties du problème ainsi posé, résolues successivement, au point de vue théorique, par les découvertes de Daguerre et ses successeurs, de MM. Lippmann et Marey, entreront définitivement dans la pratique, l'appareil photographique deviendra l'instrument le plus précieux de tout laboratoire.

4. De l'objectif. — La photographie ne pouvant donner qu'une représentation plane des

objets, il est nécessaire, si l'on veut avoir une idée exacte de leur forme, de faire en sorte que cette représentation soit une perspective exacte.

Le principe de la photographie consiste à projeter sur une surface sensible au moyen d'un système optique plus ou moins compliqué, fonctionnant comme système objectif, une image réelle qui se transforme en image latente qu'on rend visible en la révélant.

Quelque compliqué que soit le système optique, il doit, pour donner une reproduction fidèle de la vérité, avoir ses deux points nodaux confondus avec son centre optique. Si cette condition est remplie lorsqu'on veut reproduire un objet plan, il suffit de le placer perpendiculairement à l'axe optique du système objectif pour en obtenir une image photographique plane et homothétique à l'objet par rapport au centre optique. Si l'objet à reproduire n'est pas plan on ne peut en obtenir qu'une perspective qui, pour donner une sensation fidèle de sa forme, doit être examinée le point nodal de l'œil occupant par rapport à l'épreuve la même position qu'occupait le centre optique du système par rapport à la plaque sensible. Cette condition n'est pas indispensable : si on examine l'épreuve avec l'objectif même

qui l'a fournie, employé comme loupe, l'épreuve étant placée par rapport au plan focal, dans une position asymétrique de celle qu'occupait la plaque sensible lors de la pose; on voit alors une image virtuelle, dans l'espace, de même grandeur que l'objet, image qui donne une véritable sensation de relief et qui est dépourvue de toute déformation, en vertu du principe du retour inverse des rayons (1).

Outre la coïncidence des points nodaux, rarement observée, un objectif destiné à la photographie scientifique doit remplir certaines conditions de centrage, d'aplanétisme, d'achromatisme, d'astigmatisme, etc., conditions que l'on trouvera détaillées dans les ouvrages spéciaux, notamment dans l'aide-mémoire que M. Wallon a consacré au *Choix et à l'Usage des Objectifs photographiques*.

Nous verrons, dans le corps de cet ouvrage, les diverses combinaisons optiques qui ont été employées comme objectif, dans les applications scientifiques de la photographie.

(1) G. H. NIEWENGLOWSKI. — *Note sur l'appréciation monoculaire des distances au moyen d'une seule photographie et les projections stéréoscopiques*. La Photographie, n° du 28 février 1895.

5. — Quelques compliquées qu'elles soient, elles doivent toujours, considérées dans leur ensemble, fonctionner comme un système convergent, c'est-à-dire donner une image réelle des objets. La plupart des instruments optiques, destinés à l'observation par l'œil, sont, au contraire, disposés de manière à donner une image virtuelle. Si l'on remplace l'œil par l'appareil photographique, il est aisé de transformer un système optique à image virtuelle en système à image réelle. Dans certains cas, la transformation peut s'effectuer simplement. Quand l'instrument, ce qui est le cas général, se compose d'un objectif et d'un oculaire, le premier donne toujours une *image primaire* réelle ; on pourra souvent s'en contenter ; il suffira, pour cela, de supprimer l'oculaire. Mais souvent aussi, on désire conserver ce dernier, pour augmenter le grossissement, ou pour une autre raison.

En ce cas, la transformation se fera aisément en examinant le tableau suivant, qui est une reproduction d'un tableau dû à M. A.-L. Soret ⁽¹⁾.

(1) A.-L. SORET. — *Sur la transformation des images virtuelles observées dans les instruments d'optique en images réelles photographiables*. Paris-Photographe, 30 octobre 1892.

CARACTÈRES DE L'IMAGE SELON QUE L'OCULAIRE EST PLUS OU MOINS ÉLOIGNÉ DE L'OBJECTIF

F, distance focale de l'objectif; f , foyer et distance focale de l'oculaire;
 d , distance de l'image primaire à l'oculaire.

I Oculaire divergent placé	en deçà de l'image primaire	} $d > f$. Image virtuelle, directe, amplifiée (lunette de Galilée disposée pour l'observation par un œil non hypermétrope).
	au delà de l'image primaire	} $d < f$. Image réelle, renversée, amplifiée (lunette de Galilée disposée pour la photographie d'objets lointains).
II Oculaire convergent placé	} Cas sans intérêt.	
	en deçà de l'image primaire	} Image réelle, renversée, diminuée. Cas des objectifs photographiques.
	au delà de l'image primaire	} $d < f$. Image virtuelle, renversée, amplifiée (cas du microscope et de la lunette astronomique disposée pour l'observation par un œil non hypermétrope). } $d > f$. Image réelle, directe, amplifiée (microscope ou lunette astronomique disposée pour la photographie).

6. Chambre noire. Matériel. — Le système objectif est généralement relié à un châssis contenant la surface sensible par une chambre noire qui doit remplir les conditions principales suivantes, communes à toutes les chambres photographiques, quel que soit leur usage :

1° *être absolument imperméable à la lumière ;*

2° *les corps d'avant et d'arrière doivent être parallèles ;*

3° *l'axe optique de l'objectif doit être perpendiculaire à cette direction.*

Les châssis doivent être tels :

1° *Qu'ils soient parfaitement étanches à la lumière, les volets étant fermés ;*

2° *qu'ils assurent une immobilité complète aux plaques sensibles ;*

3° *qu'étant adaptés à la chambre noire, la plaque sensible prenne exactement la position qu'occupait la glace dépolie, lors de la mise au point ;*

4° *que le soin apporté à leur construction les empêche de jouer sous l'influence de l'humidité ou de la chaleur.*

Il est facile de vérifier que ces conditions sont remplies ; on trouvera dans les ouvrages spéciaux l'exposé des diverses méthodes qu'on

peut employer pour faire les essais nécessaires (1).

7. Choix de la surface sensible. — Le plus généralement, on emploiera les plaques au gélatino-bromure d'argent du commerce; néanmoins, quand on a besoin d'une grande finesse et de blancs très transparents, on s'adressera aux plaques au collodion humide ou à l'albumine, ces dernières donnant, outre des finesses extrêmes, des images d'un brillant particulier; rarement on s'adressera au collodion sec, quelquefois au collodion albuminé (procédé Taupenot); on trouvera dans les ouvrages spéciaux les méthodes de préparation de ces surfaces sensibles. Quelquefois même, on étendra le sel sensible lui-même, sans l'intermédiaire d'aucun substratum sur la plaque de verre, particulièrement dans la spectrographie (voir § 59, p. 89, le mode de préparation d'une telle surface sensible).

Mais, quelle que soit la couche sensible employée, il faut se rappeler qu'elle n'est pas également sensible à toutes les couleurs et, si

(1) G.-H. NIEWENGLOWSKI. — *Le matériel de l'amateur photographe. Choix, essai, entretien.* Paris, Gauthier-Villars.

on a à reproduire un objet coloré monochrome ou émettant des radiations voisines dans le spectre, il faudra avoir soin d'orthochromatiser la plaque pour cette région du spectre, en imprégnant la couche sensible d'une matière colorante, capable d'absorber les radiations mêmes de cette région ; il sera bon de placer en ce cas devant l'objectif un écran coloré formé d'une lame de verre ou de collodion teinté ou mieux d'une cuve à faces parallèles renfermant un liquide convenable, ne laissant passer que les radiations de la dite région du spectre.

Si l'objet à reproduire est polychrome, le meilleur moyen d'en obtenir une reproduction aussi fidèle que possible, au point de vue de la tonalité des couleurs, est d'employer le procédé suivant de la triple pose, dû à M. G. Lippmann ; nous croyons utile de citer une partie de la communication trop ignorée qu'il a fait à ce sujet à l'Académie des Sciences :

« Devant l'objectif, je place une glace bleue et je
 « fais poser le peu de temps nécessaire pour que les
 « rayons bleus de l'image impressionnent la plaque.
 « Ensuite, sans toucher d'ailleurs à l'appareil, et en
 « ayant soin de ne pas le déplacer, je substitue à la
 « glace bleue une glace verte, et je continue la pose
 « pendant un temps suffisant pour que le vert, à son
 « tour, impressionne la plaque fortement. La glace

DISPOSITION DES APPAREILS — MISE AU POINT 17

« verte a été choisie avec le plus grand soin, de façon
« qu'elle ne laisse pas passer la moindre trace de
« bleu. Dans ces conditions, on peut donner aux
« rayons verts le temps de pose qui leur est néces-
« saire, sans avoir à craindre que le bleu, cette fois
« totalement éliminé, vienne perdre l'épreuve par son
« action indûment prolongée. Enfin, c'est au tour des
« rayons rouges ; on les fait agir en substituant de-
« vant l'objectif une glace rouge à la glace verte.
« Cette glace rouge doit être choisie avec soin, de
« manière à ne pas laisser passer la moindre trace
« de rayons verts ou bleus.

« Le résultat final de cette triple pose est de donner
« des photographies claires, sans taches brunes, et
« dans lesquelles les feuillages verts, les draperies
« jaunes ou rouges, etc., au lieu de donner des nuances
« brunes, sont rendues par un dessin finement mo-
« delé comme dans une gravure bien faite ».

8. Disposition des appareils. Mise au point. — On ne saurait rien dire de général de la disposition à donner à l'appareil photographique destiné aux recherches scientifiques ; nous verrons la disposition qui a été adoptée dans chaque cas particulier.

Quant à la mise au point, elle devra s'effectuer autant que possible, l'objectif étant muni du diaphragme même qu'il doit avoir durant la pose, à moins que le peu de clarté de l'image ne force à opérer autrement ; auquel cas, il faudra

faire la mise au point avec un diaphragme d'ouverture aussi voisine que possible de celle du diaphragme qu'on emploiera définitivement ; il faudra prendre garde, dans le cas de la photographie d'objets très détaillés, d'avoir une glace dépolie à grain aussi fin que possible. On pourra se servir avec avantage d'une loupe à tirage, ou à pas de vis hélicoïdal, dont la base s'appuie sur le côté poli de la glace dépolie, sur l'épaisseur de laquelle on a eu soin de la régler ; il suffit, dans ce but, de fixer la loupe dans le tube de tirage, de manière à voir nettement une croix tracée sur la surface dépolie de la glace où viendra se former l'image. Dans le cas d'objets excessivement fins, on éliminera l'influence du grain de la glace dépolie en ne se servant de celle-ci que pour la mise en place du sujet. On emploie alors, pour obtenir une mise au point très exacte, une sorte de *méthode parallactique*, indiquée par M. Vidal, en 1879, et perfectionnée par M. C.-E. Woodmann (1). On place le tube d'un oculaire positif grossissant de 20 à 25 fois, muni de deux fils placés en croix dans son plan focal, dans un trou circulaire de

(1) C.-E. WOODMANN. — *Annuaire américain de photographie pour 1892*. Traduction dans *Photo-Gazette*, du 25 janvier 1892.

sa largeur, percé dans le verre dépoli, de manière que la face dépolie de ce dernier soit exactement dans le même plan que les fils du réticule, ce dont on est assuré par un collier convenablement ajusté sur le tube de l'oculaire, dépassant comme la rondelle d'un objectif qui doit, lorsqu'il en est ainsi, appuyer sur le côté poli du verre douci. On met l'image en place et à peu près au point, puis on place l'oculaire et on modifie le tirage de la chambre jusqu'à ce qu'un mouvement quelconque des yeux ne parvienne pas à déplacer l'image immobile au point d'intersection des deux fils ; à ce moment, l'image est rigoureusement au point.

9. Temps de pose. — Le temps de pose, dépendant d'un grand nombre de facteurs, dont quelques-uns même ne sont pas encore définis d'une manière précise, on ne peut en parler que d'une manière générale ; il dépend d'ailleurs de l'effet que l'on désire obtenir. Aussi n'est-il pas étonnant que son étude constitue un des problèmes les plus complexes de la photographie. Fort heureusement on peut, par un développement rationnellement conduit, corriger les erreurs de temps de pose dans des limites assez étendues. Aussi, généralement, suffit-il

de l'apprécier approximativement ; néanmoins, il est bon de connaître la formule mathématique, permettant d'avoir sa valeur dans la plupart des cas. En le déterminant de manière que l'image photographique représente le plus fidèlement possible l'objet reproduit, c'est-à-dire qu'il y ait proportionnalité entre les éclats des diverses parties correspondantes de l'épreuve et de l'objet, M. A. de La Baume Pluvinel a montré qu'il pouvait être représenté par la formule :

$$t = \frac{1}{E} \cdot \frac{1}{I} \cdot \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{S} \frac{D^2}{(D - F)^2}$$

dans laquelle

$\frac{1}{E}$ est le coefficient d'éclat ;

$\frac{1}{I}$, le coefficient d'éclairage égal à l'inverse de l'intensité du faisceau actinique qui tombe sur l'objectif ;

$\frac{1}{C}$, le coefficient de clarté, égal à l'inverse de la clarté du système objectif ;

$\frac{1}{S}$, le coefficient de sensibilité ou inverse de la sensibilité de la surface sensible employée ;

$\frac{D^2}{(D - F)^2}$, le coefficient de distance (D, distance

de l'objet à l'objectif de distance focale principale F).

Les valeurs numériques de ces divers coefficients se trouvent dans des tableaux contenus dans tous les ouvrages (1) ; on n'y aura recours que dans les cas délicats, lorsqu'on se fait difficilement une idée de ce que doit être le temps de pose ; l'appréciation de ce dernier est facilitée quand on se souvient qu'il doit varier :

1° *En raison inverse du carré du diaphragme employé ;*

2° *Augmenter avec le grossissement et, par suite, être d'autant plus long que l'objet à reproduire est plus près de l'objectif ;*

3° *Augmenter avec la distance focale principale du système objectif.*

Enfin, il est bon de se rappeler que, lorsqu'on veut reproduire des objets présentant des teintes d'éclats différents, ou des plages colorées de couleurs distinctes, le meilleur effet est obtenu avec un éclairage faible et une pose longue ; c'est ainsi que, pour obtenir du *modelé*, il faut diaphragmer et poser beaucoup.

(1) G. H. NIEWENGLOWSKI. — *Formulaire. — Aide-Mémoire du photographe*. Paris, Société d'Éditions scientifiques.

10. Développement. — Le développement devant être conduit de manière à corriger les erreurs de pose, on doit pouvoir faire varier à volonté l'énergie du révélateur. Il faut donc absolument rejeter les bains tout faits du commerce et les formules fixes ; il est facile, quel que soit le révélateur préféré, de s'en servir rationnellement. Nous nous contenterons d'indiquer la manière d'opérer avec les deux plus usités, l'oxalate ferreux et le pyrogallol ; il est d'ailleurs aisé d'utiliser les diverses autres substances révélatrices d'une manière analogue.

En ce qui concerne l'oxalate ferreux, que l'on prépare au moment même de s'en servir, en versant une solution saturée de sulfate ferreux dans une solution également saturée d'oxalate neutre de potassium, il faut se garder de mélanger, comme on l'indique souvent à tort, une partie de la première solution pour trois de la seconde ; ce sont là seulement des proportions qu'il ne faut pas dépasser. On se contentera d'ajouter quelques gouttes de sulfate ferreux dans la solution d'oxalate, avant d'en couvrir la plaque ; selon que l'image viendra tout de suite ou tardera trop à se montrer, on en restera à ce mélange, ou on ajoutera quelques gouttes de sulfate ferreux, cette addition pouvant être

répétée plusieurs fois s'il est besoin à condition de ne pas aller au-delà de la limite indiquée plus haut.

Le révélateur élastique par excellence est certainement celui au pyrogallol ; s'il est rejeté par l'amateur à cause des taches qu'il est susceptible de donner sur les mains, il doit être spécialement recommandé au savant pour son énergie, sa souplesse et la finesse qu'il donne aux clichés ; il a, en outre, l'avantage de convenir particulièrement aux plaques isochromatiques. Pour s'en servir, on verse la valeur d'une cuiller à moutarde (0^{gr},15 à 0^{gr},20) de pyrogallol dans 80 centimètres cubes d'eau additionnés de 20 centimètres cubes d'une solution à 25 % de sulfite de sodium ; dès que le pyrogallol est dissous, on verse le révélateur ainsi formé sur la plaque ; un tel bain peut révéler l'image, mais un temps plus ou moins long ; pour accélérer sa venue, on ajoute quelques gouttes d'une solution à 60 % de carbonate de soude. Si, par suite d'une sous-exposition, l'image ne venait pas, on pourrait ajouter encore quelques gouttes de la solution alcaline, cette addition devant être répétée jusqu'à venue complète des détails ; toutefois, une exagération de la dose d'alcali pousse au

24 TECHNIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

voile et au décollément de la gélatine. Si, lorsque les détails sont venus, le cliché manque d'intensité, on le remonte en ajoutant au bain du pyrogallol. On peut ainsi varier les proportions de réducteur et d'alcali selon les écarts de pose ; c'est ainsi qu'on peut, avec deux temps de pose différents, obtenir deux clichés identiques. On peut, au besoin, user d'un modérateur, consistant en une solution de bromure de potassium à 10 % qu'on ajoute goutte à goutte.

Nous résumons, dans le tableau de la p. 25, les modifications à apporter selon les écarts de pose à un révélateur quelconque ; rappelons que le *réducteur* (pyrogallol) donne de l'intensité et que l'*alcali* (carbonate de soude) pousse aux détails :

En faisant varier à la fois convenablement la durée de la pose et la conduite du développement on peut, avec l'habitude, obtenir tel ou tel résultat :

C'est ainsi que si on cherche beaucoup d'oppositions, si on veut accentuer les contrastes du sujet, il faut poser peu et développer rapidement avec un bain énergique, contenant du bromure. Si, au contraire, on désire avoir des contrastes atténués, c'est-à-dire, en termes du métier, un

<p>1° ÉCART CONNU On sait <i>a priori</i> que la pose a été</p>	<p><i>insuffisante</i> (sous exposition)</p>	<p>Révéléateur énergique : pas ou peu de bromure ; forte dose de réducteur. Mettre tout de suite une dose assez forte (1 à 2 centimètres cubes) d'alcali.</p>
<p>2° ÉCART INCONNU On s'aperçoit pendant le développement que la pose a été</p>	<p><i>trop longue</i> (sur exposition)</p>	<p>Révéléateur peu énergique : bromure ; avec forte dose de pyrogallol ; n'ajouter l'alcali que goutte à goutte, avec modération.</p>
<p>3° ÉCART INCONNU On s'aperçoit pendant le développement que la pose a été</p>	<p><i>insuffisante</i></p>	<p><i>L'image tarde à se montrer.</i> Augmenter la dose de réducteur et d'alcali.</p>
<p>4° ÉCART INCONNU On s'aperçoit pendant le développement que la pose a été</p>	<p><i>trop longue</i> Deux cas</p>	<p>1° <i>L'image apparaît un peu trop rapidement, les détails s'accusant un peu trop vite.</i> Ajouter un peu de bromure pour rétablir les oppositions. 2° <i>L'image apparaît brusquement :</i> (forte surexposition). Dose normale de réducteur, faible d'alcali ; forte dose de bromure ; si celle-ci ayant été exagérée, le développement restait stationnaire, ajouter de l'alcali.</p>

cliché doux, il faut poser longtemps et développer lentement avec un bain révélateur dilué, renfermant peu de bromure.

11. Tirage des photocopies. — La principale qualité que doit présenter un *document* étant, après la fidélité, la durabilité, on comprend tout le soin qu'il est nécessaire d'apporter au tirage des épreuves ou photocopies positives. Celles qui se conservent le plus longtemps sont certainement celles à base de carbone, telles que les impressions aux encres grasses ; les épreuves dites au charbon viennent ensuite avec une stabilité ne dépendant que du substratum gélatine renfermant la matière colorante ; le procédé au platine, semblerait, bien que le nombre d'essais faits dans ce but soit trop faible pour imposer une conclusion indiscutable, venir ensuite. Mais ces divers procédés sont loin d'être couramment employés, surtout dans les laboratoires, où on se sert habituellement des papiers à base d'argent, salé, albuminé ou gélatiné. Ces papiers sont susceptibles de donner des images d'une durée assez longue, si on a soin de prendre, durant leur traitement, un certain nombre de précautions basées sur ce que, pour la plus grande part, les altérations viennent d'une sul-

uration de l'image. Résumons-les en quelques mots :

1° Avoir soin, avant de les plonger dans le bain de virage, de laver les épreuves à l'eau courante ou à plusieurs eaux jusqu'à ce que la dernière eau de lavage soit dépourvue de toute teinte blanchâtre ;

2° Employer un bain de virage neutre ou de préférence alcalin (tel que le virage à la craie) et virer les épreuves à fond, de manière à remplacer la plus grande partie de l'argent par de l'or ;

3° Bien laver les épreuves après le bain de virage ;

4° Employer un bain de fixage concentré, renfermant de 200 à 250 grammes d'hyposulfite de sodium par litre d'eau ; ne fixer que peu d'épreuves à la fois, remuer la cuvette durant le fixage et ne pas craindre de renouveler fréquemment le bain.

5° Enfin laver à fond, autant que possible à l'eau courante, les épreuves virées et fixées, afin d'éliminer toute trace d'hyposulfite.

Nous ne saurions trop recommander de se garder d'employer les bains combinés qui fixent et virent en même temps et qui donnent rarement des épreuves se conservant bien.

Il est d'usage de conserver les épreuves collées sur carton ; la meilleure colle est certainement l'empois d'amidon additionné de quelques gouttes d'eau phéniquée. Un procédé commode, qui a l'avantage de donner des épreuves peu encombrantes, consiste à coller les épreuves sur toile, au moyen de gutta-percha pure. C'est ce qui semble être le plus pratique pour une collection.

12. Reproduction du relief. — Quand on désire avoir d'un objet non pas une reproduction plane, mais une représentation de son relief, on en prend deux perspectives, de deux points de vue différents soit au moyen d'un même appareil qu'on déplace, soit au moyen d'une chambre double, portant deux objectifs, et on examine les deux épreuves au stéréoscope. Le plus pratique est d'employer une chambre 13×18 à laquelle on peut adapter une séparation, ce qui permet d'avoir deux épreuves de grandeur suffisante pour être examinées chacune séparément, si on ne dispose pas de stéréoscope au moment de les étudier. Nous renverrons aux ouvrages spéciaux pour ce qui concerne la pratique de la stéréographie (1).

(1) Voir notamment : A. L. DONNADIEU. — *Traité*

12. Reproduction des couleurs. — La reproduction photographique des couleurs peut être directe ou indirecte. La méthode directe, basée sur la théorie des interférences, et due à M. G. Lippmann, bien que très simple en théorie, exige encore quelques perfectionnements avant d'entrer dans le domaine de la pratique; dès que ces progrès seront réalisés, la chromo-photographie rendra à la science des services de la plus haute importance.

En attendant, on peut obtenir des résultats utiles par la photochromographie ou reproduction indirecte des couleurs par la photographie, basée sur cette remarque de Maxwell qu'une couleur simple ou complexe peut être exprimée par une fonction linéaire de trois couleurs principales. Le principe de la méthode consiste à faire de l'objet à reproduire trois clichés ou phototypes négatifs :

1^o Le premier, qui doit avoir été impressionné seulement par les radiations rouges, sur une plaque orthochromatisée spécialement pour le rouge (au moyen de cyanine par exemple) en

de photographie stéréoscopique. Paris, Gauthier-Villars, éditeur.

L. CAZES. — *Stéréoscopie de précision; Théorie et pratique.* Paris, J. Michelet, éditeur.

ayant soin de placer devant l'objectif, pendant la pose, un écran absorbant toutes les autres radiations et ne laissant passer que les radiations rouges ; le mieux est d'employer une petite cuve à faces parallèles, remplie d'une dissolution d'hélianthine rouge.

2° Le second, qui doit être impressionné par les radiations jaunes, sur une plaque sensible orthochromatisée spécialement pour le jaune (au moyen d'azaline ou d'éosine) et en interposant devant l'objectif un écran, tel qu'une cuve remplie d'acide picrique, ne laissant passer que les radiations jaunes.

3° Le troisième, qui doit être impressionné par les radiations bleues, sur une plaque ordinaire, en mettant devant l'objectif un écran bleu ou violet, ou même sans écran.

Quant aux temps de pose, ils peuvent être très variables ; on peut cependant dire, en moyenne, que si l'on estime que la troisième plaque exige une seconde de pose, la seconde demande trois secondes et la première ~~trois~~ trois minutes.

Ces trois clichés analytiques étant obtenus, il s'agit de les utiliser pour reconstituer les couleurs de l'objet, pour en faire la synthèse, synthèse qui peut être soit :

1° Durable, que l'on obtient en tirant par un

procédé quelconque (papier au charbon, tirage photomécanique, etc.) des trois clichés trois positifs respectivement rouge, jaune et bleu et en les superposant : ce procédé ne permet guère une reconstitution exacte ;

2° Passagère, que l'on peut obtenir soit en superposant par la projection au moyen de trois lanternes, sur un écran, les trois positifs éclairés respectivement avec les mêmes radiations rouges, jaunes et bleues qui ont fourni les trois clichés ; le mieux est de tamiser la lumière en plaçant devant les trois positifs les trois écrans mêmes qui ont servi à obtenir les clichés. Le meilleur dispositif est celui qu'emploie M. G. Lippmann depuis 1886 : 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 laisse passer la cuve correspondante ; on tire des trois clichés ainsi obtenus trois positifs que l'on éclaire fortement en plaçant devant les objectifs les mêmes écrans que durant la pose, et on obtient ainsi sur un écran une image dont on faisait varier la dimension en interposant une lentille convergente ou divergente entre l'écran et les trois objectifs ;

Soit en regardant les trois positifs au moyen de l'héliochromoscope Yves ou des stéréochromoscopes Nachet ou Niewenglowski, ces deux derniers instruments faisant voir l'objet avec ses couleurs et en relief (1).

14. Reproduction du mouvement. — La photographie instantanée permet d'obtenir une image nette d'un objet en mouvement, dans une de ses positions, mais ne renseigne nullement sur la nature de ce mouvement. Au contraire, la chronophotographie permet en quelque sorte l'analyse de ce mouvement; elle consiste à prendre, à des intervalles de temps connus, des photographies successives de l'objet mobile, permettant ainsi de déterminer la position du corps, dans l'espace, à des époques déterminées.

Le premier procédé chronophotographique, dû à Muybridge, de San-Francisco, consiste à placer devant le mobile une série d'appareils photographiques munis d'obturateurs que l'on déclenche successivement, à des intervalles de

(1) G.-H. NIEWENGLAWSKI et A. ERNAULT. — *Les couleurs et la photographie. Reproduction photographique directe et indirecte des couleurs.* — Paris, Société d'éditions scientifiques.

temps égaux et parfaitement connus, au moyen de courants électriques. Le général Sébert et Anschütz ont employé des méthodes analogues, ainsi que M. A. Londe qui se sert d'une seule chambre noire muni de douze objectifs dont les obturateurs peuvent être déclenchés électriquement à des intervalles de temps variables à volonté. Ces procédés, par suite de l'emploi de plusieurs objectifs, présentent outre l'inconvénient d'être d'un prix assez élevé, celui de donner des images de l'objet de points de vue différents et, par suite, non comparables, surtout s'il s'agit d'objets de petites dimensions, pris à de faibles distances; plus la taille de l'objet est grande et plus il est éloigné de l'appareil, moins l'influence de ces changements de perspective est fâcheuse; mais elle n'en existe pas moins.

Elle est au contraire complètement absente dans les procédés ingénieux de M. Marey, qui comportent deux méthodes suivant qu'on opère sur *plaque fixe* ou sur *plaque mobile*.

Dans la première, un appareil rotatif ne laisse entrer de la lumière dans l'objectif que par intermittence, à des intervalles de temps égaux; l'objet mobile vivement éclairé et placé devant un fond obscur donne sur la plaque sensible une image à chaque admission de lumière, ces images

se faisant en des régions différentes de la plaque, par suite du mouvement du mobile.

Dans la seconde, il n'est pas besoin de fond obscur : la plaque sensible opère un mouvement de rotation autour de son centre en effectuant un tour en une seconde, comme dans le revolver de M. Janssen et le fusil photographique de M. Marey, qui donnent des images très petites ; c'est pourquoi M. Marey a réalisé un appareil permettant de faire de la chronophotographie sur plaque fixe ou sur pellicule mobile, dont on trouvera la description détaillée ailleurs (1).

15. — Un autre procédé chronophotographique sur plaque fixe plus simple, permet d'utiliser n'importe quelle chambre noire ; il consiste à obtenir les intermittences successives au moyen de la source lumineuse elle-même. Le mobile est disposé dans une chambre obscure, devant un fond noir Chevreul-Marey (devant l'ouverture d'une caisse ou d'une pièce rectangulaire dont l'intérieur est peint en noir mat, ou tendu de velours mat) ; l'appareil photogra-

(1) E. J. MAREY. — *Le mouvement*, Paris, G. Masson, éditeur.

KEHLER. — *Application de la photographie aux sciences naturelles*, Encyclopédie des Aide-Mémoire.

phique est braqué, l'objectif découvert, sur la portion de l'espace où doit se déplacer l'objet. Une série d'éclairs magnésiques instantanés (mélanges de chlorate de potassium et de magnésium, tel que celui employé par M. Londe, 2 parties de chlorate pour 1 de métal), produits au moyen de petites cartouches allumées successivement et à intervalles égaux au moyen de l'électricité, remplace l'obturateur tournant de l'appareil Marey. La disposition des cartouches et du déflagrateur peut varier comme chacun l'entend. Quant au moyen de lancer successivement le courant dans chacune d'elles et régulièrement, on pourra le réaliser soit en se servant d'une aiguille parcourant un cadran en une seconde et venant frotter successivement des contacts en communication respective avec chacune des cartouches, soit en construisant un pendule battant la seconde et muni, à sa partie inférieure, d'un balai venant frotter successivement sur des contacts convenablement espacés, soit par toute autre méthode congénère.

On peut aussi éclairer le mobile au moyen d'étincelles électriques se produisant à intervalles réguliers, surtout quand la période du phénomène exige que l'on fasse par seconde un nombre de poses supérieur à la limite impo-

sée par la durée de l'éclair magnésique, durée plus longue que celle de l'étincelle électrique (1).

Nous n'insistons pas sur les détails, ne voulant donner que le principe de la méthode, laissant à chacun la liberté de l'appliquer avec plus ou moins d'ingéniosité.

Une telle disposition ne peut évidemment servir que dans le cas de sujets mobiles qui se déplacent ; si le mouvement qu'on veut étudier se produit toujours au même endroit, il faudrait, en outre, rendre la plaque mobile ou se servir dans ce cas de pellicules mobiles comme dans l'appareil chronographique à pellicule mobile du D^r Marey.

Les clichés analytiques ainsi obtenus par la chronographie devraient, pour compléter l'étude chronographique du mouvement, en permettre la synthèse, c'est-à-dire la reproduction, en un moment et en un lieu quelconque et au besoin en en augmentant la période dans un rapport connu, afin de permettre à l'œil de le suivre aisément ; c'est ce que l'on a cherché

(1) Nous verrons une application des étincelles à la chronographie pour l'étude de la veine liquide ou de la chute d'une goutte d'eau (p. 57).

en appliquant à leur examen le phénakisticope de Plateau, le zootrope, ce que M. Demeny a pu obtenir avec un degré de perfection assez avancé avec son photophone et ce que M. Marey cherche en construisant un projecteur chronophotographique.

En résumé, nous voyons que les trois parties du problème photographique peuvent être actuellement considérées chacune comme presque complètement résolue : il ne reste guère que quelques progrès à faire dans la pratique de la photographie directe des couleurs et pour la synthèse du mouvement pour qu'elles le soient complètement. Quand il en sera ainsi, quand la photographie permettra aisément de reproduire les objets avec leur relief, leur mouvement et leurs couleurs, elle sera pour le savant l'une des méthodes d'étude les plus précieuses.

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES DE LA PHOTOGRAPHIE

Nous examinerons les diverses applications scientifiques de la photographie, en passant sous silence tout ce qui concerne la photographie astronomique, qui doit faire l'objet d'un Aide-Mémoire spécial ⁽¹⁾, et en suivant l'ordre de la classification des sciences.

Nous n'avons, en ce qui concerne les sciences naturelles et médicales, donné que des aperçus généraux, renvoyant pour les détails à l'Aide-Mémoire de M. Kœhler ⁽²⁾.

⁽¹⁾ A. DE LA BAUME-PLUVINEL. — *La photographie astronomique*. Encyclopédie des Aide-Mémoire.

⁽²⁾ R. KÖHLER. — *Application de la photographie aux sciences naturelles*.

GÉOMÉTRIE

16. — La représentation plane d'un corps à trois dimensions offre de grandes difficultés pour le dessinateur qui ne peut en exprimer le relief qu'en appliquant les règles de la perspective; rien n'est plus simple pour le photographe qui emploie un objectif à points nodaux confondus, qui peut en obtenir instantanément une perspective correcte.

La photographie permet d'inscrire aisément les lieux de l'espace parcouru par un mobile. Si la trajectoire est plane, il suffit de placer l'appareil, son verre dépoli étant parallèle au plan de cette trajectoire; si elle n'est pas plane on ne pourra en obtenir qu'une perspective à moins d'employer un appareil stéréoscopique.

Quand une droite se déplace dans l'espace en restant assujettie à certaines conditions, elle décrit des surfaces dont on ne peut représenter, par le dessin, et encore difficilement, que les projections. Plus généralement on tend, entre deux armatures métalliques, une série de fils montrant les diverses positions de la droite mo-

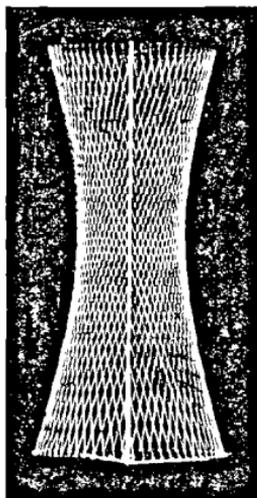
bile dont l'ensemble donne une idée de la surface décrite.

La chronophotographie sur champ obscur permet aisément d'obtenir de telles représentations : on fait tourner devant un champ obscur une charpente métallique formée d'une tige métallique verticale munie

de deux bras transversaux de longueurs relatives variables, entre lesquels est tendu un fil blanc. Si les deux bras sont égaux, ce dernier devient un cylindre; s'ils sont inégaux, un hyperboloïde de révolution (*fig. 1*); si le fil blanc ne tourne plus autour d'un axe, mais si son mouvement est tel qu'une de ses extrémités décrit

un cercle, l'autre une droite, on obtient un conoïde. En employant un fil métallique courbe on peut de même étudier les surfaces engendrées par le mouvement d'une courbe quelconque dans l'espace.

Fig. 1



LEVER DES PLANS

17. — La photographie donnant d'une vue une perspective conique exacte, le colonel Laussedat eut l'excellente idée de remplacer, dans le lever des plans, les dessins à la chambre claire par des vues photographiques auxquelles il appliqua la méthode des intersections de Beautemps-Dupré et Leblanc. On donne actuellement le nom de *photogrammétrie* aux méthodes de lever des plans par la photographie. Elles sont toutes basées sur ce fait que la ligne joignant l'image photographique d'un point au point nodal d'émergence de l'objectif, passe par le point lui-même; les directions relatives de telles droites sont parfaitement déterminées quand on connaît la distance focale de l'objectif qui a fourni une photographie; si l'on en a deux, prises de points de vue différents, les directions de ces droites, faciles à construire, se coupent, deux à deux, aux points de l'objet; les intersections de ces droites relatives à l'une de ces photographies avec les droites homologues de l'autre forment une surface semblable à la surface photographiée. Telle est la base de la photogrammétrie

sur laquelle nous ne pouvons insister plus, qui exige que la plaque sensible soit verticale et l'axe optique de l'objectif horizontal pendant la pose. Nous renvoyons aux traités spéciaux pour les détails des méthodes photogrammétriques (1).

PESANTEUR

18. — Étude de la chute des corps. — L'étude du mouvement de la chute des corps soumis à l'action de la pesanteur se fait aisément au moyen des méthodes chronophotographiques de Marey, en faisant tomber une sphère blanche, éclairée par le soleil, devant un rideau vertical de velours noir, à côté d'une règle graduée (*fig. 2*). On obtient ainsi sur une même plaque photographique, l'image des positions successives qu'occupe la sphère à des époques bien déterminées, grâce à un cadran chronométrique qui permet de mesurer l'intervalle de temps séparant les images successives, et il est facile de se servir de ce document pour étudier le mouvement.

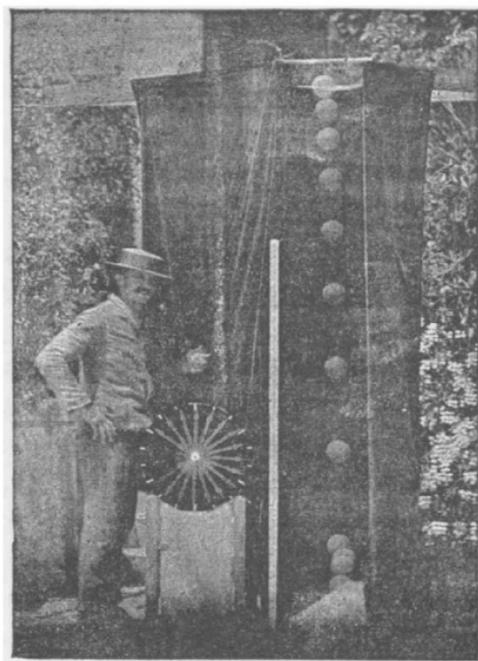
Dans cette expérience, faite par M. Marey,

(1) Commandant LECROS. — *Éléments de photogrammétrie*. Société d'éditions scientifiques.

44 APPLICATIONS SCIENTIFIQUES DE LA PHOTOGRAPHIE

avec une boule de caoutchouc de 11 centimètres de diamètre, pesant 30 grammes, la résistance de l'air ne diminue pas sensiblement l'accéléra-

Fig. 2



tion ; il n'en serait plus de même avec une boule plus légère et plus volumineuse.

Cette résistance de l'air pourrait facilement être étudiée chronophotographiquement, en

employant le dispositif suivant, proposé par M. Marey (1):

Du haut d'une grande enceinte fermée (afin d'éviter l'agitation de l'air) telle que la Galerie des Machines, tomberaient des corps pesants éclairés par un puissant faisceau lumineux, à côté d'une règle graduée qui indiquerait les espaces parcourus devant un appareil chronophotographique qui permettrait de photographier leurs positions successives à des intervalles de temps bien déterminés. Regardant sur la plaque à partir de quel moment la vitesse de chute est uniforme pour un mobile de poids connu, on étudierait facilement les variations de la résistance de l'air en fonction de la vitesse, en se fondant sur ce fait qu'à partir du moment où la vitesse est uniforme, la résistance de l'air est égale au poids du mobile.

19. Détermination de l'intensité de la pesanteur. — La détermination de la valeur de g par l'étude de la durée d'oscillation d'un pendule, comporte, quand on emploie la méthode des coïncidences de Borda, une erreur personnelle et, en outre, ne permet que des expé-

(1) MAREY. — *Le Mouvement*. Paris, G. Masson, 1894.

riences de courte durée. M. Alphonse Berget a employé la photographie pour éviter ces écueils. Le pendule est muni d'un écran percé d'une fente sur laquelle une lentille fait converger la lumière; une autre lentille donne une image de la fente sur une pellicule sensible qui est entraînée comme la bande d'un récepteur Morse par un mouvement d'horlogerie; une seconde fente, obturée en temps ordinaire, est ouverte chaque fois qu'un même astre passe sous la croisée des fils du réticule d'une lunette méridienne; on peut ainsi déterminer le nombre d'oscillations pendant la durée d'un jour sidéral. Il est facile de modifier la méthode de manière à inscrire, outre les oscillations, leur amplitude. Une lentille, annexée au système oscillant, projette une image d'un point lumineux qui se déplace horizontalement en inscrivant une sinusoïde, représentant la loi du mouvement du pendule, sur une pellicule sensible se déplaçant verticalement.

20. Mouvement des projectiles. — Le mouvement des projectiles peut être facilement étudié par la photographie; mais les méthodes chronophotographiques habituelles ne permettent pas une instantanéité suffisante; une balle

de fusil parcourant en moyenne 600 mètres par seconde, soit 6 centimètres en un dix-millième de seconde, il est nécessaire que la durée de pose soit de l'ordre du millionième de seconde si on désire des images nettes ; un tel degré d'instantanéité est difficilement obtenu par des moyens mécaniques ; cependant, M. Anschütz de Lissa a pu, en 1889, photographier à la lumière du jour, des projectiles animés d'une grande vitesse initiale.

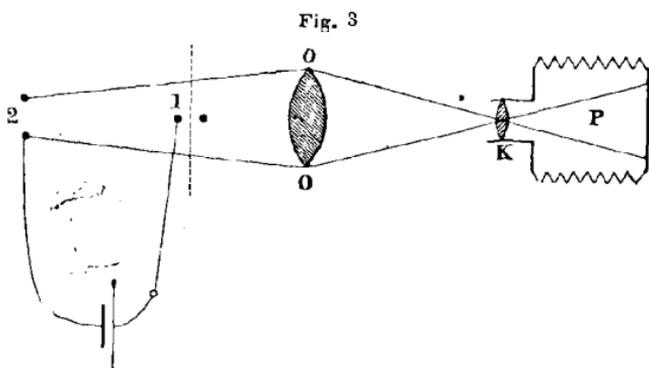
Il se servit pour cela d'une chambre noire très solide dont l'obturateur à rideaux était commandé par un poids de plusieurs centaines de kilogrammes ; cet obturateur était formé d'une fente très mince découvrant la plaque pendant un temps extrêmement court (75 millionièmes de seconde).

Devant la chambre noire, il plaça un voile blanc et, à des intervalles de 4 mètres, des projectiles de même nature que ceux tirés par le canon et devant servir de comparaison. Le projectile lancé traversait un réseau de fils métalliques qui commandait l'obturateur de la chambre.

Il a pu ainsi photographier des projectiles passant devant son appareil à une vitesse initiale de 418 mètres par seconde.

21. — Il est plus pratique d'employer une lumière intermittente très rapide : l'étincelle électrique. C'est ce qu'ont fait MM. Mach et Salcher en utilisant l'étincelle donnée par une batterie de bouteilles de Leyde entre deux points d'interruption.

Ils purent, de cette façon, obtenir une image très nette de la zone de compression de l'air à l'avant du projectile et de raréfaction à l'arrière. La photographie montrait une hyperbole ayant son sommet à la tête du projectile et l'axe dans la trajectoire, et des bandes de démarcation par-



tant de la partie postérieure pour aller se perdre en s'écartant à l'arrière.

Dans une chambre obscure, était un appareil photographique P (fig. 3) dont l'objectif K restait ouvert ; en avant de lui était une lentille O de-

vant laquelle se trouvaient des tubes de verre enfermant des fils métalliques en communication avec une batterie de bouteilles de Leyde F, dont les deux fils étant réunis par un circuit rompu en 1, à l'endroit des tubes de verre et en 2, entre deux boules. La balle en passant dans l'intervalle b des tubes de verre les brise et ferme un instant le circuit, provoquant ainsi en 2 la formation d'une étincelle dont la lueur suffit pour éclairer un instant très court, la balle qui, en quittant l'intervalle 1, rompt de nouveau le circuit, supprimant ainsi brusquement la source lumineuse qui n'a lui qu'une très faible fraction de seconde.

On remarque encore, lorsque la vitesse est très grande, des petits nuages formant une traînée à l'arrière dans la partie privée d'air par le passage rapide du projectile ainsi que des mouvements giratoires rappelant les mouvements de l'eau autour d'un bateau animé d'une très grande vitesse.

22. — M. Gleaves a employé une méthode analogue qui consiste à éclairer le projectile par un tube de Geïssler de grande dimension, actionné par une forte bobine d'induction. C'est encore ici la balle qui rompt le circuit et provoque ainsi l'étincelle destinée à l'éclairage du tube de Geïssler.

NIEWENGLOWSKI — Applications scientifiques de la Photographie 4

23. -- M. Boys a repris, en 1892, les expériences de Mach et Salcher à l'aide d'un dispositif qui consiste à faire éclater dans un circuit d'une grande capacité et d'une faible induction fermé au moment voulu par la balle elle-même, une étincelle brillante et de courte durée. Nous empruntons la description de ce dispositif à un intéressant article de M. Boys (1) :

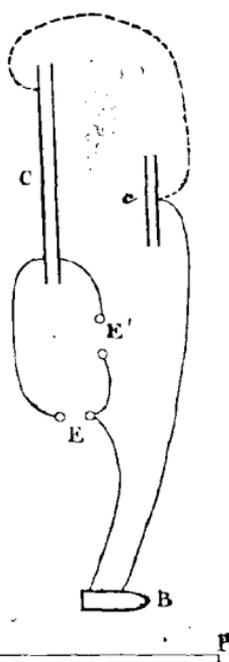
« Un grand condensateur C (*fig. 4*) est en connexion avec un autre plus petit c ; les armatures extérieures sont en court circuit, tandis que les autres sont réunies par un fil de coton trempé dans une solution de chlorure de calcium. Le grand condensateur peut se décharger par E, E', tandis que le petit se ferme sur E' B. Lorsqu'une balle, passant en B, met les fils en communication, le condensateur c se décharge en produisant une petite étincelle en E' ; la résistance du circuit de C est subitement diminuée, et le grand condensateur devient capable de se décharger par E' et E. L'étincelle E' est cachée par un écran, tandis que l'autre étincelle projette l'ombre de la balle sur la plaque P.

« Durant la charge du système, les conden-

(1) *Revue générale des Sciences*, n° du 15 octobre 1892

« sateurs C et c ont leurs armatures respecti-
 « vement au même potentiel, l'équilibre se
 « faisant par le morceau de
 « fil ; mais la décharge est
 « de trop courte durée pour
 « que ce mauvais conduc-
 « teur y prenne aucune
 « part, et la charge entière
 « du condensateur C passe
 « par E et E'. On sait, d'autre
 « part, que, pour une lon-
 « gueur donnée, l'étincelle
 « en E est plus brillante si
 « le circuit contient une
 « autre interruption que
 « s'il est complet. Cet ar-
 « rangement réunit donc
 « tous les avantages ».

Fig. 4



La méthode de M. Boys présente, sur celle de MM. Mach et Salcher, l'avantage de donner des images beaucoup plus grandes ; en outre, la simplicité des appareils qu'elle exige lui a permis d'étudier divers phénomènes. Outre l'image du projectile, il obtient une trace des perturbations occasionnées dans l'air par son passage ; cette trace, figurée sur le

cliché par des lignes sombres et claires, est analogue aux vagues et aux remous produits sur une eau tranquille par le passage d'un bateau ; M. Boys a pu étudier ainsi, en particulier, les diverses phases de la traversée d'une plaque de verre par le projectile.

24. — M. F. Neesen a employé pour l'étude du mouvement des projectiles une méthode différente qui mérite d'être signalée : une plaque photographique est introduite dans l'obus, dans la paroi duquel on perce un trou de 0^{mm},5 de diamètre en face de la plaque. Le projectile étant tiré dans une direction convenable, les rayons du soleil dessinent sur la plaque une série de courbes qui peuvent donner des indications utiles sur ces mouvements. De cette étude M. F. Neesen conclut que c'est à tort que l'on considérait jusqu'à présent le moment de résistance de l'air comme constant.

25. Recul des bouches à feu. — On est arrivé par la photographie à obtenir l'instant précis du recul d'une bouche à feu. Le procédé employé, très simple, consiste à enflammer la charge à l'aide d'un fil de platine porté à l'incandescence par un courant électrique qui fait aussi agir un

électro-aimant chargé de soulever un volet placé devant le diaphragme de l'appareil photographique. L'objectif est donc découvert tout le temps que dure le courant et cesse de l'être dès que le fil de platine, en fondant, interrompt le circuit.

Le moyen employé par M. le Commandant Joly est le suivant : Une boule argentée de 5 millimètres de diamètre, se détachant sur le milieu d'un disque noirci, est fixée sur la pièce dont on veut étudier le recul. Dans un plan parallèle à celui du recul on place l'appareil photographique dont l'objectif rectilinéaire doit couvrir tout le champ du recul. L'objectif muni d'un obturateur à deux valves se découvre automatiquement au moment même de l'inflammation de la poudre à l'aide d'un interrupteur électrique réuni à la pièce.

La mise au point ayant été faite sur la boule argentée, on obtient l'image de la courbe décrite par le point lumineux de cette même boule.

26. Relèvement du point d'éclatement des projectiles. — Au polygone d'artillerie de Calais, M. le Commandant Joly s'est servi de la photographie pour déterminer exactement l'écart entre l'instant précis de l'éclatement d'un pro-

jectile et celui prévu lors de sa fabrication. Il est parvenu ainsi à connaître les limites de cet éclatement. Pour cette détermination il s'est servi du dispositif suivant :

Perpendiculairement à la direction de la trajectoire est placé l'appareil photographique, muni d'un objectif rapide, et dont la glace dépolie est rigoureusement parallèle à la ligne suivie par le projectile.

La mise au point est faite, pour toute la séance, sur le champ probable d'éclatement des projectiles, et de manière que l'image sur la plaque photographique renferme le champ d'éclatement probable du projectile, la ligne d'horizon et deux ou trois fanions donnant l'échelle du dessin.

On ouvre le châssis, contenant une plaque à la gélatine bromurée, au moment où l'on aperçoit la fumée du coup de canon ; et, à l'aide d'un obturateur pneumatique, on découvre l'objectif à l'instant où l'on voit le nuage déterminé par l'éclatement du projectile.

CAPILLARITÉ

27. — La photographie a permis à M. Gossart de montrer que le phénomène bien connu de la caléfaction n'était qu'un cas particulier de la

capillarité ⁽¹⁾ : C'est ainsi que, disposant sur une lame de platine préalablement chauffée, des gouttes épaisses de divers liquides éclairées par un faisceau lumineux qui se dirigeait ensuite dans un appareil photographique, il a pu déterminer théoriquement l'équation de la section méridienne de ces gouttes, et montrer la forme, les diamètres et les épaisseurs de ces gouttes, circulaires ou allongées.

La pose avait été de $\frac{1}{30}$ de seconde.

L'inspection des images photographiques de grandeur nature, prouva la concordance entre les résultats de l'expérience et la théorie, en admettant toutefois l'égalité de tension superficielle sur tout le périmètre de la goutte et l'absence d'angle de raccordement avec la lame de platine.

HYDRODYNAMIQUE

La photographie a été souvent employée dans l'étude du mouvement des fluides.

(1) GOSSART (E.). — *Mesure des tensions superficielles dans un liquide en caléfaction*. Thèse pour le doctorat ès sciences physiques, Paris 1890.

28. Écoulement des liquides. — La vitesse d'écoulement d'un liquide était déjà connue, mais on ne tenait alors pas compte de la viscosité de ce liquide.

M. Vauthier, pour la déterminer, mesura la vitesse des bulles d'air entraînées par différents liquides tombant verticalement. Il se servit d'abord de l'eau, puis de sirops de glucose de densités différentes. Il photographia, sur une plaque animée d'une vitesse horizontale connue, le mouvement des bulles d'air entraînées dans la veine, et obtint ainsi pour chaque bulle la trajectoire de la vitesse relative. Il était alors facile de déterminer le rapport des deux vitesses connaissant la vitesse horizontale.

Le châssis de la chambre noire était remplacé par un volant vertical mù par un moteur électrique ; les plaques fixées sur ce volant, étaient impressionnées par la projection, à l'aide d'un fort éclairage, de la veine et en même temps d'un petit orifice circulaire percé dans un écran supporté par un diapason électrique donnant ainsi la mesure du temps. En opérant sur des liquides de viscosités différentes, M. Vauthier obtint pour chacun des résultats complètement différents (1).

(1) VAUTHIER. — Thèse de doctorat. Paris, 1888. *Journal de Physique*, 2^e série, t. VIII, p. 301 et 396.

29. Photographie de la veine liquide. —

L'étude, très délicate, de la manière dont se produit la discontinuité de la veine liquide, ne peut guère se faire qu'au moyen d'artifices. C'est ainsi que Savart éclairait la veine par une étincelle électrique pour voir les changements de forme et de distance présentés par les gouttes. M. Izarn utilise la lumière produite par un tube de Geissler animé par une bobine attachée solidement au tuyau et au robinet d'écoulement de manière à communiquer la vibration du trembleur à la veine, ce qui la rend régulière et insensible aux mouvements ambiants : en effet, le trembleur d'une bobine Ruhmkorff examiné à la lumière d'un tube de Geissler qu'elle illumine paraît immobile, l'éclairage ne se produisant qu'au moment précis où le trembleur quitte le contact de l'interrupteur. L'examen des photographies de M. Izarn montre nettement que l'aspect du tube central, indiqué par Savart, est dû à la réfraction à travers la colonne liquide, réfraction qui donne à son intérieur l'aspect d'une région brillante. Cette méthode peut être employée chaque fois qu'un phénomène peut être éclairé au moyen d'un tube de Geissler.

30. — M. C.-V. Boys en éclairant le jet au

moyen d'une étincelle a pu montrer l'accentua-

Fig. 5



tion avec la distance à l'orifice de la séparation des gouttes dont les vibrations sont très distinctement représentées, sur la *fig. 5*. M. Chichester Bell produit, à l'aide de courtes étincelles dues à la décharge d'une batterie de Leyde l'ombre de la veine sur une plaque sensible maintenue verticalement aussi près que possible d'elle et à 2 ou 3 mètres de l'étincelle; un son quelconque produit la rupture régulière du jet ⁽¹⁾.

31. Chute d'une goutte d'eau.

— M. Lénard ⁽²⁾ au cours d'un travail dont le but était de déterminer la tension superficielle des liquides en mesurant la durée d'oscillation d'une série de gouttes tom-

(1) On trouvera dans les nos de mars et d'avril 1895 de la *Revue suisse de photographie* des épreuves représentant les différentes formes que prend une goutte d'eau en tombant.

(2) *Annales de Wiedemann*, 1887. — La Nature du 20 octobre 1894.

bant en chute libre, a employé un dispositif assez simple pour photographier les diverses phases de la chute d'une goutte d'eau. Les gouttes s'échappaient d'un tube alimenté par un vase de Mariotte et étaient guidées dans leur chute par une fine barbe d'un épi de seigle préalablement bien lavée, ce qui lui permettait de prendre immédiatement une forme toujours à peu près la même et un mouvement d'oscillation elliptique ; un tube large les protégeait des mouvements de l'air. L'éclairage employé était celui d'étincelles électriques, déclenchées par les gouttes elles-mêmes, de sorte que les gouttes successives peuvent être reproduites dans la même phase et au même endroit. Chaque goutte, en tombant, frappe sur une petite plaque de liège, prolongée par un ressort assez long, muni d'un contact en platine prenant de bas en haut contre une plaque de cuivre amalgamé, et supprime ainsi le contact, ce qui suspend quelques instants le courant inducteur d'une bobine de Ruhmkorff et produit une étincelle dans le circuit induit ; sur le verre dépoli de l'appareil on voit exactement, comme si une même goutte restait suspendue en l'air ; en un mot, on emploie ainsi une sorte de méthode stroboscopique.

32. Étude des ondes liquides. — Le profil des ondes produites à la surface d'un liquide peut être facilement photographié et étudié à l'aise sur l'épreuve; il suffit de laisser ouvert l'objectif d'un appareil photographique dont la plaque sensible est parallèle au plan du profil de l'onde qu'on veut étudier pour que la ligne brillante du niveau de l'eau inscrive sur la plaque la trace de son passage avec une intensité variable avec sa vitesse de déplacement

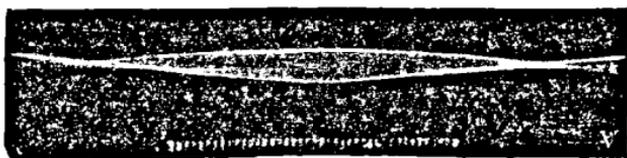


Fig. 6. — Onde de clapotis simple.

maxima au voisinage des nœuds, minima au voisinage des ventres (*fig. 6*).

Si on veut étudier les différentes phases d'une oscillation, on emploie les méthodes chronophotographiques qui donnent une image des positions successives du niveau du liquide (*fig. 7*); on peut, sur de telles épreuves, étudier aussi la loi de propagation du mouvement.

Les mouvements des molécules du liquide

peuvent être rendus visibles en éclairant vivement de petites boules brillantes de même densité que le liquide étudié, qui y restent en



Fig. 7.

Onde de capotis simple, représentée par la chronophotographie.

suspension ; dans le cas de l'eau il suffit de les façonner avec un mélange en proportions convenables de cire (moins dense que l'eau) et de résine (plus dense que l'eau) et de les argenter par le procédé qu'emploient les pharmaciens pour argenter les pilules. C'est ainsi qu'on peut photographier les trajectoires des molécules liquides dans une onde de période plus ou moins



Fig. 8 — Onde de capotis de période plus courte.

courte (*fig. 8*). On peut, par cette méthode, étudier ainsi les phénomènes qui se passent

lorsque l'onde rencontre un obstacle, tel qu'un plan incliné ou un corps de forme quelconque ; on peut aussi étudier les remous produits par un mobile quelconque, remous analogues à ceux produits dans l'air par un projectile (§ 22). On pourra sans doute déduire, d'expériences de ce genre, le mécanisme de la natation des poissons et déterminer les formes de moindre résistance d'un corps immergé dans un fluide en mouvement ou d'un corps en mouvement dans un fluide immobile.

33. Roulis des navires. — Le roulis d'un corps flottant est dû à la composition du mouvement oscillatoire du corps et du mouvement du liquide sur lequel il flotte ; M. Marey a pu, avec ses méthodes chronophotographiques, déterminer le ou les centres instantanés du roulis pour des corps de formes diverses ; un ingénieur de la Marine a opéré ainsi sur de petits modèles de navires représentant les types les plus usités en plaçant sur les mâts, à diverses hauteurs, des petites boules brillantes : joignant sur l'épreuve leurs positions successives on obtient des lignes se coupant en un ou plusieurs points qui sont le ou les centres du roulis.

34. — M. J. Chautard ⁽¹⁾ étudie ce dernier en photographiant une éclipse de lune avec un appareil photographique placé à bord du navire ; le mouvement de roulis déplaçant l'appareil par rapport à la planète, celle-ci trace sur la plaque sensible une ligne sinueuse qui enregistre en quelque sorte le mouvement du navire.

CHALEUR

35. Détermination des coefficients de dilatation. — Il est facile de faire sur un cliché des pointés à $\frac{1}{100}$ de millimètre près ; aussi peut-on sans difficulté mesurer la longueur d'un objet sur une photographie le représentant en vraie longueur, à $\frac{f}{100}$ près.

M. Le Chatelier a appliqué cette méthode de mesure des longueurs à la détermination des coefficients de dilatation de certains corps et, en particulier, de la porcelaine de Bayeux, à des températures élevées qui étaient repérées au moyen d'un couple thermoélectrique platine — platine rhodié. Il se contentait de tiges de la substance à étudier d'une longueur de 0^m,10, dont il photo-

(1) *La Nature*, Année 1893, p. 96.

graphiait chaque extrémité au moyen de deux objectifs dont les centres optiques étaient maintenus à une distance invariable, égale à la longueur de la tige étudiée.

Appliquée à l'étude de la dilatation de la porcelaine de Bayeux, cette méthode a donné des résultats analogues à ceux trouvés par Sainte-Claire Deville et M. Troost en employant un procédé différent et les erreurs ont été de l'ordre de grandeur qui avait été prévu par le calcul.

ACOUSTIQUE

36. Vibrations des verges. — L'étude mathématique des corps vibrants exige la simplification de quelques-unes des conditions réelles du problème; l'étude directe du mouvement des corps vibrants par la photographie, permet de montrer quel écart existe entre la théorie et la pratique; c'est ainsi que la chronophotographie a permis de montrer que l'on professait à tort que, dans les vibrations transversales des tiges flexibles, les ventres et les nœuds sont également sensibles sur toute la longueur de la tige et que ses derniers éléments présentent une courbure;

une épreuve de M. Marey qui concerne une longue tige de sapin montre bien nettement qu'il n'en est pas ainsi et qu'après la formation du dernier nœud, l'extrémité libre de la tige est sensiblement rectiligne.

La même méthode a permis de voir jusqu'à quel point du canon se faisaient sentir les vibrations transversales d'un fusil.

37. — Le professeur Steiner a appliqué la même méthode à la mesure des vibrations d'un pont, d'une poutre ou d'un plancher, en fixant une petite bande de verre bien éclairée au point dont il désirait étudier le mouvement.

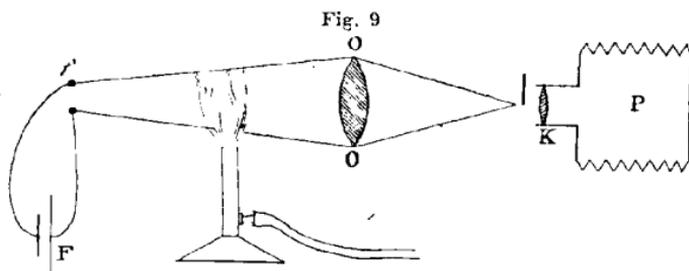
38. — M. Gilbaut a vérifié expérimentalement les résultats donnés par le calcul relativement à la loi de décroissance de la vibration d'un corps élastique, en munissant le corps vibrant d'une petite lame percée d'une ouverture éclairée par un faisceau lumineux et en projetant l'ouverture sur une plaque sensible animée d'un mouvement de translation uniforme; l'examen de la courbe ainsi obtenue lui a permis de reconnaître que la loi donnée par le calcul était exacte et d'étudier l'influence de la nature de la surface vibrante sur la loi de décroissance de la vibration.

NIEWENGLOWSKI — Applications scientifiques de la Photographie 5

39. Vibrations des cordes. — L'équation de la corde vibrante donne des résultats qui ne sont qu'approchés de la réalité, comme ceux relatifs aux corps vibrants. MM. Kringer-Menzel et Raps ont pu faire, grâce à la photographie, une étude de la corde vibrante plus complète que celle que donnaient les méthodes employées avant eux : expérience de Melde, microscope optique d'Helmholtz, méthode stroboscopique de Neumann, etc. Une fente vivement éclairée donnait une image aérienne réelle dans le plan de laquelle on faisait osciller la corde. Photographiant l'image de la fente sur une pellicule sensible montée sur un tambour cylindrique tournant d'un mouvement uniforme autour de son axe, on trouvait sur le négatif développé une bande noire correspondant à la fente, sur laquelle était une trace blanche, correspondant à l'ombre de la corde dont on pouvait ainsi étudier le mouvement de chacun des points.

L'expérience a montré que les formes successives réelles d'une corde pincée diffèrent des formes que lui assigne la théorie mathématique par un certain nombre de déformations, dont quelques unes avaient été prévues par les équations de quelques auteurs; en particulier, les angles deviennent de moins en moins vifs que ne le prévoit la théorie.

40. Ondes sonores. — Ce fut Töppler qui le premier montra comment on peut sur une photographie, rendre visible les mouvements communiqués à l'air par un mouvement quelconque, ondulatoire par exemple. Une batterie de bouteilles de Leyde F donne dans une chambre obscure, une étincelle dont les rayons lumineux recueillis par la lentille OO sont dirigés sur un diaphragme placé devant l'objectif K d'un



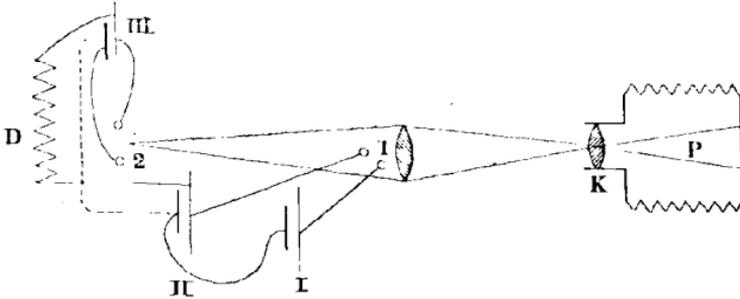
appareil photographique. Produisant au moyen d'un bec de Bunsen une dilatation et, par suite, un changement de densité de l'air en avant de la lentille OO, les rayons lumineux sont irrégulièrement réfractés par cette colonne d'air et une partie d'entre eux vient former une image de f sur la plaque sensible (fig. 9).

41.—M. Mach a légèrement modifié la méthode qu'il avait employé pour l'étude des projectiles,

de manière à obtenir un éclairage instantané d'une régularité convenable pour l'étude des ondes sonores (*fig. 10*).

Une première batterie de bouteilles de Leyde I se décharge en 1 dans une seconde batterie II, qui elle-même se décharge par l'intermédiaire d'un fil long et mince D dans une troisième batterie III

Fig. 10



dont le circuit est interrompu en 2, de manière à y donner des étincelles dont une lentille concentre les rayons sur l'objectif d'une chambre noire P. La première décharge produit une onde sonore en 1, et 0,000 02 seconde plus tard, c'est-à-dire quand elle a acquis un certain développement, une étincelle éclatant en 2 éclaire la colonne d'air placée en avant de la lentille et vient, grâce à la lumière irrégulièrement transmise par cette colonne d'air, former une image sur la plaque sensible.

42. — D'ailleurs M. Mach et plus tard M. Boys ont pu, sur les photographies de projectiles obtenues par les méthodes que nous avons décrites (p. 50) étudier les ondes aériennes produites par le passage des projectiles dans un gaz, leur réflexion sur des obstacles, leur variation de vitesse avec la densité du gaz dans lequel elles se propagent.

Nous avons vu que la trace de ces ondes provenait de la déviation des rayons lumineux dans les couches de gaz, déviation due aux changements de pression, et par suite, d'indice sur la surface de l'onde.

43. Étude des vibrations de l'air dans les tuyaux. — M. Raps a utilisé ces changements d'indice, correspondants à des variations de densité pour l'inscription directe des variations de pression de l'air contenu dans un tuyau sonore. La première lame S (*fig. 11*) d'un réfractomètre Jamin dédouble un faisceau lumineux issu d'une lanterne A en deux faisceaux a_1, a_2 qui traversent le premier de l'air au repos, le second la masse d'air vibrante d'un tuyau R, pour venir interférer sur la seconde lame S₂ du réfractomètre qui les réfléchit sur un système optique qui en donne un faisceau Z convergent sur une pelli-

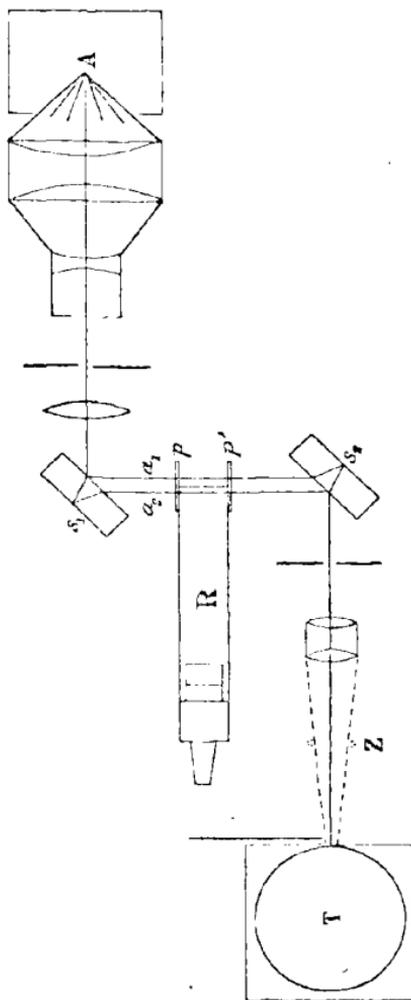


Fig. 11. — Diagramme de l'appareil de M. Raps pour l'étude optique des vibrations de l'air dans un tuyau fermé. A, source lumineuse ; s_1 , s_2 , Glaces d'un réfractomètre interférentiel de Jamin ; p , p' , plaques de verre ; a_1 , a_2 , faisceaux lumineux séparés par la glace s_1 ; R, tuyau sonore ; T, cylindre enregistreur ; Z, faisceau convergent tombant sur la pellicule sensible du cylindre T.

cule sensible montée sur un tambour T (*fig. 11*). Tout changement de pression de l'air dans le tuyau sonore entraîne un changement de densité et par suite d'indice qui modifie le chemin optique parcouru par l'un des rayons et produit un déplacement des franges parallèle à l'axe du tambour sur lequel se trace une ligne.

La *fig. 12* montre les résultats obtenus en opérant sur un tuyau fermé, dans lequel on augmentait graduellement la pression : les premières courbes correspondent au son fondamental ; car la cinquième commence à apparaître la trace des harmoniques.

La même méthode est applicable aux tuyaux ouverts en employant un tube deux fois recourbé et en étudiant les variations de pression au niveau de la courbure ; mais les résultats sont moins nets qu'avec les tuyaux fermés.

44. Étude de la voix humaine. — M. Raps a légèrement modifié la méthode précédente pour l'adapter à l'étude du mouvement vibratoire qui correspond aux sons de la voix, notamment à la production des voyelles. Dans ce cas ce sont les variations de pression de l'air ambiant qu'il faut enregistrer ; il suffit pour cela d'isoler, à l'aide d'un tuyau *p*, une colonne d'air en repos que tra-

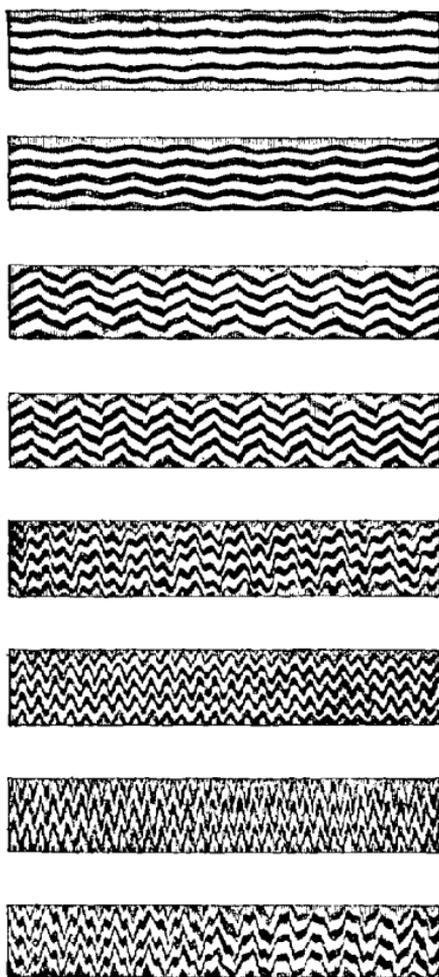


Fig. 12. — Diagrammes photographiques des variations de pression au fond d'un tuyau fermé. Ces diagrammes du haut en bas, de la figure, correspondent à un souffle de plus en plus intense.

verse l'un des faisceaux lumineux (*fig. 13*), ce dispositif n'a pu permettre d'étudier que les sons *a*, *o* et *ou*, les sons correspondants aux autres voyelles étant trop faibles pour donner une trace sur la pellicule sensible. Une partie des résultats obtenus se trouvent reproduits sur la *fig. 14*.

Cette ingénieuse méthode de M. Raps peut être modifiée afin d'être appliquée à un grand nombre de phénomènes ; il serait facile de faire varier sa sensibilité comme l'a indiqué M. Raps lui-même en faisant va-

riar par un nombre plus ou moins grand de réflexions le chemin parcouru par les rayons lumineux ⁽¹⁾.

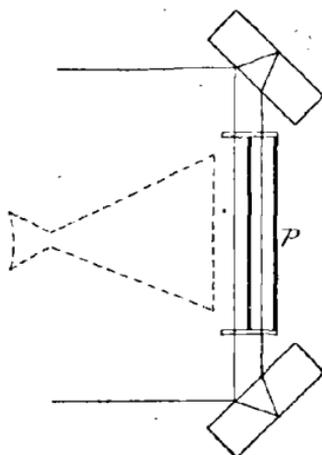


Fig. 13. — Dispositif particulier ajouté à l'appareil de la *fig. 11* pour l'étude des voyelles — *p*, tube isolant une masse d'air immobile. Le pointillé figure un cornet acoustique employé dans quelques expériences.

(1) Nous devons les *fig. 11, 12, 13, 14*, à l'amabilité de M. L. Olivier, Directeur de la *Revue générale des Sciences*.

45. **Transcription photographique des indications du phonographe.** — M. Hermann a étudié le même problème par un procédé tout

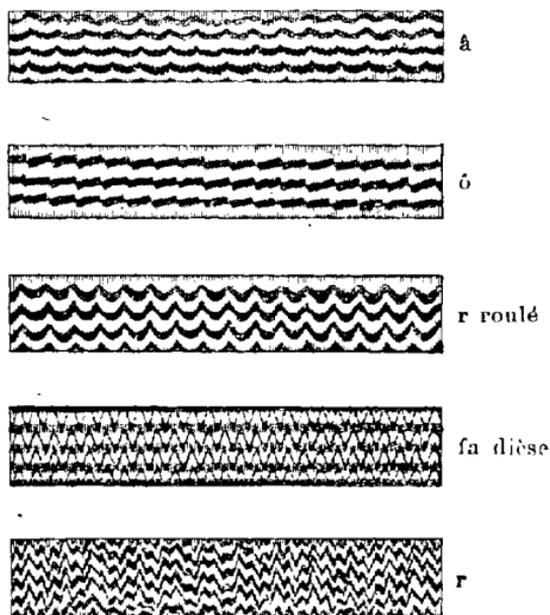


Fig. 14. — Diagramme photographique des pressions correspondant aux sons à, ô, ou r roulé.

différent; la membrane d'un phonographe est munie d'un miroir qui reçoit un rayon lumineux pour le réfléchir sur une pellicule sensible animée d'un mouvement uniforme; le rayon réfléchi, jouant le rôle d'un levier, amplifie les excursions de la membrane et les inscrit sur la

surface sensible. On peut obtenir ainsi un grand nombre de graphiques très intéressants, relatifs à l'étude des voyelles, des consonnes, des bruits respiratoires ou cardiaques, etc. ; à chaque son, correspond un graphique bien caractéristique (1).

46. Étude de l'organe de la voix. — M. James Cadett condensait et réfléchissait sur le larynx, de manière à éclairer vivement les cordes vocales, les rayons lumineux émis par une lampe électrique ; un laryngoscope spécial projetait l'image du larynx sur une petite plaque sensible ; l'image de faibles dimensions ainsi obtenue permettait, en l'agrandissant, par la projection sur un écran, d'étudier les diverses positions que prennent la luette, le voile du palais, les cordes vocales, etc. durant le chant ou la parole.

47. — M. F. Green, colle un petit miroir argenté sur un disque de parchemin parfaitement tendu, devant lequel on émet les sons à étudier. Un mince pinceau lumineux se réfléchissant sur le miroir est projeté sur une glace sensible, animée d'un mouvement de translation, sur lequel

(1) Voir p. 131 une autre méthode, basée sur l'emploi du téléphone.

il forme un très petit disque dans la position de repos. Dès que la membrane vibre, ses vibrations s'inscrivent sur la plaque sensible.

48. — M. Boltzmann fixe au centre d'une membrane métallique circulaire, analogue à celle des téléphones, une mince lame de platine, perpendiculaire à la membrane; une seconde lame fixe est placée tout près de la première de manière à laisser entre les deux une fente dont la dimension varie quand la membrane vibre. Concentrant sur la fente au moyen d'une lentille les rayons lumineux provenant d'une source quelconque, du soleil par exemple, on peut enregistrer ses variations de grandeur en projetant ces rayons au moyen d'un objectif sur une plaque photographique animée d'un mouvement de translation uniforme perpendiculairement à la ligne lumineuse que trace la fente entre les deux plaques. Les voyelles donnent ainsi des courbes assez simples, les consonnes des figures analogues à celles des flammes de Kœnigs (1).

49. Grammophone. — Edison a amélioré son phonographe de manière à obtenir comme

(1) FABRE. — *Traité encyclopédique de Photographie*, p. 305.

phonogramme, un négatif sur verre, dont on peut facilement tirer un photo-relief qui fonctionne comme le modèle que fait mouvoir le diaphragme récepteur (1).

On peut encore remplacer le cylindre de cire par un cylindre de zinc recouvert de vernis à graver, et approfondir à l'eau forte la gravure tracée par le style inscripteur, puis reproduire, par les procédés photographique, cette gravure, à telle échelle qu'on désire, ce qui permet d'amplifier ou réduire à volonté le son (2).

OPTIQUE

50. Spectrophotographie. — La photographie permet d'obtenir une reproduction fidèle du spectre solaire ; mais, selon la nature de la surface sensible employée, la plaque reproduira plus particulièrement telle ou telle région, celle pour laquelle elle aura été isochromatisée. On n'a pu encore fabriquer des plaques également sensibles à toutes les couleurs du spectre.

(1) FABRE. — *Aide-Mémoire de photographie pour* 1889, p. 116.

(2) *Photographische Mittheilungen*, n° 407.

La photographie d'un spectre peut s'obtenir au moyen d'un dispositif quelconque analogue au spectroscopie habituel, mais transformé de manière à projeter une image réelle du spectre sur la plaque sensible; il suffit pour cela de rendre convergent le système-lunette avec lequel on regarde le spectre, ce qui se fait soit simplement en supprimant l'oculaire pour ne garder que l'objectif, soit en l'éloignant de l'objectif.

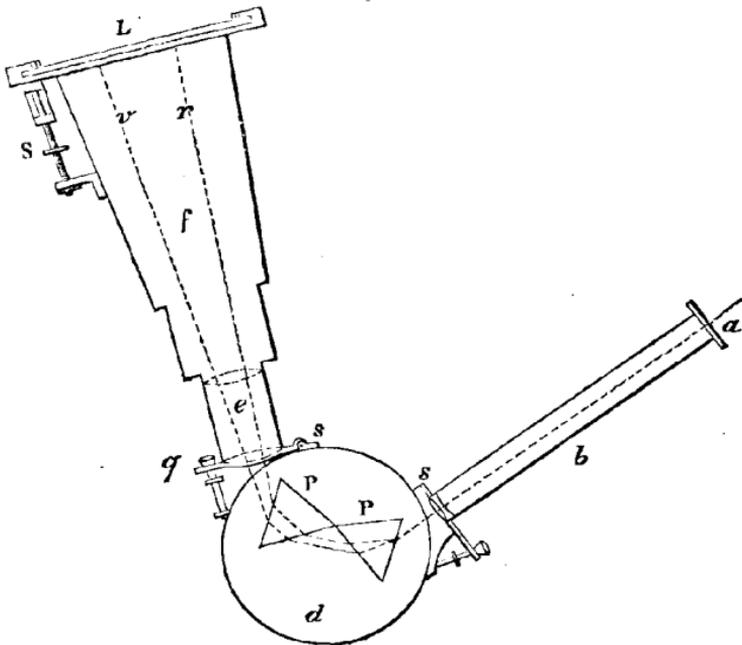
On peut aussi se servir de l'un des *spectrographes* suivants :

51. — 1° Le grand spectrographe du D^r H. Vogel se compose d'un spectroscopie à deux prismes dont les arêtes sont horizontales; un double mouvement de rotation autour d'un axe vertical et d'un axe horizontal permet de diriger aisément le collimateur *b* (*fig.* 15) vers une source lumineuse quelconque, le soleil par exemple, sans avoir recours à un héliostat dont le miroir absorbe une certaine quantité de lumière. Les deux prismes P en flint sont contenus dans un tambour *d* qui peut tourner autour de son axe horizontal, et porte le collimateur *b*, muni de sa fente *a* et, à la place de la lunette, une chambre noire *f* munie de son objectif *e*.

L'arrière L de la chambre mobile autour d'un

axe situé dans un plan peut grâce à la vis latérale être fixé sous diverses inclinaisons, ce qui permet de mettre au point les diverses portions du spectre, bien que les distances focales soient

Fig. 15



différentes pour chacune d'elles. La chambre noire et le collimateur peuvent être déplacés sur le tambour et, grâce à leur mobilité autour d'axes horizontaux s , être fixés au moyen des vis q sous des inclinaisons différentes, ce qui

permet de se placer aisément au minimum de déviation pour telle ou telle couleur.

Pour la reproduction du spectre solaire, avec des poses de courte durée, on se contente, en plaçant l'instrument de manière que les rayons solaires, passant à travers l'ouverture d'une pinnule fixée à la fente, viennent tomber au centre d'un disque adapté sur le côté du collimateur, de former l'image du spectre sur la glace dépolie ; en opérant ainsi, le soleil reste au moins une minute dans le champ de visibilité de l'instrument. Pour des poses supérieures à une minute, on tourne de temps à autre des vis faisant mouvoir l'appareil autour de ses deux axes, de manière à lui faire suivre la marche du soleil, dont on peut lire à chaque instant la hauteur indiquée par une aiguille sur un cadran gradué placé sur le tambour.

52. — Si on désire photographier à la fois les spectres de plusieurs sources lumineuses, on adopte au collimateur une fente recouverte d'une plaque mobile percée d'une ouverture dont on peut faire varier la position au moyen de poignées et on place successivement les diverses sources lumineuses devant la fente, en ayant soin de déplacer l'ouverture pour chacune d'elles.

Pour mettre au point l'appareil, on détache la

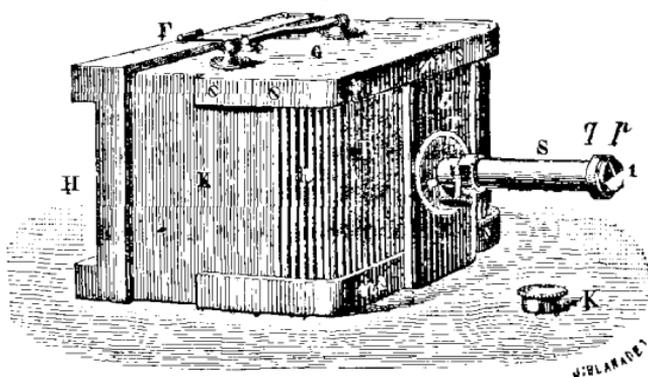
chambre noire, on en dirige l'objectif vers des objets éloignés qu'on met au point en tournant la crémaillère de l'objectif ; on replace la chambre sur le tambour et on éloigne, on rapproche la fente du collimateur jusqu'à ce qu'on obtienne sur le verre dépoli, une image nette d'une des raies de la région du spectre qu'on désire reproduire.

2° On peut aussi se servir du spectrographe de Steinheil, qui ne diffère guère du précédent que par l'absence du cercle vertical destiné à déterminer la hauteur du soleil et par l'addition d'une échelle graduée qu'on peut photographier avec le spectre.

53. — Le D^r H. W. Vogel a fait construire un petit spectrographe, qui, bien que donnant des raies moins nettes que les précédentes, a l'avantage d'être très simple et très maniable, et, par suite, d'être très pratique pour les usages courants et particulièrement en voyage. Il se compose d'une chambre noire en bois, longue de 17 centimètres, large de 13 centimètres, haute de 10 centimètres, portant sur le devant (*fig.* 16) une planchette *b* mobile de droite à gauche, sur laquelle peut glisser un spectroscopie S à fente horizontale, dont l'axe est placé à 0^m,02 au-

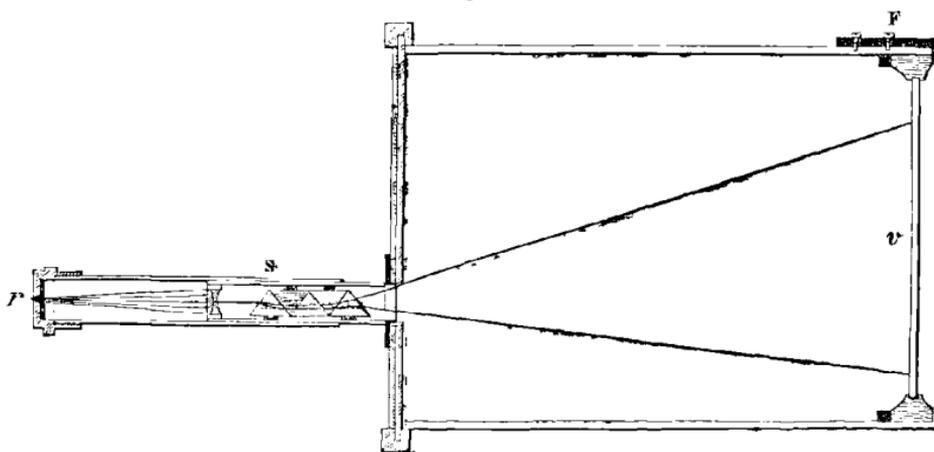
NIEWENGLOWSKI — Applications scientifiques de la Photographie 6

Fig. 16



dessous de celui de la chambre ; grâce au déplacement latéral de la planchette, on peut obtenir

Fig. 17



successivement sur une même plaque 11×8 la

photographie de cinq spectres verticaux. Dans ce spectrographe (*fig. 17*), la lentille du collimateur sert en même temps d'objectif, ce qui diminue les absorptions.

54. — Ces divers spectrographes peuvent servir à l'étude photographique des spectres d'émission ou d'absorption de sources lumineuses diverses, à l'étude des substances destinées à isochromatiser les plaques, etc.

Selon la région du spectre que l'on désirera étudier, on emploiera telle ou telle préparation sensible. Pour la région visible du spectre les plaques employées en photographie ordinaire donneront des résultats suffisants ; néanmoins, il est bon de se rappeler que le maximum de sensibilité est, sensiblement, pour le bromure d'argent, aux environs du vert et du rouge ; pour le collodion à l'iodure, révélé aux sels ferreux ou au pyrogallol, aux environs du bleu et du violet ; le rouge est, au contraire, peu actif ; pour le chlorure d'argent pur dans la région du bleu ; pour le chlorure d'argent additionné d'azotate entre les raies G et H.

D'ailleurs, la sensibilité d'une plaque peut être augmentée, en général, pour une région déterminée du spectre, en ajoutant à la couche sen-

sible, une substance généralement choisie parmi les matières colorantes absorbant les radiations de cette région.

55. Photographie du spectre ultra-violet. — C'est Wollaston qui, en 1802, s'aperçut que le chlorure d'argent était sensible aux radiations ultra-violettes, dans une région du spectre d'étendue sensiblement égale à celle de la région visible ; Herschel, en 1842, remarqua qu'avec un dispositif convenable, l'œil pouvait voir une partie de cette région, portion qu'il appela teinte lavande ; mais c'est Draper qui, en 1859, obtint la première photographie du spectre ultra-violet.

Miller, en 1862, en se servant d'un spectroscopé à un seul prisme et d'une étincelle d'induction renforcée par un condensateur, fit toute une série de photographies représentant les spectres d'émission et d'absorption d'un grand nombre de substances, sous les trois états ; mais ses reproductions du spectre présentaient peu de netteté et ne permettaient pas de mesures précises (1).

(1) *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, 1867.

Il s'aperçut de la plus grande transparence du spath d'Islande et du spath fluor pour les rayons ultra-violet ; dès lors, pour la reproduction photographique de la région ultra-violette du spectre, on remplaça le verre, qui absorbe les radiations correspondantes, par du quartz et du spath fluor dans la confection des prismes et des lentilles du collimateur et de l'objectif ; mais avec des lentilles de quartz, les distances focales sont très différentes pour les diverses radiations ; il faut alors ou faire plusieurs poses successives avec des tirages différents, ou, plus simplement, incliner fortement la plaque sensible sur l'axe de l'objectif, ce qui est très facile, comme nous l'avons vu, quand on emploie le spectrographe du D^r H. Vogel.

M. Cornu achromatise les lentilles destinées à la reproduction du spectre ultra-violet, en alliant au quartz, soit le spath d'Islande, soit le spath fluor.

56. — C'est M. Mascart qui, en 1867, a obtenu les premières reproductions photographiques du spectre, permettant des mesures précises ; il a pu relever exactement sept cents raies du spectre solaire ultra-violet. Il a monté sur un goniomètre de Babinet un spectroscopie avec des len-

tilles de quartz de 0^m,25 de distance focale principale et un prisme de spath, taillé parallèlement à l'axe et dont le rayon ordinaire offrait une dispersion double de celle qu'on aurait obtenue avec un prisme de quartz ; l'oculaire était remplacé par une petite chambre noire dont le châssis portait une plaque au collodion humide, placée tout près du réticule qui projetait sur elle une ombre représentée sur le négatif par une croix blanche servant à repérer la plaque par rapport au limbe gradué du goniomètre.

M. Mascart s'est aussi servi d'un réseau fonctionnant par transmission, ce qui lui a permis de mesurer les longueurs d'onde ; il a pu ainsi photographier, outre la région visible du spectre solaire, une région ultra-violette d'étendue à peu près égale, représentant comme elle, une octave ; il a pu, dans le spectre ultra-violet du cadmium aller jusqu'à $\lambda = 0^{\mu},221$.

57. — M. Cornu a pu, grâce à la photographie, construire une carte du spectre solaire ultra-violet qui prolonge celle d'Angström ; il montait sur un goniomètre de Brunner tantôt un prisme de flint, tantôt un prisme de spath d'Islande, avec des lentilles achromatiques de 0^m,45 de distance focale principale, tantôt un réseau uti-

lisé soit par réflexion, soit par transmission. Il a pu ainsi photographier 800 raies comprises entre la raie O et la raie U ($\lambda = 0\mu,295$); avec un réseau de Rutherford et un objectif achromatique composé de quartz et de spath fluor, il a pu, dans le spectre de l'aluminium, aller jusqu'à $\lambda = 0\mu,186$, avec le collodion humide.

Avec un spectroscopie à faible dispersion, formé de deux prismes de quartz, l'un lévogyre, l'autre dextrogyre, d'un angle de 30° et de lentilles achromatiques formées de quartz et de spath fluor, il a pu, grâce à l'achromatisme ainsi obtenu, reproduire sur une seule photographie toute la région du spectre ultra-violet comprise entre $\lambda = 0\mu,450$ et $\lambda = 0\mu,200$.

En comparant la carte d'Angström avec la sienne, M. Cornu, a trouvé sur cette dernière un nombre de raies beaucoup plus grand, pour une même largeur, ce qui montre l'avantage de la photographie pour l'étude de la région la plus réfrangible du spectre; le capitaine Abney a d'ailleurs pu, grâce à la photographie, résoudre en dix-sept lignes distinctes, la raie A du spectre solaire. M. Cornu a aussi remarqué que la limite que l'on pouvait atteindre dans la partie ultra-violette du spectre, dépendait de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon.

C'est Lockyer qui employa un des premiers le gélatino-bromure pour l'étude des radiations ultra-violettes du spectre.

MM. Leveing et Dewar, pour étudier le spectre ultra-violet du cyanogène et de la vapeur d'eau, se sont servi d'un réseau de Rutherford et de lentilles de quartz et ont employé, pour le repérage de la plaque, une méthode différente de celle de M. Mascart : après avoir fait une première pose, ils retournaient la plaque de 180° dans son plan autour de l'axe optique de l'appareil et faisaient une seconde pose, le second spectre ainsi obtenu étant placé tout contre le premier ; ils déterminaient aussi exactement que possible le tirage variable de la lunette.

58. — Tout récemment, M. Deslandres, qui a fait de nombreuses photographies de spectres divers, a employé successivement les dispositifs suivants :

1° Un spectrographe composé avec un prisme de spath d'Islande et deux lentilles achromatiques de $0,^m45$ de distance focale principale, lui a donné, avec quatre épreuves, une reproduction très nette de la région du spectre solaire comprise entre les raies de longueurs d'onde $0^{\mu},460$ et $0^{\mu},230$.

2° Un spectrographe formé d'un prisme en flint lourd très pur et de deux lentilles achromatiques de crown et flint de 0,^m40 de distance focale principale, lui a permis d'obtenir, avec deux épreuves, la reproduction de la région comprise entre $\lambda = 0\mu,460$ et $\lambda = 0\mu,360$.

3° Un spectrographe formé de deux prismes en spath d'Islande et de deux lentilles achromatiques en quartz et en spath fluor, ou simplement en quartz, lui a donné des images très nettes, avec une pose très courte. Grâce à la grande dispersion donnée par ce dispositif, il suffisait d'une très faible inclinaison de la plaque sensible sur l'axe de l'objectif.

4° Un réseau de Rowland de dimensions 0,^m08 sur 0,^m055 présentant environ cinq cent soixante traits au millimètre réfléchit aussi bien les radiations ultra-violettes que les radiations visibles ; et en projetant le spectre sur une pellicule au gélatino-bromure très sensible, on obtient la reproduction de raies très fines que l'œil même ne pourrait distinguer.

59. — *L'emploi des émulsions en spectrographie, présente sur celui du collodion humide un certain nombre d'avantages : une rapidité plus grande et des résultats semblables si on a soin*

d'employer toujours la même émulsion. Mais il présente l'inconvénient de limiter la sensibilité du sel d'argent ; la gélatine arrête en effet les radiations ultra-violettes de faible longueur d'onde, en amortissant l'ébranlement qu'elles communiqueraient au bromure d'argent ; c'est ainsi que M. Schumann a pu constater qu'une couche de gélatine sèche de $0^{\text{mm}},00004$ d'épaisseur absorbait déjà sensiblement les radiations de longueur d'onde $185^{\mu},2$; or, cette épaisseur est à peine le cinq centième de l'épaisseur des plaques du commerce ; c'est pourquoi il s'est efforcé de réduire autant que possible la quantité de gélatine de l'émulsion ; il a même été jusqu'à la supprimer pour n'employer que du bromure d'argent pur étendu sur une plaque de verre. Cette suppression de la gélatine présente un autre avantage : avec le gélatino-bromure, une pose assez longue est nécessaire pour reproduire les raies de faible longueur d'onde et la lumière diffuse, répandue par le prisme et les lentilles dans l'intérieur de l'appareil, lumière composée surtout de radiations moins réfrangibles, voile tout à fait la plaque. Tandis que le bromure d'argent pur, simplement précipité sur une plaque de verre, étant sensible surtout à la région ultra-violette, peut subir une pose de

plusieurs heures sans se voiler et donner ainsi des images très nettes et très intenses de toutes les raies de l'ultra-violet.

Mais en opérant avec de telles couches sensibles, il faut éviter toutes les causes d'absorption des radiations ultra-violettes; c'est pourquoi il a dû faire construire un spectrographe spécial.

M. Cornu en photographiant le spectre de l'aluminium s'était aperçu que la raie $\lambda = 0\mu,186$ devient de plus en plus intense quand l'épaisseur d'air traversée diminue de plus en plus; M. Schumann a pu constater qu'une couche d'air d'un millimètre d'épaisseur sous la pression de 760 millimètres de mercure arrêtait les radiations ultra-violettes d'une longueur d'onde inférieure à $170 \mu\mu$; aussi opère-t-il dans le vide. Le quartz du prisme et des lentilles ainsi que la glycérine qui unit les deux portions du prisme absorbent aussi une grande partie des radiations; aussi employait-il un prisme embrassant un angle de 70° en spath fluor, auquel il adjoignait deux lentilles de même substance dont la distance focale principale était de 120 millimètres pour la raie D; il a aussi employé un réseau de Rowland. Les lames de la fente du collimateur étaient formées de plaques d'acier durci et la chambre noire était formée

par une sorte de cabinet pouvant contenir une plaque de 37 millimètres sur 12^{mm},5. La mise au point était assez délicate, la fluorescence ne permettant de se servir de l'œil que jusqu'à $\lambda = 185\mu\mu,2$. Au-delà il fallait procéder par très petites portions successives, en suivant autant que possible la tangente de la diacaustique, par une inclinaison variable de la plaque sensible sur l'axe optique.

Pour recouvrir directement une plaque de verre du précipité de bromure d'argent pur, M. Schumann se fondait sur ce que, lorsqu'on verse une solution aqueuse très diluée d'azotate d'argent dans une solution aussi très diluée de bromure de potassium en excès, il se produit lentement un précipité très fin qui ne se dépose qu'au bout de plusieurs semaines. Il préparait les deux solutions :

A	{	Eau distillée	100 ^{cc}
	{	Azotate d'argent	2 ^{gr}
B	{	Eau distillée	4 000 ^{cc}
	{	Bromure de potassium	2 ^{gr,8}

On verse la solution A dans la solution B par petites portions en agitant toujours ; après filtrage on laisse déposer un ou deux jours le précipité et on le verse dans une cuvette en

verre bien plane au fond de laquelle on a préalablement placé horizontalement la plaque de verre bien nettoyée, qui finit par se recouvrir d'une fine couche de bromure d'argent qui sèche très rapidement. Des lavages successifs enlèvent l'excès de bromure et d'azotate ; de telles plaques peuvent être développées et fixées, mais avec certaines précautions. Aussi a-t-il préparé des couches sensibles renfermant de la gélatine en faible quantité ; on peut se contenter de recouvrir une plaque de verre d'une solution à 2 % de gélatine dans l'eau chaude et produire le précipité de bromure d'argent, comme il est dit ci-dessus, sur cette couche une fois sèche.

M. Schumann a encore employé les deux procédés suivants :

1° Les solutions

A	{	Eau distillée	200 ^{cc}
		Bromure de potassium	12 ^{gr}
		Gélatine d'émulsion liquéfiée	2
B	{	Eau distillée	200 ^{cc}
		Azotate d'argent	15 ^{gr}

sont chauffées et mélangées par petites portions en agitant constamment, puis le mélange est additionné d'ammoniac et traité à chaud comme

pour les procédés ordinaires rapides. On verse 100 centigrammes de cette émulsion dans 4000 grammes d'eau chaude, on filtre plusieurs fois et, après dépôt des impuretés, on peut décantier et verser comme ci-dessus dans la cuvette renfermant la plaque de verre.

En employant un mélange d'iodure et de bromure, on obtient une couche plus sensible aux radiations ultra-violettes, qui donne des images plus brillantes. On prépare les deux solutions :

A	{	Eau distillée	100 ^{cc}
		Gélatine d'émulsion	1 gr
		Bromure de potassium	6
		Iodure de potassium	0, 6
B	{	Eau distillée	100 ^{cc}
		Azotate d'argent	8 gr, 1

La gélatine, préalablement gonflée dans l'eau, est versée la première. On chauffe les deux solutions entre 50 et 60° centigrades et on verse la solution B dans la solution A, par petites portions, à la lumière rouge, en agitant constamment de manière à obtenir un mélange qu'on place dans l'eau chaude et laisse refroidir à 40° pour y ajouter 40 centigrammes d'ammoniaque; on maintient alors la température à 40° durant une bonne demi-heure. On prend 64 centigrammes de cette solution qu'on verse

dans 4000 grammes d'eau chaude à 40° ; après agitation, filtrage et repos d'une ou deux heures cette dernière solution est versée dans la cuvette renfermant la plaque de verre préalablement recouverte d'une couche très mince de gélatine sèche. Les plaques préparées par ce procédé se conservent bien ; il ne faut pas craindre un excès de pose afin de ne pas avoir à pousser trop loin le développement.

Ces procédés ont permis à M. Schumann d'aller jusqu'à $\lambda = 170\mu$ pour le spectre des métaux et jusqu'à $\lambda = 100\mu$ pour le spectre de l'hydrogène ; il est probable qu'on pourra encore dépasser cette limite en modifiant la partie optique de son appareil. L'étude des clichés ainsi obtenus doit être faite au microscope ; la finesse est telle qu'on peut les examiner avec des agrandissements de 300 diamètres (1).

60. Photographie du spectre infra-rouge.

— Le capitaine Abney a fait de nombreux essais pour reproduire par la photographie la région la moins réfrangible du spectre ; il a trouvé qu'un

(1) Nous avons emprunté la plupart des détails concernant les expériences de M. Schumann à un article très intéressant de M. Vianna de Lima paru dans le n° du 15 mai 1894 de la *Revue générale des Sciences*.

mélange de bromure d'argent et de résine était également sensible aux radiations bleues et aux radiations rouges ; il a aussi remarqué que, par la friction, la plaque au bromure d'argent acquiert la propriété de devenir sensible aux radiations rouges et infra-rouges.

Il a récemment recommandé de suivre les indications suivantes pour obtenir une émulsion capable de photographier le spectre infra-rouge. On prépare le collodion normal :

Alcool	960 parties
Ether.	1 920 "
Coton-poudre.	16 "

Après décantation, on en prend 1440 parties qu'on additionne de la solution :

Alcool	480 parties
Acide azotique	60 "
Bromure de zinc pur	320 "

et qu'on filtre.

D'autre part, on dissout 500 parties d'azotate d'argent dans la plus faible quantité possible d'eau distillée chaude et ajoute 480 parties d'alcool à cette solution qu'on verse par petites portions dans le collodion bromuré, en ayant soin d'agiter constamment. L'émulsion versée dans un ballon de verre est distillée au bain-

marie jusqu'à ce que toutes les parties solides se déposent au fond du vase ; après décantation du liquide surnageant, on achève de remplir le récipient avec de l'eau distillée et, au bout d'un quart d'heure, on en verse le contenu dans un sac de toile bien lavé qu'on presse et qu'on replonge dans l'eau plusieurs fois jusqu'à ce que l'eau de lavage ne présente plus, au tournesol, la moindre trace d'acidité. On reprend par l'alcool pour enlever les traces d'eau restantes et, après avoir débarrassé la substance solide qui reste de la plus grande partie de son alcool, on la dissout dans un mélange de 960 parties d'éther et 960 parties d'alcool, ce qui donne une émulsion de bromure d'argent qui, examinée par transparence, présente une couche mince bleu vert. Ces opérations doivent se faire à une lumière rouge très faible ; il est même bon d'ajouter un verre vert au verre rubis de la lanterne ; la glace est recouverte à cette lumière comme dans les procédés habituels, puis lavée, plongée dans une solution faible d'acide chlorhydrique qui détruit le sous-bromure d'argent, cause de voile, lavée à nouveau, puis séchée. On obtient ainsi une émulsion d'apparence granulaire.

Le développement assez délicat doit être effec-

tué au moyen d'un bain spécial : on sature, à froid, de sulfate ferreux une solution saturée d'oxalate neutre de potassium et on décante la solution, qui est rouge intense. Il faut autant que possible, ne pas employer le bain fraîchement préparé.

Le spectre employé par M. Abney était le spectre de premier ordre fourni par un réseau de Rutherford ; la mise au point se faisait par tâtonnements et il était inutile d'employer un objectif achromatique : on inclinait convenablement la plaque sur l'axe optique de l'appareil. Il eut été préférable d'employer un miroir sphérique au lieu de lentilles si on n'eût obtenu ainsi les bords du spectre diffus, ce qui était gênant pour la comparaison de divers spectres entre eux.

La séparation des divers spectres de diffraction était obtenue par l'intermédiaire d'un milieu absorbant convenablement choisi, placé devant la fente du spectrographe.

64. Microspectrophotographie. -- Quand on ne possède que de faibles quantités d'une substance, on photographie son spectre au moyen d'un microspectrographe ; il est facile de transformer un microspectroscope ordinaire de Zeiss

en remplaçant ses deux lentilles oculaires par celles d'un oculaire à projection n° 2 ; on enlève le prisme d'Amici et on projette sur le verre dépoli une image nette de la fente dont on fait varier l'écartement de manière qu'elle encadre l'image, également nette, de l'objet dont on veut reproduire le spectre. On replace alors le prisme d'Amici et on peut remplacer le verre dépoli par la plaque sensible.

M. Joachim de Castellarnau projette, au moyen du condensateur d'Abbe sur la platine du microscope l'image solaire dont l'objectif et la lentille de champ de l'oculaire donnent une seconde image ; la lentille frontale de l'oculaire projette cette image sur le verre dépoli ; mais on interpose entre eux un spectroscope à vision directe. Pour photographier un spectre d'absorption, il suffit de placer sur la platine du microscope une cellule contenant le liquide à étudier (1).

62. Photométrie. — La comparaison des photographies de flammes données par des becs de gaz de diverses formes peut permettre, dans une certaine mesure, de juger du degré d'éclairage donné par chacune d'elles.

(1) *Journal of the R. Micro. Soc.* Juin 1892, p. 424.

M. J. Violle a pu constater que du charbon, de la chaux, de la magnésie, de la zirconie ou de l'oxyde de chrome portés à haute température dans le four électrique présentent le même éclat et impressionnent également l'œil ou la plaque photographique (1).

M. Janssen a imaginé une méthode de photométrie, basée sur la photographie, et qu'il a surtout appliqué à la comparaison de l'intensité de la lumière émise par deux astres ou par deux régions distinctes d'un même astre, méthode dont l'emploi peut être généralisé.

C'est l'opacité plus ou moins grande du dépôt métallique provoqué par la lumière sur une couche sensible qui peut nous permettre de juger de l'intensité d'un objet lumineux et éclairé ; mais l'importance de ce dépôt n'étant pas du tout proportionnelle à la durée de l'action lumineuse, on ne peut se baser sur elle pour mesurer l'intensité d'une source lumineuse. Ce dépôt semble en effet augmenter d'abord rapidement avec le temps, puis lentement, et rester enfin stationnaire. On peut, au contraire, se baser, pour mesurer l'énergie d'une source, sur le temps qu'elle met à produire, dans des conditions bien déter-

(1) *Académie des Sciences*, 3 juillet 1893.

minées, un dépôt d'une certaine opacité ; les intensités de deux sources lumineuses sont, dans ces conditions, entre elles comme le rapport inverse des temps respectifs qu'il leur faut pour produire des dépôts identiques sur une même couche sensible, en d'autres termes, pour effectuer des travaux photographiques égaux. M. Janssen a vérifié la légitimité de ce principe en constatant que les temps nécessaires pour obtenir des dépôts de même opacité sur une même couche sensible placée à des distances croissantes de la source lumineuse, croissaient bien comme les carrés de ces distances. Pour comparer entre elles deux sources lumineuses, par cette méthode, on peut, soit en prendre des séries de photographies avec des poses différentes et comparer les temps d'exposition auxquels correspondent des images de même opacité, soit se servir de bandes d'intensités croissantes, obtenues avec la lumière de ces sources ; il suffit d'exposer à la lumière de chacune d'elles un châssis dont le rideau découvre successivement et à des intervalles de temps égaux les diverses parties de la plaque sensible, ce qui donne, après développement, une série de bandes d'opacités croissantes.

Enfin, M. Janssen a imaginé un photomètre

photographique, destiné à appliquer la méthode précédente et qui consiste essentiellement en un châssis contenant une plaque sensible devant laquelle un mécanisme fait passer un obturateur percé d'une fenêtre et animé d'un mouvement uniforme et bien connu ; cet obturateur, qui règle la durée de l'action lumineuse sur la plaque, a une forme variable avec les effets cherchés ; si son ouverture est rectangulaire, la plaque développée présente une teinte uniforme ; si elle est triangulaire, l'opacité obtenue décroît du bord correspondant à la base du triangle vers le bord opposé. Nous n'insisterons pas sur ce photomètre qui est surtout utilisé en astronomie (1).

M. Crova (2), dans une étude du même genre que celles de M. Janssen, faite sur les sources lumineuses employées soit pour l'éclairage, soit comme étalon photométrique, a pu obtenir des résultats de quelque intérêt au point de vue de la précision des méthodes photométriques.

(1) FABRE. — *Aide-Mémoire de photographie pour 1882.* — *Annuaire pour l'an 1895 publié par le bureau des longitudes* ;

A. DE LA BAUME PLUVINEL. — *La photographie astronomique*, Encyclopédie des Aide-Mémoire.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1893.

La photographie, agrandie, de la flamme de l'étalon-carcel, obtenue sur plaque au gélatino-bromure d'argent paraît, même avec une pose assez courte, d'un éclat sensiblement uniforme en tous ses points, rappelant l'impression reçue par l'œil regardant cette flamme sans prendre aucune précaution pour en atténuer l'éclat. Mais si, en suivant la méthode de M. Janssen, on diminue graduellement le temps de pose jusqu'au minimum si nécessaire pour l'impression, on voit apparaître un contraste de plus en plus accusé dans l'éclat de ses diverses parties. L'inégalité de composition des diverses régions de la flamme est rendue le plus net possible en employant une durée de pose minima, un développement lent suivi du renforcement du négatif et un tirage des photocopies poussé très loin.

En opérant ainsi, pour l'étalon-carcel, M. Crova a obtenu des images sur lesquelles l'axe de la flamme paraît sombre, l'éclat augmentant à mesure qu'on se rapproche des bords ; la zone de combustion, comprise entre un cylindre de diamètre un peu inférieur à celui de la mèche et un tronc de cône extérieur, présente deux lignes très lumineuses représentant les surfaces de combustion vive interne et externe des gaz hydrocarbonés, et une ligne sombre correspon-

dant à l'espace intermédiaire où la combustion est encore incomplète ; on a, ainsi sur un plan diamétral la projection des intensités correspondant aux divers points de la flamme.

Sur deux photographies de la flamme d'une bougie obtenues dans les mêmes conditions et contenant six images correspondant à des poses de plus en plus réduites, on voit que l'éclat de la flamme augmente à mesure qu'on se rapproche du sommet, l'axe étant toutefois moins lumineux que les bords ; avec les durées minima de pose, l'impression se réduit à deux images convergentes qui sont la projection sur un plan diamétral des intensités relatives de la surface conique de combustion vive.

Des résultats analogues sont obtenus en photographiant l'étalon à l'acétate d'amyle des congrès photographiques, des becs de gaz, etc.

Il est nécessaire d'employer des plaques à couche sensible homogène, ce dont on s'assure en poussant très loin le développement d'une plaque exposée un temps très court à un champ lumineux faible et uniforme ; on doit observer dans ces conditions une teinte bien égale.

La photographie de l'arc voltaïque présente plus de difficultés ; M. Crova employait des charbons de 12^{mm} de diamètre, le positif étant

excentré de manière à présenter obliquement le cratère à l'objectif photographique. Avec la pose maxima (une fraction de seconde), le charbon positif présente une large surface éclatante, d'aspect uniforme ; l'axe est aussi très lumineux, mais permet de voir les contours du charbon positif ; le charbon négatif a un éclat beaucoup moindre et son extrémité seule est visible. Le temps de pose diminuant, l'arc s'affaiblit, le cratère présente une plaque plus sombre donnant l'impression du relief de son contour ; la plage lumineuse devient de plus en plus sombre à mesure qu'on se rapproche de ses bords. Enfin, vers la limite de l'impression, l'arc apparaît à peine ; le charbon négatif se réduit à une très petite surface, mais la plage positive présente, indépendamment de la cavité moins lumineuse du cratère et de la région plus sombre des bords, une surface criblée de taches sombres et comme granulée, analogue à celle du disque solaire, et met ainsi en évidence l'éclat très inégal de ses divers points. Sur la glace dépolie, à condition d'affaiblir l'éclat de la projection, on voit ces taches sombres animées d'un mouvement analogue à celui du grésillement d'une surface en l'état de combustion inégale en ses divers points.

L'éclat de la plage lumineuse du charbon

positif est donc loin d'être uniforme, et présente des variations, non seulement d'un point à l'autre, mais aussi successivement pour un même point.

Il paraît résulter de l'examen de ces photographies qu'il n'est pas plus permis de diaphragmer l'image de la partie incandescente du charbon positif qu'il ne serait permis de le faire pour l'image d'une flamme quelconque ou celle du disque solaire ; la proportionnalité qu'un simple examen à l'œil nu paraît admettre entre la surface et la quantité de lumière émise résulte de l'imperfection de nos organes et du trop grand éclat de la source lumineuse.

Il n'est pas permis de diaphragmer une surface lumineuse dans le but de réduire les quantités de lumière proportionnellement aux surfaces que si, photographié avec la durée limite de pose, l'éclat du champ photographique est rigoureusement uniforme.

Pratiquement, M. Crova ne connaît qu'une sorte de surface lumineuse satisfaisant à cette condition : c'est celle d'un verre finement dépoli ou d'un écran diffusant homogène placé dans un champ lumineux uniforme ; ici encore la photographie intervient utilement pour déterminer le choix de cet écran ; on le photographie avec la

durée limite de pose et il doit donner un champ photographique constant ; on est ainsi conduit à rejeter des écrans homogènes seulement en apparence. Un pareil champ doit être diaphragmé sous cause d'erreur dans les déterminations photométriques ; on voit qu'il est loin d'en être de même pour les autres sources de lumière ; il y a plus : diaphragmer une flamme, c'est altérer sa teinte ; M. Crova a fait voir, en effet, que la composition de la lumière émise par les divers points d'une flamme varie avec leur température ; si donc l'on compare photographiquement deux lumières, on doit les employer en totalité, en les plaçant à une distance telle que l'angle sous-tendu par leur plus grande dimension soit assez faible pour que l'on puisse appliquer sans erreur la loi de l'inverse du carré des distances ; c'est le seul cas où, abstraction faite de leur différence de teinte, elles soient rigoureusement comparables.

63. Durée d'une source lumineuse. — Le dispositif suivant, dû à Ludovic Mach (1), per-

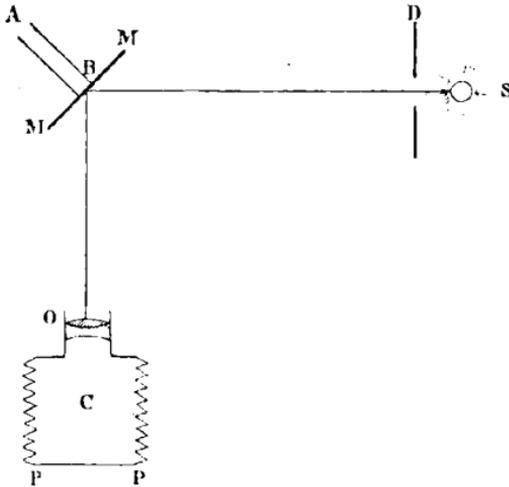
(1) EDER. — *Jahrbuch für photographie, und reproductions technik für das Jahr*, 1893. W. Knapp à Halle a. S.

108 APPLICATIONS SCIENTIFIQUES DE LA PHOTOGRAPHIE

met de déterminer aisément la durée d'éclairement d'une source lumineuse (étincelle électrique, tube de Geissler, éclair magnésique, etc.).

Les rayons lumineux issus de la source S tombent à travers le diaphragme D sur un miroir MM incliné à 45° sur leur direction, qui les renvoie sur l'objectif O d'une chambre noire C, objectif qui projette sur la plaque sensible l'image du diaphragme D. Si le miroir MM est

Fig. 18



animé d'un mouvement de rotation connu autour d'un axe AB perpendiculaire à son plan, l'image du diaphragme D décrit une courbe et la longueur de l'arc reproduit sur la plaque

permet de déterminer la durée d'éclairement de la source (*fig. 18*).

64. Direction des vibrations lumineuses.

— M. Wiener a pu, grâce à la photographie, montrer l'existence des franges qui se produisent quand un faisceau de lumière polarisée, tombant sur une surface plane réfléchissante sous une incidence de 45° interfère avec le faisceau réfléchi qui lui est perpendiculaire. Il a employé dans ce but une pellicule sensible de collodion ioduré d'épaisseur très faible, ne dépassant pas $\frac{1}{30}$ de longueur d'onde. Pour séparer et étaler ces franges qui sont excessivement rapprochées, ce qui empêche de les observer directement, il plaçait la direction du plan de la pellicule sensible très oblique par rapport au miroir plan et, par suite, aux plans nodaux qui lui sont parallèles ; il a pu ainsi rendre appréciable la distance qui sépare deux surfaces nodales voisines et par suite constater qu'il n'y avait de franges que lorsque le plan de polarisation était parallèle au plan des faisceaux lumineux. En réalité, le faisceau incident était formé de deux faisceaux polarisés à angle droit par passage à travers un spath qui se réfléchissaient de la même manière mais dont l'un donnait

seul des franges sur la pellicule sensible, l'autre donnant un dépôt d'argent uniforme.

Nous ne nous attarderons pas sur les discussions nombreuses qui ont suivi cette mémorable expérience, discussions qui ont surtout porté sur le fait de savoir si la pellicule sensible était impressionnée ou non comme le tambour de Seebeck, si c'étaient réellement les surfaces ventrales qui l'impressionnaient, comme le supposait Wiener, ou si c'étaient les surfaces nodales.

Si ce sont bien les ventres qui agissent sur la plaque, il résulte nettement de l'expérience de Wiener que la direction de la vibration d'un rayon lumineux polarisé est normale au plan de polarisation. A la Société française de physique (1), M. Lippmann a récemment montré comment sa méthode interférentielle pour la photographie des couleurs permet de reproduire, sous une forme tout aussi démonstrative et beaucoup plus simple, l'expérience fondamentale de M. Otto Wiener. Cette dernière est, en effet, délicate à répéter et exige une assez grande habileté, car elle nécessite la préparation d'une

(1) Nous en extrayons le compte-rendu d'après la *Revue générale des Sciences*, de M. L. Olivier.

couche sensible dont l'épaisseur ne soit qu'une faible fraction des longueurs d'ondes lumineuses. M. Lippmann peut opérer avec une couche d'épaisseur ordinaire. Il est nécessaire seulement qu'elle soit sans grains, comme les couches employées pour la photographie des couleurs. Comme M. Wiener, il fait tomber sur cette couche sensible, sous une incidence de 45° , un faisceau parallèle de lumière. Pour cela, la plaque est fixée, la couche sensible à l'extérieur, sur la face hypoténuse d'un prisme rectangle isocèle, l'intervalle entre le prisme et la lame étant rempli par de la benzine. Le faisceau qui tombe normalement sur la face d'entrée du prisme subit la réflexion totale sur la face externe de la couche, sans qu'il soit besoin d'interposer du mercure en arrière, et l'interférence entre le rayon incident et le rayon réfléchi se produit comme dans l'expérience de M. Wiener.

Mais le faisceau n'est plus formé par une lumière monochromatique unique ; c'est un spectre complet. De plus, il a été polarisé par un prisme biréfringent, de sorte qu'on obtient côte à côte, sur la plaque photographique, deux spectres, l'un provenant du faisceau dont les vibrations sont normales au plan d'incidence,

l'autre du faisceau dont les vibrations sont dans le plan d'incidence.

De ces deux sortes de vibrations, les premières seules sont susceptibles d'interférer, et, par suite, capables de donner une photographie colorée.

L'expérience confirme ces prévisions. Après développement, on constate qu'un seul des deux spectres est coloré, et c'est bien, conformément aux idées de Fresnel, celui qui provient du faisceau polarisé dans le plan d'incidence.

M. Lippmann montre combien M. Wiener a passé près de la découverte de la photographie des couleurs. Elle ne lui a échappé qu'à cause de son habileté même, que parce qu'il a réussi à préparer des couches extraordinairement minces.

Enfin, cette nouvelle expérience de M. Lippmann prouve irréfutablement que sa méthode de photographie des couleurs est bien réellement due à la production des ondes stationnaires. L'auteur signale en terminant que les phénomènes ne sont plus les mêmes avec le papier sensible Poitevin préparé au sous-chlorure d'argent violet. C'est ce même corps avec lequel Becquerel avait obtenu des couleurs fugitives. Les spectres sont alors tous les deux colorés.

Leur variation d'intensité avec l'incidence et leur aspect par transparence n'offrent plus les mêmes caractères. Certainement ils ne sont pas dus à des phénomènes d'interférence.

M. Raveau a présenté une observation relative à l'interprétation de l'expérience de M. Wiener. La théorie électromagnétique conduit à considérer dans la lumière deux quantités dirigées, ayant chacune un sens physique concret. Dans l'ignorance absolue où nous sommes du mécanisme des actions photo-chimiques, on est en droit de se demander si toutes les substances sensibles à la lumière sont influencées par la même action, et si, en particulier, pour les sels magnétiques, ce ne serait pas la force magnétique qui agirait.

Si cette hypothèse était vérifiée, l'expérience de M. Lippmann donnerait des résultats inverses.

M. Lippmann reconnaît que l'expérience est possible à tenter, car un papier à la gélatine imprégné de sels de fer est sensible.

65. Diffraction. Reproduction des réseaux. — Les réseaux sur verre, obtenus par la gravure au diamant sont très coûteux et très délicats ; aussi depuis quelque temps déjà lord

Rayleigh avait-il essayé d'en produire des copies par l'intermédiaire de la photographie (1). Ayant essayé, comme surface sensible, la gélatine bichromatée, puis le collodion, il n'avait obtenu de résultats utilisables qu'avec ce dernier procédé. M. Izarn, qui a récemment repris cette idée, a pu, dès le premier coup, obtenir au moyen de la gélatine bichromatée, une copie d'un réseau au $\frac{1}{200}$ qu'on avait peine à distinguer de l'original. Il obtint ainsi un *positif* et non, comme on le pourrait croire, un *négatif* de l'original ; ce fait serait dû, d'après lui, à la structure spéciale du trait produit par le diamant et un réseau de fils, dont les traits seraient absolument opaques, ne donnerait rien de bon. Il est probable que, dans ce cas, les procédés à base de sels d'argent, au collodion ou autres substratums donneraient de bien meilleurs résultats surtout si on avait soin d'employer des plaques à couche très mince, sans grain, continue, telles que celles utilisables pour le procédé chromographique de M. G. Lippmann ou pour l'expérience de Wiener.

Le procédé de la gélatine bichromatée a aussi permis à M. Izarn de faire des *copies de copies*,

(1) *Philosophical Magazin*, 1871 et 1874.

(ce que lord Rayleigh n'avait pu obtenir), qui sont très peu différentes du premier original. Enfin, on peut, sur la même plaque de verre, imprimer des réseaux successifs placés dans telles positions relatives qu'on désire, ce qui permet, avec un seul original, d'obtenir des réseaux à mailles carrées, rectangulaires, etc., et on peut séparer ces divers réseaux par des couches de gélatine insolubilisée de telle épaisseur qu'on désire, chaque cliché étant de sa nature insoluble et pouvant être recouvert d'une nouvelle couche de gélatine sensibilisée.

Nous extrayons les détails pratiques du procédé de la Communication faite par M. Izarn à l'Académie des Sciences ⁽¹⁾ :

« Quant à la technique du procédé, rien de
 « plus simple. Solution de gélatine dure à
 « raison de 1 gramme pour 30 grammes d'eau
 « avec addition de 0^{gr},10 à 0^{gr},15 de bichro-
 « mate d'ammoniaque. Cette solution antisepti-
 « tisée par le bichromate se conserve indéfini-
 « ment. Au moment de s'en servir, on la liquéfie
 « au bain-marie tiède, on la verse dans un enton-
 « noir garni d'un fragment de coton et l'on reçoit

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* ;
 6 mars 1893.

« la liqueur qui filtre alors presque froide sur la
« lame de verre, aussi plane que possible, qui
« doit servir de support. Celle-ci est alors dressée
« verticalement et abandonnée dans l'obscurité
« à la dessiccation, qui se fait très rapidement, vu
« la minceur de la couche. On sacrifie, en la grat-
« tant, la partie inférieure, qui porte un bour-
« relet de matière, et l'on expose soit immédiate-
« ment, soit même après plusieurs jours dans une
« sorte de châssis-presse que chacun confection-
« nera à sa guise. Seulement ce châssis doit être
« muni d'une cheminée en fort papier noir,
« terminée par un couvercle qui permet de ne
« laisser arriver les rayons solaires que lorsque
« l'appareil a été disposé de façon qu'ils tombent
« perpendiculairement sur le réseau, ce qu'il est
« facile d'obtenir au moyen de l'ombre de cette
« cheminée sur le châssis lui-même. Avec un
« beau soleil, la durée de pose sera de six à
« dix secondes. A la lumière diffuse, elle pourra
« aller d'un quart d'heure à une ou deux heures,
« mais, dans ce cas, le résultat sera moins satis-
« faisant. Une fois l'exposition terminée et
« l'appareil démonté, la lame est plongée dans
« de l'eau tiède, puis rincée à l'eau distillée
« froide et au besoin brossée très légèrement
« avec un blaireau très doux. Il est bon de pro-

« léger avec du papier noir bien opaque toute la
 « région du réseau-type qui n'est pas couverte
 « par les traits ; de cette façon, la gélatine dispa-
 « rait partout ailleurs que sur la partie correspon-
 « dant à cette région, et la copie, plus nette sur
 « les bords, a tout à fait l'apparence du modèle. »

Pour obtenir un beau réseau par réflexion, il suffit de substituer à la simple lame de verre une glace préalablement argentée ou simplement une glace argentée du commerce, dont on dissout le vernis et dont on polit la face postérieure au rouge d'Angleterre.

Si l'on fait fonctionner certains de ces réseaux comme de simples objets lumineux qu'on projette sur un écran, l'image présente en son centre des anneaux colorés concentriques variant d'une façon insolite quand on éclaire le réseau sous des incidences diverses (1) ; ce phénomène proviendrait, d'après M. G. Lippmann, de ce fait que la gélatine n'est plus plane à la suite de l'impression à la lumière, que les objets y sont en quelque sorte gravés en relief.

Les réseaux gravés sur métal peuvent être aisément reproduits en exposant au soleil une

(1) MASCART. — *Société française de physique* ; séance du 6 janvier 1893.

telle plaque préalablement recouverte de gélatine bichromatée, d'après la technique décrite ci-dessus ; cette reproduction semble due aux ondes stationnaires (1).

M. Izarn a de même photographié les phénomènes qui se produisent quand on applique un réseau sur la surface d'une lentille à faible courbure, en coulant sur ladite lentille une mince couche de gélatine bichromatée (2).

M. Crova, qui a étudié au microscope les copies de réseaux ainsi obtenues par M. Izarn a constaté qu'ils étaient d'une netteté admirable et que, comme l'annonçait M. Izarn, on obtenait un positif et non un négatif. Il a aussi expliqué les phénomènes produits par ces réseaux fixés sur verre argenté, en montrant qu'ils étaient probablement dus à l'interférence de deux réseaux parallèles, le premier, réel, qui est la copie sur gélatine, le second, virtuel, qui est l'image du premier par rapport à la surface argentée.

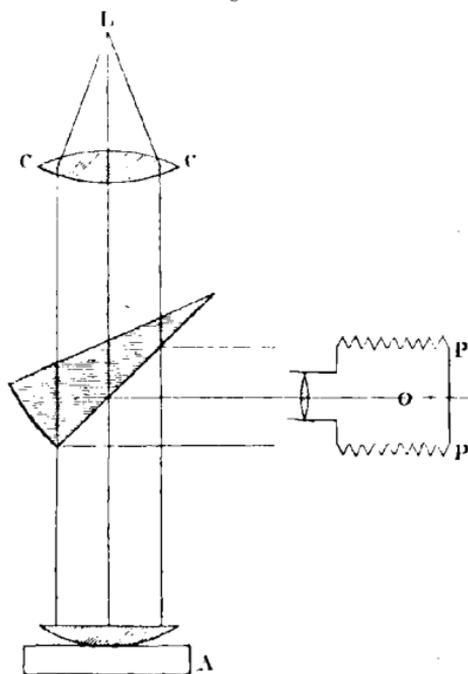
66. Photographie des anneaux de Newton. — La plupart des phénomènes de l'optique

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* ; 17 avril 1893.

(2) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 13 mars 1893.

physique sont examinés sur des images aériennes, qui se prêtent difficilement à des mesures délicates ; ces déterminations deviennent

Fig. 19

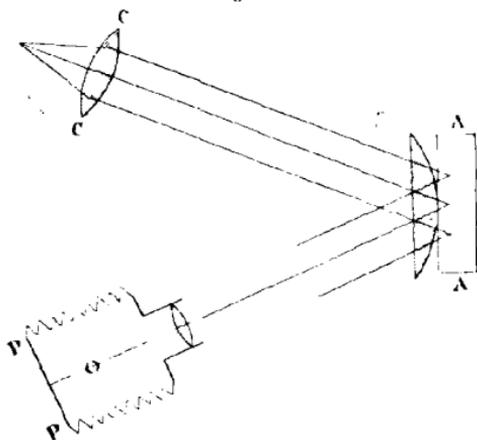


plus faciles quand on peut fixer ces images par la photographie. C'est ce qui se présente, en particulier, pour les anneaux colorés de Newton qui ont été fixés photographiquement pour la

première fois, par MM. Baille et Féry ⁽¹⁾ qui employaient une source de lumière monochromatique obtenue, soit au moyen des sels de thalium, soit au moyen des sels de sodium.

Les *fig.* 19 et 20 montrent les dispositifs que l'on peut employer. Le temps de pose dépend de l'objectif, de la source lumineuse employée

Fig. 20



et de la plaque sensible qui doit être orthochromatisée pour la couleur qui éclaire l'appareil ; en comparant les diamètres des anneaux de même rang dans deux systèmes obtenus simultanément, MM. Baille et Féry ont pu déterminer

(1) *La Nature*, 1889. II, p. 334.

le rapport des longueurs d'onde de la raie du thallium et de la raie D du sodium.

67. Polarisation chromatique. — MM. Mascart et Bouasse ont pu photographier les franges de polarisation chromatique dites à l'infini, vues à travers un microscope polarisant, en prenant comme source lumineuse la lumière venant d'une fente étroite de $0^m,001$ placée dans le bleu, le vert ou le violet d'un spectre solaire de $0^m,10$ de long ; ils ont pu aussi reproduire des courbes isochromatiques continues qu'on obtient par l'emploi d'un polariseur et d'un analyseur circulaires ; ils ont pu reproduire aussi les franges quadrillées données par deux sphères croisées.

68. Polarimètre. — MM. Fabre et Abel Chauvin ont appliqué la photographie à l'enregistrement des phénomènes observés dans le polarimètre à pénombre, grâce à l'emploi de plaques orthochromatiques de MM. A. et L. Lumière (1).

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, novembre 1891 ;

FABRE. — *Traité encyclopédique de photographie* ; 1^{er} supplément triennal. Paris, Gauthier-Villars, 1892.

ÉLECTRICITÉ

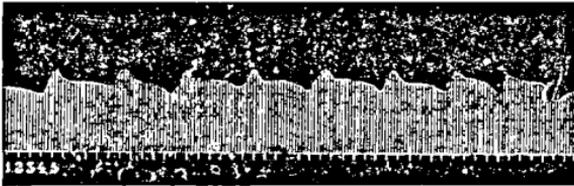
69. Enregistrement des indications des électromètres. - - Quand un électromètre est mis en relation avec un corps dont le potentiel électrique varie constamment, on ne peut suivre les variations de l'instrument qu'au moyen de la photographie qui permet de le transformer en électromètre inscripteur.

M. Marey (1) a transformé ainsi d'une façon ingénieuse l'électromètre capillaire si sensible de M. G. Lippmann. La colonne de mercure très fine, examinée au microscope, apparaît comme une ligne obscure sur un champ clair, avec un vif éclat sur un champ obscur quand on l'éclaire latéralement ; si, supprimant l'oculaire du microscope, on se sert de l'objectif pour en projeter l'image sur une plaque sensible, immobile, on obtient, après développement, une ligne noire très intense. Mais si la plaque, au lieu de rester immobile, est animée d'un mouvement de translation uniforme perpendiculairement à la direction de la colonne électrométrique, on

(1) E. J. MAREY. — *Le Mouvement*, p. 49, Paris, G. Masson, éditeur, 1894.

obtient, sur le cliché, une surface dont le bord présente de nombreuses sinuosités correspondantes aux déplacements du niveau de la colonne mercurielle. Il est très commode d'éclairer la colonne, non d'une manière continue, mais par intermittence ; dans ce but, M. Marey utilisait les étincelles électriques données par une

Fig. 21



bobine d'induction, munie d'un condensateur ; cet éclairage intermittent produit des discontinuités dans l'image du niveau de la colonne, image qui se présente sous forme d'une série de lignes de longueurs inégales, comme on peut le voir sur la *fig. 21* qui représente les variations électriques du cœur d'une tortue pendant ses mouvements de systole et de diastole.

70. — M. Mascart ⁽¹⁾ emploie le dispositif suivant pour enregistrer photographiquement les

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 1883.

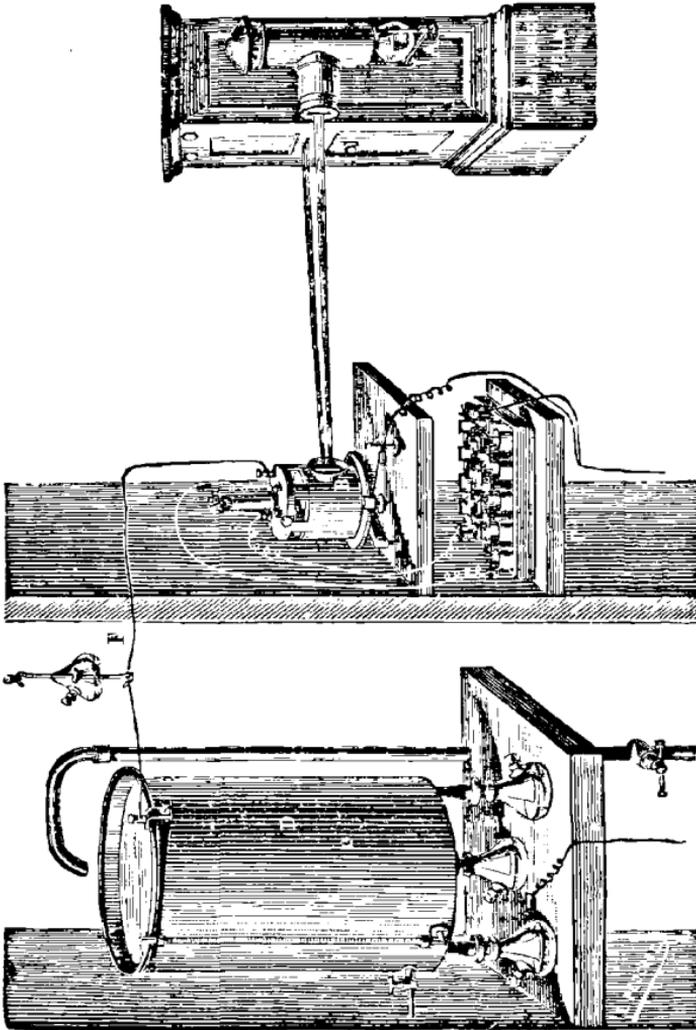
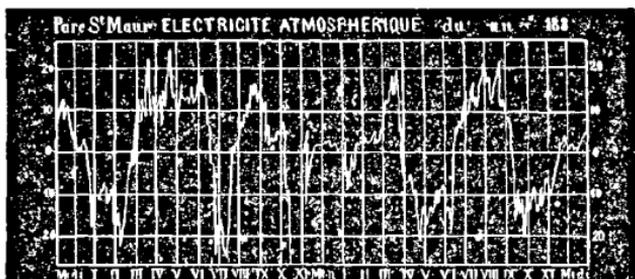


Fig. 22. — Électromètre enregistreur de M. Mascart.

mouvements de l'aiguille de son électromètre (fig. 22) : elle porte un petit miroir B qui réfléchit les rayons lumineux issus d'une petite lampe à essence minérale contenue dans une minuscule lanterne à projection, sur une fente derrière laquelle glisse un châssis photographique supportant une feuille de papier sensible au gélatino-bromure d'argent. Le mouvement de châssis est donné par un mouvement d'horlogerie contenue dans la moitié d'une caisse d'hor-

Fig. 23



loge, divisée en deux par une cloison verticale et dont la seconde moitié forme chambre noire ; le moteur est réglé de manière que le châssis mette exactement vingt-quatre heures à descendre de sa hauteur. Les rayons lumineux réfléchis par le miroir de l'aiguille étant concentrés sur le papier sensible au moyen d'une lentille plan-convexe, on obtient deux images

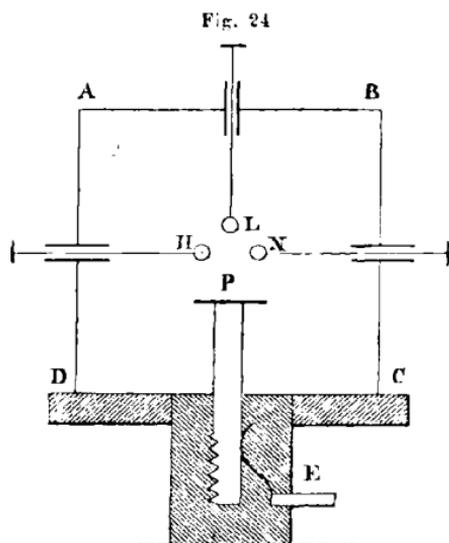
du point lumineux, l'une, due à la réflexion sur la surface plane de la lentille, décrit une ligne droite ; l'autre, due à la réflexion sur le miroir, trace une ligne courbe qui représente fidèlement tous les mouvements de l'aiguille. La *fig. 23* représente un diagramme obtenu avec cet instrument.

71. Étude photographique de l'étincelle électrique. — C'est à l'époque du collodion humide que furent faits les premiers essais de reproduction photographique de l'étincelle électrique ; M. Daft, photographe à Troy (Etats-Unis), est un des premiers qui obtint des résultats satisfaisants, en faisant jaillir l'étincelle entre deux tiges métalliques communiquant avec les deux pôles d'une forte machine de Holtz.

Le D^r Stein répéta ces essais en 1883. Il mettait au point l'intervalle compris entre les deux pôles, de manière à en avoir sur le verre dépoli une image de grandeur égale ; puis il remplaçait le verre dépoli par le châssis contenant la plaque sensible et faisait jaillir les étincelles. On voit nettement sur le cliché développé, les étincelles qui ont éclaté durant la durée de l'expérience ; or, d'après lui, chaque étincelle n'agissait que $\frac{1}{147000}$ de seconde sur la couche sensible. Il

faisait éclater de six à soixante étincelles en une seconde (1).

72. — M. Ducretet a imaginé un dispositif très simple, dépourvu d'objectif (fig. 24). Une boîte ABCD, en ébonite, montée sur un support



isolé électriquement, porte sur son couvercle AB et sur deux de ses parois latérales parallèles,

(1) Dr J. M. EDER. — *La Photographie instantanée*, traduction Campo. Paris. Gauthier-Villars, éditeur.

trois tubes en ébonite à l'intérieur desquels passent à frottement doux trois tiges de laiton terminées par des boules L, H, N. Parallèlement, au fond de la boîte est une petite table P qu'on peut élever ou abaisser à volonté par l'intermédiaire d'une crémaillère et que la borne E permet de mettre en communication avec une source électrique. Une plaque sensible introduite dans la boîte est impressionnée par toute étincelle jaillissant entre les pôles H et N ou entre la table P et la boule L. On peut substituer aux boules L, H, N et à la table P, des pointes ou des corps isolants, à volonté. On peut placer la plaque sensible sur la table P. C'est ce que fit une fois M. Ducretet, le côté émulsionné étant placé en dessous de la table P correspondant avec le pôle négatif d'une bobine de Ruhmkorff. Au-dessus de la plaque était placé un disque mince en ébonite surmonté d'un second disque séparé du premier par des bandelettes, de manière à laisser entre eux une sorte de matelas d'air et au-dessus du second disque était une seconde plaque photographique sur la couche sensible de laquelle placée cette fois en dessus, s'appuyait, à plat, un disque métallique semblable au plateau P et communiquant avec le pôle positif de la bobine d'induction. Il obtint

ainsi des images (1) formées pour chaque pôle par une couronne circulaire. On peut aussi photographier, en vraie grandeur, l'étincelle jaillissant entre les deux boules H et N communiquant avec les pôles d'une machine de Holtz, en plaçant sur le plateau P isolé, une plaque sensible, l'émulsion regardant en dessus. La simplicité du dispositif permet, d'ailleurs, de varier les dispositions de l'expérience et a permis d'obtenir de nombreux résultats intéressants.

73. — M. Trouvelot a remarqué que la forme de l'image, ainsi obtenue, dépendait, non seulement de la nature des électrodes, mais aussi, pour une part très légère, il est vrai, de la nature de la couche sensible employée.

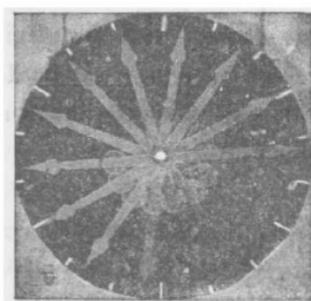
74. Durée de l'étincelle électrique (3). — M. Feddersen fait éclater l'étincelle entre deux boules métalliques enfermées dans une boîte obscure munie d'une fente qui projette la lumière sur un miroir animé d'un mouvement de rotation rapide, qui réfléchit le rayon lumi-

(1) On les trouvera reproduites dans l'ouvrage déjà cité : EDER. — *La Photographie instantanée.*

(2) Voir p. 107.

neux sur une plaque sensible ; des dimensions et des variations d'intensité du ruban ainsi tracé sur la plaque, on déduit aisément la vitesse de l'étincelle et ses variations d'éclat : elle naît,

Fig. 25



en général, brusquement, brille durant un temps très court pour s'éteindre ensuite graduellement.

Les intervalles de temps qui séparent plusieurs étincelles consécutives peuvent être facilement déterminés en se servant de ces étincelles pour éclairer une aiguille brillante, tournant d'un mouvement uniforme devant un cadran de velours noir portant des divisions blanches ; cadran sur lequel est braqué un appareil photographique dont l'objectif reste découvert. Il faut, bien entendu, opérer dans une chambre obscure. L'intervalle de temps compris entre deux étincelles consécutives est mesuré, sur la plaque révélée, par l'angle qui sépare les deux images correspondantes de l'aiguille (fig. 25).

75. Téléphonie. — M. Saint-Georges ⁽¹⁾ reçoit les communications téléphoniques sur une plaque sensible avançant, dans une chambre noire, sous l'influence d'un mouvement d'horlogerie, devant une ouverture munie d'une fermeture faisant office d'obturateur, et qui s'ouvre et se ferme, selon les vibrations que lui communique la plaque du téléphone. Le trait de lumière, ainsi admis, imprime sur la plaque sensible une ligne noire, dont la dimension varie avec la nature des vibrations du son perçu.

MÉTÉOROLOGIE

76. — Les applications de la photographie à la météorologie se développent de plus en plus; elle lui apporte, en effet, comme le dit avec juste raison, M. Janssen ⁽²⁾, des éléments de discussion précieux et variés :

1° En lui fournissant un des procédés les plus pratiques d'enregistrement ;

(1) FABRE. — *Aide-Mémoire de photographie* pour 1884, p. 104. Paris, Gauthier-Villars.

(2) *Bulletin de la Société française de photographie*, n° de mars 1888, p. 75.

2° En donnant des phénomènes météorologiques des images d'ensemble sur lesquelles on peut les discuter et les étudier à loisir ;

3° En permettant, par l'emploi de méthodes appropriées, des mesures de distance, de hauteur, de dimensions, etc., de météores, de nuages, etc.

4° En ouvrant aux recherches météorologiques toute une voie de mesures photométriques de la lumière des astres dans ses rapports avec l'atmosphère (1) ;

5° En permettant de léguer à l'avenir un ensemble de documents fidèles et utilisables, quel que soit le point de vue que les progrès de la science amènent à considérer.

77. Enregistrement photographique. —

La plupart des instruments enregistreurs basés sur l'emploi de la photographie ont été pour la première fois employés par sir Francis Ronalds (2) qui, le premier, a construit des barographes, des thermographes, des magnétographes, etc.

Quand il s'agit d'enregistrer les variations de

(1) Voir p. 99.

(2) RADAC. — *La photographie et ses applications scientifiques*. Paris, Gauthier-Villars, 1878.

niveau d'une colonne liquide, mercurielle par exemple, un mouvement d'horlogerie fait défiler ou tourner derrière l'instrument une feuille de papier sensible tendue sur un châssis porté par un chariot ou bien enroulée sur un cylindre. Une fente étroite, derrière laquelle défile le papier, laisse tomber sur lui la lumière concentrée sur la colonne de liquide par un système de lentilles convenablement disposées.

78. Variations de la colonne barométrique. — La disposition précédente peut être employée avec un baromètre à cuvette ordinaire, installé dans une chambre obscure. Un système de lentilles, ou mieux, une lentille cylindrique concentre la lumière d'un bec de gaz ou d'une lampe à pétrole sur la chambre barométrique ; un objectif photographique projette l'image de la colonne mercurielle et, en même temps, si l'on veut, les divisions d'une échelle, sur la surface sensible qui se déroule régulièrement sous l'influence du mouvement d'horlogerie. Sur la plaque développée et fixée on trouve deux plages l'une noire, correspondant aux points atteints par la lumière, l'autre blanche, correspondant aux points que l'interposition de la colonne mercurielle a préservés ; l'intersection de ces deux pla-

ges est une ligne qui représente les positions successives du sommet de la colonne barométrique.

79. Enregistrement de la température.

— La même disposition peut être employée. Ronalds et plus tard Salleron, employait un thermomètre différentiel en U spécial formé d'un tube de verre en forme d'U contenant du mercure, dont l'une des branches communiquait avec un réservoir métallique maintenu à une température constante, généralement en l'enfonçant dans le sol, et dont l'autre communiquait avec un autre réservoir métallique semblable au premier exposé au dehors, à l'endroit dont il devait prendre la température. La source lumineuse était placée au foyer d'un miroir cylindrique à section parabolique qui en renvoyait les rayons sur une lentille cylindrique verticale destinée à les concentrer linéairement sur la branche du tube renfermant la colonne mercurielle dont on voulait enregistrer les variations ; une fente placée derrière cette branche du tube ne laissait arriver à l'objectif photographique qu'un mince faisceau lumineux.

Regnault (1) proposait de mettre en communica-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 4^e série, XXIV, p. 236.

tion par un tube capillaire en argent un réservoir d'argent rempli d'air et placé au dehors avec un manomètre à mercure placé dans la pièce obscure où l'on enregistre photographiquement les variations de hauteur de sa colonne mercurielle.

80. Hygrométrie. — En plaçant à côté de son thermographe un second thermomètre, disposé comme le premier, mais dont le réservoir était entouré d'un linge constamment maintenu humide, Ronalds transformait son thermographe en psychographe dont on avait les indications en comparant les courbes données par les deux thermomètres, courbes qui se rapprochent quand l'air est très humide et s'écartent quand il est très sec.

Les indications de l'hygromètre à cheveu peuvent être aisément enregistrées photographiquement en faisant marcher l'aiguille le long d'une fente donnant accès à un faisceau lumineux.

81. Durée de la lumière solaire. — M. Abney a ingénieusement modifié l'enregistreur solaire de Campbell (1) ; l'instrument perfectionné se compose d'une boîte demi-cylindrique dont

(1) J. VINCENT-ELSDEN. — *Traité de Météorologie à l'usage des photographes*. Traduction Colard. Paris, Gauthier-Villars, éditeur.

le couvercle plan A est percé au centre d'un trou très petit et dont le fond, concave, est recouvert d'une feuille de papier sensible ; la boîte est portée par un support articulé qui permet de l'incliner à volonté. On a soin de diriger la plus grande dimension du couvercle parallèlement à la ligne est-ouest ; on obtient sur le papier sensible la reproduction de la route suivie par l'image du trou, pendant que le soleil luit.

82. — Pouillet se servait dans le même but d'une boîte carrée de $0^m,10$ de haut et de $0^m,20$ de côté, orientée comme un cadran solaire et dont les trois faces qui regardaient respectivement le midi, l'est et l'ouest étaient munies, en leur centre, de diaphragmes possédant une ouverture de $0^m,004$ de diamètre. Le papier sensible était placé au fond de la boîte.

83. — Maurer, de Zurich, employait un cylindre creux de laiton dont il orientait l'axe parallèlement à l'axe terrestre ; le fond était mobile ; quant au couvercle il coupait obliquement le cylindre et était percé en son milieu d'une petite ouverture rectangulaire. Les rayons du soleil qui la traversent décrivent, en une journée, un cône droit sensiblement circulaire, autour de

l'axe du cylindre, et viennent marquer leur passage par un cercle, intersection du cône et du cylindre, sur un papier sensible qui tapisse les parois latérales intérieures du cylindre : la feuille développée présente une droite, comme trace des rayons solaires.

84. Photographie des nuages. — La forme et les mouvements des nuages nous permettent d'annoncer les variations du temps longtemps à l'avance ; aussi leur étude est-elle d'un grand intérêt pour les météorologistes.

Pour cette étude, le seul moyen qui soit en notre pouvoir est la détermination de la hauteur et de la vitesse des nuages et, par suite, de la direction et de la vitesse des courants supérieurs de l'atmosphère.

Mais là surgissent les difficultés ; car aucune description ne peut donner une idée, même approximative de l'aspect des nuages et nul dessinateur, si exercé soit-il, ne peut arriver à coucher sur le papier l'image si complexe d'un nuage dont la forme varie à tout instant.

Il n'y a donc que la Photographie qui, de son œil aussi vif que fidèle, puisse nous donner l'exactitude absolue dans la représentation du ciel à un moment donné. Mais ce n'est pas sans

difficulté que l'on peut arriver à ce résultat, étant donné que les radiations bleues du ciel ont à peu près la même puissance actinique que les rayons blancs. Ainsi, dans le cas des nuages légers, des cirrus ou des cirro-cumulus, le blanc de ces nuages est confondu avec le bleu clair du ciel sur les plaques photographiques ordinaires et l'on n'a alors qu'une image uniforme sans aucun détail.

Il faut donc arriver à arrêter les rayons bleus du ciel pour ne recevoir sur la plaque sensible que ceux des nuages à étudier.

Plusieurs moyens ont été employés pour cela. M. Hildebrandsson, professeur à l'Université d'Upsal, obtenait dès 1879 d'assez belles photographies des nuages en interposant sur le trajet des rayons lumineux une cuve à faces parallèles remplie d'une solution de gomme-gutte et d'un peu de sulfate de quinine. Cette sorte d'écran absorbant les rayons bleus du ciel, ne laissait passer que les rayons jaunes des nuages qui venaient alors impressionner la plaque.

Il fallait alors poser longtemps vu le peu de sensibilité des plaques ordinaires aux radiations jaunes et par la quantité restreinte du jaune contenu dans les rayons émis des nuages.

M. Garnier, de Boulogne-sur-Seine, obtint, par

un procédé analogue, des épreuves magnifiques, mais pour des raisons dont nous ne nous rendons pas très bien compte, il n'a pas voulu publier son procédé.

S'appuyant sur le fait que les rayons bleus sont en partie polarisés, surtout à 90° du soleil, lorsque aucune trace de polarisation ne se rencontre dans les radiations des nuages, M. Rigggenbach, professeur à l'Université de Bâle, plaça devant son objectif un prisme de Nicol ou une glace noire inclinée sous l'angle de polarisation totale. Ces appareils pouvaient tourner autour de l'axe optique de l'objectif grâce à une monture convenable.

85. — Enfin M. Angot a comparé ces divers procédés et, au moyen des écrans solaires, a pu obtenir de magnifiques reproductions de nuages ; nous ne pouvons mieux faire que de reproduire textuellement sa communication à la Société française de photographie ⁽¹⁾.

« Après beaucoup d'essais, j'estime que le « meilleur et le plus simple de tous les procédés

⁽¹⁾ *Bulletin de la Société française de photographie.* N° du 15 août 1893. C'est d'après cette communication que nous avons exposé les diverses méthodes employées.

« est encore le premier, c'est-à-dire l'emploi
 « d'écrans colorés, à condition de se servir en
 « même temps de plaques appropriées. Comme
 « écrans, je prends de petites cuves carrées fer-
 « mées par des glaces à faces parallèles, que l'on
 « peut fabriquer soi-même ou se procurer aisé-
 « ment chez tous les marchands d'instruments
 « d'optique, et dans lesquelles on met un liquide
 « coloré convenable. On fixe ces cuves au moyen
 « de bracelets en caoutchouc sur un morceau
 « de liège percé au centre d'une ouverture cir-
 « culaire, dans laquelle entre à frottement le
 « parasoleil de l'objectif. Les cuves que j'emploie
 « ont de 6 millimètres à 7 millimètres d'épais-
 « seur intérieure. Le liquide coloré le plus sim-
 « ple à employer, et qui donne en même temps
 « d'excellents résultats, est une dissolution de
 « bichromate de potasse additionnée de quelques
 « gouttes d'acide chlorhydrique. Il est utile
 « d'avoir trois cuves contenant des dissolutions
 « à des titres différents : une solution à 10 %
 « (préparée en chauffant un peu au-dessus
 « de 20°), une dissolution à 5 % et une dissolu-
 « tion à 2, 5 %. L'écran le plus foncé sera réservé
 « pour photographier les nuages lumineux les
 « plus légers, et les moins lumineux, quand le ciel
 « ne sera pas d'un bleu pur, mais lavé de blanc ;

« l'écran moyen servira le plus ordinairement ;
« enfin on prendra le plus clair pour photogra-
« phier les gros nuages blancs arrondis (*cumu-*
« *lus*) à formes bien nettes, généralement très
« lumineux et qui se détachent sur un ciel bleu
« assez foncé.

« On peut évidemment remplacer ces cuves
« par des lames de verre jaune, taillées à faces
« parallèles ; mais tous les verres ne convien-
« nent pas ; il faut donc des tâtonnements, que
« l'emploi des écrans liquides supprime complè-
« tement. Toutefois, comme l'emploi des verres
« colorés serait plus commode que celui des cu-
« ves à liquide, je compte étudier cette question
« avec le concours de verriers, et rechercher s'il
« ne serait pas possible de fabriquer des verres
« convenables, que l'on pourrait toujours repro-
« duire toujours identiques à eux-mêmes.

« Concurrément avec les écrans colorés, il
« faut employer des plaques au gélatino-bromure
« spécialement sensibles aux rayons jaunes et
« verts. On pourrait préparer soi-même ces pla-
« ques, mais comme le but de mes recherches a
« été précisément d'indiquer des moyens simples,
« que tout le monde puisse appliquer aisément,
« j'ai essayé un certain nombre des marques de
« plaques dites orthochromatiques ou isochro-

« matiques que l'on trouve dans le commerce.
 « Deux de ces marques conviennent parfaitement
 « et donnent, comme rapidité et vigueur, les
 « résultats tout à fait équivalents : ce sont les
 « plaques Lumière sensibles au jaune et au vert
 « (série A) et les plaques Edwards.

« J'ajouterais qu'il n'y a pas lieu de craindre
 « une altération trop rapide de ces plaques ; il
 « m'est arrivé plusieurs fois de conserver pen-
 « dant plus de trois mois une boîte entamée de
 « plaques Lumière sensibles au jaune et au vert,
 « sans que les dernières ne m'aient paru infé-
 « rieures en rien aux premières.

« Il n'y a aucune prescription spéciale à sui-
 « vre pour le développement. J'ai employé indif-
 « féremment le fer, l'acide pyrogallique, l'hy-
 « droquinone, le paramidophénol. Toutes les
 « fois que les nuages qui existent simultanément
 « ont à peu près la même intensité, on pourra
 « employer un développateur automatique ; je
 « me sers dans ce cas depuis plus de six mois du
 « même flacon du développateur vendu par
 « MM. Poulenc sous le nom d'*iconophile* et qui
 « paraît être à base d'hydroquinone et d'éosine.
 « Si, au contraire, il y a à la fois plusieurs
 « espèces de nuages d'intensités très inégales, il
 « y a avantage à développer à l'oxide pyrogal-

« lique (méthode de M. Londe), en agissant avec
« précaution et en n'employant d'abord que très
« peu de bromure et d'acide pyrogallique jusqu'à
« venue complète de tous les détails, de façon à
« diminuer autant que possible les contrastes.
« Cette précaution est particulièrement utile s'il
« existe à la fois dans le ciel des cirrus et des
« cumulus, car, avec un développateur automati-
« que, il serait à peu près impossible d'obtenir
« pour les cirrus une intensité suffisante sans
« brûler entièrement les cumulus.

« En opérant comme je l'ai expliqué, on ob-
« tiendra sans aucune difficulté les nuages
« même les plus légers. La durée de pose est
« nécessairement variable suivant les objectifs,
« l'état du ciel, l'heure de la journée, etc. Avec
« un objectif panoramique de Prazmowski, de
« 160 millimètres de foyer, peu lumineux par
« lui-même et diaphragmé à $\frac{f}{30}$, on peut obte-
« nir les cirrus les plus délicats en employant
« l'écran le plus foncé (bichromate à 10 %))
« avec une durée de pose d'une demi-seconde.
« Avec un objectif de Zeiss de 196 millimètres
« de foyer (série III A) diaphragmé à $\frac{f}{15}$ et
« l'écran moyen, il suffit pour les nuages ordi-
« naires de poser $\frac{1}{30}$ ou $\frac{1}{40}$ de seconde.

« J'espère que ces indications paraîtront assez
 « précises pour décider un grand nombre d'ama-
 « teurs à essayer la photographie des nuages.
 « La seule précaution à prendre pour que ces
 « photographies puissent être utilisées est de
 « noter exactement le jour et l'heure où elles ont
 « été prises, ainsi que la direction qui correspond
 « au centre de la plaque (Nord, Nord-Est, etc.).

« Il sera souvent intéressant aussi de prendre
 « deux photographies successivement à trois ou
 « quatre minutes d'intervalle, sans changer de
 « l'une à l'autre l'orientation de l'appareil ; on
 « aura ainsi la mesure du déplacement des nuages
 « et la manière dont leurs formes se modifient. Si
 « quelques personnes veulent bien entreprendre
 « cette étude dans différentes parties de la
 « France, il sera facile de réunir en peu de
 « temps une nombreuse collection des formes
 « des nuages, surtout des nuages légers en fila-
 « ments, barbes de plume ou panache (*cirrus*)
 « et des nuages moutonnés (*cirro-cumulus*) qui
 « accompagnent et annoncent souvent les chan-
 « gements de temps. La comparaison de ces
 « formes avec les circonstances atmosphériques
 « donnera certainement des résultats du plus
 « haut intérêt et conduira à de nouveaux progrès
 « dans la science du temps ».

86. Mesure de la hauteur et de la vitesse des nuages. — M. H. Teisserenc de Bort a fait construire par M. Echanoux un photothéodolite destiné à faire ces mesures. Nous en empruntons la description à la communication qu'il a faite à ce sujet à la Société française de photographie (1).

« Le théodolite photographique pour la photographie des nuages, que nous présentons, se compose d'une chambre 13×18 montée sur l'axe horizontal d'un théodolite ; elle peut ainsi prendre dans l'espace toutes les inclinaisons voulues au-dessus de l'horizon. La ligne de foi de l'instrument est déterminée par la ligne qui passe par le centre optique de l'objectif et un réticule placé très près de la plaque sensible sur laquelle s'imprime l'image des fils. Le réticule peut se régler par des rappels, de façon à être parallèle à l'axe optique de la lunette qui se meut sur le cercle vertical de l'instrument ; on peut ainsi régler le théodolite, soit en photographiant un point terrestre dont on détermine les coordonnées avec la lunette, soit en photographiant les étoiles à mouvement diurne très lent.

(1) *Bulletin de la Société française de photographie*, n° du 15 juillet 1894, p. 349.

« En disposant deux instruments de ce genre
 « sur des piliers séparés par une distance exac-
 « tement mesurée en collant convenablement
 « les cercles, on peut faire simultanément deux
 « photographies d'un même nuage ; les images
 « une fois développées, il suffit de rapporter la
 « position d'un point du nuage, bien visible sur
 « les deux épreuves, aux coordonnées des axes
 « optiques qui sont parallèles dans les deux ins-
 « truments et connues pour la lecture des
 « cercles, pour avoir les éléments nécessaires au
 « calcul d'un triangle dont la base terrestre est
 « connue et la direction des côtés déterminée en
 « azimut et en hauteur. On peut donc calculer
 « l'altitude du point du nuage étudié, sa distance
 « au lieu d'observation, etc. Une série de me-
 « sures de ce genre, se suivant à de courts
 « intervalles, permettra de déterminer le dépla-
 « cement du nuage dans l'espace et ainsi sa
 « vitesse absolue. On conçoit que ces mesures
 « présentent un grand intérêt pour l'étude des
 « courants supérieurs ».

87. — Le général Strachey ⁽¹⁾ dirige vers le

(1) FABRE. — *Traité encyclopédique de photographie* ;
 1^{er} supplément triennal. Paris, Gauthier-Villars, 1892.

zénith les axes des objectifs de deux chambres noires solidement fixées sur leurs supports et qui permettent de photographier simultanément les deux régions du ciel s'écartant du zénith d'environ 15° . Superposant les deux clichés de manière que les deux épreuves semblent coïncider, la mesure de la distance entre les images des deux points zénithaux marqués par deux lignes rectangulaires sur l'épreuve, permet de déterminer facilement la hauteur du nuage au-dessus de la surface de la terre. Une seconde mesure, faite un certain temps après, permet de déterminer, en grandeur et en direction, la composante horizontale de la vitesse du nuage.

88. — Le capitaine Abney utilise dans le même but, le photonéphotographe, dont un modèle est employé à l'observatoire de Kew, et qui se compose de deux chambres noires fixées à des théodolites et reliées électriquement par un fil souterrain ; les deux appareils étant dirigés vers un même nuage, un des observateurs déclenche au même instant électriquement les deux obturateurs ; la comparaison des deux images ainsi obtenues permet de faire les déterminations utiles.

On peut aussi employer un appareil à deux objectifs, tel que celui que nous avons décrit dans le chapitre précédent.

89. Photographie des éclairs. — La reproduction photographique des éclairs présente le même intérêt que celle de l'étincelle électrique et permet d'ailleurs la comparaison des deux phénomènes. La première image de la foudre sur une plaque sensible fut obtenue par le photographe autrichien Robert Haensel de Reichemberg, qui put obtenir un certain nombre de ces photographies. Sur l'une d'elles, le paysage ayant été reproduit en même temps, il a pu calculer que la longueur de l'éclair était d'environ 1700 mètres.

Depuis, un grand nombre de photographies d'éclairs ont été obtenues ; la plupart ont montré que le phénomène était en tout semblable, toutes proportions gardées, à celui que présente la décharge d'une bobine de Ruhmkorff. L'étude microscopique d'un de ces négatifs a permis à M. Trouvelot de constater que le trait fulgurant se subdivisait en un très grand nombre de branches dont quelques-unes sont excessivement ténues ; M. Mascart a pu même voir une sorte de pulvérisation de l'éclair, tant est grande la ténuité de ces branches. M. Trouvelot a, en outre, trouvé que la forme du trait était non la forme cylindrique, comme on le croit généralement, mais celle d'un ruban aplati présentant une

série de raies transversales analogues à celles du spectre solaire et que MM. Mascart et Fizeau attribuent à ce fait que l'objectif n'est pas rigoureusement mis au point.

On ne saurait trop encourager, avec la Société royale météorologique de Londres, les photographes à ne jamais manquer l'occasion de reproduire ces phénomènes ; quand un orage est annoncé il leur suffit, d'après les indications de cette société, de braquer pendant le jour leur appareil sur un objet éloigné sur lequel il est mis au point, et de laisser l'objectif ouvert pendant toute la durée d'un orage de nuit ; les éclairs qui jaillissent durant ce temps dans le champ de l'objectif, laissent leur image sur la plaque sensible.

Il est bon, comme le recommande le Photographic-Club de Londres, qu'une portion du paysage (tuyaux de cheminée, toits de maisons, etc.) soit reproduite sur la plaque, à défaut de quoi on fera bien d'avoir soin de marquer le haut de la plaque avant de la retirer du châssis. Il sera bon aussi de noter avec soin la date et l'heure précise du phénomène, le temps écoulé entre le bruit du tonnerre et l'éclair, ainsi que l'azimuth dans lequel il s'est produit. Il serait aussi très utile de pouvoir prendre du même

éclair des photographies de stations différentes, ce qui permettrait, comme dans le cas des nuages, d'étudier la position et les mouvements de l'éclair dans l'atmosphère.

90. Durée de l'éclair. — M. Trouvelot, en photographiant des éclairs avec un appareil animé d'un léger mouvement saccadé de va et vient dans un plan horizontal, a obtenu des images formées de plusieurs traînées parallèles, d'intensités différentes, réunies entre elles par des plages faiblement lumineuses. Cet aspect peut être interprété différemment : ou bien l'image est celle d'un éclair ininterrompu et, dans ce cas, on peut conclure du défaut de netteté de l'image que, contrairement à l'opinion généralement admise, la durée de l'éclair est parfaitement appréciable ; ou bien l'éclair reproduit se composait de plusieurs décharges successives suivant le même trajet. M. L. Weber a obtenu des résultats analogues en braquant vers la région de l'espace présentant le maximum d'éclairs durant un violent orage nocturne, une petite chambre noire qu'il animait à la main d'un léger mouvement de rotation tel que l'objectif décrivait un cône. En opérant ainsi il a obtenu sur l'épreuve une série de petites ellipses

toutes comprises entre deux lignes brillantes, la plupart incomplètes, quelques-unes fermées, semblant être les courbes décrites par les points les plus lumineux de l'éclair. On peut en conclure que la durée de l'éclair est au moins égale à celle d'une rotation complète de l'appareil ; en opérant avec le plus de soin possible, M. Weber a pu affirmer que quelques-uns des éclairs qu'il a ainsi photographiés ont duré près d'une demi-seconde.

91. Phénomènes électriques de l'atmosphère. — Ronalds a installé à Kew, en 1854, un électroscope destiné à enregistrer les variations électriques de l'air. Le dispositif était analogue à celui de son thermographe : un faisceau lumineux réfléchi par les deux feuilles d'or d'un électroscope ordinaire traçait sur la pellicule sensible mobile deux courbes dont l'écartement représentait l'état électrique de l'atmosphère.

Salleron a construit un appareil analogue pour l'observatoire de Montsouris, composé de deux électromètres de Branly de sensibilités différentes, destinés respectivement aux fortes et aux faibles charges. Des prismes renvoient la lumière émise par un bec de gaz sur les miroirs suspendus sous chacune des aiguilles, miroirs

qui réfléchissent les deux faisceaux lumineux sur une même lentille cylindrique qui les projette sur une pellicule sensible enroulée sur un tambour animé d'un mouvement de rotation uniforme autour de son axe, pellicule sur laquelle ils tracent deux courbes représentant les variations électriques du collecteur.

92. Phénomènes magnétiques. — Les variations du magnétisme terrestre furent, tout d'abord, enregistrées photographiquement au moyen d'un dispositif assez simple (1). Un barreau aimanté mobile est muni d'un petit miroir qui, dans la position de repos, est exactement dans le même plan qu'un miroir fixe, qu'il prolonge en quelque sorte. Tant que le barreau aimanté garde cette position, les faisceaux lumineux envoyés, à travers la fente, sur la pellicule sensible, y dessinent un point noir, transformé en ligne droite, par le mouvement de translation de la surface sensible ; dès que le barreau s'écarte de sa position d'équilibre, la ligne, correspondant au miroir mobile, devient sinucuse, accusant ainsi tous les mouvements du barreau.

(1) RADAU. — *La photographie et ses applications scientifiques*, p. 37. Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1878.

Un barreau horizontal, suspendu à un fil de soie, permet d'inscrire les variations de la déclinaison magnétique ; un barreau horizontal suspendu par un bifilaire formé de deux fils d'acier, dans une direction à peu près perpendiculaire au méridien magnétique, permet d'enregistrer les variations d'intensité du magnétisme terrestre ; enfin, un barreau mobile comme un fléau de balance autour d'un axe horizontal indique les variations de l'inclinaison, qui s'inscrivent sur un tambour mobile autour d'un axe vertical, tandis que les variations de la déclinaison et de l'intensité du magnétisme terrestre sont enregistrées sur un tambour horizontal.

Plus tard, on fixait un miroir sphérique concave au couteau du *magnétomètre-balance*, pour les variations de l'inclinaison, à l'aimant au-dessous du point d'attache du fil de suspension, pour les variations de la déclinaison, miroir en avant duquel était placée une flamme lumineuse entourée d'un manchon cylindrique opaque, percé d'une fente laissant passer un faisceau lumineux projeté par le miroir sur la pellicule sensible, enroulée sur un tambour, vertical pour le magnétomètre, horizontal pour le déclinomètre.

93. — Mais ces divers dispositifs exigent un local assez vaste. M. Mascart l'a perfectionné de manière à exiger une cave de dimensions bien moindres (fig. 26). La source lumineuse est une petite lampe à gazogène, brûlant avec une intensité sensiblement constante durant trente-six heures, dont la mèche est placée au centre d'une lanterne A, adossée à l'horloge contenant le système enregistreur, lanterne dont les autres faces portent un condensateur devant lequel est une fente de largeur variable. L'une des fentes envoie un faisceau lumineux à un *déclinomètre*, la seconde à un *bifilaire*, destiné à donner la composante horizontale, la troisième à un *magnétomètre-balance*, destiné à donner la composante verticale. Des miroirs réfléchissent ces trois faisceaux sur la pellicule sensible montée sur un châssis, pouvant descendre de toute sa hauteur en vingt-quatre heures, mû par un mouvement d'horlogerie, comme dans l'électromètre enregistreur de M. Mascart (voir p. 123). Chacun des instruments portant un miroir fixe et un miroir mobile inscrit sur la surface sensible une ligne de repère droite, à laquelle on peut rapporter les variations de la courbe correspondante au miroir mobile. Un prisme à angle droit renvoie sur le papier sensible les

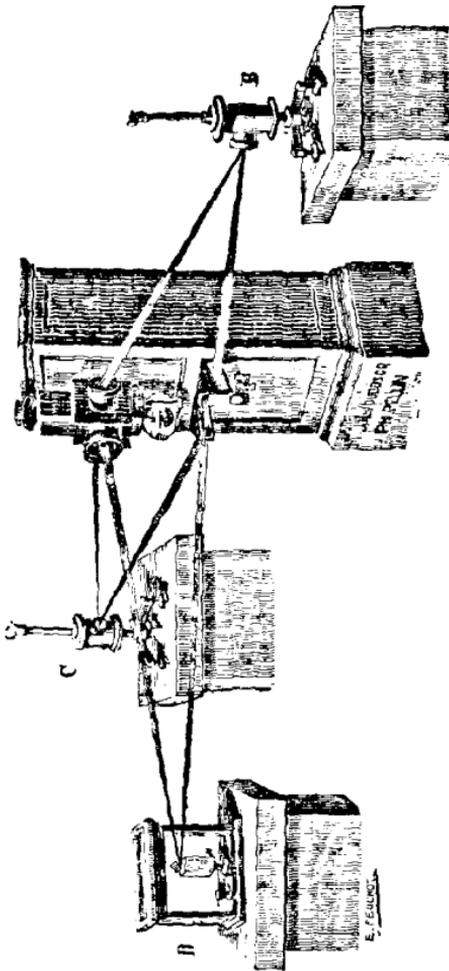


Fig. 26. — Magnétomètre enregistreur de M. Mascart.

rayons lumineux réfléchis par les instruments latéraux (1).

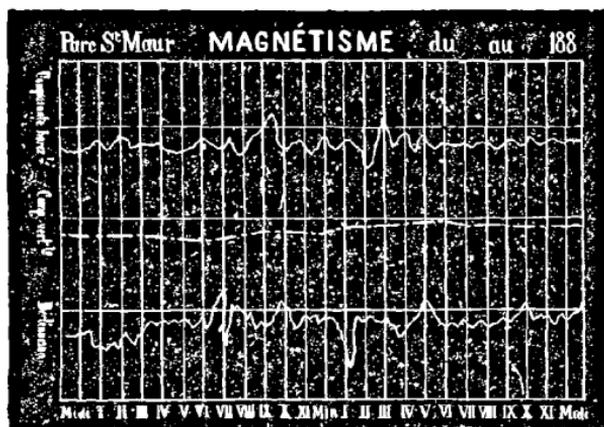
Le temps est facilement repéré, le châssis descendant juste d'un centimètre par heure et la pellicule sensible étant placée entre deux glaces dont celle correspondant à l'émulsion porte vingt-cinq traits horizontaux distants l'un de l'autre d'un centimètre; les interruptions que produisent ces traits sur les courbes permettent de repérer le temps. On peut encore faire ce repérage en produisant sur les barreaux aimantés une perturbation périodique, par l'intermédiaire du courant d'une petite pile circulant dans une bobine voisine des barreaux dont le circuit est fermé quelques secondes, à toutes les heures, par un contact électrique adapté à l'horloge.

La traduction numérique des courbes ainsi obtenues (*fig. 27*), se fait aisément, si l'on a gradué préalablement les instruments, c'est-à-dire, si on a cherché, pour le déclinomètre, l'angle correspondant à un écart d'un millimètre sur la pellicule sensible et pour les deux autres instruments à quelle fraction de la composante horizontale ou verticale correspond un milli-

(1) Nous devons les *fig. 26* et *27* à l'amabilité de M. Ph. Pellin, le successeur bien connu de J. Duboscq.

mètre d'ordonnée de la courbe. Il suffit, pour le déclinomètre, de regarder la distance qui sépare les images données par le miroir, quand on tourne le miroir fixe d'un angle connu, par une rotation de la cage de l'instrument, mesurée sur le cercle gradué inférieur; il faut avoir soin, bien entendu, de tenir compte de la torsion du

Fig. 27



fil. Pour les deux autres instruments, on place successivement auprès de chacun d'eux, dans une position bien déterminée et à une même distance, un aimant auxiliaire supporté par une règle graduée, aimant qu'on laisse cinq à dix minutes et qui, modifiant la position des trois barreaux, produit un déplacement brusque des

trois images qu'il suffit de mesurer. Bien entendu, on a soin de régler la sensibilité des instruments, de manière à ce que les trois courbes restent toujours comprises dans les limites de la surface sensible.

94. Mouvements séismiques. — M. Wolf enregistre les moindres mouvements de la terre par un dispositif simple. A l'une des extrémités d'un tunnel de 100 pieds de long, percé à 96 pieds au-dessous du niveau du sol, est un bain de mercure réfléchissant à sa surface un point lumineux fixe ; un système de miroirs fixes réfléchit ce même point à l'autre extrémité du tunnel. Les deux images réfléchies sur une pellicule sensible coïncident si la terre est immobile, ne coïncident pas s'il y a la moindre oscillation.

95. — M. Tacchini ⁽¹⁾ utilise la photographie pour transformer en instruments enregistreurs les tromomètres ordinaires destinés à l'étude des mouvements séismiques. Le mouvement du tromomètre, construit par M. Brassart, sur les

(1) *Académie royale des Lincei*, séance du 18 mai 1890; *Revue générale des Sciences*, I, 1890, p. 350.

indications de M. Agamennone, est amplifié une première fois au moyen d'un appareil pendulaire très délicat, et une seconde fois, par réflexion d'un rayon lumineux qui est projeté sur une pellicule sensible enroulée sur un tambour animé d'un mouvement de rotation uniforme.

96. Marées. Courants sous-marins. —

Les diverses phases des marées peuvent être facilement enregistrées, en disposant sur un flotteur, que le flot fait monter ou baisser, une lampe d'Argent qui envoie un faisceau de lumière sur une feuille de papier sensible que déroule un mouvement d'horlogerie (1).

97. — Le professeur Neumeyer, chef du bureau hydrographique de Berlin, a imaginé un ingénieux appareil pour étudier la température et les courants dans les profondeurs de la mer. Il descend, au moyen d'un câble, une boîte cylindrique de cuivre renfermant un thermomètre, une boussole et un tube de Geissler rempli d'azote raréfié qui permet d'éclairer ces instruments; sous l'influence de cette lumière acti-

(1) *Phot. News*, 1877; FABRE. — *Aide-Mémoire de photographie*, année 1877.

nique, une feuille de papier sensible noircit en moins de trois minutes et peut marquer ainsi la position de la colonne thermométrique, de l'aiguille aimantée et d'une sorte de petite girouette qui se place parallèlement au courant. La position que prend cette dernière, par rapport à celle de l'aiguille magnétique, permet de déterminer la direction du courant.

98 Préviation photographique du temps.

— M. Zenger, le professeur bien connu de Prague, a constaté qu'en photographiant le soleil avec des plaques orthochromatisées à la chlorophylle, son image était, par un beau temps fixe, nettement circulaire et entourée d'une teinte plus ou moins foncée, mais uniforme, due à la lumière du ciel. Mais, dans beaucoup de cas, l'image circulaire est entourée de zones blanches qui indiquent que le beau temps ne durera pas longtemps et permettent de diagnostiquer une tempête d'autant plus imminente que les zones blanches sont plus accusées. Si les conclusions de cette remarque peuvent être quelquefois discutées à cause des troubles atmosphériques que la photographie indique toujours, il n'en reste pas moins acquis qu'il y a certainement une relation directe entre

l'éclat de notre atmosphère et les différences d'aspect que présentent les photographies du soleil.

CHIMIE

Les applications de la photographie à la chimie sont peu nombreuses.

99. Analyse chimique. — M. Norman Lockyer applique la spectroscopie à l'analyse quantitative des alliages : un petit creuset en charbon contenant l'alliage à analyser, est placé dans une cavité creusée dans le crayon inférieur d'un arc voltaïque ; quand l'arc jaillit, le spectre des vapeurs métalliques ainsi volatilisées est projeté sur une portion d'une plaque sensible qui peut recevoir plusieurs spectres semblables, placés les uns au-dessus des autres, les raies coïncidant ; la comparaison des raies spectrales ainsi obtenues avec celles correspondant à des alliages de composition connue permet de faire une analyse quantitative approchée d'alliages qui exigeraient des manipulations plus compliquées.

C'est surtout la microphotographie qui est sus-

ceptible de rendre des services à l'analyse chimique ; c'est ainsi qu'ayant remarqué que des microphotographies de cristaux d'arsenic représentent des octaèdres d'aspects différents, selon qu'on opère sur des quantités différentes d'arsenic, M. Jennings a pensé que l'on pourrait composer des textes auxquels on comparerait les résultats de diverses expériences et qui pourraient notamment servir à l'analyse quantitative de faibles quantités d'arsenic ⁽¹⁾.

M. G. Guillemin photographie au microscope une petite portion de surface d'un alliage attaquée par de l'azotique ou sulfurique très dilué et l'examen de ces microphotographies lui permet de classer les alliages au point de vue du travail qu'ils subissent ainsi.

100. Ozonoscope photographique. —

M. Kartlez, professeur de chimie à Dublin, a constaté sur une photographie de la région ultra-violette du spectre solaire qu'un certain nombre de bandes d'absorption qu'on ne peut attribuer ni aux oxydes d'azote, ni au carbonate d'ammonium, ni à la vapeur d'eau, semblaient

⁽¹⁾ FABRE. — *Aide-Mémoire de photographie pour* 1883.

dues à l'ozone et que leur nombre et leur aspect étaient en rapport avec la quantité d'ozone constatée dans l'atmosphère avec les réactifs ordinaires (1).

101. Pureté de l'eau. — Le Dr Forel a étudié par la photographie les variations de transparence des grands réservoirs d'eau et a, en particulier, appliqué sa méthode aux eaux du lac Léman. Il fait plonger dans le réservoir un appareil contenant, sous une glace, une feuille de papier sensible ; après l'avoir laissé quelque temps, un ou deux jours, exposé ainsi à la lumière solaire à travers une certaine épaisseur d'eau, il examinait la teinte prise par une moitié du papier, comparativement à celle de l'autre moitié qui était protégée par un écran opaque ; il a ainsi obtenu des résultats différents selon les saisons, à une même profondeur, résultats qu'il a attribués à ce fait qu'en hiver les eaux du lac sont claires, tandis qu'en été, elles sont troubles, le passage d'un régime à l'autre ayant lieu brusquement ; cette différence de clarté dépendrait, d'après lui, de la distribution de la

(1) FABRE. — *Aide Mémoire de photographie pour*, 1882.

quantité des matières organiques en suspension dans l'eau.

102. — M. Phipson (1) a proposé d'appliquer cette méthode aux eaux potables ; il suffirait, d'après lui, de noter la teinte prise au bout d'un temps donné par un papier sensible placé à l'extrémité d'un tube d'un mètre de long renfermant l'eau à examiner et dont l'autre bout serait dirigé vers une source lumineuse, pour être renseigné sur le degré de pureté de cette eau.

SCIENCES NATURELLES

La plupart des applications de la photographie aux sciences naturelles ayant été décrites dans un autre volume de l'Encyclopédie des Aide-Mémoire, nous ne passerons en revue que celles qui n'y figurent pas (2). La photographie, grâce à sa propriété de donner, en peu de temps, une reproduction d'une fidélité que ne saurait atteindre un croquis fait à la hâte, est appelée à rendre de grands services aux naturalistes.

(1) *Moniteur de la photographie*, 1879.

(2) Dr R. KOEHLER. — *Applications de la photographie aux sciences naturelles*.

103. Anthropologie. — Les photographies de crânes, de squelettes, etc., à échelle connue, permettant de faire des mensurations à loisir, sont d'un grand secours à l'anthropologiste.

MM. H. Spencer, F. Galton et A. Batut ⁽¹⁾ ont appliqué la photographie à l'étude du type d'une famille ou d'une race. Les deux premiers superposent les portraits, aussi transparents que possible et pris à la même échelle, d'un certain nombre de personnes d'une même race ou famille et les examine en plaçant le paquet ainsi obtenu entre une puissante source de lumière et l'œil qui voit alors une sorte de moyenne de ces portraits. M. A. Batut fait poser successivement les diverses personnes devant l'appareil, avec un temps de pose égal au n° de ce qu'il serait si une seule personne était photographiée, lorsqu'il opère sur deux personnes ; en opérant de la sorte le temps de pose est normal pour les traits qui sont communs aux deux personnes, traits qui viennent par suite nettement sur le cliché qui représente le type de la famille à laquelle appartient les individus ainsi photographiés.

(1) A. BATUT. — *La photographie appliquée à la production du type d'une famille, d'une tribu ou d'une race*, Paris, Gauthier-Villars.

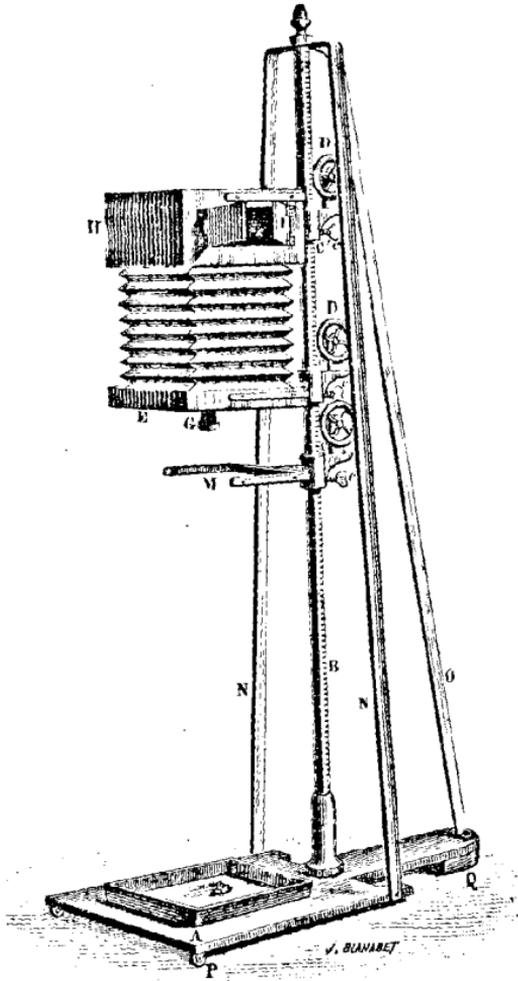
104. Zoologie. — Les applications à la zoologie sont nombreuses ; l'une des principales est la reproduction des animaux vivants ou morts qui n'offre de difficultés que dans quelques cas particuliers :

C'est ainsi que pour la photographie des animaux contenus dans un aquarium, M. Coken recommande de tapisser sa face postérieure avec un voile noir, de manière à éviter les réflexions et d'éclairer avec la lumière magnésique, la source étant convenablement placée de manière que les rayons lumineux réfléchis par la face antérieure vitrée de l'aquarium ne parviennent pas à l'objectif.

La photographie des invertébrés est, dans bien des cas, incapable de donner des représentations utiles. Le plus généralement il est nécessaire d'opérer sous l'eau, l'animal étant disposé horizontalement au fond du bac à dissection. On est obligé, dans ce cas, d'employer un appareil photographique disposé verticalement, c'est-à-dire à verre dépoli horizontal, tel que l'ingénieux physiographe du Docteur A. L. Donnadiou, à Lyon.

Un plateau en fonte A (*fig.* 28) qui sert de base à l'appareil, peut porter des cuvettes à dissection de dimensions convenables ; sa partie postérieure est munie d'un prolongement destiné à

Fig. 28



soutenir un arc-boutant O qui consolide une colonne en fer B, concouramment avec deux autres arcs-boutants latéraux N. La colonne B est munie d'une crémaillère le long de laquelle peuvent se mouvoir la chambre noire et des douilles munies de cadre en fer M pouvant recevoir soit des instruments (microscope, etc.), soit des préparations ; des volants D permettent, par l'intermédiaire de vis sans fin, d'élever ou d'abaisser l'appareil photographique sur les plateaux M. L'arrière de la chambre noire porte une ouverture T à double volet permettant la mise au point lorsque l'appareil est placé trop haut.

105. — La reproduction des coquilles qui présente quelques difficultés à cause des ombres portées sur le fond, se fait aisément au moyen du dispositif suivant adopté par M. Trutat, sur les indications de M. Quinsac.

Les coquilles sont fixées au moyen de cire à modeler, sur une glace transparente montée sur un châssis de bois derrière lequel est placé un écran réflecteur formé d'une feuille de carton blanche ou grise, pouvant s'incliner à volonté, ce qui permet de lui donner l'inclinaison convenable pour éviter les ombres portées.

106. Botanique. — La photographie des plantes n'offre aucune difficulté particulière ; les plantes fraîches seront aisément reproduites en les posant sur quelques feuilles de papier joseph, placées sur une planche à demi recouverte de deux épaisseurs de molleton, tel que l'emploient les nourrices pour emmailloter leurs nourrissons, et en étendant avec soin les rameaux, feuilles, fleurs, etc., qu'on maintient au moyen de morceaux de verre ; au bout d'un temps suffisant pour diminuer l'élasticité des tissus, on enlève les morceaux de verre et on place sur la planche, aussi rapidement que possible, une grande glace de verre que l'on comprime au moyen de pinces et à travers laquelle on photographie la plante (1).

107. — M. Paul Bergon recommande, avant de placer une plante dans l'herbier, d'en tirer une épreuve stéréoscopique au moyen de l'appareil suivant qu'il a fait construire sur ses indications et dont nous extrayons la description de la communication qu'il en a faite à la Société française de photographie (2) :

(1) TRUAT. — *La photographie appliquée à l'histoire naturelle.*

(2) *Bulletin de la Société française de photographie*, n° du 1^{er} août 1893.

« L'appareil se compose d'une chambre sté-
 « réoscopique vissée sur une planchette ; cette
 « planchette repose sur quatre pieds qui la main-
 « tiennent dans la position horizontale. En re-
 « gard des objectifs, un cadre, perpendiculaire à
 « la planchette et sur lequel on assujettit les
 « plantes à reproduire, peut s'avancer ou se re-
 « culer à volonté, à l'aide d'une crémaillère.
 « Pour faciliter la mise au point et la rendre
 « presque instantanée, des repères sont tracés
 « sur la planchette, indiquant le degré de tirage
 « de la chambre et la place exacte du cadre pour
 « une grandeur donnée (on peut obtenir des re-
 « productions depuis $1/4$ grandeur naturelle
 « jusqu'à grandeur naturelle et même un peu
 « au-delà).

« Les centres des deux objectifs sont distants
 « de 6 centimètres. Les objectifs ont $14^{\text{cm}},5$ de
 « foyer. Le diaphragme que j'emploie toujours a
 « 14 millimètres d'ouverture. Ces objectifs ont été
 « construits ainsi que l'appareil par Français ».

108. Géologie. — La photographie permet au géologue de faire rapidement des relevés étendus ou des reproductions d'accidents de terrains, de plissements, etc., qu'il peut ensuite étudier à loisir dans le silence du cabinet.

109. Sciences médicales. Les applications médicales de la photographie, très nombreuses, exigeraient un trop grand développement pour être passées en revue ici, la plupart ont d'ailleurs été décrites dans l'Aide-Mémoire de M. Kœhler : *Applications de la photographie aux Sciences naturelles*; nous nous arrêterons seulement à l'application ingénieuse faite par le Dr André Broca⁽¹⁾ relative à la reproduction des éruptions cutanées avant leur apparition pour l'œil, à cause de l'intérêt que présente la remarque sur laquelle elle est basée :

L'étude spectroscopique des éruptions cutanées lui a montré que dans la plupart des cas, la composition de la lumière dessinée par la peau, lorsqu'une éruption y apparaît, varie surtout par disparition presque complète du bleu, et par affaiblissement du vert, principalement aux places des deux bandes caractéristiques de l'oxyhémoglobine; le rouge, au contraire, n'est pas sensiblement modifié et joue un rôle de lumière parasite qui vient gêner la distinction de deux plaques diversement colorées, d'autant plus que cette couleur est celle que la peau humaine

(1) Dr A. BROCA. — *Études physiologiques, physiques et cliniques sur la vision des éruptions cutanées*. Paris, L. Battaille et C^{ie}, éditeurs, 1893.

diffuse le plus et en outre celle qui, à énergie égale, comme l'a montré Langley, fatigue le plus l'œil, et par suite celle pour laquelle le rendement de l'œil est le plus faible.

Il en résulte que, pour la vision des éruptions cutanées à l'œil nu, on a intérêt à employer un éclairage moins intense que celui qui permet de distinguer le mieux les différences de noir sur blanc, que celui qui donne la meilleure acuité visuelle ; ce résultat est d'ailleurs depuis longtemps dans la pratique courante.

La plaque photographique ordinaire, étant justement sensible à la lumière rouge, n'est pas impressionnée par la lumière parasite des éruptions et permet, en conduisant convenablement les opérations, d'amener la photographie d'une éruption même légère à présenter des taches d'un noir assez intense au lieu des taches roses de l'éruption qui étaient peu visibles à l'œil nu.

C'est ce qui explique l'anecdote, souvent passée pour une création de l'imagination, de Vogel photographiant une dame et trouvant sur la photographie la figure criblée de petites taches grises peu accentuées dont il n'eut l'explication qu'en apprenant, quelques jours après, la mort de son modèle, causée par la variole.

Ceci explique encore pourquoi les photogra-

phes sont obligés de retoucher les portraits des personnes atteintes de taches de rousseur, les plus légères donnant sur le positif des taches noires d'une grande intensité ; souvent même la photographie les révèle alors même qu'elles semblent disparues, ce qui a lieu parfois en hiver.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

PREMIÈRE PARTIE

TECHNIQUE PHOTOGRAPHIQUE

- FABRE. — *Traité encyclopédique de photographie.*
4 vol. Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1889-1891.
- SORET (A.-L.). — *Cours théorique et pratique de photographie.* 2 vol. in-8°. Paris, Société d'éditions scientifiques, 1894-1895.
- MULLIN (A.). — *Instruction pratique pour produire des épreuves irréprochables au point de vue technique et artistique.* In-18° Jésus, Paris, Gauthier-Villars, éditeur.
- DONNADIEU (A.-L.). — *Traité de photographie stéréoscopique.* Grand in-8° avec atlas, Paris, Gauthier-Villars, éditeur, 1892.
- WALLON (E.). — *Choix et usage des objectifs photographiques,* Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.
- NIEWENGLOWSKI (G.-H.) et A. ERNAULT. — *Les couleurs et la photographie. Reproduction photographique directe et indirecte des couleurs,* un vol. broché. Paris, Société d'éditions scientifiques.
- NIEWENGLOWSKI (G.-H.). — *Formulaire-Aide-Mémoire du Photographe.* Paris, Société d'éditions scientifiques.

SECONDE PARTIE

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES DE LA PHOTOGRAPHIE

- MAREY (E.-J.). — *Le mouvement*. Paris, G. Masson, 1894.
- LEGROS (V.). — *Éléments de photogrammétrie*. Paris, Société d'éditions scientifiques, 1892.
- EDER (J.-M.). — *La photographie instantanée*, traduit par Campo, Gauthier-Villars. Paris, 1888.
- DAVANNE. — *La photographie appliquée aux sciences*. Paris, Gauthier-Villars, 1881.
- RADAU. — *La photographie et ses applications scientifiques*. Paris, Gauthier-Villars, 1884.
- VOGEL (H.). — *La photographie et la chimie de la lumière*. Paris, Alcan.
- TRUTAT. — *La photographie appliquée à l'histoire naturelle*. Paris, Gauthier-Villars.
- EDER. (J.-M.). — *Jahrbuch für photographie und reproduction technik*. Halle a/S. Verlag von Wilhelm Knapp.
- KOEHLER. — *Application de la photographie aux sciences naturelles*, Encyclopédie des Aide-Mémoire.
- La photographie*, Journal mensuel illustré. Administration et rédaction : 45, rue Daguerre. Paris.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION : La photographie considérée comme instrument scientifique	5

PREMIÈRE PARTIE

TECHNIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

But de la photographie	9
De l'objectif	9
Transformation des images naturelles en images réelles	12
Chambre noire. Matériel	14
Choix de la surface sensible	15
Disposition des appareils. Mise au point. . .	17
Temps de pose	19
Développement	22
Tirage des photocopies	26
Reproduction du relief	28
Reproduction des couleurs	29
Reproduction du mouvement.	32

NIEWENGLOWSKI — Applications scientifiques de la Photographie 12

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES DE LA PHOTOGRAPHIE

	Pages
Géométrie	40
Lever des plans	42
Pesanteur	43
Étude de la chute des corps	43
Détermination de l'intensité de la pesanteur	45
Mouvement des projectiles.	46
Recul des bouches à feu	52
Relèvement du point d'écartement des projectiles	53
Capillarité	54
Hydrodynamique	55
Écoulement des liquides	56
Photographie de la veine liquide	57
Chute d'une goutte d'eau	58
Étude des ondes liquides	59
Roulis des navires.	62
Chaleur	63
Détermination des coefficients de dilatation	63
Acoustique	64
Vibrations des verges	64
Vibrations des cordes	66
Ondes sonores	67
Étude des vibrations de l'air dans les tuyaux.	69
Étude de la voix humaine	71
Transcription photographique des indications du phonographe	74

TABLE DES MATIÈRES

179

	Page
Étude de l'organe de la voix	75
Grammophone	76
Optique	77
Spectrophotographie	77
Photographie du spectre ultra-violet	84
Photographie du spectre infra-rouge	95
Microspectrophotographie	98
Photométrie	99
Durée d'une source lumineuse	107
Direction des vibrations lumineuses	109
Diffraction. Reproduction des réseaux	113
Photographie des anneaux de Newton.	118
Polarisation	121
Polarimètre	121
Électricité	122
Enregistrement des indications des électro- mètres	122
Étude photographique de l'étincelle électrique.	126
Durée de l'étincelle électrique	129
Téléphonie	131
Météorologie	131
Enregistrement photographique	132
Variations de la colonne barométrique	133
Enregistrement de la température	134
Hygrométrie	135
Durée de la lumière solaire	135
Photographie des nuages	137
Mesure de la hauteur et de la vitesse des nuages.	145
Photographie des éclairs	148
Durée de l'éclair	150
Phénomènes électriques de l'atmosphère	151

180 APPLICATIONS SCIENTIFIQUES DE LA PHOTOGRAPHIE

	Pages
Phénomènes magnétiques	152
Mouvements séismiques	158
Marées ; Courants sous-marins	159
Prévision photographique du temps	160
Chimie	161
Analyse chimique	161
Ozonoscope photographique	162
Pureté de l'eau	163
Sciences naturelles	164
Anthropologie	165
Zoologie	166
Botanique	169
Géologie	170
Sciences médicales	171
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE	175

ST-AMAND (CHER). IMPRIMERIE DESTENAY, BUSSIÈRE FRÈRE

Vient de Paraître

Cours
de Chimie

Minérale, Organique
et Biologique

Par Armand GAUTIER

Membre de l'Institut
Professeur de chimie à la Faculté
de Médecine de Paris
Membre de l'Académie
de Médecine

Tome II. — Chimie Organique

2^e ÉDITION

1 vol. gr. in-8^o avec 72 figures dans le texte 16 fr.

TOME I. — *Chimie Minérale*. 2^e édition revue et mise au
courant des travaux les plus récents. 1 vol. gr. in-8^o avec
244 figures 16 fr.

TOME III. — *Chimie Biologique*. 1 vol. in-8^o avec 122
figures 18 fr.

Ouvrages
de M. TROOST

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

Précis de Chimie 28^e édition, entièrement refondue
(notation atomique) 1 vol. in-18 avec 222 fig., cartonné. 3 fr.

Traité élémentaire de Chimie (2 éditions
sont simultanément en vente).

10 ^e édition, notation en équivalents. 1 volume in-8, avec 473 figures. 8 fr.	11 ^e édition, <u>notation atomique</u> . 1 vol. in-8, avec 532 figures. 8 fr.
--	--

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

COLLABORATEURS

MM. Arnozan — D'Arsonval — Benni — R. Blanchard — Bourcy — Brun — Cadiot — Chabrié — Chantemesse — Charrin — Chauffard — Courmont — Déjerine — Pierre Delbet — Derignac — Devic — Ducamp — Mathias Duval — Féré — Frémy — Gaucher — Gilbert — Girode — Gley — Guignard — Louis Guinon — A. F. Guyon — Halké — Hénocque — Hugouneq — Lambling — Landouzy — Laveran — Lebreton — Le Gendre — Lejars — Le Noir — Lermoyez — Letulle — Lubet-Barbon — Marfan — Mayor — Ménétrier — Nicaise — Pierret — G.-H. Roger — Gabriel Roux — Ruffer — Raymond — Tripier — Vuillemin — Fernand Vidal.

Conditions de la publication :

Le Traité de Pathologie générale sera publié en 6 volumes grand in-8°. Chaque volume comprendra environ 900 pages, avec nombreuses figures dans le texte.

Le tome I est en vente; le tome II sera mis en vente très prochainement. Les autres volumes seront mis en vente successivement et à des intervalles rapprochés.

L'éditeur accepte jusqu'à la publication du second volume des souscriptions au prix à forfait de **102 francs**, quels que soient l'étendue de l'ouvrage et le prix définitif de la publication terminée.

DIVISIONS DU TOME PREMIER

1 vol. gr. in-8° de 1018 pages avec figure dans le texte. 18 fr.

- H. ROGER**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — Introduction à l'étude de la pathologie générale.
- H. ROGER ET P.-J. CADIOT**. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux.
- P. VUILLEMIN**, chargé de cours à la Faculté de médecine de Nancy. — Considérations générales sur les maladies des végétaux.
- MATHIAS DUVAL**, professeur à la Faculté de médecine de Paris — Pathogénie générale de l'embryon. Tératogénie.
- LE GENDRE**, médecin des hôpitaux. — L'hérédité et la pathologie générale.
- BOURCY**, médecin des hôpitaux. — Predisposition et immunité.
- MARFAN**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — La fatigue et le surmenage.
- LEJARS**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux. — Les Agents mécaniques.
- LE NOIR**. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son.
- D'ARSONVAL**, membre de l'Institut, professeur au Collège de France. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante.
- LE NOIR**. — Les Agents chimiques : les caustiques.
- H. ROGER**. — Les intoxications.
-

DIVISIONS DU TOME II

- CHARRIN**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — L'infection.
- GUIGNARD**, membre de l'Institut, professeur à l'École de pharmacie. — Notions générales de morphologie bactériologique.
- HUGOUNENQ**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. — Notions de chimie bactériologique.
- ROUX**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. — Les microbes pathogènes.
- CHANTEMESSE**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — Habitat des microbes.
- LAVERAN**, membre de l'Académie de médecine. — Des maladies épidémiques.
- R. BLANCHARD**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine. — Les parasites.
- RUFFER**. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes.

LIBRAIRIE G. MASSON, 120, BOULEVARD ST-GERMAIN, PARIS

Le Traitement
DE
LA COXALGIE

PAR

Le Dr F. CALOT

Chirurgien en chef de l'Hôpital Rothschild
de l'Hôpital Cazin-Perrochaud et du dispensaire de Berck

1 vol. in-18 avec 41 figures en photogravure. Relié, peau
pleine 5 fr.

Traitement Rationnel
DE
LA PHTISIE

PAR

Le Dr Ch. SABOURIN

Ancien interne des Hôpitaux de Paris
Lauréat de l'Académie des Sciences et de la Faculté de Paris
Directeur de la station climatérique de Vernet-les-Bains (Pyr.-Or.)

1 vol. in-16 cartonné peau pleine 1 fr.

TRAITÉ PRATIQUE DE PRÉVISION DU TEMPS

Par **J.-R. PLUMANDON**

Météorologiste à l'Observatoire du Puy-de-Dôme
Officier de l'Instruction publique

1 vol. in-8° avec fig. et cartes en couleur, cartonné. 2 fr.
franco par poste. 2 fr. 50

Prévoir le temps, ne serait-ce que celui du lendemain, c'est un peu le rêve de tout le monde, et surtout celui des agriculteurs. C'est qu'en effet, tous les travaux agricoles : labourage, semailles, fauchaison, moisson, vendanges, etc., produisent plus ou moins selon qu'ils seront exécutés par un temps favorable ou défavorable. Comment le savoir ? Cela ne se devine pas ; mais c'est un problème qu'on peut résoudre, sinon avec une rigueur mathématique, du moins avec de grandes probabilités d'exactitude. Les connaissances nécessaires sont simples et faciles à acquérir. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à lire le traité de M. Plumandon. C'est même une des grandes qualités de l'ouvrage d'être à la portée de tout le monde.

DEUX ANNÉES

AU

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE.

(11 Janvier 1893 — 27 Janvier 1895)

Par **Albert VIGER**

1 vol. in-16. 3 fr. 50

L'auteur n'a pas eu la prétention de faire de ce livre un exposé de doctrines politiques, ni un prétexte de polémiques économiques. Il a tenu simplement à constituer une collection de documents établissant la synthèse d'une série de faits administratifs. Durant deux années, soit du 11 janvier 1893 au 27 janvier 1895, M. Viger a été appelé à occuper le Département de l'agriculture dans les ministères Ribot, Charles Dupuy et Casimir-Périer. Il a donc partagé avec ses prédécesseurs, MM. Méline et Develle, le privilège de conserver la direction du Ministère de l'Agriculture pendant une longue période, malgré la répercussion des événements politiques.

Au cours de ces deux années, des faits importants se sont succédé, des événements touchant gravement notre production agricole se sont présentés, des mesures intéressantes ont dû être prises, quelques réformes furent accomplies, dont il nous a semblé utile de rappeler la nature et la portée.

REVUE DES SCIENCES

Et de leurs Applications aux Arts et à l'Industrie

Journal Hebdomadaire Illustré

RÉDACTEUR EN CHEF

Gaston TISSANDIER



*

Succès



Recettes et Procédés Utiles

Récréations Scientifiques

Actualités Scientifiques

Boite aux Lettres

44 VOLUMES

PUBLIÉS

Les Abonnements et Renouvellements sont reçus
à la Librairie G. MASSON

120, BOULEVARD ST-GERMAIN, PARIS

?

Un an : Paris, 20 fr. Départements, 25 fr. Union postale, 26 fr.

Six mois : — 10 fr. — 12 fr. 50 — 13 fr.

PRIX

d'Abonnements :

*

Le Numéro : 50 Centimes

RECETTES
DE
L'ÉLECTRICIEN

Colligées et mises en ordre

Par **F. HOSPITALIER**

Ingénieur des Arts et Manufactures
Professeur à l'École de physique et de chimie industrielles
de la Ville de Paris

Rédacteur en chef de *l'Industrie Électrique*

1 vol. in-18 avec figures dans le texte, cartonné toile anglaise 4 fr.

DU MÊME AUTEUR

FORMULAIRE

DE

L'ÉLECTRICIEN

Treizième Année — 1895

1 vol. in-18 avec figures dans le texte, cartonné toile anglaise 5 fr.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE
D'ÉLECTRICITÉ

Par **J. JOUBERT**

Inspecteur général de l'Instruction publique

3^e édition. 1 vol. petit in-8^o, avec 379 figures 8 fr.

J. G. MASSON, 120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

YSTÈMES COLONIAUX

ET

PEUPLES COLONISATEURS

DOGMES ET FAITS

Par **Marcel DUBOIS**

Professeur de Géographie coloniale à la Sorbonne

1 vol. in-18. 3 fr. 50

C'est l'évolution des systèmes coloniaux, ce sont les modifications apportées par chaque peuple dans sa manière de coloniser que M. Marcel Dubois a voulu brièvement retracer dans son livre. On y trouvera une rapide histoire de la colonisation depuis l'antiquité jusqu'à notre époque, non seulement chez les peuples qu'on est convenu de regarder comme des peuples colonisateurs, mais chez d'autres qu'on oublie à tort, les Russes par exemple. L'auteur termine son travail en énonçant des idées fortes justes sur la continuité des doctrines et des pratiques coloniales en France, et en mettant en relief quelques mérites trop rabaisés de nos hommes d'État et de nos institutions.

Recettes et

Procédés utiles

RECUEILLIS PAR

GASTON TISSANDIER

RÉDACTEUR EN CHEF DU JOURNAL « LA NATURE »

QUATRE SÉRIES PUBLIÉES

Formant 4 volumes in-18 avec figures

Chaque volume est vendu séparément :

Broché. . . . 2 fr. 25 | Cartonné 3 fr.

Ces quatre volumes contiennent une mine inépuisable de renseignements et de documents que l'auteur a compulsés et méthodiquement réunis. Ils seront utilement consultés par les personnes appartenant aux professions les plus différentes : femmes de ménage, chimistes, physiciens, industriels, et généralement tous les amateurs et amis des sciences.

En outre, on trouve dans cet ouvrage la description de petits appareils domestiques, de systèmes bien conçus que le lecteur aura intérêt à connaître, et dont il aura occasion de se servir avec profit.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS
Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Pa

COURS DE PHYSIQUE

DE
L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PAR M. J. JAMIN

QUATRIÈME ÉDITION

AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFOUNDUE,

PAR

M. 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 fig. et 1 planche 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

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

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

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

(*) 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.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

- 1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.
 fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 fig. 7 fr.
 planche 7 fr.
 fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 fig. et 1 planche 6 fr.
- TOME IV. — (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.
- 3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Electromagnétisme. Induction*; avec 240 figures. 8 fr.
 4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 fig. et 1 pl. 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 viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.
- ANDRIEU (Pierre)**, Chimiste agronome. — *Le vin et les vins de fruits. Analyse du moût et du vin. Vinification. Sucrage. Maladies du vin. Etude sur les levures de vin cultivées. Distillation.* In-8 de 380 pages, avec 78 figures; 1894. 6 fr. 50
- APPEL (Paul)**, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, et **GOURSAT (Edouard)**, Maître de Conférences à l'École Normale supérieure. — *Théorie des fonctions algébriques et de leurs intégrales. Etude des fonctions analytiques sur une surface de Riemann*, avec une Préface de M. HERMITE. Grand in 8, avec 91 figures; 1895 16 fr.
- BOUSSAC**, inspecteur général des Postes et Télégraphes. — *Construction des lignes électriques aériennes. (Ecole Professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes).* Ouvrage complété par E. MASSIN, ingénieur des Télégraphes. Grand in-8, avec 204 figures; 1894. 6 fr. 50
- BRUNHES (Bernard)**, Docteur ès Sciences, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille. — *Cours élémentaire d'Électricité. Lois expérimentales et principes généraux. Introduction à l'Électrotechnique.* LEÇONS PROFESSÉES A L'INSTITUT INDUSTRIEL DU NORD DE LA FRANCE. In-8, avec 137 figures; 1895. 5 fr.
- GÉRARD (Éric)**, Directeur de l'Institut électro-technique Montefiore. — *Leçons sur l'Électricité*, professées à l'Institut électro-technique. 4^e édition, revue et notablement augmentée, 2 volumes se vendant séparément :
 TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Electrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques*, avec 259 figures; 1893. 12 fr.
 TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la télégraphie et à la téléphonie, à l'éclairage et à la métallurgie*, avec 263 figures; 1895. 12 fr.
- MANNHEIM (Le Colonel A.)**, Professeur à l'École Polytechnique. — *Principes et Développements de la Géométrie cinématique. Ouvrage contenant de nombreuses applications à la théorie des surfaces.* In-4, avec 186 figures; 1894. 25 fr.
- MONOD (Édouard-Gabriel)**. — *Stereochimie. Exposé des théories de LE BEL et VAN'T HOFF*, complétées par les travaux de MM. FISCHER, BAYER, GUYE et FRIEDEL, avec une Préface de M. C. FRIEDEL. In 8, avec nombreuses figures; 1895 5 fr.

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées

ALHEILIG, Ingénieur de la Marine, Ex-Professeur à l'École d'application du Génie maritime, et **ROCHE (Camille)**, Industriel, ancien Ingénieur de la Marine. — **Traité des machines à vapeur**, rédigé conformément au programme du *Cours de machines à vapeur de l'École centrale*. Deux volumes grand in-8°, se vendant séparément (E. 1).

TOME I : *Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service.* Volume de xi-604 pages, avec 412 fig., 1895. 20 fr.

TOME II : *Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Propulsion des navires. Moteurs à gaz et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Prix de revient d'installation et d'exploitation. Amortissements. Frais divers. Historique des machines à vapeur. Tables numériques.*
(Sous presse).

APPERT (Léon) et HENRIVAUX (Jules), Ingénieurs. — **Verre et Verrerie**. Grand in-8° de 460 p. avec 130 fig. et un Atlas de 14 planches in-4°; 1894 (E. 1). 20 fr.

Historique. — Classification. — Composition des agents physiques et chimiques. — Produits réfractaires. — Fourneaux de verrerie. — Combustibles. — Verres ordinaires. — Glaces et produits spéciaux. — Verre de Bohême. — Cristal. — Verres d'optique. — Phares. — Strass. — Email. — Verres colorés. — Mosaïque. — Vitraux. — Verres durs. — Verres malléables. — Verres durcis par la trempe. — Etude théorique et pratique des défauts du verre.

BRICKA (C.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'Etat. — **Cours de Chemins de fer**, professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées. 2 beaux volumes grand in-8°, se vendant séparément. (E. T. P.)

TOME I : *Etudes. — 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.

L'éminent ingénieur Sévène, qui a longtemps professé le Cours de Chemins de fer à l'École des Ponts et Chaussées, avait fait autographier ses Leçons; mais cet Ouvrage est épuisé depuis longtemps, — et d'ailleurs, si grande qu'ait été sa valeur, il ne serait plus au courant des progrès réalisés depuis cette époque. Aussi M. Bricka a-t-il rendu un service signalé à tous ceux qui s'intéressent à l'art de l'ingénieur en publiant l'Ouvrage considérable que nous annonçons et qui contient non seulement les matériaux du cours oral, mais beaucoup de questions et bien des détails que les Leçons ne peuvent donner.

Cette œuvre émane d'un homme qui a beaucoup fait, beaucoup vu faire, et qui maintenant dirige l'un des grands services des Chemins de fer de l'Etat, en même temps qu'il enseigne à nos futurs ingénieurs la plus difficile des parties de leur art. C'est donc qu'elle apporte une puissante contribution à toutes les questions relatives aux Chemins de fer.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

SAU (A.), Ingénieur de la Marine, Professeur à l'École d'application du maritime. — **Architecture navale. — Construction pratique navires de guerre.** 2 volumes gr. in-8° se vendant séparément (E. T. P.)

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 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4° 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 figures; 1894 15 fr.

DEHARME (E.), Ingénieur principal du Service central de la Compagnie du Midi, Professeur du Cours de Chemins de fer à l'École Centrale des Arts et Manufactures, et **PULLIÉ (A.)**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Inspecteur principal de l'Atelier central du Chemin de fer du Nord — **Chemins de fer. Matériel roulant. Résistance des trains. Traction.** Un volume grand in-8 de xxx-411 pages, avec 95 figures et 1 planche; 1895, (E. L.) 15 fr.

DENFER (J.), Architecte, Professeur à l'École Centrale. — **Architecture et constructions civiles. — Couvertures des édifices. — Ardoises, tuiles, métaux, matières diverses, chéneaux et descentes.** Grand in-8 de 469 pages, avec 423 figures; 1893. (E. T. P.) 20 fr.

CHAP. I : Considérations générales. — CHAP. II : Couvertures en ardoises. — CHAP. III : Couvertures en pierres, ciments et asphaltes. — CHAP. IV : Couvertures en tuiles. — CHAP. V : Couvertures en verre. — CHAP. VI : Couvertures métalliques. — CHAP. VII : Couvertures en matériaux ligneux. — CHAP. VIII : Gouttières, chéneaux et accessoires de couverture.

DENFER (J.), Architecte, professeur à l'École Centrale. — **Architecture et Constructions civiles. — Charpenterie métallique. Menuiserie en fer et serrurerie.** — 2 beaux volumes se vendant séparément. (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 poutres. — 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. (Fermeaux des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et verandas). Grand in-8, de 626 pages, avec 571 figures; 1894 20 fr.

GOUILLY (Alexandre), Ingénieur des Arts et Manufactures, Répétiteur de mécanique appliquée à l'École Centrale. — **Éléments et organes des machines.** Grand in-8, de 406 pages avec 710 figures; 1894 (E. L.) 12 fr.

Généralités. La fonte et les principes du moulage. L'acier et le fer fondu. Le fer, cuivre, zinc, étain, nickel, plomb, bronzes, laiton. Le bois, caoutchouc, lubrifiants, etc. Rivure, boulons, écrous et vis. Vis à bois et à métaux, tirefonds, clavettes. Assemblages des bois et ferrures, assemblages des tuyaux. Robinets. Valves, clapets, soupapes, ventouses. Appareils de graissage. Généralités sur les machines à vapeur. Cylindres et presse-étoupe. Pistons et tiges de pistons, bielles. Balancier et parallélogramme de Watt. Manivelles, excentriques, arbres, engrenages, poulies, volants. Mécanismes de modifications de mouvements, paliers, chaises. Travail des forces, rendement des machines, formulaire pour le calcul des organes de machines.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

GUIGNET (Ch.-Er), Ingénieur (Ecole Polytechnique), Directeur des Manufactures nationales des Gobelins et de Beauvais ; **DOMMER (F.)**, des Arts et manufactures, Professeur à l'Ecole de Physique et de Chimie in-f de la ville de Paris, et **GRANDMOUGIN (E.)**, Chimiste, Ancien préparateur de l'Ecole de Chimie de Mulhouse. — **Industries textiles. Blanchime apprêts. Teinture et impression. Matières colorantes.** Un vo grand in-8 de 674 pages, avec 345 figures et échantillons de tissus imprimés 1895. (E. I.) 30 fr

Cet important ouvrage, avec 345 figures dans le texte, et un choix d'échantillons de tissus, s'adresse surtout aux industriels ; mais il sera aussi très apprécié par ceux qui désirent connaître l'état actuel des grandes industries textiles. Rien n'a été négligé par les auteurs pour donner une idée aussi exacte que possible des merveilleuses machines récemment créées pour le traitement des fibres textiles à l'état brut ou sous la forme de fils et de tissu. L'emploi des matières colorantes nouvelles est décrit avec tous les détails nécessaires pour guider les praticiens.

HENRY (Ernest), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur du personnel du Ministère des Travaux-Publics. — **Ponts sous-rails, Ponts-routes à traves métalliques indépendantes, Formules, Barèmes et Tableaux. Calculs rapides des moments fléchissants et efforts tranchants pour les ponts supportant des voies ferrées de largeur normale, des voies de un mètre, des routes et chemins vicinaux.** Gr. in-8 de viii-632 pages avec 267 fig. : 1894. (E. T. F.) 20 fr.

Cet ouvrage a pour but de supprimer les recherches, les calculs ou les épreuves que comporte actuellement la détermination des moments fléchissants et des efforts tranchants. Les charges roulantes prévues, tant pour les ponts sous-rails que pour les ponts-routes, sont celles qui ont été prescrites par le règlement ministériel du 29 août 1891. Les moments fléchissants et les efforts tranchants sont fournis, suivant les cas, soit par des formules simples ou des constructions faciles, soit par des tableaux qui les donnent tout calculés, à des intervalles égaux au dixième de la longueur de la poutre, pour des portées variant de mètre en mètre jusqu'à 100^m, en ce qui concerne les chemins de fer à voie large, et jusqu'à 75^m en ce qui concerne les chemins de fer à voie de 1^m ainsi que les voies de terre.

LAPPARENT (Henri de), Inspecteur général de l'Agriculture. — **Le Vin et l'Eau-de-vie de vin.** Grand in-8 de 542 pages, avec 111 figures et 28 cartes dans le texte ; 1895. (E. I.) 12 fr.

Dans cet excellent Ouvrage, qui sera lu par tous les viticulteurs soucieux de leurs intérêts, l'Auteur a retracé les progrès les plus récents dans l'art de fabriquer le vin et l'eau-de-vie. Après une impartiale appréciation des territoires vinicoles, question délicate, que sa position et l'affectueuse estime du monde agricole lui permettaient de faire, l'Auteur passe en revue les diverses opérations qui constituent l'art de fabriquer le vin ; le raisin, les vendanges, la vinification, les cuvées et chais, le vin après le décuvaqe, le vin en bouteilles font l'objet d'autant de Chapitres où les propriétaires trouveront le moyen de réaliser de grandes améliorations et de réelles économies.

Viennent ensuite la fabrication de l'eau-de-vie, la statistique de la production et de la consommation (vins et eaux-de-vie) les prix de revient, l'étude détaillée du commerce et du transport des vins, la législation fiscale, le régime douanier, les tarifs des chemins de fer, etc. Vingt-huit Cartes détaillées et minutieusement exactes des régions vinicoles accompagnent et complètent cette œuvre magistrale.

LECHALAS (Georges), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — **Manuel de droit administratif. Service des Ponts et Chaussées et des chemins vicinaux.** 2 volumes grand in-8, se vendant séparément. (E. T. P.)

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principe d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages et occupations temporaires. Volume de cxlvi-536 pages ; 1889. 20 fr.

TOME II (I^{re} PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics. Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. Volume de viii-399 pages ; 1893 10 fr.

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. Fournier, 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.

EXTRAIT DU CATALOGUE.

- Berthier (A.).** — *Manuel de Photochromie interférentielle. Procédés de reproduction directe des couleurs.* In-18 jésus, avec 25 figures : 1895. 2 fr. 50
- Courrèges (A.),** Praticien. — *Ce qu'il faut savoir pour réussir en Photographie.* Petit in-8; 1894 2 fr. 50
- Davanne.** — *La Photographie. Traité théorique et pratique.* 2 beaux volumes grand in-8, avec 234 figures et 4 planches spécimens. 32 fr. Chaque volume se vend séparément 16 francs
- Fabre (C.),** Docteur ès sciences. — *Traité encyclopédique de Photographie.* 5 beaux volumes gr. in-8, avec 900 figures et 2 planches; 1889-1891 60 fr. »»
Chaque volume se vend séparément 14 fr.
- Fournier (H.),** Bourgeois et Bucquet. — *Le Formulaire classé du Photo-club de Paris.* Collection de formules sur fiches, renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois parties : *Phototypes, Photopies et Photocalques, Notes et Renseignements divers,* divisées chacune en plusieurs Sections.
Première Série, 1892. 4 fr.; Deuxième série, 1894. 3 fr. 50.
- Guerronnan (ANTHONY).** — *Dictionnaire synonymique français, allemand, anglais, italien et latin des mots techniques et scientifiques employés en photographie.* In-8° jésus; 1885. 5 fr.
- Mullin (A.),** Professeur de Physique au Lycée de Grenoble. — *Instructions pratiques pour produire des épreuves irréprochables au point de vue technique et artistique.* In-18 jésus, avec figures; 1885. 2 fr. 75
- Trutat (E.).** — *La Photographie en montagne.* In-18 jésus, avec figures et 1 planche; 1894 2 fr. 75
- Verfasser (Julius).** — *La Phototypographie à demi-teintes. Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre.* Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société française de Photographie. 1 vol. in-18, avec 36 fig. et 3 pl.; 1885. 3 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET F

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur l

- Appell (Paul)**, Membre de l'Institut. — **Traité de Mécanique générale.** (Cours de Mécanique de la Faculté des Sciences). 3 grand in-8, se vendant séparément.
TOME I : *Statique. Dynamique du point*, avec 178 fig. ; 1893.
TOME II : *Dynamique des systèmes, mécanique analytique*, avec figures. 1895. Prix pour les souscripteurs 14 fr.
 Un premier fascicule (192 p.) a paru.
TOME III : (*sous presse*).
- Brisse (Ch.)**. — **Cours de géométrie descriptive à l'usage des Elèves de l'Enseignement secondaire moderne.** Grand in-8, avec 345 figures ; 1895 7 fr.
- Chappuis (J.)**, Professeur de Physique générale à l'École Centrale, et **Berget (A.)**, Docteur ès sciences, attaché au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne. — **Leçons de Physique générale. Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures et complète suivant le programme de la Licence ès sciences physiques.** 3 volumes grand in-8 se vendant séparément.
TOME I : *Instruments de mesure. Chaleur.* Avec 175 figures ; 1891. 13 fr.
TOME II : *Electricité et Magnétisme.* Avec 305 figures ; 1891. . 13 fr.
TOME III : *Acoustique. Optique ; Electro-optique.* Avec 193 figures ; 1892 10 fr.
- Darboux (G.)**, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences. — **Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géométriques du Calcul infinitésimal.** 4 volumes grand in-8 avec figures, se vendant séparément :
I^{re} PARTIE : *Généralités. — Coordonnées curvilignes. Surfaces minima* ; 1887 15 fr.
II^e PARTIE : *Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. — Des lignes tracées sur les surfaces* ; 1889 . . . 15 fr.
III^e PARTIE : *Lignes géodésiques et courbure géodésique. Invariants différentiels. Déformation des surfaces* ; 1894 15 fr.
IV^e PARTIE : *Déformation infiniment petite, représentation graphique* ; 1895. Prix pour les souscripteurs 15 fr.
 Un premier fascicule (352 p.) a paru.
- Gautier (Henri)**, et **Charpy (Georges)**, Anciens élèves de l'École Polytechnique, Docteurs ès-Sciences. — **Leçons de Chimie, à l'usage des élèves de Mathématiques spéciales.** 2^e édition entièrement refondue (notation atomique). Gr.in-8, avec 92 fig. ; 1894. 9 fr.
- Garçon (Jules)**. — **La pratique du teinturier.** 3 volumes in-8, se vendant séparément.
TOME I : *Les méthodes et les essais de teinture. Le succès en teinture* ; 1893. 3 fr. 50
TOME II : *Le matériel de teinture avec 245 figures* 10 fr.
TOME III : *Les recettes et procédés spéciaux de teintures.* (S. P.).
- Laisant (C.-A.)**, et **Lemoine (E.)**, Directeurs de l'Intermédiaire des Mathématiciens. — **Traité d'Arithmétique**, suivi de Notes sur l'Orthographe simplifiée, par P. MALVEZIN, Directeur de la Société filologique française. Petit in-8, en caractères elzéviens et titre en deux couleurs ; 1895 5 fr.
 (Ouvrage imprimé avec l'orthographe adoptée par la Société filologique française).

RAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

- (Édouard). — **L'Arithmétique amusante.** Amusements arithmétiques pour l'enseignement et la pratique du Calcul. (Introduction aux RÉCRÉATIONS MATHÉMATIQUES). Petit in-8, en caractères élévés et titres en deux couleurs; 1895. 7 fr. 50
- Chaut,** Commis principal à la Direction technique des Télégraphes de Paris; et **Gillet,** Commis principal au poste central des Télégraphes de Paris. — **Leçons élémentaires de Télégraphie électrique. Système Morse. Manipulation. Notions de Physique et de Chimie. Piles. Appareils et accessoires. Installation des Postes.** 2^e édition. In-18 jésus, avec 86 figures; 1895. 3 fr. 75
- Niewenglowski (B.),** Professeur de Mathématiques au Lycée Louis-le-Grand, Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique. — **Cours de Géométrie analytique,** à l'usage des Elèves de la classe de Mathématiques spéciales et des Candidats aux Ecoles du Gouvernement. 3 volumes grand in-8, avec de nombreuses figures.
 TOME I : *Sections coniques*; 1894. 40 fr.
 TOME II : *Construction des courbes planes. Compléments relatifs aux coniques*, 1895. 8 fr.
 TOME III : *Géométrie dans l'espace avec une Note sur les transformations en géométrie*; par E. Borel. (Sous presse.)
- Picard (Émile),** Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences. — **Traité d'Analyse** (Cours de la Faculté des Sciences). 4 volumes grand in 8, se vendant séparément.
 TOME I : *Intégrales simples et multiples. L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. Applications géométriques du Calcul infinitésimal*; 1891. 15 fr.
 TOME II : *Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann.* avec figures; 1893. 15 fr.
 TOME III : *Des singularités des intégrales des équations différentielles ordinaires. Etude du cas où la variable reste réelle. Courbes définies par des équations différentielles. Equations linéaires,* avec figures; 1895. Prix de souscription 14 fr.
 Deux fascicules (390 pages) ont paru.
 TOME IV : *Équations aux dérivées partielles.* . . . (Sous presse).
- Poincaré (H.),** Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences. — **Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste.** 2 volumes grand in-8, se vendant séparément.
 TOME I : *Solutions périodiques. Non-existence des intégrales uniformes. Solutions asymptotiques*; 1892. 12 fr.
 TOME II : *Méthodes de MM. Newcomb, Gylden, Lindstedt et Bohlin*; 1894. 14 fr.
- Witz (Aimé),** Docteur ès-sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur aux Facultés catholiques de Lille. — **Cours élémentaire de manipulations de Physique à l'usage des candidats aux écoles et au certificat des études physiques et naturelles.** (L'ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). 2^e édition revue et augmentée. In-8, avec 77 figures; 1895. 5 fr.
- Witz (Aimé).** — **Problèmes et calculs pratiques d'électricité.** — (L'ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). In-8, avec 51 figures; 1893. 7 fr. 50

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MI

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 300 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)
CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3

Ouvrages parus

Section de l'Ingénieur

- R.-V. PICOU. — Distribution de l'électricité. — I. Installations isolées. II. Usines centrales.
- A. GOUILLY. — Transmission de la force par air comprimé ou raréfié.
- DUQUESNAY. — Résistance des matériaux.
- D. WELSHAUVERS-DERY. — Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.
- A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur.
- MAGNIER DE LA SOURCE. — Analyse des vins.
- ALHEILIG. — Recette, conservation et travail des bois.
- AIMÉ WITZ. — Thermodynamique à l'usage des Ingénieurs.
- LINDET. — La bière.
- TH. SCHLESING fils. — Notions de chimie agricole.
- SAUVAGE. — Divers types de moteurs à vapeur.
- LE CHATELIER. — Le Grisou.
- MADAMET. — Détente variable de la vapeur. Dispositifs qui la produisent.
- DUBÉBOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.
- CRONEAU. — Canon, torpilles et cuirasse.
- H. GAUTIER. — Essais d'or et d'argent.
- LECOMTE. — Les textiles végétaux.
- ALHEILIG. — Corderie. Cordages en chanvre et en fils métalliques.
- DE LACUNAY. — Formation des gîtes métallifères.
- BERTIN. — État actuel de la marine de guerre.
- FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.
- BERTHELOT. — Traités pratiques de calorimétrie chimique.
- DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.
- MADAMET. — Epures de régulation.
- GUILLAUME. — Unités et étalons.
- WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.
- MINEL (P.). — Électricité industrielle. (2 vol.).

Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires. Méthodes d'exploration. Signes physiques.
- MAGNAN et SÉRIEUX. — Le délire chronique à évolution systématique.
- AUVARD. — Gynécologie. — Séméiologie génitale.
- G. WEISS. — Technique d'électrophysiologie.
- BAZY. — Maladies des voies urinaires. — Urètre. Vessie.
- WURTZ. — Technique bactériologique.
- TROUSSEAU. — Ophtalmologie. Hygiène de l'œil.
- FÉRÉ. — Épilepsie.
- LAVERAN. — Paludisme.
- POLIN et LABIT. — Examen des aliments suspects.
- BERGONIE. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine. Actions moléculaires, Acoustique Électricité.
- AUVARD. — Menstruation et fécondation.
- MIGNIN. — Les acariens parasites.
- DEMLIN. — Anatomie obstétricale.
- CUENOT. — Les moyens de défense dans la série animale.
- A. OLIVIER. — La pratique de l'accouchement normal.
- BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.
- CHARBIN. — Les poisons de l'organisme. Poisons de l'urine.
- ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.
- BROCQ et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie. — I. Pathologie générale cutanée. II. Maladies en particulier.
- HANOT. — De l'endocardite aiguë.
- WHELL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.
- LANGLOIS. — Le lait.
- DE BRUN. — Maladies des pays chauds. — I. Maladies climatériques et infectieuses. II. Maladies de l'appareil digestif, des lymphatiques et de la peau.
- PROCA. — Le traitement des ostéoarthrites tuberculeuses des membres chez l'enfant.

L'ÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

Ouvrages parus et en cours de publication

Section de l'Ingénieur

- ARGNE (Gérard). — Turbines.
 AUBERT. — Boissons falsifiées.
 AUDIN. — Fabrication des vernis.
 ANIGAGLIA. — Accidents de chaudières.
 H. LAURENT. — Théorie des jeux de hasard.
 GURNEZ. — Décoration de la porcelaine au feu de moufle.
 VERMAND. — Moteurs à gaz et à pétrole.
 MEYER (Ernest). — L'utilité publique et la propriété privée.
 WALLON. — Objectifs photographiques.
 BLOCH. — Eau-sous pression.
 DE LAUNAY. — Statistique générale de la production métallifère.
 CRONBAU. — Construction du navire.
 DE MARCHÉVA. — Machines frigorifiques (2 vol.).
 PRUD'HOMME. — Teinture et impressions.
 ALPHILIO. — Construction et résistance des machines à vapeur.
 SOREL. — La rectification de l'alcool.
 P. MINKL. — L'électricité appliquée à la marine.
 DWELSHAUVERS-DÉRY. — Étude expérimentale dynamique de la machine à vapeur.
 AIME WITZ. — Les moteurs thermiques.
 DE BILLY. — Fabrication de la fonte.
 P. MINKL. — Régulation des moteurs des machines électriques.
 HENNEBERT (C). — La fertilisation.
 CASPARI. — Chronomètres de marine.
 HENNEBERT (C). — Les torpilles sèches.
 LOUIS JACQUET. — La fabrication des eaux-de-vie.
 DUDEBOUT et CRONBAU. — Appareils accessoires des chaudières à vapeur.
 C. BOURLET. — Traités des bicyclettes et bicyclettes.
 H. LEAUTÉ et A. BÉRARD. — Transmissions par câbles métalliques.
 DE LA BÈCHE PLEUVINEL. — La théorie des procédés photographiques.
 HATT. — Les marées.
 C. VALLIER. — Balistique (2 vol.).
 SOREL. — La distillation.
 LÉLOUTRE. — Le fonctionnement des machines à vapeur.
 H. LAURENT. — Assurances sur la vie.
 SEYRIG. — Statique graphique.
 ROUCHÉ. — La perspective.
 MOISSAN et OLIVARD. — Le nickel.
 HOSPITALIER (E.). — Les compteurs d'électricité.
 GUYE (P. H. A.). — Matières colorantes.
 LE VERRIER. — La fonderie.
 EMILE BOIRE. — La sucrerie.
 HENNEBERT (C). — Bouches à feu.

Section du Biologiste

- DU CAZAL ET CATRIN. — Médecine légale militaire.
 LAPERRONNE (DE). — Maladies des paupières et des membranes externes de l'œil.
 KÖHLER. — Application de la Photographie aux Sciences naturelles.
 BEAUREGARD. — Le microscope et ses applications.
 LESAGE. — La Choléra.
 LANNELONGUE. — La Tuberculose chirurgicale.
 CORNÉVIN. — Production du lait.
 J. CHATIN. — Anatomie comparée (4 v.).
 CASTEX. — Hygiène de la voix parlée et chantée.
 MAGNAN ET SÉRIBUX. — La paralysie générale.
 ÇENOT. — L'influence du milieu sur les animaux.
 MERKLEN. — Maladies du cœur.
 G. ROCHÉ. — Les grandes pêches maritimes modernes de la France.
 OLIER. — La régénération des os et les réssections sous-périosteales.
 LÉTULLE. — Pus et suppuration.
 CRITZMAN. — Le cancer.
 ARMAND GAUTIER. — La chimie de la cellule vivante.
 MÉONIS. — La faune des cadavres.
 SEGLAS. — Le délire des négations.
 STANISLAS MEUNIER. — Les météorites.
 GRÉHANT. — Les Gaz du sang.
 NOCARD. — Les Tuberculoses animales et la Tuberculose humaine.
 MOUSSOUS. — Maladies congénitales du cœur.
 BERTHAULT. — Les prairies naturelles et temporaires.
 ETARD. — Les nouvelles théories chimiques.
 BROCC et JACQUET. — Précis élémentaire de Dermalogie. — III. Dermatoses microbiennes et néoplasies.
 TROUSSART. — Parasites des habitations humaines.
 LAMY. — Syphilis des centres nerveux.
 RECLUS. — La cocaïne en chirurgie.
 THOULET. — Guide d'océanographie pratique.
 OLIER. — Résections des grandes articulations des membres.
 BAZY. — Troubles fonctionnels des voies urinaires.
 FAISANS. — Diagnostic précoce de la tuberculose.
 BODIN. — L'herpétique obstétricale.
 DASTRE. — La Digestion.
 AIME GIRARD. — La betterave à sucre.
 NAPIAS. — Hygiène industrielle et professionnelle.