

Auteur : Quénisset, Ferdinand-Jules

Titre : Applications de la photographie à la physique et à la météorologie

Mots-clés : Photographie scientifique ; Photographie météorologique

Description : 1 vol. (69-[2] p.) ; 20 cm

Adresse : Paris : Charles Mendel, [19..]

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 12 Ke 260

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?12KE260>

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE

A LA PHYSIQUE

ET A LA MÉTÉOROLOGIE

in 12 Re 260.
— *15 Mars 1907.*

12^e Ké 260

F. QUÉNISSET

APPLICATIONS

DE LA

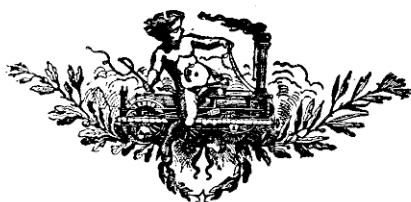
PHOTOGRAPHIE

A LA

PHYSIQUE

ET A LA

MÉTÉOROLOGIE



PARIS

CHARLES MENDEL, ÉDITEUR

118, RUE D'ASSAS

CHAPITRE PREMIER

APPAREILS ET PROCÉDÉS

On sait que grâce à la sensibilité remarquable des préparations photographiques actuellement en usage, on peut fixer maintenant avec la plus grande exactitude et pour un temps presque infini, un certain nombre de phénomènes qui se passent journellement autour de nous. Bien mieux, la plaque sensible voit même des phénomènes qui sont sans aucune action sur notre œil — fort incomplet — et qui seraient restés, sans cela, inconnus ou à peine soupçonnés de la science humaine.

Il ne faut plus avoir la prétention d'affirmer, comme Auguste Comte, que rien ne peut exister en dehors de ce que nos sens peuvent percevoir. Le Réel, le Vrai n'est pas toujours le visible et nous ne pouvons nous imaginer connaître à jamais tout ce qui existe dans l'Univers. Rappelons-nous que nos cinq sens terrestres sont le résultat d'une longue évolution à la surface de notre planète, qu'ils ont

été absolument adaptés au milieu terrestre, puisqu'ils en sont la création naturelle et qu'ils ne peuvent nous faire connaître qu'une très petite étendue de la grande échelle des vibrations.

Nous ne pouvons nous étendre ici sur ce vaste sujet de philosophie scientifique, mais nous dirons tout de suite à l'appui de notre thèse, que les rayons X par exemple, qui ont été reconnus comme formés probablement par des vibrations de l'éther de 280 *quadrillions* à 2 *quintillions* par seconde (M. William Crookes), sont absolument invisibles pour notre œil. Sans la plaque photographique et certaines substances fluorescentes, nous eussions ignoré leur existence. On peut donc dire que la plaque sensible a apporté une large contribution à nos connaissances scientifiques.

Dans bien des expériences que nous décrivons on devra employer la méthode chronophotographique, découverte par le célèbre américain Muybridge et perfectionnée avec tant de succès par M. le docteur Marey. On sait que cette méthode consiste à admettre la lumière dans l'appareil photographique, pendant des instants très courts et à des intervalles de temps réguliers. Il y aura à distinguer entre la chronophotographie sur plaque fixe et la chronophotographie sur plaque mobile. Suivant les cas il est plus avantageux d'employer l'une ou l'autre méthode.

Dans l'appareil à plaque fixe, on fait passer devant la plaque sensible un disque fenêtré qui admet

la lumière à intervalles égaux, à l'aide d'une manivelle qui lui donne le mouvement nécessaire. Le nombre d'images que l'on obtiendra, dépendra, bien entendu, de la vitesse de rotation du disque et du nombre d'ouvertures.

Dans les dernières expériences, M. Marey a reconnu qu'il était préférable de faire l'obturation non plus devant la plaque, mais au moyen de deux disques fenêtrés placés au centre optique de l'objectif, marchant en sens inverse et donnant passage à la lumière au moment de la rencontre des ouvertures. Il faudra employer un objectif très lumineux, le *planar* de Zeiss par exemple, à cause de la rapidité d'obturation dans la plupart des cas. Nous renverrons pour plus de détails au magnifique ouvrage de M. Marey sur le mouvement (1).

Les appareils cinématographiques sont aujourd'hui très répandus. Ce sont des appareils chronophotographiques à plaque mobile. Une pellicule sensible est animée d'un mouvement régulier assez rapide et enregistre les mouvements de tous les objets visés par l'objectif, constamment ouvert dans certains modèles ou ouvert seulement à chaque prise de vues partielles.

Nous avons vu avec un bien grand plaisir qu'il a été créé tout dernièrement plusieurs modèles d'appareils de poche d'un prix minime, mettant désor-

(1) Marey, *Le Mouvement*. Paris, Masson, 1894.

mais la photographie du mouvement à la portée de tous les amateurs (Fig. 1).

Il serait possible, dans certains cas, avec un appareil à pellicule mobile, de faire des vues identiques à celles que l'on obtient avec un chrono-

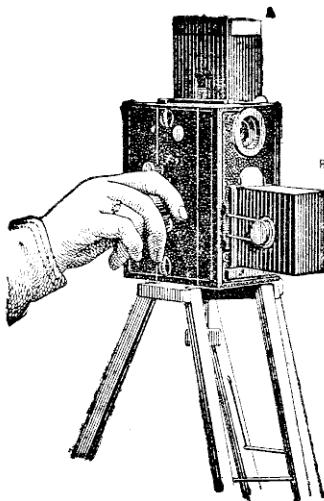


Fig. 1. — Le Mirograph.

photographe à plaque fixe. Prenons un exemple en anticipant un peu sur le chapitre suivant. Supposons que nous photographions à l'aide d'un appareil cinématographique quelconque, la chute d'une boule afin de vérifier les lois de la chute des corps. Nous obtiendrons une série de petites images séparées reproduisant, chacune, la balle à différentes

positions devant une échelle divisée, que l'on aura eu soin de placer à côté et dans le même plan que la trajectoire de la boule. Mais pour bien étudier ce cas particulier de la chute d'un corps il sera plus commode et nécessaire même, de voir toutes les positions successives à intervalles de temps réguliers, représentées sur une même plaque. Autrement dit, il faudra employer un appareil chronophotographique à plaque fixe et obturateur à disque fenêtré. Or, voici comment nous pourrons tourner la difficulté.

On placera la pellicule à l'aide d'un dispositif spécial que l'on pourra construire soi-même, dans un appareil de projection ordinaire et on ne projettera, sur un papier au gélatino-bromure d'argent ou sur une plaque positive, que *quelques vues* que l'on choisira à *intervalles déterminés*. On cacherà les autres en collant sur la face opposée des bandes de papier noir. Il faudra, cela va sans dire, prendre des repères très exacts afin de projeter les vues identiquement à la même place. Nous ne nous dissimulons pas que cela constitue une difficulté un peu grande, malgré l'ingéniosité qu'on peut apporter dans la construction d'un petit accessoire. Aussi, malgré tout, nous engageons plutôt les amateurs qui voudraient faire des expériences sérieuses, à posséder les deux sortes d'appareils décrits plus haut : à plaque fixe et à pellicule mobile.

Quant au développement des plaques impressionnées par la méthode chronophotographique, on

L'opérera comme à l'ordinaire, en remarquant toutefois que l'on a affaire le plus souvent, vu l'extrême rapidité de l'exposition, à des clichés manquant p'utôt de pose. On choisira donc dans la série des développateurs, ceux qui sont les plus énergiques. Nous pouvons recommander parmi ces derniers la formule de Lainer :

A. Eau.....	1000
Sulfite de soude.....	130
Ferrocyanure de potassium.....	41
Hydroquinone.....	16
B. Eau.....	1000
Potasse	500

10 parties de A pour 1 partie de B.

CHAPITRE II

PESANTEUR

Lois de la chute des corps. — A l'aide d'un appareil chronophotographique quelconque on pourra obtenir très facilement les différentes images formées par une boule qu'on abandonne à la pesanteur, en la laissant tomber d'une certaine hauteur. Il suffira, comme l'a fait M. Marey il y a déjà un certain nombre d'années, de placer à côté de la trajectoire suivie par le mobile, une règle graduée. De cette façon, les différentes positions de la boule seront indiquées par des divisions correspondantes sur la règle.

Quant à l'enregistrement du temps, on emploiera un des deux moyens suivants :

1^o On mesure exactement par le déplacement de la bande pelliculaire, l'intervalle de temps exact qui s'écoule entre la prise de deux photographies.

2^o On place dans le même champ que l'objet photographié le cadran chronophotographique, consti-

tué par un disque noir portant soixante divisions parcourues par une aiguille blanche entraînée par un bon mouvement d'horlogerie. Cette dernière

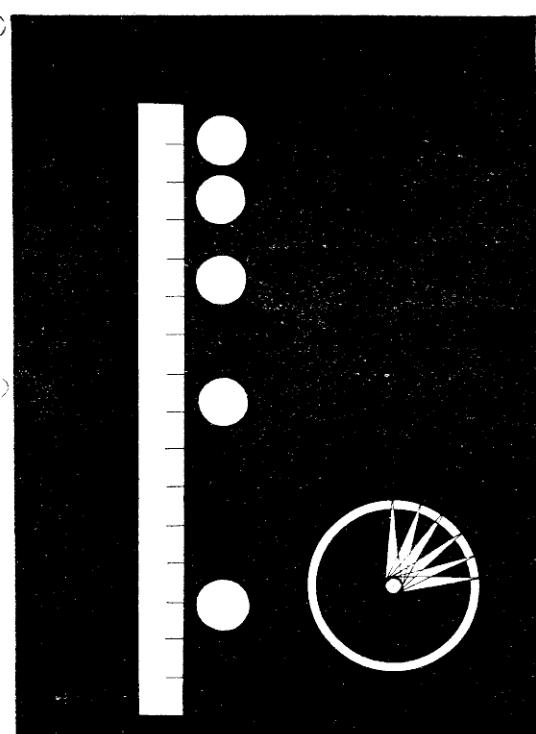


Fig. 2.

méthode, est de beaucoup préférable et elle est d'une grande précision. Dans le cas où la plaque sensible reste immobile, on obtient — comme le montre la figure 2 — toute la série des positions

de la boule ainsi que celles de l'aiguille du cadran chronométrique. Ces dernières correspondent exactement aux images de la boule et permettent donc de mesurer l'intervalle de temps séparant toutes les images successives.

Dans le cas où la plaque sensible se déplace, on obtient l'image du cadran chronométrique *sur chaque photographie* avec l'indication exacte des temps correspondants.

On peut ainsi vérifier expérimentalement et enregistrer pour toujours les lois qui règlent la chute des corps : 1^o Les espaces parcourus sont proportionnels aux carrés des temps employés à les parcourir. 2^o Les vitesses sont proportionnelles aux temps employés à les acquérir

Quant à la loi de Newton sur la chute des corps de poids différents dans le vide ou dans un air plus ou moins raréfié, on peut la vérifier et enregistrer des expériences d'un certain intérêt en se servant du tube classique bien connu.

Dans les premiers essais qu'il fit, il y a quelques années, M. Marey employait une boule de caoutchouc blanc de 11 centimètres de diamètre et pesant 30 grammes. Il ne faudrait pas se servir d'un corps plus léger ou plus volumineux, sous peine de voir la résistance de l'air diminuer sensiblement l'accélération. De plus, il faut opérer dans une enceinte bien abritée afin d'éviter les influences de l'agitation de l'air.

Si l'on voulait se rendre compte des variations de

la résistance de l'air en fonction de la vitesse il faudrait, comme le dit M. Marey (1), opérer dans une grande enceinte fermée et éclairer les corps pesants, tombant à côté d'une longue règle divisée, par une puissante lumière. On observerait ensuite sur le cliché obtenu à partir de quel moment la vitesse de chute devient uniforme : alors la résistance de l'air est égale au poids du mobile.

Photographie des Projectiles. — En 1889, M. Anschütz, de Lissa, obtint le premier un phototype très net d'un projectile animé de grande vitesse. La pose devant être extrêmement réduite, il se servit pour cela d'un obturateur à rideaux, constitué par une fente très fine passant avec une très grande rapidité devant la plaque sensible elle-même. Cette fente découvrait la plaque pendant 75 millionièmes de seconde seulement! Elle n'était pas animée par un ressort, mais par un poids de plusieurs centaines de kilogrammes.

Il faut une pose extrêmement petite si l'on veut obtenir une image suffisamment nette. C'est qu'en effet une balle parcourant 600 mètres par seconde fait donc 6 centimètres en un dix-millième de seconde! On a trouvé plus pratique d'employer une lumière intermittente très rapide, comme l'étincelle électrique par exemple.

MM. Mach et Salcher, en 1890 et M. Boys, en 1892,

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

ont obtenu par cette méthode les plus belles photographies de projectiles qui se puissent voir.

MM. Mach et Salcher ont employé un fusil Werndl donnant à la balle une vitesse initiale de 438 mètres par seconde. Ils se sont servis d'une batterie de bouteilles de Leyde B (fig. 3). Le circuit était inter-

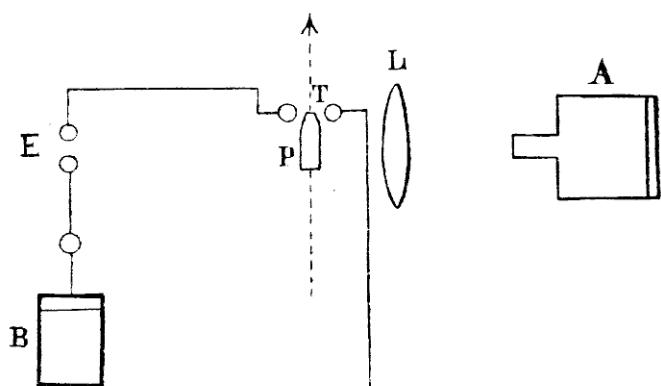


Fig. 3.

rompu en deux points E et T. En T se plaçaient, perpendiculairement à la trajectoire, des tubes de verres renfermant des fils métalliques. La balle en passant sur ces tubes les brisait et fermait ainsi le circuit, en provoquant en E l'éclatement de l'étincelle, pendant un temps très court. Ils opéraient, bien entendu, dans une chambre noire et l'objectif de l'appareil photographique A restait découvert. Au moment de la décharge de la batterie, l'étincelle illuminait donc la balle pendant une très petite

fraction de seconde et l'image s'enregistrait sur la plaque sensible de l'appareil A.

Ce procédé peut être employé par tout amateur un peu habile et donne d'excellents résultats. On

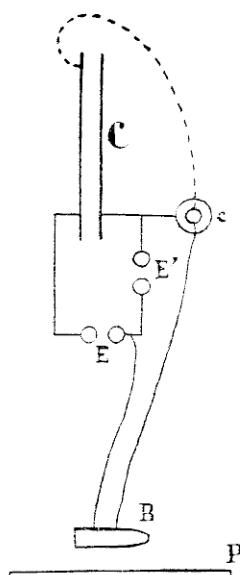


Fig. 4.

peut voir les premières épreuves obtenues par MM. Mach et Salcher au Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris, dans la salle consacrée aux applications de la Photographie.

La méthode imaginée par M. Boys, le savant physicien anglais, diffère un peu de la précédente et offre des avantages très appréciables. Elle dispense

d'employer un appareil photographique et donne une intensité de lumière plus grande, ce qui permet d'enregistrer certains détails intéressants. Voici comment M. Boys décrit sa méthode (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 *EE'* 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 en *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 condensateurs *C* et *c*, ont leurs armatures respectivement au même potentiel, l'équilibre se faisant par le morceau de fil; mais la décharge est de trop courte durée pour que ce mauvais conducteur y prenne aucune part, et la charge entière du condensateur *C* passe par *E* et *E'*. On sait, d'autre part, que, pour une longueur donnée, l'étincelle

(1) *Revue Générale des Sciences*, 15 oct. 1892. Nous engageons vivement à lire cet important article de M. Boys, illustré abondamment de superbes reproductions de photographies.

» en *E* est plus brillante si le circuit contient une autre interruption que s'il est complet. Cet arrangement réunit donc tous les avantages. »

Par ces procédés on obtient une silhouette de la balle, entourée nettement de zones et d'auréoles qui correspondent à des compressions de l'air, à l'avant du projectile, et à des dilatations, à l'arrière. La zone de compression apparaît sur la photographie sous la forme d'une hyperbole entourant le projectile, dont le sommet est à la tête et l'axe

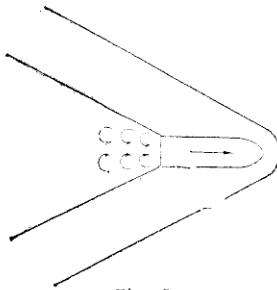


Fig. 5.

dans la trajectoire. Des bandes de démarcation partent, de même, du bord postérieur du projectile et se dirigent, en s'écartant, en arrière (Fig. 5). La photographie a permis de confirmer l'hypothèse d'une forme hyperbolique de l'air comprimé, déjà établie théoriquement par M. Mach. Avec une balle animée d'une très grande vitesse, il se manifeste aussi dans la partie privée d'air qui suit le projectile, des sortes de mouvements giratoires, ayant beaucoup de ressemblance avec le mouve-

ment de l'eau autour d'un bateau animé d'une grande vitesse.

Si on fait traverser à la balle un milieu très dense comme de l'acide carbonique saturé de vapeur d'éther, les ondes atmosphériques deviennent beaucoup plus inclinées. Quand la balle parcourt un espace limité, un large tuyau par exemple, il se produit des ondes de réflexion très curieuses.

On pourra encore, comme M. Marey l'a déjà fait, obtenir la trajectoire continue ou toutes les positions successives à intervalles de temps réguliers, d'une balle lancée obliquement dans l'atmosphère. M. Lowell, aux États-Unis, a même obtenu par la chronophotographie de magnifiques épreuves d'une grosse balle lancée par des fervents du foot-ball. Une de ces épreuves parue dans l'excellent traité d'astronomie de M. Todt, montre fort bien la forme parabolique d'une trajectoire.

Pendule.— On pourra aussi, au moyen de l'appareil chronophotographique, se rendre compte et vérifier les lois du pendule. La plus belle application a été faite par M. Alph. Berget, qui est arrivé, par une disposition ingénieuse, à photographier tous les battements d'un pendule pendant 24 heures sidérales. Il a donc pu appliquer d'une façon très précise — absolument en dehors de toute équation personnelle — la méthode des coïncidences de Borda pour la détermination de l'intensité de la pesanteur.

CHAPITRE III

HYDRODYNAMIQUE

On est parvenu à photographier la veine liquide et à déduire de ces expériences des conclusions très importantes pour l'étude du mouvement des fluides. De même, plusieurs expérimentateurs habiles sont arrivés à photographier les différentes phases de la chute d'une goutte d'eau. Mais les procédés employés sont très délicats et pas précisément à la portée des amateurs. Ils ont, du reste, surtout une valeur théorique.

Il sera plus facile d'enregistrer les ondes de clapotis produites à la surface de l'eau. On renferme l'eau dans une cuve en verre. La face verticale qui se trouve vis-à-vis de l'appareil photographique, doit être bien transparente et peu épaisse. On place en bas de la cuve, à une certaine distance, un miroir incliné qui réfléchit la lumière solaire et la fait traverser de bas en haut le liquide. En réglant

l'inclinaison de ce miroir, on arrive à produire une ligne brillante qui marque le niveau de l'eau.

Pour obtenir une onde de clapotis simple on plonge dans l'eau, à des intervalles réguliers, un cylindre plein, une petite bouteille pleine d'eau par exemple.



Fig. 6.

On doit, bien entendu, faire cette opération à une certaine distance de l'endroit que l'on photographie. On laisse alors l'objectif d'un appareil ordinaire découvrir, pendant le court instant où une onde

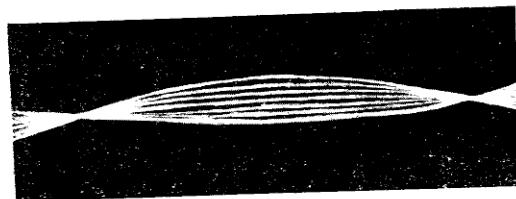


Fig. 7.

complète se produit. La plaque sensible étant bien parallèle au plan du profil de l'onde, la ligne brillante du niveau du liquide s'inscrit avec une intensité variable et rappelle entièrement les mouvements d'une corde vibrante avec ses ventres et ses

nœuds (fig. 6). Les ventres sont les crêtes de l'onde et les nœuds en sont les creux. Ils restent absolument fixes dans le clapotis, mais se déplacent avec des vitesses et des intensités variables, dans les vagues et la houle

Si l'on se sert d'un appareil chronophotographique, on pourra obtenir alors les positions successives de la surface de l'eau (fig. 7).

On emploiera le même procédé pour photographier les ondes de clapotis plus fréquentes et plus courtes, et enfin quand on voudra rendre visibles les mouvements intérieurs de la masse liquide, on jettera dans le liquide de petites boules argentées, de même densité que l'eau, lesquelles resteront suspendues en équilibre indifférent et participeront aux mouvements, comme feraient les molécules du liquide lui-même (1). Ces billes brillantes s'obtiennent facilement, d'après M. Marey, en faisant un mélange de cire (moins dense que l'eau) et de résine (plus dense que l'eau). On en fait de petites boules que l'on argente. Elles doivent être légèrement plus denses que l'eau, de façon qu'en ajoutant un peu d'eau salée, on arrive, peu à peu, à les maintenir suspendues dans le mélange.

Roulis des navires. — M. J. Chautard (à Iquique Chili) a décrit et expérimenté une méthode très simple pour enregistrer tous les mouvements d'un navire

(1) Marey, *Op. cit.*

en pleine mer. Il suffit de diriger un appareil de photographie ordinaire sur la lune et de laisser l'objectif à découvert pendant un certain temps. Par suite des mouvements de roulis et de tangage du navire, l'image de la Lune trace sur la plaque sensible une courbe plus ou moins compliquée qui représente en quelque sorte le mouvement du bateau.

Nous engageons les amateurs photographes qui se trouveront sur un navire, d'essayer cette méthode. Ils obtiendront des clichés très curieux sur lesquels ils pourront, bien souvent, faire des constatations très intéressantes sur les intensités respectives des mouvements de roulis et de tangage.

CHAPITRE IV

ACOUSTIQUE

Quand on fait vibrer une corde, toutes les vibrations se confondent et l'œil ne peut distinguer qu'une masse confuse légèrement ondulante. La chronophotographie sur plaque fixe permet, au contraire, de fixer toutes les positions occupées par la corde et de délimiter exactement les nœuds et les ventres.

Analyse des sons. — On peut encore, par la méthode chronophotographique, analyser les sons par l'emploi des flammes manométriques imaginées par Koenig. On sait que ce physicien donnait à une petite flamme de gaz, des vibrations déterminées par des sons bien définis et recevait l'image de ces flammes sur un miroir tournant. Ce miroir donnait plusieurs images de la flamme, présentant la forme d'une bande dentelée. En examinant le nombre et la hauteur relatives de ces dentelures, on pouvait se

faire une idée exacte de la tonalité et du timbre du son que l'on faisait agir sur la flamme.

Eh bien en chronophotographiant ces flammes comme l'ont fait si habilement MM. le Dr Marey, Dr Marage et Ch. Comte, on pourra remarquer l'avantage considérable de cette méthode photographique sur celle de l'observation visuelle simple. Les plus délicates mesures se feront avec complète exactitude. Il sera avantageux, nécessaire même, d'employer la flamme donnée par l'acétylène, à cause de sa puissance photogénique.

Dans ces derniers temps, plusieurs savants expérimentateurs sont arrivés à photographier les ondes sonores, entre autres MM. Mach, Boys et Raps. Töppler avait déjà indiqué, le premier, comment on pouvait rendre visibles sur une photographie les mouvements communiqués à l'air. Et comme le dit M. Niewenglowski, « la trace de ces ondes provient de la déviation due aux changements de pression, et par suite, d'indices sur la surface de l'onde ». Nous renverrons, pour la description de la technique opératoire qui est assez délicate, à l'excellent ouvrage de M. G.-H. Niewenglowski sur les *Applications scientifiques de la Photographie*.

Nous devons citer une expérience fort intéressante de M. Hermann sur une nouvelle application du phonographe. Presque tout le monde maintenant possède ce merveilleux instrument, et bien des amateurs photographes pourront la répéter et obtenir des résultats fort instructifs. Ils pourraient

même entreprendre toute une série de recherches nouvelles qui ne manqueraient pas d'intérêt. Voici en quoi consiste l'expérience de M. Hermann. On fixe tout simplement un petit miroir sur la membrane vibrante du phonographe et on projette dessus un mince pinceau lumineux. Si on reçoit le rayon réfléchi sur une pellicule sensible, celle d'un cinématographe par exemple, animé d'un mouvement uniforme, on obtiendra une série de courbes, qui seront toujours bien caractéristiques pour chaque son déterminé. Il sera donc intéressant d'enregistrer par cette méthode des graphiques produits par les différentes consonnes ou voyelles et toutes sortes de bruits.

CHAPITRE V

OPTIQUE

Comme on peut le penser, la plaque sensible est capable d'enregistrer avec une grande précision la position des raies dans un spectre quelconque. Si on a soin de photographier en même temps une échelle divisée et un spectre à raies bien déterminées, au-dessus du spectre à étudier, on a tous les éléments nécessaires pour la recherche exacte et facile des éléments inconnus. Cependant pour que l'émulsion sensible puisse reproduire une région déterminée du spectre, il faut bien se rappeler qu'elle n'y arrivera qu'autant qu'elle aura été achromatisée pour cette région.

Orthochromatisme. — On sait que les préparations photographiques ordinaires sont surtout sensibles aux radiations bleues et violettes, c'est-à-dire des raies F à H de Fraünhofer. Elles ne reproduisent donc pas ou presque pas les radiations

vertes, jaunes et rouges. Tout le monde a remarqué, en effet, que le feuillage des arbres, les tuiles rouges d'un toit, ne viennent pas sur le négatif et donnent, par conséquent, du noir sur l'épreuve.

Or, on a observé que quand on incorporait dans l'émulsion certaines matières colorantes, qui ont précisément la propriété d'absorber les radiations qui n'agissent pas sur les plaques ordinaires, cette nouvelle émulsion devenait capable d'être impressionnée par les dites radiations. Ainsi pour rendre le gélatino-bromure d'argent sensible au jaune, il faut chercher parmi quelques matières colorantes solubles dans l'eau, celles qui, au spectroscope, montrent une grande absorption dans cette couleur.

Grâce aux belles recherches de MM. Vogel, Eder, de Hübl, Vidal, on connaît maintenant un certain nombre de substances pouvant donner de très bons résultats en orthochromatisme. Parmi ces matières les plus actives et les plus employées aujourd'hui, nous citerons : l'éosine, la cyanine (bleu de quinoléine), le rouge de quinoléine. Examinées au spectroscope, les solutions de ces corps présentent les phénomènes suivants :

L'éosine produit une bande d'absorption dans la région du vert jaune (raies I et F de Fraünhofer).

La cyanine donne une bande obscure dans le rouge et l'orangé (jusqu'à la raie C de Fraünhofer).

Le rouge de quinoléine donne des bandes d'absorption dans le rouge, l'orangé et le jaune.

On emploie des solutions de ces substances très

diluées de 1 1.000 à 1/10.000 seulement. L'éosine en solution à 1/1.000, la formule étant : eau 100 cc., et solution 25 cc. La cyanine en solution à 1/1.000, formule : eau 100 cc., alcool 5 cc., solution 5 à 10.

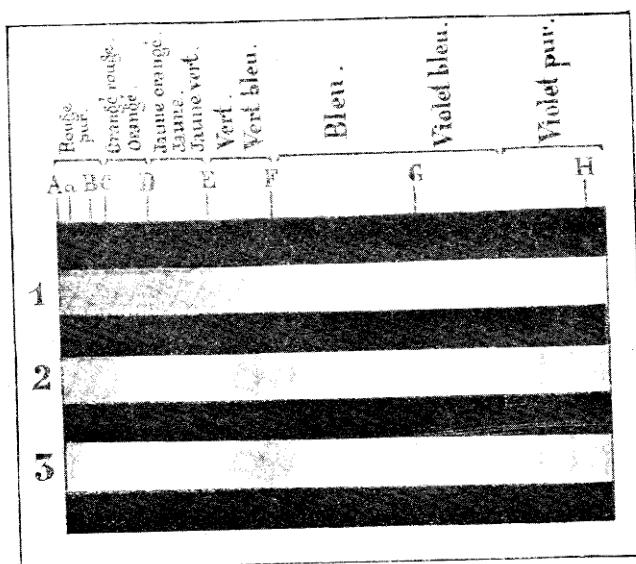


Fig. 8. — Reproduction photographique d'un spectre lumineux continu.

1. — Sur plaque ordinaire.
2. — Sur plaque sensible au jaune et au vert (éosine).
3. — Sur plaque sensible au jaune et au rouge (quinoléine).

Le rouge de quinoléine à 1 1.000, formule : eau 100 cc., alcool 5 cc., solution 5 cc.

On plonge les plaques ordinaires une à deux minutes dans un de ces bains et on les laisse sécher

à l'obscurité ; elles sont alors prêtes à être employées. Les personnes qui ne veulent pas faire elles-mêmes ces opérations trouveront, du reste, dans le commerce, d'excellentes plaques orthochromatiques.

La figure 8, où on a réuni trois photographies du spectre solaire, nous montre bien la différence photogénique des trois émulsions employées. On constate qu'une plaque au gélatino-bromure d'argent ordinaire ne donne que la région comprise entre les raies F et H. La plaque sensible constituée par la même émulsion, mais dans laquelle on a incorporé de l'éosine, nous donne déjà la région comprise entre les raies D et E et légèrement entre E et F. Enfin le troisième spectre obtenu avec une plaque orthochromatisée avec le rouge de quinoléine montre la région C-D et un peu B-C.

On n'est pas encore arrivé, malgré tout, à obtenir intégralement toute la région du spectre comprise entre A et G.

Spectrographie. — La spectrographie ou photographie spectrale, permet de photographier l'image d'un spectre d'une substance quelconque et par suite de déterminer avec exactitude sa composition. L'expérience a démontré l'extrême précision et la sensibilité de la méthode spectrographique pour étudier les différents spectres, et aujourd'hui tous les laboratoires en usent largement.

Pour photographier un spectre, on adapte à la place de l'oculaire une petite chambre noire et les

lignes spectrales, soit visibles, soit invisibles à l'œil, s'impriment sur la plaque sensible. On peut laisser l'oculaire, dans ce cas on a une image plus ou moins agrandie. Mais il faut alors faire une excellente mise au point et poser assez longtemps, suivant la luminosité du spectre. La mise au point ne pourra se faire à la fois que sur une petite partie d'une région bien déterminée puisque, comme on sait, par suite de l'inégale réfrangibilité des rayons, le spectre produit ne s'étale pas sur un même plan. Enfin, afin d'obtenir le maximum de détails, on emploiera une plaque orthochromatisée par un des moyens que nous avons décrits plus haut. L'activité chimique, manifestée par la photographie, s'étend bien loin au-delà du violet visible et la plaque sensible enregistre un grand nombre de raies, qui seraient demeurées, sans cela, probablement inconnues aux investigations humaines.

La plus belle application de la photographie à l'optique, est peut-être la reproduction des couleurs par la méthode directe de M. Lippmann. Comme il existe déjà un certain nombre d'excellents traités de photochromie interférentielle, nous y renverrons nos lecteurs.

CHAPITRE VI

ÉLECTRICITÉ

Spectres magnétiques. — La photographie nous permettra de reproduire facilement les spectres ou fantômes magnétiques. Il y a plusieurs procédés, nous décrirons celui qui nous a toujours donné les meilleurs résultats.

On se procure une plaque de verre d'une dimension 9×12 par exemple, sur laquelle on fait fondre un peu de paraffine blanche, de façon à l'en recouvrir d'une très mince couche à peu près uniforme. On laisse refroidir, puis on dispose cette plaque de verre sur un petit électro-aimant, la surface paraffinée étant au-dessus. On fait passer le courant et on projette d'une certaine hauteur de la limaille de fer assez fine. Peu à peu les grains se disposent suivant les lignes de forces bien connues. Quand on juge que l'on a obtenu un beau spectre, bien caractéristique, on interrompt le courant, puis on soulève doucement la plaque. On la porte

au-dessus d'une petite flamme quelconque et, avec précaution, on laisse fondre très lentement la paraffine. Quand toute la surface est bien fondu, on

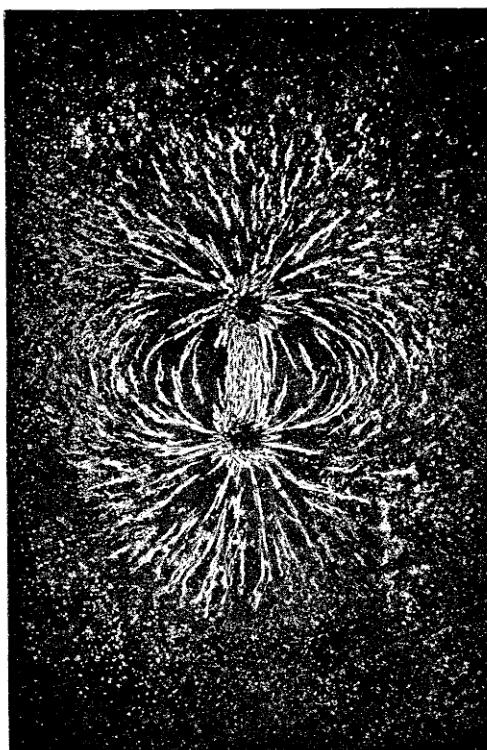


Fig. 9. — Photographie d'un spectre magnétique.

retire lentement la plaque et on laisse sécher. Alors pendant la solidification, la paraffine retient les grains de limaille, les emprisonne en quelque sorte.

On obtient donc un véritable cliché inaltérable dont il sera facile de tirer par contact des épreuves, en ayant soin néanmoins de ne point par trop les presser dans le châssis (fig. 9).

En combinant plusieurs pôles de signes contraires ou de mêmes signes, on pourra obtenir tout une série de clichés fort instructifs, qui pourront servir également à être projetés directement, ou à tirer des clichés de projection pour illustrer des cours et conférences scientifiques.

Etincelles électriques. Effluves. — L'étincelle produite par une machine électrique de Holtz, fut photographiée pour la première fois, vers 1850, par M. Daft. aux Etats Unis. M. Ducretet obtint il y a quelques années, de magnifiques épreuves sans avoir recours à un appareil de photographie. Il faisait jaillir une belle étincelle dans une chambre noire, tout contre la plaque sensible. On obtient ainsi un trait de feu sinuieux qui est absolument identique à l'éclair.

Enfin l'éminent astronome Trouvelot qui s'est beaucoup occupé aussi des phénomènes électriques, a obtenu de superbes photographies des effluves qui se dégagent autour des pôles d'une bobine de Ruhmkorff ou d'une machine statique. Ces curieuses épreuves, datant de 1888, ont été très remarquées et sont même connues dans la science sous le nom de *figures de Trouvelot*. Pour les obtenir, rien de plus simple. On opère dans un cabinet noir et on dispose d'abord sur une table une feuille de papier

d'étain E (fig. 10). Les dimensions de cette feuille doivent être inférieures de 2 à 3 centimètres à celles de la plaque sensible que l'on voudra employer. On met cette feuille en communication avec un des pôles d'une source électrique puissante (machine statique ou bobine d'induction de Ruhmkorff). Puis dessus, on place la plaque sensible P, extrarapide, l'émulsion au-dessus. Enfin, on fait arriver l'autre pôle en contact avec le gélatino-bromure

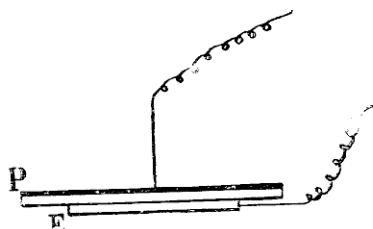


Fig. 10.— Dispositif employé pour la photographie des effluves.

d'argent, en pointe et au milieu de la plaque sensible. On fait passer alors le courant d'une façon instantanée à l'aide d'un commutateur, dans le genre de ceux employés dans la télégraphie, en frappant dessus un coup sec et rapide. Si on se sert d'une bobine de Ruhmkorff — ce qui est le plus recommandable — on pourra très facilement obtenir une seule interruption du trembleur en le prenant à la main et lui imprimant une secousse très brusque.

On constatera alors à l'œil nu, dans l'obscurité,

au moment du passage du courant, une sorte de

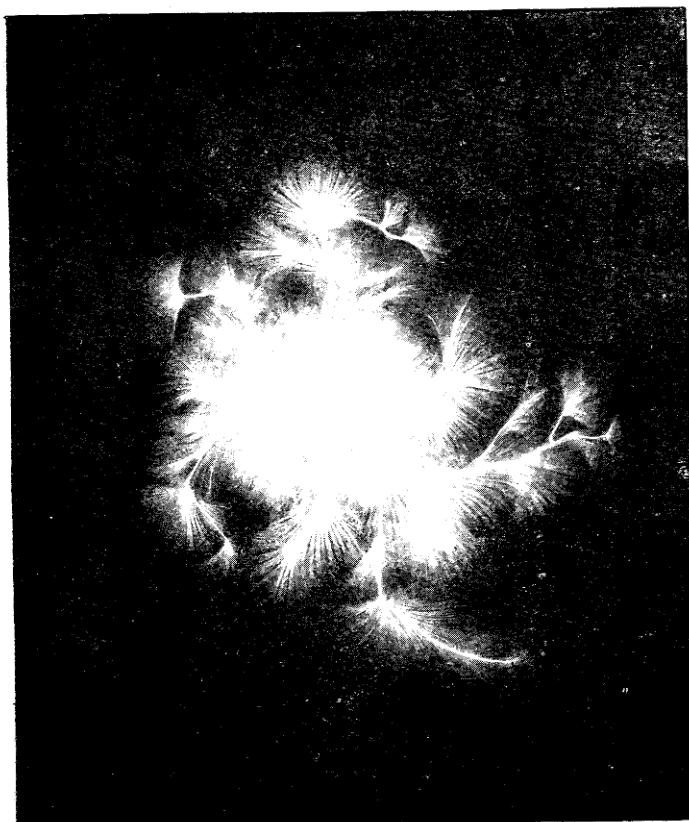


Fig. 11. — Photographie de l'effluve négative.

lueur très violacée, mais dont il serait impossible de dessiner la forme exacte. Au contraire, en déve-

— 40 —

l'oppant la plaque, on sera très surpris de trouver

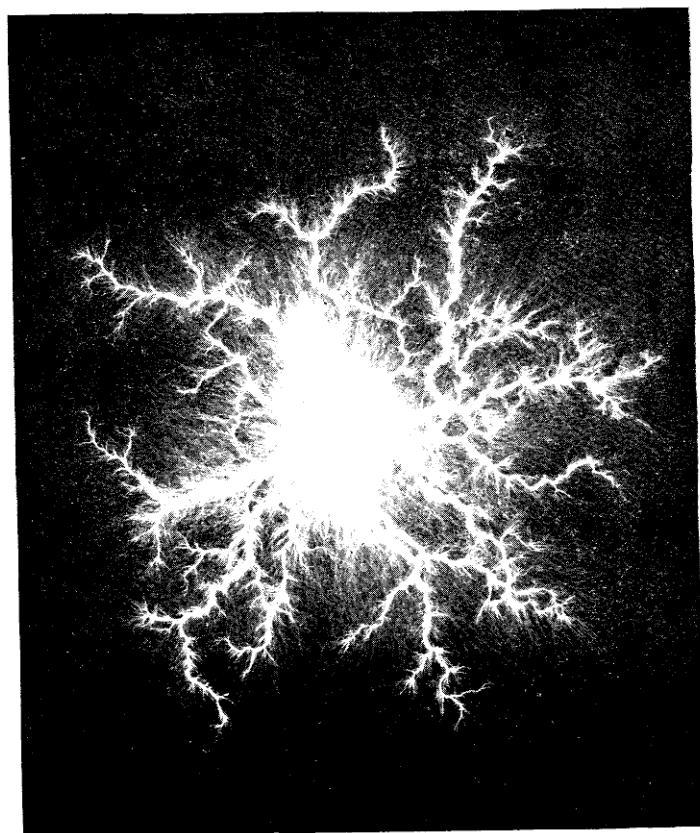


Fig. 12. — Photographie de l'effluve positive.

une image des plus saisissantes. Si c'est le pôle positif que l'on a fait arriver en contact avec la

plaqué, on remarquera des quantités de ramifications ressemblant à certaines algues et certains lichens (Fig. 11). Le pôle négatif se distinguera par une suavité de formes incomparables, d'une délicatesse inouïe, rappelant les feuilles élancées de certains groupes de palmiers (Fig. 12).

Les dimensions de la plaque devront être en rapport avec la longueur des étincelles données par la bobine de Ruhmkorff. Ainsi, dans les deux photographies présentées ici, on a employé une plaque 18×24 pour une bobine donnant 15 centimètres d'étincelle. La feuille d'étain avait, comme nous l'avons fait remarquer, une dimension inférieure 15×15 , afin d'empêcher l'étincelle d'éclater entre les deux pôles vers les contours de la glace sensible.

Tubes de Geissler. — Il sera facile d'obtenir des photographies de tubes de Geissler illuminés par le passage d'un courant. La lueur ainsi produite est presque toujours très photogénique et on pourra photographier ses formes si souvent capricieuses et du plus bel effet dans des verres travaillés avec art.

On emploiera un appareil ordinaire et on mettra soigneusement au point. On fera passer le courant pendant une fraction de seconde, dans les deux sens, si on veut, à l'aide d'un inverseur (Fig. 13).

Rayons X. — Tout amateur pourra réaliser des expériences très intéressantes avec les fameuses radiations. Ce sont surtout les applications médicales de la radiographie qui rendent les plus grands

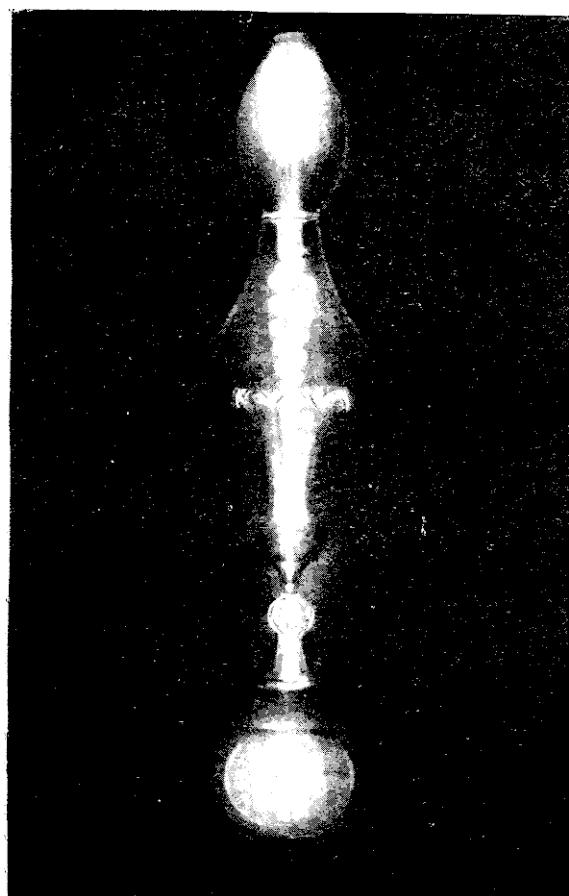


Fig. 13. — Photographie d'un tube de Geissler en activité.

services Cependant, dans l'industrie, en physique, dans certains cas particuliers, les rayons X peuvent révéler par la photographie des phénomènes très importants Nous n'entrerons pas dans les détails de la technique opératoire, décrite déjà dans de si nombreux ouvrages ou articles de vulgarisation. Nous dirons simplement que le principe de la méthode consiste à faire passer un courant très puissant dans une ampoule de Crookes presque complètement vide d'air. Il se produit à la cathode les rayons cathodiques, qui vont illuminer la paroi opposée du verre et donner naissance aux rayons X. Faisons remarquer qu'il n'est pas nécessaire d'employer une très forte bobine de Ruhmkorff pour les produire et répéter un certain nombre d'expériences très caractéristiques. Avec une petite bobine donnant 4 centimètres d'étincelle seulement et un tube de Crookes bi-anodique, *très peu résistant*, nous avons pu obtenir des résultats suffisants. Mais il est évident que plus la bobine sera forte, plus le champ d'expérimentation s'élargira.

On sait que ces radiations sont très photogéniques Entre autres expériences physiques, on pourra rechercher et enregistrer les différences de transparence de plusieurs corps pour les rayons X. (Fig 14).

Nous reviendrons longuement sur ces rayons dans un autre ouvrage, à propos de leurs applications aux sciences naturelles et médicales.

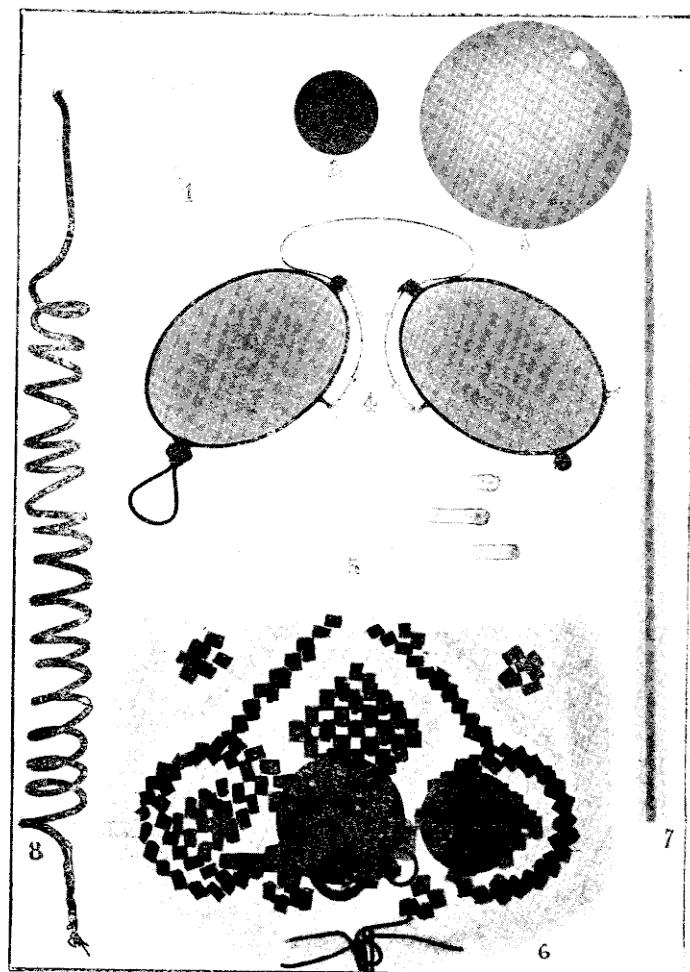


Fig. 14. — Radiographie de différents corps.

1. Charbon de corne. — 2. Pièce de 1 centime. — 3. Monocle bi-concave. — 4. Binocle.
— 5. Allumettes. — 6. Bourse algérienne. — 7. Crayon. — 8. Conducteur électrique.

CHAPITRE VII

MÉTÉORLOGIE

Les applications de la photographie à la météorologie comprennent la photographie des nuages, des halos, des parhélies, de la durée et de la valeur de l'intensité lumineuse, des éclairs; des effets produits : par réflexion et réfraction des rayons lumineux, par le vent, par la gelée, ou tout autre phénomène ayant son siège dans l'atmosphère terrestre.

Il faudra tenir compte des instructions générales suivantes :

1. Aussitôt que possible après avoir exposé une plaque, la numérotter et remplir dans tous ses détails la feuille destinée à recevoir les renseignements. Plus la description sera complète, mieux vaudra la photographie.

2. Le format de la plaque est sans importance pourvu que le négatif soit net. Employer une loupe pour mettre au point et pour des objets comme les

nuages, mettre au point sur une maison ou un arbre très éloigné.

3. Employer un excellent objectif qui ne déforme pas l'image.

4. Ne retoucher ni le négatif ni l'épreuve.

5. Lorsqu'on photographie un objet qui se meut ou qui change, il sera utile et de grande valeur de prendre une série de photographies à de courts intervalles pour montrer les phases du phénomène.

6. Chaque fois que cela est possible, il est bon d'introduire dans le négatif une figure ou tout autre objet de dimensions connues, pour servir d'échelle approximative.

Nuages — L'étude précise des nuages est devenue singulièrement facile pour le météorologue depuis qu'il dispose de l'instrument photographique. Il y a longtemps que l'on avait essayé de dessiner et même de peindre les formes souvent des plus capricieuses des différentes espèces de nuages. Et peut-être se souvient-on des beaux tableaux exécutés par Silbermann au Collège de France. Mais une comparaison de ces esquisses avec les épreuves photographiques obtenues de nos jours, montre bien vite tout l'avantage scientifique que l'on peut tirer de celles-ci.

La présence de certains types de nuages correspond presque toujours à un état dynamique déterminé des couches atmosphériques et on peut tirer d'utiles indications sur le temps probable par la présence de tel ou tel nuage caractéristique.

Un nuage est, comme on sait, formé par la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère qui s'est condensée à la suite d'un refroidissement produit, soit directement, soit par rayonnement ou par le passage de l'air d'une région chaude à une région plus froide, soit par détente ou par mélange avec une masse d'air plus froide. D'après les célèbres et curieuses expériences de M. Aitken, la condensation de la vapeur d'eau à l'état de fines gouttelettes, constituant par leur ensemble les nuages et les brouillards, ne serait possible que par la présence préalable de poussières solides dans le milieu où ils se forment.

On a évalué le diamètre de ces gouttelettes à 0 mm. 02 ou un cinquantième de millimètre, en moyenne, d'après les mesures de Käemtz, M Assmann et M. Dines. Pour pouvoir expliquer leur suspension dans l'air, on avait eu recours pendant longtemps à l'hypothèse des vésicules ou sphères liquides creuses. Cette hypothèse avait été imaginée par Halley, puis adoptée par de Saussure et Kratzenstein, puis par Käemtz. Mais il est parfaitement démontré aujourd'hui, aussi bien par la théorie que par l'observation microscopique, que l'on a affaire à des gouttelettes pleines. Les gouttelettes des nuages et des brouillards restent suspendues pour les mêmes raisons qui expliquent la suspension des fines poussières, malgré l'excès de leur densité sur celle de l'air.

En outre, on sait aussi que certains nuages très

élevés dans l'atmosphère, sont uniquement constitués par des cristaux de glace, excessivement petits.

Malgré leurs formes si variées, les nuages peuvent être ramenés à quelques types principaux. C'est au savant fondateur de la haute doctrine de l'évolution de l'espèce, le grand Lamarck, qu'est dû le premier essai d'une classification de nuages. Comme elle est peu connue, nous la donnons avec plaisir. Ainsi que le fait remarquer A. Poëy, cette première ébauche porte comme toutes les études de Lamarck, le double cachet de l'observation et du génie, mais malheureusement « il n'eut pas l'idée de faire usage de la nomenclature latine et scientifique à la vulgarisation de la classification de Howard. »

Lamarck dans son *Annuaire météorologique*, en 1804, distingue douze formes principales. Voici sa classification telle qu'elle est donnée par A. Poëy, accompagnée des comparaisons avec les autres désignations bien connues :

NUAGES DE LAMARCK

1. En balayures.....	Cirrus de Howard.
2. En barres.....	Tracto-cirrus de Poëy.
3. Pommelés.....	Cirro-Cumulus de Howard.
4. Groupés.....	Cumulus de Howard.
5. En voile.....	Nimbus de Howard ou Pallium de Poëy.
6. Attroupés.....	Tracto-Cumulus de Poëy.
7. Brumeux.....	Pallium de Poëy.
8. Terminés.....	Caractères de plusieurs nuages.
9. En lambeaux.....	Pallium de Poëy.

10. Bourouflés..... Globo-Cumulus de Poëy.
11. Coûreurs..... Fracto-Cumulus de Poëy.
12. De tonnerre ou Diablotins. Fracto-Cumulus de Poëy.

Plusieurs savants proposèrent ensuite des classifications, entre autres Luke Howard et A. Poëy. Les conférences météorologiques internationales ont adopté dans ces derniers temps la classification primitive de Howard modifiée par MM. Abercromby et Hildebrandson. On distingue d'abord quatre types principaux de nuages : Les *cirrus*, les *cumulus*, les *stratus* et les *nimbus*. Toutes les formes de nuages se retrouvent toujours dans ces désignations employées seules ou combinées deux à deux. On peut les présenter d'après le tableau suivant :

Forme A. — Formes divisées ou en boules (plus fréquentes par temps sec).
Forme B. — Formes étalées ou en voiles (par les temps pluvieux).
Nuages supérieurs { Forme A. 1. Cirrus. Hauteur moyenne 9.000 mètres, { — B. 2. Cirro-Stratus.
Nuages moyens { Forme A. { 3. Cirro-Cumulus. 3.000 à 7.000 mètres. { 4. Alto-Cumulus. { — B. 5. Alto-Stratus.
Nuages inférieurs { Forme A. 6. Strato-Cumulus Au-dessous de 2.000 mètres. { — B. 7. Nimbus.
Nuages formés { Forme A. 8. Cumulus. par les courants ascendants diurnes { — B. 9. Cumulo-Nimbus 1.400 à 5.000 mètres.
Brouillards élevés { 10. Stratus. Au-dessous de 1.000 mètres

Les *cirrus* sont des nuages blanches, très ténus, à l'aspect fibreux ou filamenteux. Ils se présentent

quelquefois aussi sous l'aspect de longues bandes parallèles qui, par un effet de perspective, semblent converger vers un même point. Ils offrent parfois la

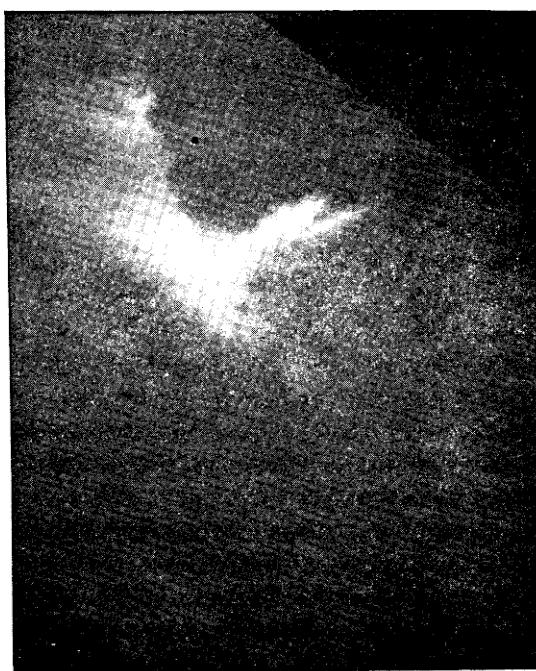


Fig. 15.

forme de panaches ou de plumes d'une grande délicatesse. Les marins leur donnent le nom de *queues de chat*. En Allemagne on les désigne sous le nom d'arbres du vent : *Windsbaume*. La figure 15

représente une photographie d'un Cirrus en panache:
Les *Cirro-Stratus* se présentent sous la forme de

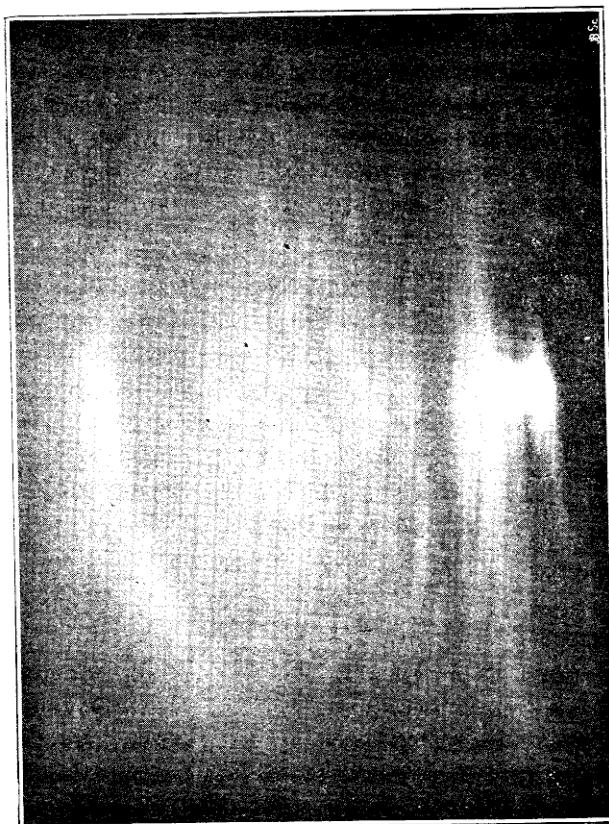


Fig. 16.

voile blanchâtre, diffus ou groupés en petits nuages
rappelant les Cirrus. Les Cirrus et les Cirro-Stratus.

sont les nuages les plus élevés et, comme le prouvent les ascensions aérostatiques et les phénomènes optiques qu'ils produisent, ils sont constitués par de fines aiguilles de glace. Le passage des rayons du soleil ou de la lune à l'intérieur de ces prismes de glace, produit les phénomènes bien connus des

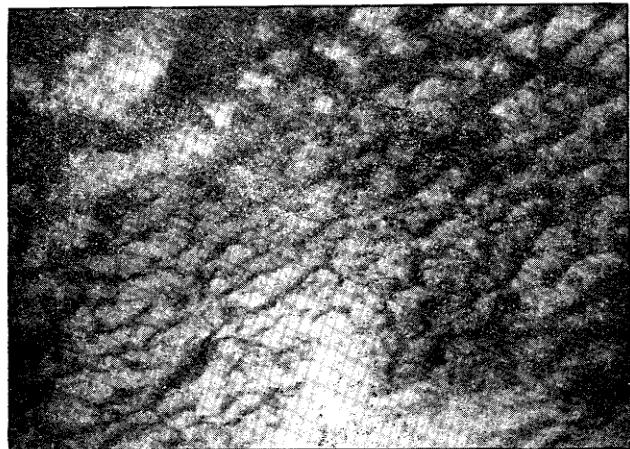


Fig. 17. — Cirro-cumulus.

halos, parhélies, etc. La figure 16 est la photographie de la partie supérieure d'un halo solaire. Le soleil est en bas voilé par des couches de Cirro-Stratus, et entre le soleil et le halo on voit aussi ces mêmes nuages réunis en petits groupes.

Les *Cirro-Cumulus* et les *Alto-Cumulus* offrent la forme de petites balles ou flocons blancs, dispo-

sés en groupes et assez près les uns des autres. Ils ont, comme on le voit, beaucoup d'analogies; seulement faisons remarquer que les Alto-Cumulus sont plus gros que les Cirro-Cumulus et présentent des ombres. Dans la figure 17 on voit des Cirro-Cumulus

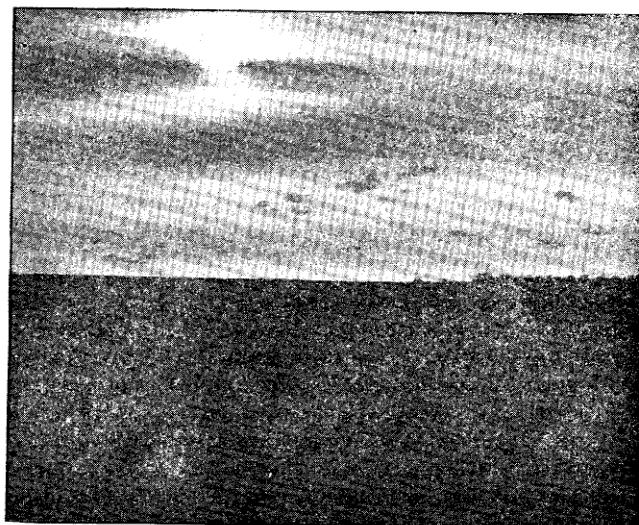


Fig. 18. — Alto-Stratus.

en grand nombre et, dans la partie supérieure, des Alto-Cumulus plus disséminés. Ces nuages donnent l'apparence bien caractéristique connue sous le nom de *ciel pommelé* (mackerel sky comme disent encore les Anglais).

Les *Alto-Stratus* prennent la forme d'un voile

épais, un peu foncé. Ils ressemblent donc aux Cirro-Stratus mais n'ont jamais la structure fibreuse de ceux-ci, ne sont pas si élevés et ne donnent jamais de halos ni couronnes autour du soleil et de la lune. La figure 18 en donne une représentation photographique. Le fond qui est gris et ne présente qu'une partie un peu brillante dans la direction du

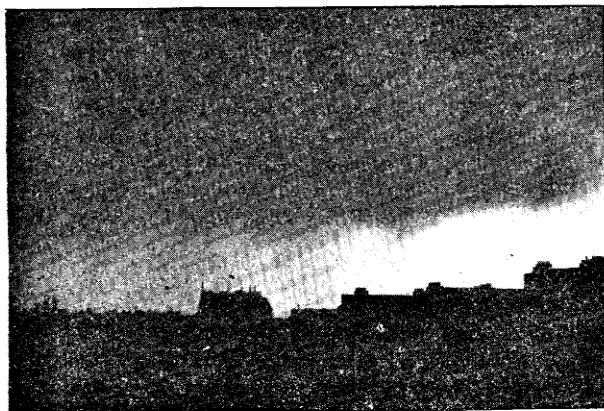


Fig. 19. — Nimbus : Pluie au loin.

soleil, est constitué par des Alto-Stratus au dessous desquels on voit flotter des fracto-nimbus.

Les *Strato-Cumulus*, qui sont surtout fréquents en hiver, se présentent sous la forme de gros nuages ronds sombres donnant au ciel une apparence ondulée. Ce sont, pour ainsi dire, des Alto-Cumulus très développés et plus étalés en nappes, la partie inférieure seule présentant la forme floconneuse.

Les *Nimbus* sont ces gros nuages noirs se présen



Fig. 23. — Cumulus.

tant sans formes bien déterminée qui amènent les pluies ou les neiges persistantes. Quelquefois ils se

morceillent et forment alors des *fracto-Nimbus*. Ce sont les diablotins de la classification de Lamarck.

La figure 19, est la reproduction d'une photographie d'un nimbus d'où l'on voit nettement la pluie tomber. La figure précédente (fig. 18) repré-



Fig. 21. — Effets de lumière et de nuages.

sente, comme nous l'avons vu, des *fracto-nimbus*.

Les *Cumulus* ou balles de coton des marins sont des nuages épais, arrondis et présentant les formes les plus variées. Ils sont les produits de la condensation des vapeurs, qu'entraînent dans les hauteurs les courants ascendants diurnes. Ils se forment donc surtout en été, ils apparaissent le matin, augmentent jusqu'aux heures les plus chaudes de

la journée et disparaissent au coucher du soleil. Les figures 20 et 21 en donnent une idée. Quand ils passent devant le soleil ils produisent parfois des effets merveilleux : ils paraissent sombres, avec une bordure éclatante de blancheur, et quelquefois les rayons du soleil forment tout autour des pa-



Fig. 22. — Cumulo-Nimbus.

naches éblouissants. La figure 21 est une photographie représentant un de ces effets splendides.

Les *Cumulo-Nimbus* sont des nuages énormes qui prennent les formes les plus extraordinaires. Ces nuages produisent les orages et surtout les giboulées, les ondées, les pluies de courte durée. La figure 22 en donne une représentation. Cette photo-

graphie a été prise entre deux éclaircies, pendant une journée de giboulées de printemps.

Les *Stratus* ne sont pas autre chose que des brouillards élevés qui ne descendent pas jusqu'au sol. Ils n'ont donc pas de formes tranchées. Ce sont ces nuages qui déterminent le temps gris d'hiver si détestable.

Comme nous le disions au commencement de ce chapitre, la photographie est seule capable de reproduire avec fidélité les formes si changeantes des nuages. Voyons donc maintenant quels sont les procédés employés pour cette photographie spéciale.

Tous ceux qui ont fait du paysage ont remarqué que les nuages ne viennent pas ou presque pas. En effet le bleu du ciel agit sur les plaques employées généralement à peu de chose près comme le blanc. On obtient alors, sans dispositions spéciales, une teinte uniforme sans trace de nuages. Il faut donc pour obtenir de bons résultats, diminuer très fortement le pouvoir acoustique du fond bleu du ciel, tout en permettant à la lumière des nuages d'agir. Pour cela on place devant l'objectif un écran jaune constitué par une petite cuve carrée, fermée par des glaces à faces parallèles et contenant une solution de bichromate de potasse, additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique. On peut employer des lames de verre jaunes taillées à faces parallèles.

Ces écrans jaunes arrêtent presque complètement

les rayons réfléchis par le ciel, ils produisent donc une différence photogénique entre ceux-ci et les rayons réfléchis par le nuage, de sorte que ce dernier se détache franchement sur le phototype. Il faut, bien entendu, employer concurremment avec l'écran jaune des plaques au gélatino-bromure spécialement sensibles aux rayons jaunes et verts.

Enfin une méthode assez bonne aussi et très expéditive, consiste à se servir d'un appareil ordinaire mais à la condition de poser excessivement peu et d'employer un très petit diaphragme. C'est en employant cette méthode avec un appareil muni d'un objectif anastigmat Rousse (antispectroscopique) que nous avons obtenu les photographies qui accompagnent ce chapitre. On conçoit aisément qu'en posant très peu et en employant un petit diaphragme, on augmentera le contraste actinique entre le nuage et le fond bleu du ciel. Et si, de plus, on a soin après un développement non poussé à bout, de renforcer le cliché au bichlorure de mercure et *oxalate de fer*, on obtiendra, comme nous avons pu nous en assurer, des phototypes aussi beaux qu'à l'aide de la première méthode, plus scientifique.

Nous avons dit que les nuages pouvaient fournir des indications fort utiles pour la prévision du temps. En effet dans nos climats, généralement, avant l'arrivée d'une dépression amenant avec elle le mauvais temps, après une série de beaux jours,

on voit tout d'un coup apparaître dans le ciel, ici et là, quelques légers Cirrus (fig. 15). Ces Cirrus se réunissent bientôt en nappes et les Cirro-Stratus (fig. 16) qui en résultent donnent naissance alors bien souvent, autour du Soleil et de la Lune, aux halos. Le halo qui est accompagné d'une baisse du baromètre et de vent, est le présage, neuf fois sur dix, de l'arrivée du mauvais temps. Ensuite, ou même quelquefois en même temps que se forment les Cirro-Stratus, apparaissent les Cirro-Cumulus (fig. 17) qui donnent au ciel, comme nous l'avons dit, une apparence bien connue sous le nom de ciel pommelé. C'est le signe d'un changement de temps. Tous ces nuages se réunissent en une couche épaisse et uniforme. Alto-Stratus ou Stratus, puis plus bas se forment des nuages plus denses, plus étendus, les Cumulus (fig. 20) et surtout les Cumulo-Nimbus (fig. 22) et enfin les Nimbus d'où tombe bientôt la pluie (fig. 19).

Cette succession d'aspects divers s'observe dans la portion antérieure des dépressions, pendant la baisse du baromètre. Quand le centre de la dépression est passé et que le baromètre commence à remonter, le ciel se découvre par instants, les Cumulo-Nimbus apparaissent séparés, puis les Cumulus. Enfin le baromètre continuant à monter, devient bientôt stationnaire, les nuages disparaissent peu à peu ; le temps revient au beau.

Assurément, la météorologie n'est pas encore assez développée pour donner de grandes certitudes

sur la prévision du temps, mais certainement l'observation et surtout l'étude photographique des nuages, contribueront beaucoup à faire avancer cette partie si utile de la science.

Enregistreurs photographiques. — Nous ne parlerons pas des moyens très simples que l'on peut employer pour enregistrer à l'aide d'une pellicule sensible, les variations du baromètre, du thermomètre, de l'hygromètre, etc. Il existe pour tous ces instruments des enregistreurs mécaniques, à encres spéciales, qui donnent les meilleurs résultats avec le plus de simplicité possible.

L'amateur pourra tenter cependant de construire un petit appareil, pour enregistrer photographiquement la durée de la lumière solaire. Il suffira pour cela de transformer l'héliographe de Campbell, comme l'a fait M. Abney, en substituant une feuille de papier au ferro-prussiate à la feuille ordinaire.

De même on pourrait enregistrer les variations d'éclairement du ciel, en préparant une lame de verre sur laquelle on ferait, les uns à la suite des autres, 12 petits rectangles que l'on teinterait ensuite, de façon à réaliser une échelle graduée. On exposerait alors, derrière, une feuille de papier sensible, pendant un temps bien déterminé, et on observerait jusqu'où le papier enregistre une action lumineuse.

Pendant la nuit, on photographiera l'étoile polaire pendant un certain temps. Cette étoile tracera un arc de cercle plus ou moins développé, dont les in-

terructions marqueront les moments où le ciel boréal a été nuageux.

Déformations du soleil à l'horizon. — En photographiant le soleil près de l'horizon, on obtiendra souvent des images des plus curieuses, sur lesquelles on pourra observer outre la forme elliptique de

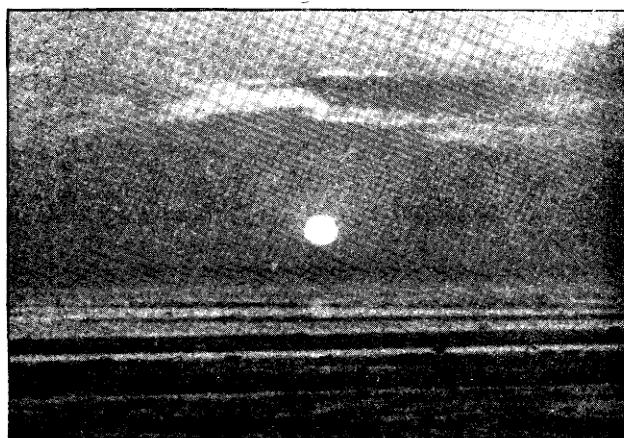


Fig. 23. — Déformation elliptique du soleil à l'horizon.

cet astre due, comme on sait, à la réfraction verticale (Fig. 23), des contours du disque très irréguliers produits par des réfractions inégales, principalement les jours où une certaine agitation règne dans les couches atmosphériques.

On pourrait tenter, croyons-nous, dans certains cas de vives colorations des nuages au coucher ou au lever du soleil, principalement au printemps ou

en automne, des essais de photographie en couleurs, par la méthode de M. Lippmann. Il faudra alors employer un objectif très volumineux, le planar de Zeiss par exemple.

Arborescences de la glace. — On sait que pendant les grands froids lorsque l'humidité de l'intérieur d'une chambre non chauffée arrive à se déposer sur les vitres, elle s'y congèle en prenant les formes les plus capricieuses. Tout le monde a pu admirer presque chaque hiver ces magnifiques *arborescences de la glace*.

Sur les grandes vitres des magasins particulièrement, si on porte un peu d'attention, on peut s'oublier quelques instants dans une admiration enthousiaste devant ces carreaux décorés, par les caprices de la gelée, des plus excentriques arabesques.

On croirait voir surgir soudain de minuscules forêts aux plantes extraordinaires enchevêtrées les unes dans les autres. Ici ce sont comme des palmiers aux feuilles élancées et retombantes, là c'est un véritable tapis de lichens ou de mousses fragiles et, bien souvent, ce sont des formes nouvelles d'une dentelle inimaginable que l'on dirait tissée par des mains invisibles. Ces mains habiles, nous le savons, ne sont autre chose que les merveilleuses lois physiques de la cristallisation et toute cette bizarre végétation en est le résultat.

Mr. James Leadbeater, de Rotherham, qui a fait pendant plusieurs années des études minutieuses de ces curieuses cristallisations, et en a pris de splendides photographies, a remarqué que leur forme était en rapport avec l'intensité du froid. Plus la gelée est forte et plus le caractère des cristallisations produites offre un relief puissant et plus épais.

Les vitres unies présentant une certaine résistance à l'action de la congélation, il s'opère un mouvement ondulant de la vapeur condensée qui cristallise ainsi, suivant des formes apparemment capricieuses.

Ces arborescences, ou fleurs de glace, comme on les appelle encore quelquefois, peuvent être photographiées assez facilement et nous engageons fortement tous les amateurs à en prendre quelques prototypes, dès quell'occasion se présentera. Si l'on en tire ensuite des diapositives, l'effet sera merveilleux, surtout si on les projette très agrandies avec un appareil de projection.

Pour mieux faire ressortir ces fines et transparentes cristallisations, il faudra opérer de la façon suivante. On disposera derrière le carreau, en dehors de l'appartement, et à une certaine distance, une grande étoffe noire. On se placera alors dans l'intérieur de la chambre, et on photographiera avec un bon rectilinéaire, en opérant suffisamment près, afin d'avoir une assez grande image. On obtiendra alors un prototype sur lequel les arborescences

éclairées par une lumière latérale, se détacheront nettement sur le fond sombre formé par l'étoffe

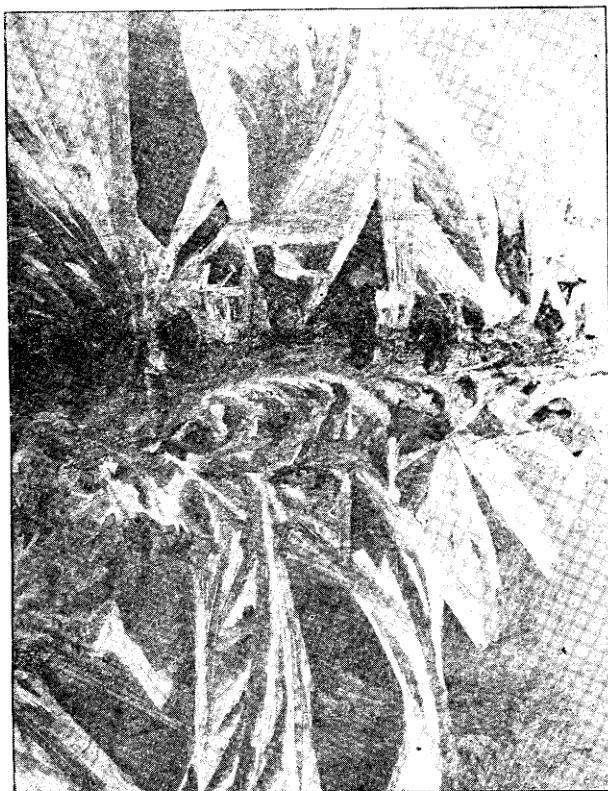


Fig. 24. — Arborescences de la glace.

noire extérieure. L'épreuve que nous présentons ici (fig. 24) a été obtenue de cette manière, peu de

temps après le lever du soleil, après une nuit assez froide (-12°), sur une vitre exposée au sud-ouest.

Eclairs. — M. Robert Haensel réussit le premier, il y a déjà quelques années, à photographier le phénomène si imposant de l'éclair. Il obtint en même temps, grâce à la vive lumière produite les détails du

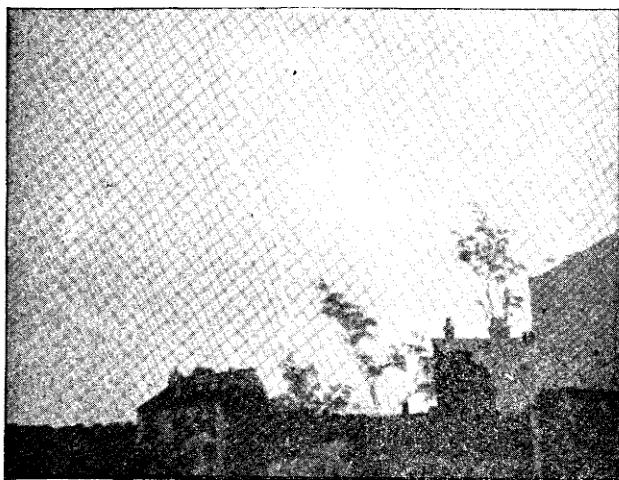


Fig. 25. — Eclairs entre les nuages et la terre, paysage, et put calculer la longueur de l'éclair, qu'il trouva de deux kilomètres environ.

On sait que l'éclair présente, en grand, absolument la même forme que l'étincelle électrique que l'on produit dans les laboratoires de physique. On peut dire, toutefois, que la photographie seule a permis de se rendre compte avec exactitude de sa structure. On peut voir représenté l'éclair, dans les

anciens ouvrages, et malheureusement encore dans certains livres modernes, comme un trait de feu en zigzag, à angles très aigus. Eh bien ! la plaque sensible, au contraire, révèle (fig. 25 et 26) une ligne assez régulière, à contours plutôt arrondis et sur laquelle se détachent parfois, à gauche et à droite, d'autres lignes satellites. Cela rappelle beau-

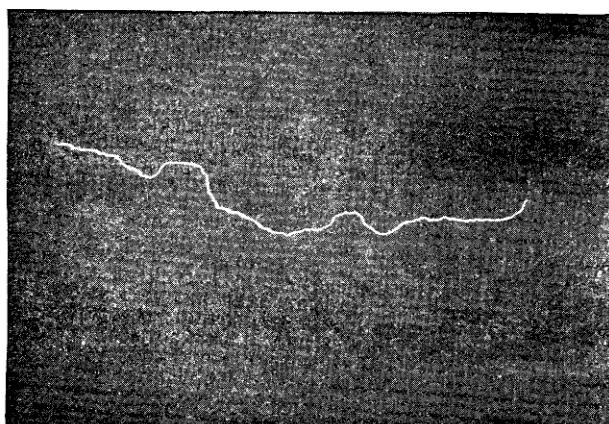


Fig. 26. — Eclair jaillissant entre deux nuages.

coup l'effluve qui se dégage au pôle positif (fig. 11, page 36). De plus, ce phénomène que l'on croyait absolument instantané, se produit dans un espace de temps marqué. C'est l'astronome regretté Trouvelot, dont nous avons déjà cité les belles expériences sur l'effluve, qui a le premier attiré l'attention sur ce sujet. En déplaçant à la main l'appareil photographique, il constata que l'image obtenue n'était

plus nette, mais formée de plusieurs traînées d'intensités différentes, réunies entre elles par des plages faiblement lumineuses. La largeur de cette trace rubanée était égale au déplacement de l'appareil pendant la durée de l'éclair.

M. L. Weber, plus tard, et plusieurs autres expérimentateurs ont corroboré complètement les recherches de Trouvelot.

Quelques éclairs étudiés photographiquement par M. L. Weber ont duré jusqu'à une demi-seconde.

Pour photographier les éclairs, on emploiera un objectif aplanétique et on opérera la nuit. Nous ne parlerons pas de l'ingénieux moyen employé par un savant américain pour photographier les éclairs *en plein jour*, et qui consiste à se servir de l'ébranlement produit par l'éclair lui-même sur un radio-conducteur particulier, pour déclencher automatiquement l'obturateur. Cela exige une installation spéciale. Mais pendant la nuit, rien de plus simple que d'essayer par un fort orage d'obtenir des phototypes intéressants. Il suffit de diriger l'appareil photographique ordinaire vers la région du ciel d'où semble partir le plus grand nombre d'éclairs et de découvrir l'objectif. Quand un éclair a jailli dans la région braquée, on couvre l'objectif et on développe la plaque. On peut même enregistrer plusieurs éclairs sur la même plaque et obtenir ainsi un cliché qui donnera à tous ceux qui l'examineront un effroi facile à comprendre. En projection surtout, l'effet sera extraordinaire et terrifiant.

Quand les éclairs sont très brillants, ils illumineront suffisamment le paysage pour qu'il puisse venir au développement, quelquefois même avec beaucoup de détails.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
CHAPITRE I. — Appareils et Procédés.	5
CHAPITRE II. — Pesanteur.	11
Lois de la chute des corps.	11
Photographie des projectiles.	14
Pendule.	19
CHAPITRE III. — Hydrodynamique	21
Roulis des navires.	23
CHAPITRE IV. — Acoustique.	25
Analyse des sons.	25
CHAPITRE V. — Optique.	29
Orthochromatisme.	29
Spectrographie.	32
CHAPITRE VI. — Electricité.	35
Spectre magnétique.	35
Etincelles électriques. Effluves.	37
Tubes de Geissler.	41
Rayons X.	41
CHAPITRE VII. — Météorologie	45
Nuages	46
Enregistreurs photographiques	61
Déformations du soleil à l'horizon	62
Arborescences de la glace	63
Eclairs.	66

Imp. Désiré ANTOINE, Saint-Quentin. — 4767