

Auteur ou collectivité : Gastine, Louis

Auteur : Gastine, Louis (1868-1935)

Titre : La chronophotographie sur plaque fixe et sur pellicule mobile

Adresse : Paris : Gauthier-Villars et fils : Masson et Cie, [1897?]

Collation : 1 vol. (172-[16]-16 p.) : ill., diagrs. ; 19 cm

Cote : CNAM-BIB 12 Ke 196

Sujet(s) : Chronophotographie ; Analyse du mouvement ; Photographie d'action et de mouvement

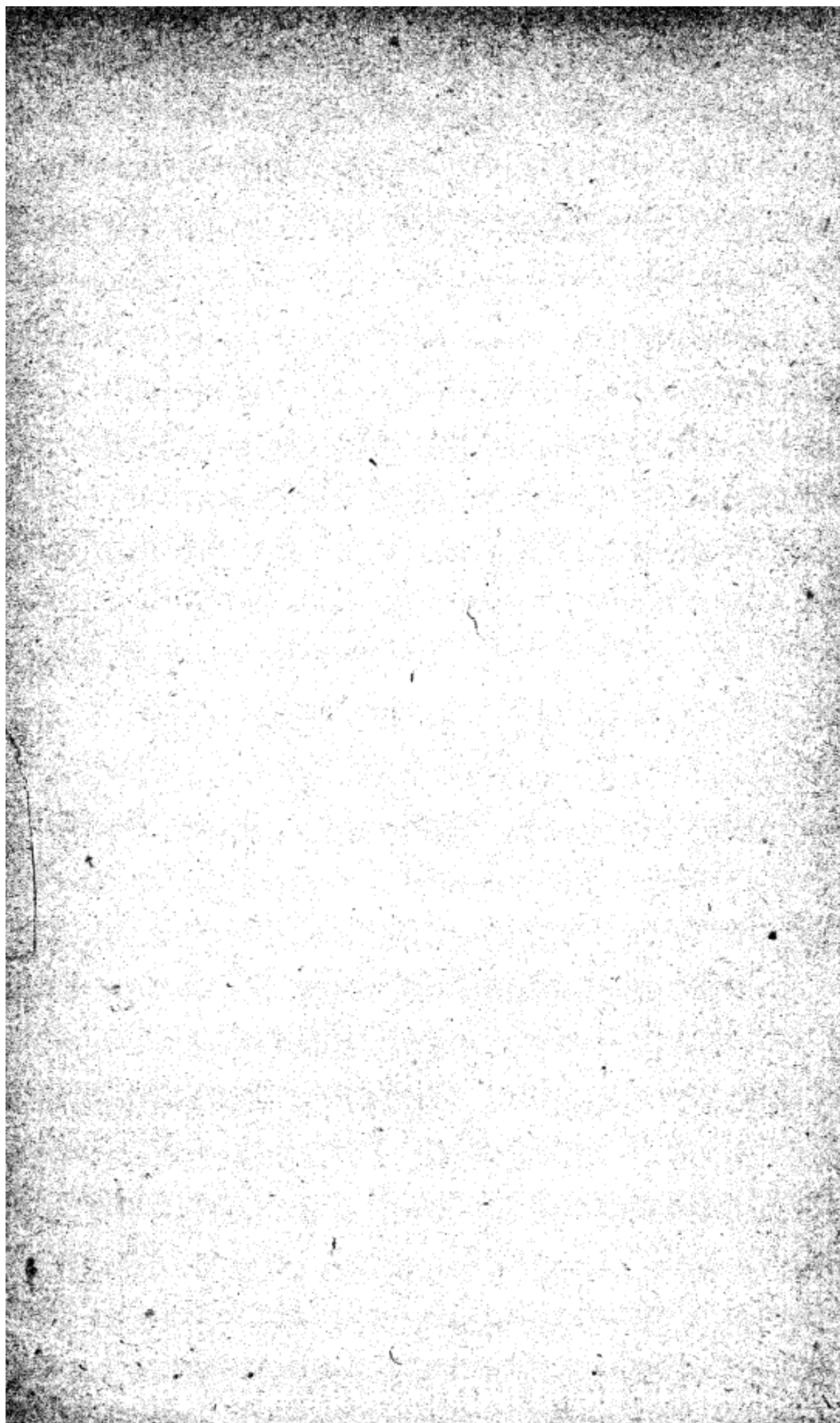
Langue : Français

Date de mise en ligne : 03/10/2014

Date de génération du PDF : 26/9/2017

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?12KE196>





Le P. B. B. B.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

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



L. GASTINE — La Chronophotographie

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° 185 B

12^e Ke 196

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LA
CHRONOPHOTOGRAPHIE

SUR

PLAQUE FIXE ET SUR PELLICULE MOBILE

PAR

LOUIS GASTINE

Commissaire organisateur et Membre du Jury supérieur
de la première Exposition internationale de Photographie
à Paris en 1892

PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

INTRODUCTION

La chronophotographie est une méthode de représentation exacte de la durée et de la succession des mouvements.

Étant donné un être ou un objet, une masse quelconque qui se déplace, comment cette chose quelconque se meut-elle ; dans quel espace de temps ; de quelle quantité ; de quelle manière?... la chronophotographie résout ce problème.

C'est donc à la fois un procédé de recherche, d'analyse, et un moyen d'enregistrement, de constatation, de contrôle des mouvements, qui, en ayant la photographie pour base, ne peut comporter aucune erreur d'exécution et ne peut être suspect de mensonge ; en d'autres termes, *c'est une méthode sûre et qui fait foi.*

A ce double titre, elle a son application presque obligatoire dans toutes les études scientifiques où le mouvement est un état de la matière dont il faut tenir compte et, bien que de très nom-

breuses utilisations en aient été déjà faites, on peut dire qu'elle ne semble jusqu'ici qu'au début de l'extension qu'elle est appelée à prendre.

Relativement récente, d'ailleurs, comme la photographie dont elle dérive, elle a subi des perfectionnements considérables en peu de temps et devra en subir encore bien d'autres, puisqu'elle doit s'adapter d'une façon particulière à chacune de ses applications distinctes.

Mais l'histoire de ses modifications est à connaître, justement parce qu'elle donne en quelque sorte la clef des adaptations nouvelles à prévoir. Tout en ayant pour but de décrire ici ce qu'est actuellement cette méthode, nous commencerons donc par résumer ce qu'elle a été depuis son origine et par retracer succinctement ses principales transformations.

PREMIÈRES APPLICATIONS
DE LA PHOTOGRAPHIE
A L'ÉTUDE DES MOUVEMENTS

L'origine de l'étude des mouvements est fort ancienne, mais les premières applications de la photographie à cette étude sont naturellement récentes puisque la photographie est elle-même une découverte contemporaine (1816) et que son emploi n'a guère commencé à se généraliser que depuis trente et quelques années (1860).

L'une des plus anciennes applications connues date, en effet, de 1865. On la doit à MM. Onimus et Martin qui eurent l'idée d'examiner et de contrôler les mouvements du cœur au moyen d'un appareil photographique de la façon suivante :

Ayant attaché un animal vivant, pour le rendre immobile, et lui ayant mis le cœur à nu, ils photographièrent cet organe *en mouvement* ; c'est-à-dire en laissant l'objectif de l'appareil ouvert pendant le temps nécessaire pour l'obtention d'une image convenable ; ce qui ne laissait pas que de représenter une durée assez grande, car, les plaques rapides au gélatino-bromure d'argent employées aujourd'hui n'étaient pas encore soupçonnées à cette époque.

Un certain nombre de pulsations du cœur de l'animal se produisaient donc pendant ces expériences photographiques, plusieurs fois répétées pour les nécessités du contrôle, et toutes les images ainsi obtenues offraient un double contour correspondant aux deux instants où le cœur se présentait dans son état de plus grande dilatation et de plus grande rétraction. A ces deux périodes extrêmes (réplétion et vacuité) le mouvement du cœur a un ralentissement, presque un arrêt, pendant lequel sa forme peut impressionner la plaque sensible plus fortement que pendant les mouvements intermédiaires.

Ainsi les deux contours nets des photographies de MM. Onimus et Martin représentaient exactement la proportion du gonflement et du rétrécissement du cœur pendant ses pulsations, c'est-à-dire deux phases importantes de son mouvement.

Cette première application chronophotographique, si rudimentaire qu'elle fût, méritait d'être retenue car elle peut avoir son utilisation dans tous les cas où il suffirait de connaître l'amplitude d'un mouvement rythmé (oscillations, vibrations, etc.).

Photographié de cette manière devant un fond noir, un objet blanc ou clair accomplissant un

mouvement laisse deux images particulièrement accusées de ses deux aspects extrêmes, tandis que les phases intermédiaires de ce mouvement n'ayant pas laissé de traces nettes ne nuisent en rien à l'examen des images opposées.

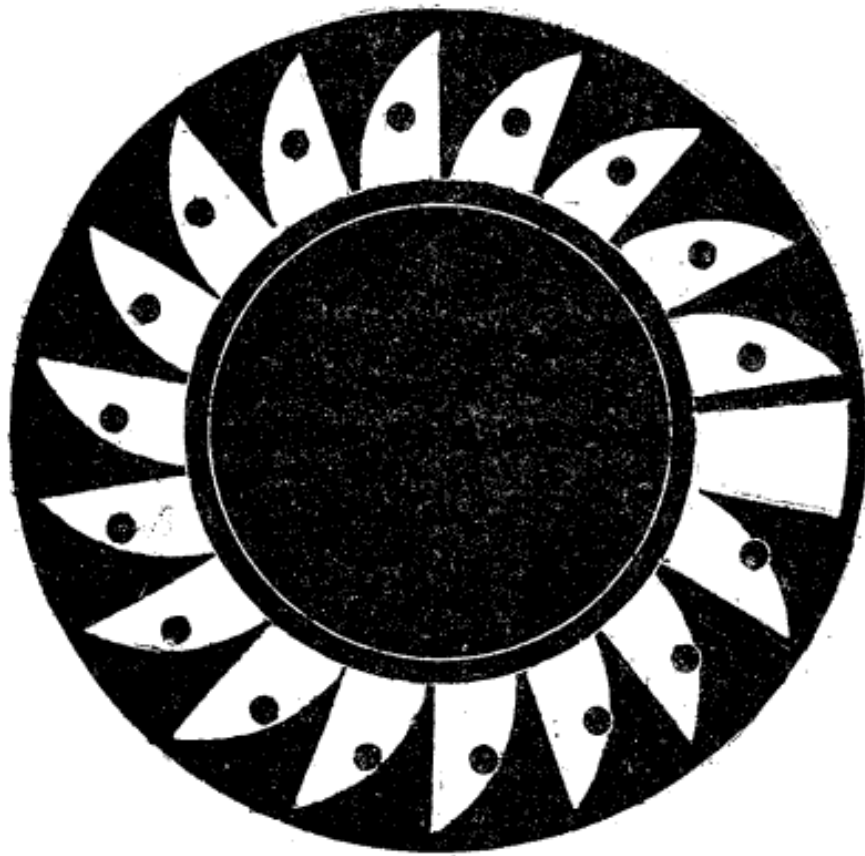
Du procédé chronophotographique élémentaire de MM. Onimus et Martin à l'idée de prendre une série de vues successives d'un même corps en mouvement, il n'y avait qu'une nuance, mais la portée de cette nuance était énorme. Ce fut M. Janssen qui, en 1874, pour l'observation du passage de Vénus devant le soleil, réalisa le premier ce grand progrès avec un instrument prenant automatiquement des vues à des intervalles de temps égaux (soixante-dix secondes d'intervalles).

La photographie alors vulgarisée et possédant avec les nouvelles couches sensibles perfectionnées une excessive rapidité d'action, permettait du reste des combinaisons mécaniques (telles que l'obturation instantanée, par exemple) sans lesquelles l'exécution de toute série chronophotographique eût été impossible.

Avec cette nouvelle propriété, au contraire : la *rapidité extrême*, l'étude des mouvements par la photographie devenait réalisable de plus d'une façon.

En effet, tandis que M. Janssen, dans ses observations de Vénus avec le *revolver astronomique*, utilisait le déplacement d'une plaque photographique circulaire tournant autour de son centre pour prendre à des intervalles réguliers de très

Fig. 1



rapides photographies de la silhouette faite par Vénus sur le soleil ((fig. 1), Muybridge (de San-Francisco), quelques années plus tard, au lieu d'appliquer le *revolver astronomique* à l'étude

des mouvements des animaux, comme l'avait indiqué M. Janssen, en 1878, créait un dispositif tout différent mais dans lequel la rapidité des plaques et, par suite, la rapidité de l'obturation de l'objectif de l'appareil, étaient le point de départ fondamental de son procédé.

Les animaux dont M. Muybridge voulait étudier les mouvements passaient sur une piste tracée devant un plan incliné formant écran et orienté de façon à réfléchir la lumière solaire pour augmenter, par contraste lumineux, l'intensité des silhouettes à reproduire.

En face de cet écran, une série d'appareils photographiques placés de façon à viser ensemble tous les points de la piste et de l'écran étaient d'avance chargés de plaques sensibles.

En travers de la piste des fils électriques ten-

Fig. 2



us commandaient des électro-aimants qui maintenaient fermés les obturateurs des appareils ;

de telle sorte qu'en parcourant cette piste à une allure quelconque l'animal rompait successivement les fils tendus et déterminait lui-même, automatiquement, l'ouverture instantanée des objectifs.

Enfin, de nombreuses divisions, équidistantes (0^m,58), tracées sur le plan incliné, se trouvaient naturellement reproduites avec la silhouette dans les clichés et servaient à mesurer les déplacements des membres et de l'ensemble des animaux observés.

Au début de ses essais, M. Muybridge n'obtenait que des *silhouettes* nettes, parce qu'il n'employait que des plaques préparées au collodion humide. Plus récemment, les plaques extra-rapides au gélatino-bromure d'argent lui ont donné des résultats très supérieurs et tout à fait remarquables.

Enfin, pendant les dernières années qui viennent de s'écouler, par la même méthode que M. Muybridge ⁽¹⁾, M. Ottomar Anschütz (de Lissa), a fait une très belle collection d'études

(1) On retrouvera la description complète des travaux de Muybridge dans un ouvrage du Dr J. D. B. Stillmann (*The horse in motion*, London, 1882) publié sous les auspices de M. Stanford, ancien gouverneur de la Californie.

des mouvements de l'homme et des animaux.

Cependant, peu de temps après les premiers travaux de Muybridge, M. E. J. Marey, professeur au Collège de France, qui avait suivi les expériences de San Francisco, avec d'autant plus d'intérêt qu'il étudiait lui-même au moyen d'appareils d'enregistrement spéciaux les mouvements des animaux et particulièrement le vol des oiseaux, crut devoir conseiller à M. Muybridge, d'appliquer son procédé d'analyse à l'aviation.

L'éminent Américain se rendit aussitôt à ce désir, et dès 1881, il apportait à Paris, à M. Marey, plusieurs clichés de pigeons pris au vol en $\frac{1}{500}$ de seconde.

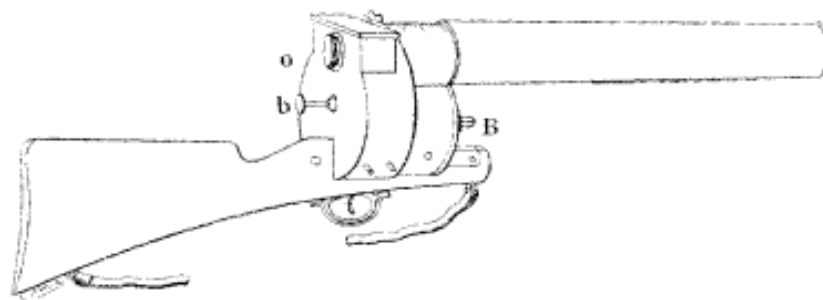
Quoique n'indiquant pas la succession des mouvements de l'oiseau, ces images étaient précieuses, parce qu'elles confirmaient l'exactitude de nombreuses attitudes nouvelles que la méthode graphique imaginée par le savant professeur du Collège de France lui avait fait déjà prévoir.

Mais, bien que fort instructives, ces images étaient loin de présenter l'intérêt des précédentes études de Muybridge sur l'homme et sur les quadrupèdes, parce qu'elles n'avaient pas été faites en séries comme ces dernières; puisque dans l'impossibilité de diriger exactement le vol des

pigeons, l'expérimentateur n'avait pu, comme pour le cheval, par exemple, leur faire provoquer l'ouverture d'une série d'objectifs.

Pour réaliser la série photographique, seule capable de fournir un document d'étude important, M. Marey entreprit alors la construction d'un appareil spécial et, en adoptant le principe du *revolver astronomique* de M. Janssen, créa une sorte de fusil (*fig. 3*) avec lequel on visait

Fig. 3

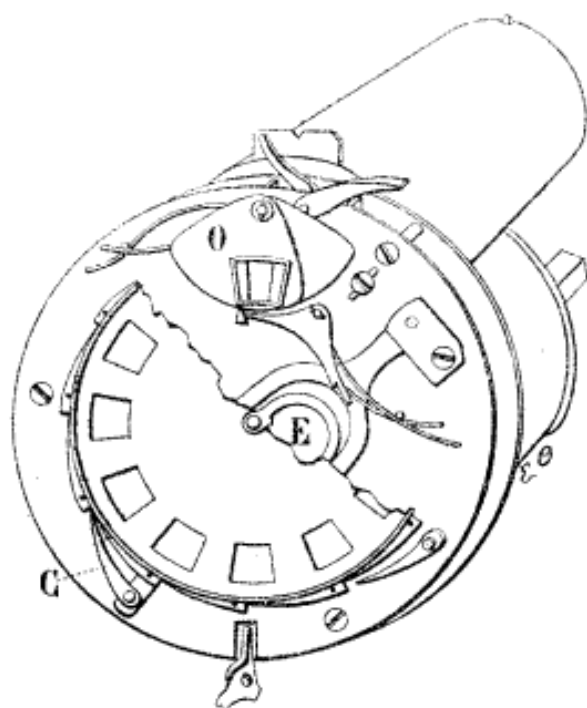


l'oiseau pendant une partie de son vol. Dans cet instrument, le canon du fusil, très grossi, servait à la visée et contenait l'objectif. A la place de la batterie, une chambre noire cylindrique à mécanisme automatique, logeait une plaque sensible ronde ou octogonale, qui tournait sur elle-même, et un obturateur tournant commandé par un fort mouvement d'horlogerie (*fig. 4*).

L'oiseau étant visé, le déclenchement de la détente du fusil mettait le mouvement d'horlogerie en marche, et, par une suite de petits déplace-

ments de la plaque sensible, déplacements coupés d'arrêts, pendant lesquels agissait l'obturateur,

Fig 4



douze images successives se trouvaient prises en une seconde de temps sur tout le pourtour de la plaque.

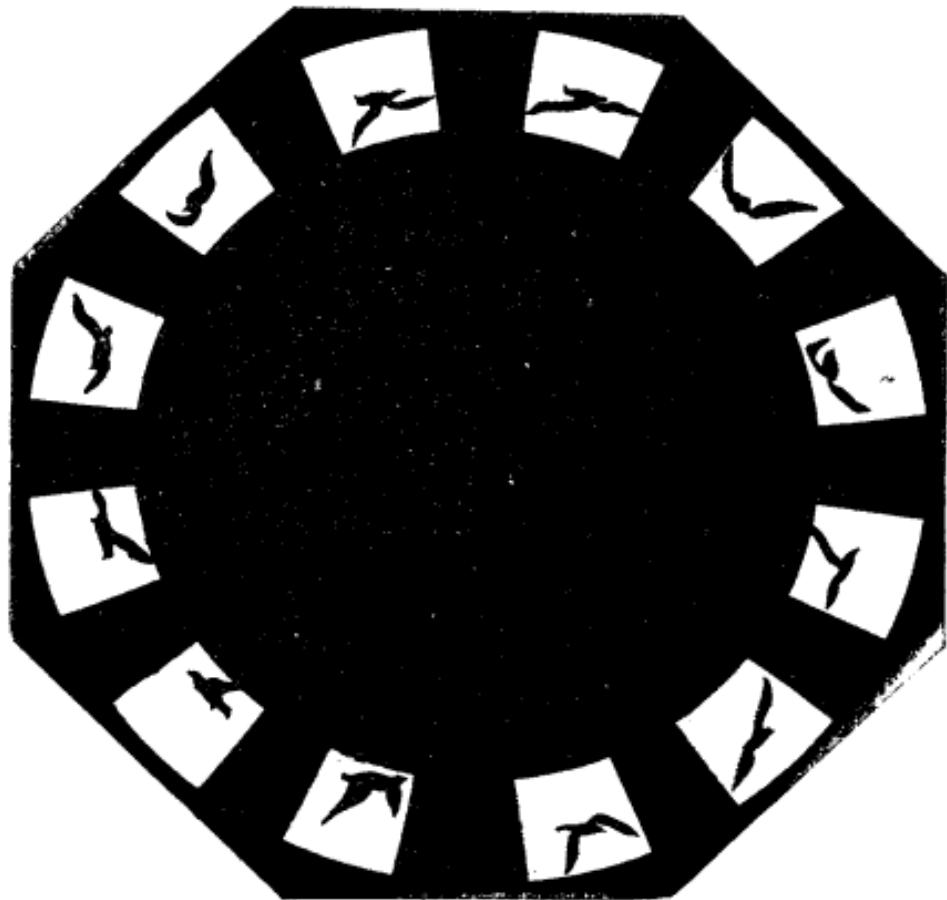
Avec ce fusil, chacune des images photographiques était faite en $\frac{1}{720}$ de seconde et donnait des renseignements précis mais encore trop incomplets sur les mouvements du vol. En outre, les images fort petites ne supportaient qu'un faible grossissement (*fig. 5*).

A plusieurs reprises, divers inventeurs ont

tenté de résoudre le problème de l'étude des mouvements avec des appareils multiples comportant plusieurs objectifs qui opèrent successivement.

Tels sont, par exemple, les appareils du général Sebert (pour l'observation des torpilles), et de

Fig. 5



M. A. Londe, chef du Service photographique de la Salpêtrière. L'instrument imaginé par ce dernier n'a pas moins de douze objectifs disposés

sur une seule chambre à douze compartiments qui renferment les douze glaces à impressionner.

Comme aspect, il diffère absolument du dispositif très encombrant de Muybridge, mais il est basé sur le même principe et possède les mêmes défauts : si l'on photographie un corps un peu rapproché et de faible volume avec un tel appareil, les images, prises de points différents, ne sont pas comparables entre elles, et de plus, on conçoit qu'il est bien difficile, même à grands frais, dans l'état actuel de l'industrie optique, de construire douze objectifs assez parfaitement semblables pour donner les mêmes résultats.

En résumé, tous les essais d'application de la photographie à l'étude des mouvements que nous venons de citer brièvement, marquent des étapes intéressantes et utiles à retenir parce que dans des applications futures différentes, elles pourraient peut-être, modifiées, servir de point de départ à des dispositifs plus satisfaisants ; mais pour les applications réalisées jusqu'à ce jour, elles ne convenaient pas autant que les instruments qu'il nous reste à décrire plus en détail et que nous ramènerons à deux types distincts correspondant à deux utilisations particulières : La *chronophotographie sur plaque fixe* pour les corps qui se déplacent plus ou moins vite d'un

point à un autre, et la *chronophotographie sur plaque mobile ou pellicule mobile* pour les mouvements qu'un corps peut avoir sans translation sensible de sa masse ⁽¹⁾.

(1) En créant la méthode chronophotographique, M. Marey lui avait donné le nom de « photochronographie », mais, quoique moins normale, c'est la désignation du Congrès photographique de 1889 qui a prévalu et que nous maintiendrons, M. Marey lui-même l'a acceptée.

CHAPITRE PREMIER

CHRONOPHOTOGRAPHIE SUR PLAQUE FIXE

1. Théorie de la chronophotographie. —

On sait que si l'on vise avec un appareil photographique convenablement orienté, c'est-à-dire en tournant le dos au soleil, un champ complètement obscur, même après une pose d'une certaine durée, la plaque sensible n'ayant reçu aucune impression lumineuse, ne porte aucune image.

Mais si, devant ce champ obscur, on interpose, entre lui et l'appareil, un corps vivement éclairé, l'image de ce corps (et de ce corps seul) se trouve reproduite sur la plaque.

En conséquence, si, devant ce même champ obscur, on lance un objet brillant au soleil comme une boule de métal poli, l'image de cette boule sera reproduite aussi sur la plaque mais

sous la forme d'une trainée ou plutôt d'un trait courbe brillant représentant la trajectoire de la boule, puisqu'elle aura impressionné, en passant, d'une façon continue, tous les points de la plaque sur lesquels l'objectif aura renvoyé les

Fig. 6



rayons lumineux réfléchis par elle (*fig. 6*, ligne supérieure).

Mais si, au lieu de laisser l'objectif ouvert pendant toute la durée du passage de la boule devant le champ obscur, on ouvre et l'on ferme successivement un grand nombre de fois ce même objectif pendant cette même durée, au lieu d'un trait brillant, des points, correspondant à chaque ouverture de l'objectif, représenteront la trajectoire de l'objet lancé. Or, cette série de points fournira des renseignements complets sur la marche dans l'espace du mobile observé si les obturations de l'objectif ont été

faites à des intervalles de temps rigoureusement égaux et si ces intervalles, d'une durée connue, ont été assez courts pour que, sans se confondre les unes avec les autres, les images soient pourtant aussi rapprochées que possible sur la plaque sensible. La trajectoire ainsi formée d'une série d'images successives du mobile en mouvement sera la *trajectoire chronophotographique* qu'on pourra facilement analyser à l'aide de divers moyens de mesure ou de comparaison qui seront ultérieurement exposés (*fig. 6*, ligne inférieure).

Pour obtenir sur plaque fixe la chronophotographie d'un corps animé d'un mouvement de translation d'un point à un autre, il faut donc, en d'autres termes : 1° employer un dispositif tel que l'image seule de ce corps soit reproduite sur la plaque sensible ; 2° réaliser avec l'appareil photographique des obturations successives du reflet du corps, obturations toujours à intervalles égaux d'une brièveté extrême.

L'utilisation d'un champ obscur est un des moyens de satisfaire à la première de ces deux conditions lorsqu'il s'agit de reproduire les mouvements d'objets clairs ou brillants ; quant à la seconde, ce qui permet de la remplir, c'est un mécanisme d'obturation extra-rapide que nous

allons décrire avant d'expliquer la disposition du champ obscur et les moyens de l'utiliser.

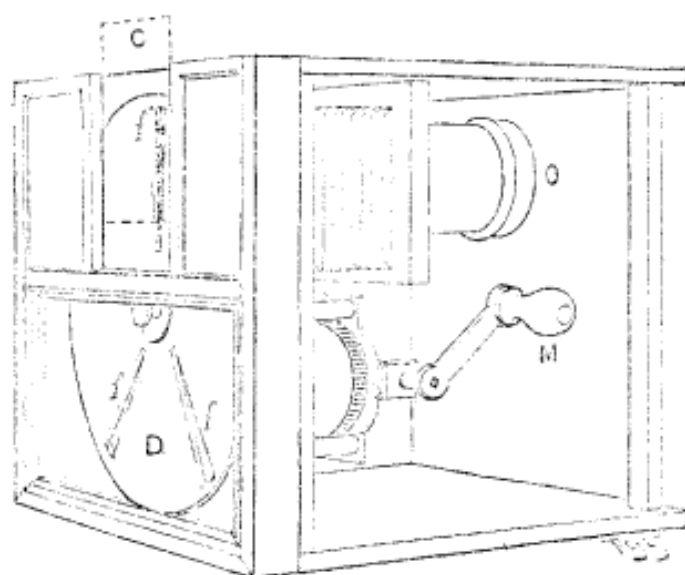
2. Description du premier appareil de M. Marey pour la chronophotographie sur plaque fixe. — La réalisation des deux conditions fondamentales que nous venons de faire connaître (§ 1) pour la chronophotographie sur plaque fixe est due à M. le professeur Marey et nous reproduisons ci-après, suivant son remarquable traité sur le *Mouvement*, la figure du premier appareil chronophotographique imaginé par lui parce qu'en sa simplicité, il fera plus aisément comprendre le principe du mécanisme créé par l'inventeur et maintenu dans les autres appareils plus perfectionnés, construits depuis sur ses plans.

Cet appareil se compose, comme on le voit par la *fig. 7*, ainsi que tous les appareils photographiques, d'un objectif O et d'une chambre noire à soufflet renfermés dans le haut d'une boîte dont la partie inférieure est occupée par un mécanisme de transmission de mouvement agissant au moyen d'engrenages.

Ce mécanisme a pour but de mettre en rotation rapide, par une manivelle M, un large disque D jouant à la fois le rôle de volant et d'obturateur. Quant, après plusieurs tours, ce

disque D, fortement lancé à la main par l'intermédiaire de la manivelle M, a acquis une grande rapidité de rotation, cette rotation se trouve réglée par un régulateur joint au mécanisme de transmission des mouvements et la marche du disque reste uniforme pendant toute la durée,

Fig. 7



d'ailleurs fort courte, de l'opération photographique proprement dite.

De place en place le disque D porte des fentes ou fenêtres *f. f. f.*, percées à égales distances les unes des autres. Enfin, tout contre le disque, à l'arrière de l'appareil, se place, en C, le châssis négatif contenant la plaque sensible.

Or, les fenêtres *f* ayant pour but de laisser

passer la lumière, ou pour mieux dire le reflet des objets visés, par l'intermédiaire de l'objectif, jusqu'à la plaque sensible, on comprend que si le disque est mis en rotation, il constitue contre la plaque un véritable système d'obturation et d'éclairements successifs d'autant plus rapides qu'il y aura sur le disque un plus grand nombre de fenêtres /; que ces fenêtres seront plus étroites, et que la rotation du disque sera plus prompte.

En raison de ces alternatives d'éclairement et d'obturation, la plaque sensible reçoit à chaque passage d'une des fenêtres du disque une nouvelle image représentant le mobile visé dans la position qu'il occupe au moment du passage de cette fenêtre et comme, entre le passage de deux fenêtres, il s'est déplacé, le résultat total est une série d'images telles que celles de la *trajectoire chronophotographique* de la boule prise comme exemple dans la théorie de la méthode précédemment énoncée.

Avec l'appareil que nous venons de décrire l'intervalle entre la prise de deux images était primitivement de $\frac{1}{10}$ de seconde et la durée du passage de la fenêtre, c'est-à-dire de l'éclairement de $\frac{1}{500}$ de seconde seulement.

Depuis, des images plus fréquentes et prises

en une durée de temps bien moindre encore ont été obtenues avec divers perfectionnements de ce premier appareil, mais le principe de l'instrument est resté le même et n'avait pas d'ailleurs à être changé puisqu'il remplissait rigoureusement les conditions requises par la théorie chronophotographique.

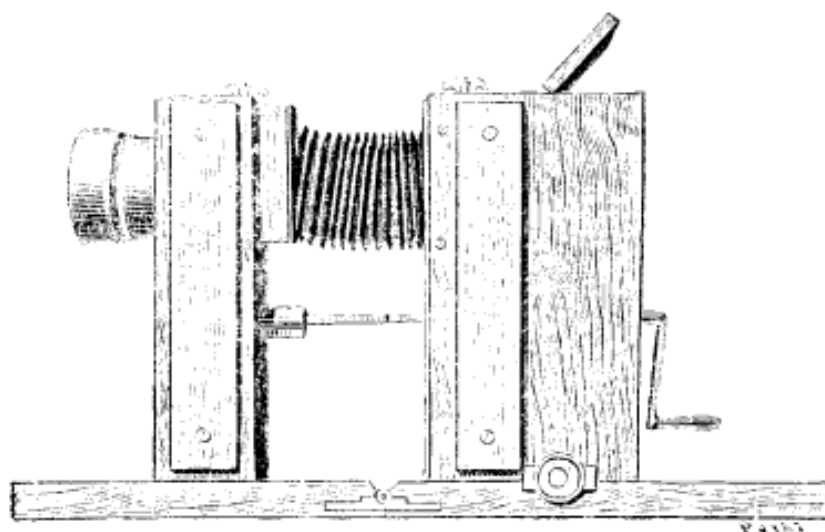
3. Le chronophotographe Marey. — Après diverses modifications, l'appareil du début que nous venons de décrire est devenu le chronophotographe actuel qui réunit toutes les conditions nécessaires pour la chronophotographie sur plaque fixe et sur pellicule mobile. Nous exposerons plus loin comment cette seconde application est résolue, mais pour le moment nous nous bornerons à l'analyse du chronophotographe en ne le considérant qu'au point de vue de la chronophotographie sur plaque fixe.

L'appareil complet se compose de deux parties, comme le montre la *fig. 8* : à gauche, un avant-corps portant l'objectif et à droite, un arrière-corps relié au premier par le soufflet de la chambre noire. arrière-corps qui renferme simplement le châssis négatif pour la chronophotographie sur plaque fixe, mais qui loge, en outre, au besoin, le mécanisme spécial nécessaire pour le déroulement des pellicules sensibles dans les

applications de chronophotographie sur pellicule mobile.

Pour la mise au point, l'arrière-corps avance ou recule sur des rainures ou rails au moyen d'une crémaillère et d'un pignon qu'actionne un

Fig. 8



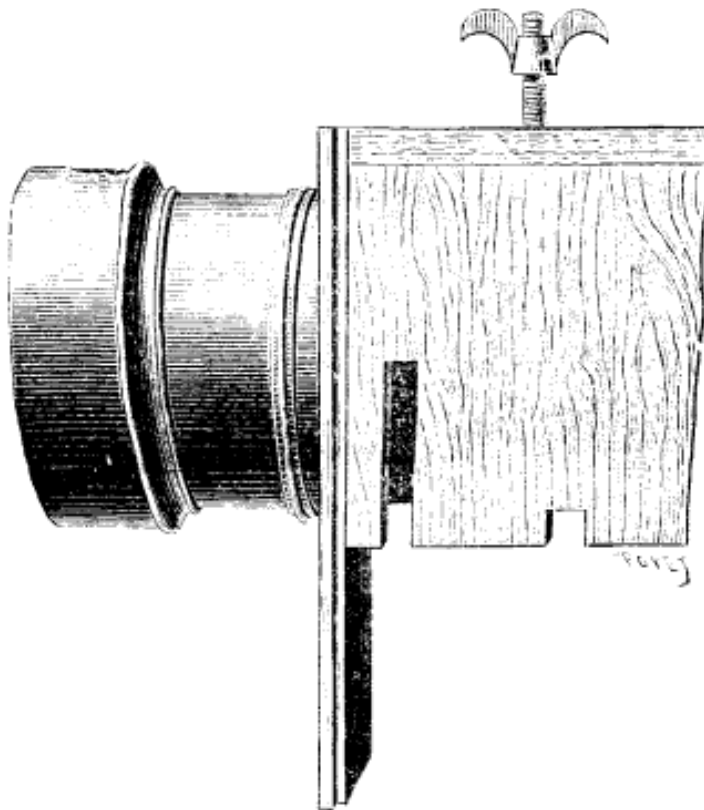
bouton visible à la base de cet arrière-corps.

A la partie supérieure de l'avant-corps, l'objectif est à moitié contenu dans une boîte coulisant à frottement dans cet avant-corps et l'on remarquera que cette boîte de l'objectif est percée à l'avant et au-dessous d'une fente qui coupe en deux l'objectif perpendiculairement à son axe optique principal (*fig. 9*).

Cette fente est réservée pour le passage des disques fenestrés qui produisent en tournant les

obturations intermittentes régulières dont nous avons déjà parlé. Mais, tandis que dans le premier appareil de chronophotographie sur plaque fixe, un seul disque assurait ces obturations,

Fig. 9

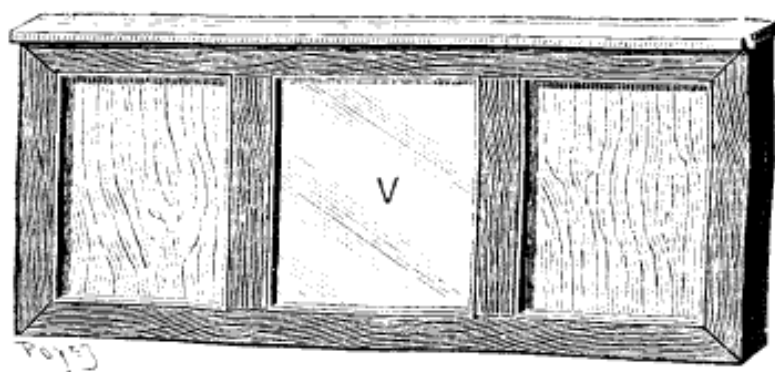


dans le chronophotographe les intermittences d'éclairement sont données par deux disques fenestrés tournant en sens contraire et ce sont les rencontres des ouvertures qui produisent les éclaircissements. Grâce à cette disposition perfectionnée, les éclaircissements sont beaucoup plus

brefs, plus multipliés, et les disques ont pu être assez réduits pour laisser à l'appareil un volume très maniable puisqu'il est à peu près égal à celui d'une chambre noire ordinaire de 30×40 .

Dans la partie supérieure de l'arrière-corps se glisse, par une rainure, le châssis à verre dépoli

Fig. 10

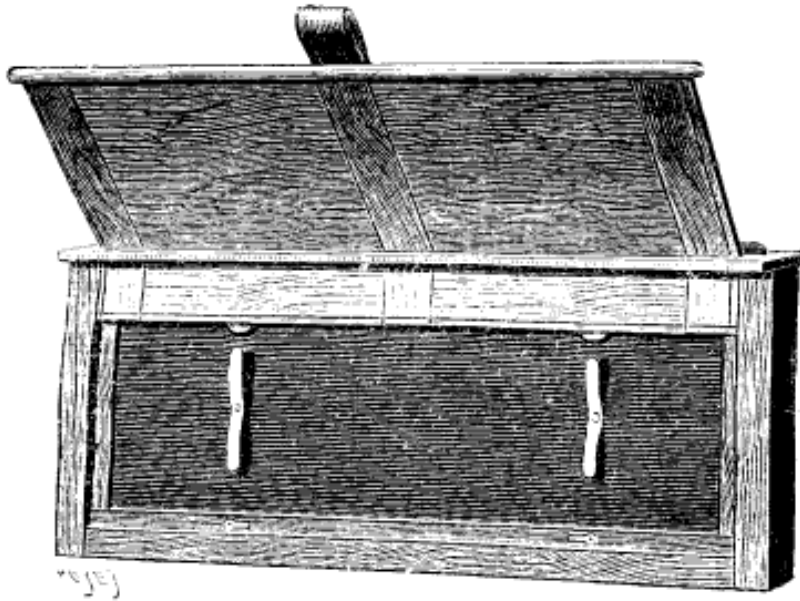


pour la mise au point ou le châssis négatif contenant la glace sensible (*fig. 10*).

Enfin, le mécanisme du rouage actionnant les disques au lieu d'être mis en mouvement par une manivelle adaptée sur un des côtés de l'appareil, comme dans le premier instrument décrit (p. 22 et suivantes), affecte une autre disposition entraînée par la forme même du chronophotographe : la manivelle est derrière le second corps de l'instrument et son arbre le traverse pour rejoindre l'avant-corps au-dessous du soufflet. Mais comme les deux corps s'éloi-

gnent ou se rapprochent suivant les différences de mises au point très grandes que le chronophotographe comporte, il a fallu rendre cet

Fig. 11



arbre extensible ou réductible. A cet effet, il a été formé de deux tubes carrés coulissant l'un dans l'autre, de quantités variables à volonté, *télescopiquement*.

4. Mesures et comparaisons des images chronophotographiques. — On a vu dans l'exposé des *premières applications de la photographie à l'étude des mouvements* (p. 7 et suivantes) que M. Muybridge avait eu l'idée de tracer sur le plan incliné servant d'écran des gradations qui, en se trouvant reproduites dans

les clichés en même temps que les images des animaux en marche, fournissaient un moyen d'apprécier exactement l'amplitude des mouvements exécutés dans un temps donné.

C'est à l'aide d'un procédé analogue que M. Marey détermine, plus pratiquement encore, les mesures indispensables dont il s'agit.

Devant le champ obscur visé par l'appareil, une suite de divisions métriques très visibles sont tracées dans le même plan que doit parcourir le mobile observé, de telle sorte que cette échelle métrique, reproduite en même temps que le mobile sur la plaque sensible, sert à mesurer la grandeur réelle de l'objet et les espaces qu'il a parcourus entre chaque dixième de seconde. Afin de simplifier ensuite ou même de supprimer les calculs résultant de la réduction photographique de l'image chronophotographique, on peut grandir celle-ci à l'aide d'une lanterne à projection et l'amener même jusqu'aux dimensions exactes du sujet observé ; dans ce dernier cas, il n'y a qu'à lire directement, sans faire aucun calcul, les divisions de l'échelle métrique, également ramenées à leurs dimensions vraies.

Le mouvement de rotation du disque dont la vitesse est connue sert, d'autre part, à dé-

terminer le *temps* et les fractions du temps pendant lequel le mouvement chronophotographié s'est accompli. Cette mesure de la durée est aussi exacte que la régularité du mouvement de rotation du disque et dans presque tous les cas parfaitement suffisante.

Néanmoins, M. Marey a encore recours à un autre moyen d'appréciation plus délicat pour les expériences exigeant une extrême précision. L'emploi des vibrations du diapason, qui lui avait servi déjà pour contrôler la vitesse de déroulement du papier dans l'inscription mécanique des mouvements avec les appareils de son invention ⁽¹⁾, lui suggéra l'idée du *cadran chronométrique* qui complète d'une façon si précieuse ses appareils de chronophotographie.

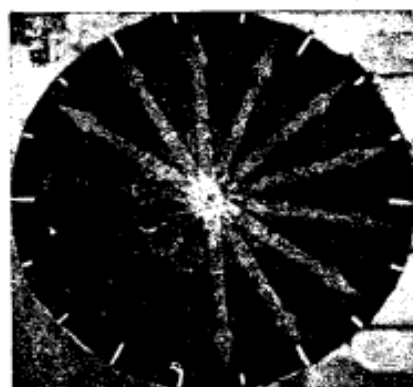
5. Cadran chronométrique. — Le mécanisme dont il s'agit se compose, comme son nom l'indique, d'un cadran noir (velours) gradué de traits blancs devant lequel tourne un indicateur blanc semblable aux aiguilles des anciennes horloges (*fig. 12*). Cet indicateur est actionné par un mouvement d'horlogerie et.

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

pour que sa marche soit toujours absolument uniforme, le mouvement d'horlogerie est muni d'un régulateur Foucault.

En une seconde et demie l'indicateur fait le tour complet du cadran qui porte dix-huit divisions, ce qui représente $\frac{5}{60}$ de seconde pour le temps de parcours de chaque intervalle division-

Fig. 12



naire par la pointe de l'indicateur.

Si l'obturateur de l'appareil chronophotographique n'est pas assez rapide, les images successives qu'il donne de l'aiguille ou indicateur du cadran en marche

ne sont pas nettes. Si la vitesse de l'obturateur est, au contraire, suffisante, les pointes même des images de l'indicateur apparaissent nettement sur le cadran comme dans la *fig. 12*. Or, cette netteté des images, toujours obtenue avec les obturateurs à disques fenestrés précédemment décrits (§ 2), donne le moyen de mesurer exactement la quantité de temps écoulée entre deux éclairissements successifs, seule mesure nécessaire, la durée de l'éclairement lui-

même étant trop courte pour qu'on puisse l'apprécier utilement.

La vitesse du mouvement de l'indicateur sur le cadran étant connue, suffit pour fournir une appréciation précise du temps dans l'observation chronophotographique, car, quelle que soit la vitesse imprimée au disque fenestré cette vitesse sera toujours indiquée par les images de l'indicateur chronophographiées sur le cadran, en même temps que les sujets reproduits à côté de lui.

Si la vitesse du disque obturateur est modérée, le cadran ne portera pas un grand nombre d'images de l'indicateur et ces images seront, au contraire, très multipliées si la vitesse de ce disque est très grande. Mais, dans tous les cas, la mesure des espaces compris entre chaque image de l'indicateur sur le cadran pourra être rapportée aux divisions de ce cadran, qu'on sait être parcouru en 5'' par l'indicateur et fournira donc ainsi une indication du temps écoulé entre la formation de chaque image du mobile chronophographié en même temps que le cadran ; c'est-à-dire la mesure exacte du temps que le mobile a mis à parcourir l'espace pendant l'opération chronophotographique.

Le cadran chronométrique d'une part, pour

la mesure du temps, et, d'autre part, les divisions métriques disposées sur le plan de translation du mobile devant le champ obscur, pour la mesure de l'espace, permettent donc de déterminer exactement, sur une plaque fixe impressionnée par la méthode chronophotographique, toutes les caractéristiques du mouvement d'un mobile quelconque.

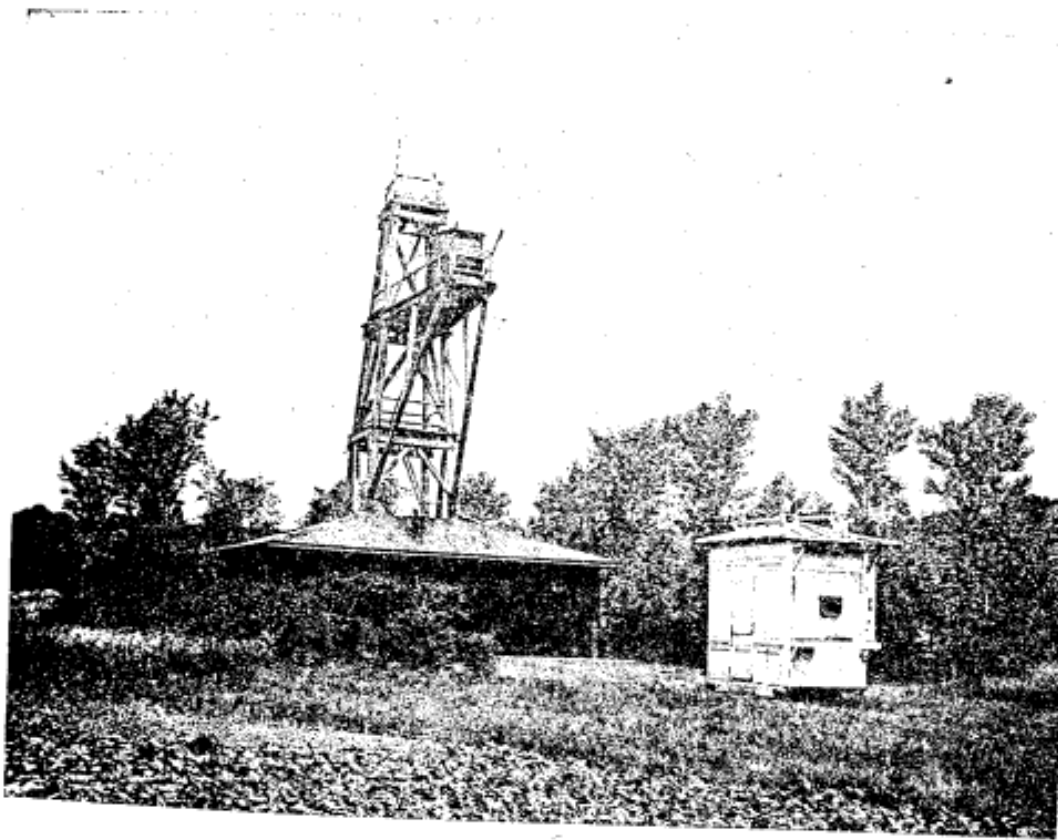
6. Champ obscur. — Théoriquement, un simple rideau de velours noir tendu devant le champ de l'objectif constituerait le *champ obscur* nécessaire pour les opérations de la chronophotographie sur plaque fixe (§ 4), mais dans la pratique un dispositif moins élémentaire doit être adopté.

Le champ obscur installé par M. le professeur Marey à la Station Physiologique du Parc des Princes, quoique perfectible, est celui qui réalise encore le mieux l'obscurité exigée par la chronophotographie ; nous allons donc le décrire puisqu'il peut servir de type pour les installations de ce genre.

Ce champ consiste en un vaste et profond hangar entièrement peint en noir à l'intérieur et dont le fond est tapissé d'un rideau de velours noir. La *fig. 13* montre la disposition générale de ce hangar qui mesure 11 mètres de long sur

4 mètres de hauteur et 6 à 7 mètres de profondeur. Devant ce véritable trou noir, orienté de telle façon que les rayons du soleil ne peuvent y pénétrer, passe une piste de pavés de bois

Fig. 13



noircis sur laquelle s'avancent en pleine lumière, au contraire, les sujets soumis à l'observation chronophotographique.

Cette disposition générale assure l'obscurité du champ visé par l'appareil chronophotogra-

phique, mais, pour la parfaire encore, certaines précautions ne sont pas à négliger.

Quand le soleil frappe directement sur le sol, il convient d'étendre à l'entrée du hangar, derrière la piste, un tapis de velours noir pour éviter toute réverbération.

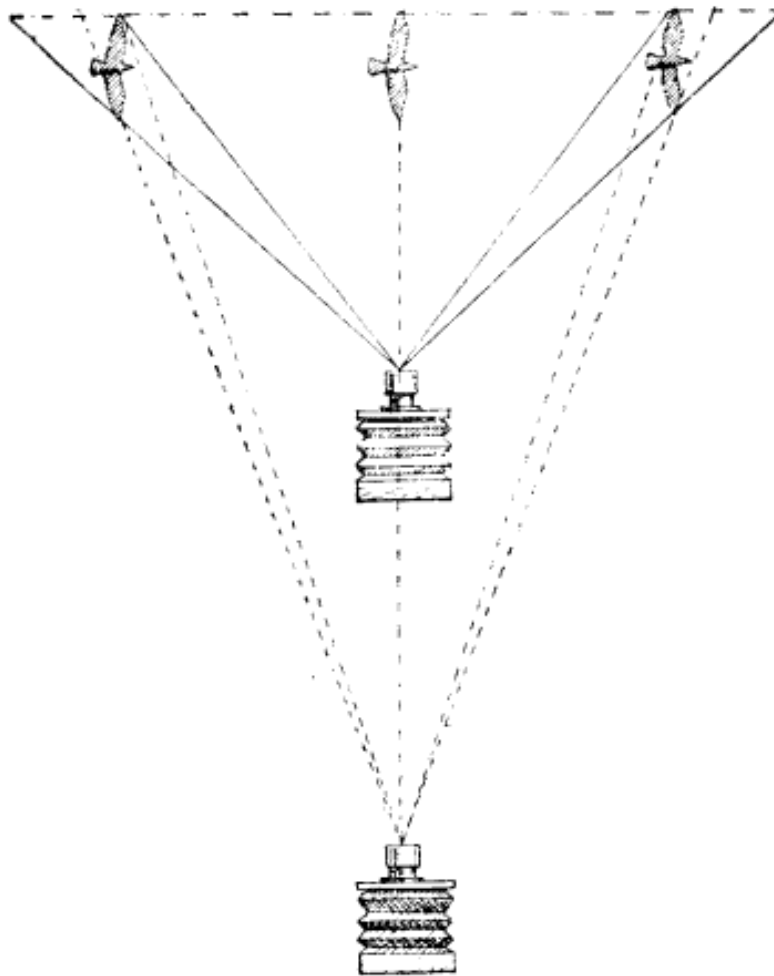
Il est bon de laver souvent le hangar, de maintenir la piste noire dans un certain état d'humidité et de gazonner ses abords afin d'éviter les poussières qui réfléchissent toujours beaucoup de lumière quand elles sont au soleil.

Enfin, il y a lieu de réduire au moyen de rideaux noirs étendus à l'entrée du hangar le champ obscur à la dimension strictement nécessaire pour l'observation déterminée qu'on veut exécuter, car, plus cette ouverture est réduite, plus le champ utile est obscur, puisque la lumière réfléchie dans l'air, si faible qu'elle soit, entre moins dans le hangar.

Si le sol à l'intérieur du hangar pouvait, en outre, être creusé à une assez grande profondeur et si les bords comme le fond de ce creux pouvaient être noircis, le champ obscur n'en serait que meilleur, mais, à la Station Physiologique du Parc des Princes cette excavation prévue n'a pu encore être réalisée.

7. Étendue du champ obscur. — En raison des observations qui précèdent, l'étendue à donner au champ obscur est déterminée par

Fig. 14



l'amplitude du mouvement qu'on se propose d'analyser. Pour l'observation chronophotographique d'un cheval au galop, il sera naturelle-

ment plus grand que pour celle d'un homme au pas ou que pour l'étude de la chute d'un corps de petites dimensions. On réglera donc cette étendue du champ suivant chaque cas, mais en la réduisant toujours au strict nécessaire afin d'avoir toujours le maximum d'obscurité possible.

8. Préparation du champ obscur. — L'étendue utile du champ étant réglée, on place dans le plan où le mouvement s'effectuera, la règle métrique puis le cadran chronométrique et l'on place le chronophotographe à une distance suffisante pour que la surface sensible adoptée comprenne toute l'étendue du champ obscur.

Si l'objet de l'opération n'a pas beaucoup de relief ou s'il peut être vu sous des perspectives très différentes sans que ce relief ait une importance pour l'observation, — tel serait le cas d'une boule brillante — on peut la chronophotographier de près avec un objectif à court foyer car les images seront plus lumineuses.

Mais si cet objet a un relief important il est nécessaire, au contraire, de s'en éloigner autant que possible pour éviter les différences de perspective qui nuiraient gravement à la comparaison des images chronophotographiques.

En ce cas, pour ne pas trop réduire les images

par l'éloignement on devra employer de préférence un objectif à long foyer.

A la Station Physiologique du Parc des Princes, que nous avons prise comme type parce qu'elle est le seul établissement de chronophotographie réellement complet, une sorte de cabane montée sur un chariot qui roule sur des rails, renferme le chronophotographe et peut être avancée ou reculée à volonté sans cesser de rester, dans ces mouvements, perpendiculaire au champ obscur (*fig. 15*). Dans cette cabane mobile, à volonté obscure, ou éclairée à l'intérieur par des rayons plus ou moins inactiniques au moyen de verres de couleurs, toutes les opérations sont rendues à la fois faciles et sûres.

9. L'opération chronophotographique sur plaque fixe. — Après le réglage et la disposition du champ obscur, le réglage de l'éloignement de l'appareil et le choix de l'objectif qui résulte de cet éloignement, l'opération chronophotographique proprement dite commence par la *mise au point* qui se fait en amenant les fenêtres des disques en coïncidence et en examinant sur la glace dépolie un objet quelconque placé dans le plan que devra parcourir le sujet.

La mise au point faite, il n'y a plus qu'à fermer l'objectif extérieurement, avec un obtu-

rateur ordinaire *d'avant* actionné par une poire en caoutchouc ; remplacer le châssis de mise au

Fig. 15



point par un châssis négatif garni ; tirer la planchette de ce châssis ; lancer les disques en manœuvrant la manivelle ; enfin presser la poire en caoutchouc de l'obturateur d'avant pour l'ouvrir au moment

où le sujet en mouvement va passer dans le plan mis au point devant le champ obscur.

Dès que la chronophotographie est faite, il n'y a plus qu'à lâcher la poire en caoutchouc de l'obturateur d'avant qui se referme et à repousser la planchette du châssis négatif sans précipitation puisque l'obturation supplémentaire *d'avant* assure la plaque sensible contre toute introduction lumineuse inutile.

10. Étendue et vitesse des sujets chronophographiés. — Quand le sujet sur lequel on opère est de faibles dimensions, comme la boule brillante qui nous a déjà servi d'exemple (§ 1), il est facile de multiplier les images de sa chronophographie pendant son mouvement; en conséquence: *La notion de temps est très complète quand celle d'espace est très restreinte* (Marey). Au contraire, si, pour une même vitesse, l'objet occupe un grand espace (homme, cheval), il devient impossible d'en multiplier beaucoup les images sans qu'elles se confondent ou qu'elles se superposent.

L'inconvénient de cette confusion des images imposerait donc une limite au nombre qu'on en pourrait prendre s'il n'y avait pas des moyens de les simplifier ou de les dissocier que nous exposerons plus loin.

Mais avant d'indiquer ces moyens, notons que ce fait en implique naturellement un autre, à savoir que, *pour un espace de temps donné, on peut prendre d'autant plus d'images d'un sujet que sa vitesse de translation est plus grande.*

Un homme passe en courant avec une vitesse de V^2 devant le champ obscur pendant que le chronophotographe opère; or, la vitesse de

translation de cet homme était telle que quatre images de ses mouvements paraissent seules sur la plaque sensible *sans se superposer*.

Sans modifier le mouvement du chronophotographe on fait repasser cet homme au pas, avec une vitesse de V , devant le champ obscur ; la seconde plaque sensible de cette seconde opération portera donc seize images *superposées en grande partie et presque confondues* les unes avec les autres.

Pour cette seconde chronophotographie, il aurait donc fallu réduire au quart la vitesse première du chronophotographe ou bien employer un des moyens qu'il nous reste à exposer.

11. Chronophotographie géométrique. — Il est rarement indispensable de reproduire toutes les parties d'un sujet pour être renseigné sur son mouvement. Le plus souvent ce sujet peut être simplifié, ou bien il possède des parties symétriques dont les déplacements semblables n'ont pas besoin d'être répétés en double.

Ainsi, chez l'homme et la plupart des animaux, observés de profil, les mouvements d'un seul côté du corps suffisent pour caractériser la marche, la course, le saut, etc.

En ce cas, pour multiplier sans inconvénient les images, il suffit de supprimer un côté du

corps en le noircissant, puisque ce côté noirci se confondra avec le noir du fond obscur.

Mais on peut faire mieux encore : revêtir par exemple l'homme observé, si le sujet est un homme, d'un maillot noir l'enveloppant de la tête aux pieds et ne tracer sur ce maillot que des points et des lignes (boutons brillants, galons blancs) correspondant aux segments des membres et à leurs articulations, (fig. 16).

La chronophotographie d'un personnage en marche vêtu de cette façon ne donnera comme images que des lignes et des points, *figures géométriques* assurément peu encombrantes et multipliables sans inconvénient. Néanmoins chaque figure, prise isolément, permettra de reconstituer, avec des lignes et des points, l'exacte position des membres et par conséquent du corps entier de l'homme dans chacune des phases du

Fig. 16



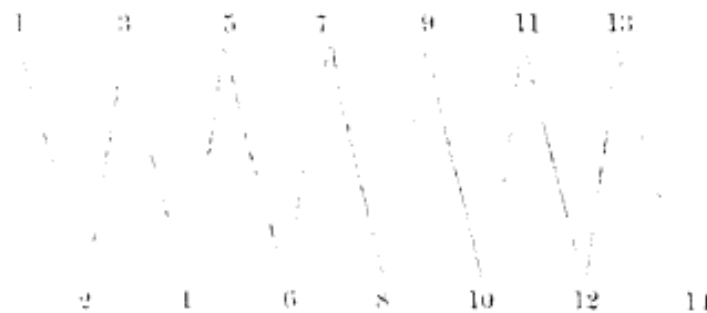
mouvement où il aura été chronophographié.

12. Images alternantes. — En accouplant deux chambres noires, munies de leurs deux objectifs et de leurs deux plaques sensibles et en n'employant pour l'obturation de ces deux chambres qu'un seul disque (ce qui est facile en faisant occuper aux deux chambres des positions diamétralement opposées par rapport au disque) on obtiendra des images alternantes dans chacune des chambres visant l'une et l'autre le même point du champ obscur, pourvu que le nombre des fenêtres du disque soit impair et que ces fenêtres soient régulièrement espacées tout autour du disque.

Grâce à cette disposition une fenêtre sera en face d'un des objectifs et produira l'éclairement dans une chambre noire, tandis que l'autre sera dans l'obscurité puisque son objectif se trouvera dans l'intervalle de deux fenêtres, et les images alternneront à droite et à gauche ou en haut et en bas.

Après l'opération, les deux plaques développées devront être rapprochées, mises côte à côte ou l'une sous l'autre, suivant que les chambres diamétralement opposées par rapport au disque obturateur auront été placées l'une à droite et l'autre à gauche ou l'une en haut et l'autre en

bas, et si c'est cette dernière disposition qui a été choisie les images se suivront pour la lecture dans un ordre comme celui du diagramme suivant :



La *fig. 17* a été ainsi faite par M. Marey pendant la durée d'un battement et demi des ailes d'un goéland, avec un disque percé d'une seule fenêtre. Ce disque faisait cinq tours à la seconde.

Un disque percé de trois fenêtres aurait donné dans le même espace de temps deux séries de quinze images ; soit trente images au lieu de dix.

D'après ce principe on conçoit que quatre chambres placées autour d'un seul disque et diamétralement opposées donneraient deux séries de plus, également alternées, pourvu que les fenêtres des disques fussent toujours en nombre impair (1 ou 3). Mais la difficulté d'appareiller deux objectifs est déjà assez grande pour faire hésiter à rechercher quatre objectifs identiques.

sans parler des frais de construction d'un appareil à quatre chambres et de l'inconvénient du

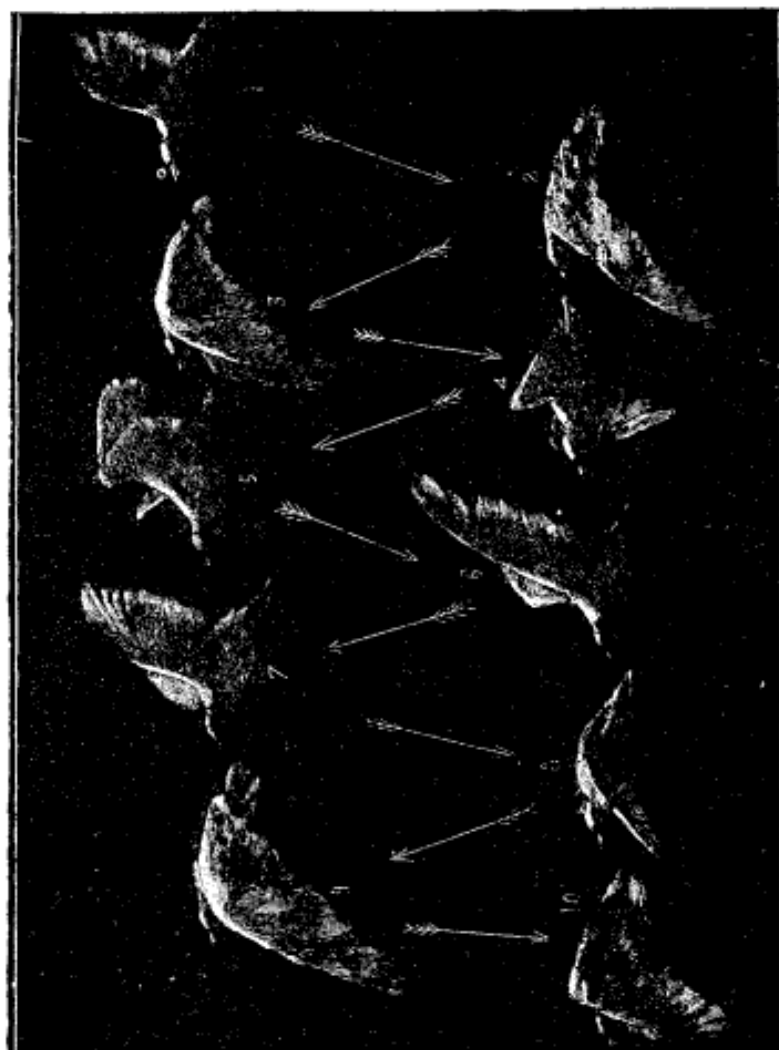
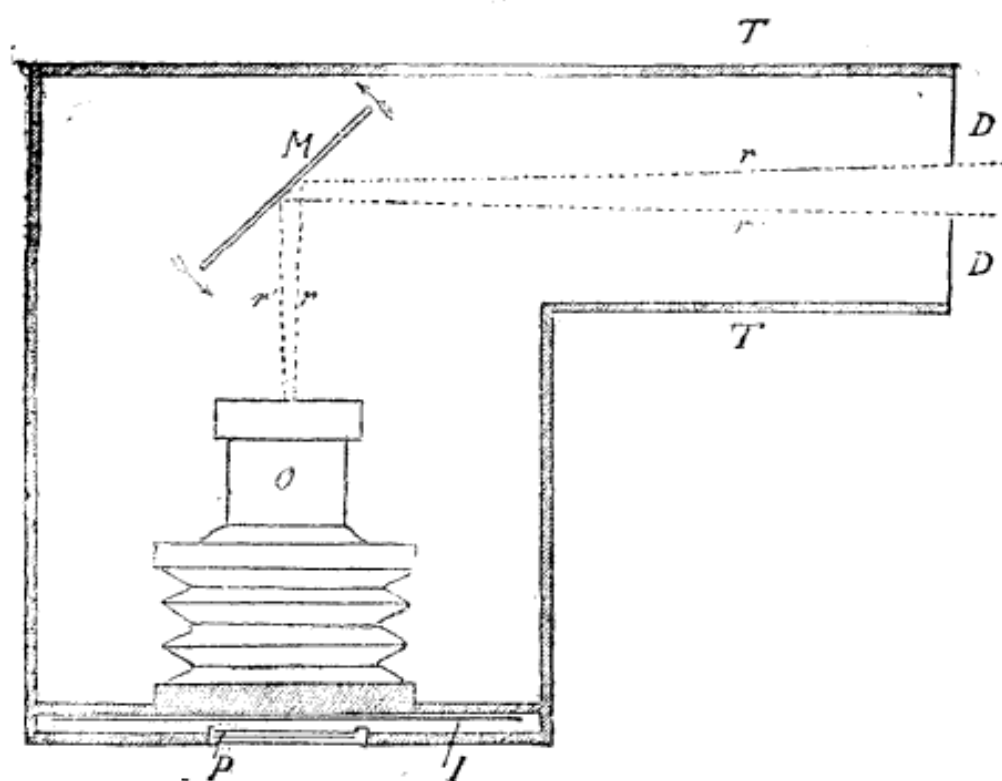


Fig. 17

volume d'un semblable instrument surtout si l'on considère qu'il y a d'autres moyens plus pratiques de multiplier les images.

13. Miroir tournant. — La méthode de dissociation des images par alternance exige naturellement que le sujet observé soit animé d'un mouvement de translation, car s'il s'agitait sur place, en dépit de l'alternance, les images se confondraient.

Fig. 18



En ce dernier cas pourtant, on peut encore dissocier les images en les déplaçant au moyen d'un miroir tournant disposé de la façon suivante :

On enferme tous les instruments dans une caisse obscure formée de deux compartiments à

angle droit l'un de l'autre comme le montre la *fig.* 18.

Une ouverture DD pratiquée dans l'un de ces compartiments, en forme de tube carré TT, reçoit les rayons r , r' , émanés du sujet. Ces rayons tombent sur le miroir M qui les réfléchit dans l'objectif O de l'appareil chronophotographique.

Un mécanisme d'horlogerie, invisible dans la figure, imprime au miroir M un pivotement vertical dans le sens marqué par les flèches. Ce mouvement a pour effet de promener de gauche à droite les images du sujet et de les étaler sur la plaque photographique p dans des positions toujours différentes, à chaque fois que la rotation du disque l provoque une nouvelle admission de la lumière dans l'appareil ⁽¹⁾.

Le rouage d'horlogerie conduit le miroir d'autant plus vite que les images doivent être plus écartées.

Grâce à ces divers moyens les limites imposées à l'enregistrement chronophotographique des images sur plaque fixe peuvent être élargies dans une très importante proportion mais dans bien des cas encore c'est à la chronophotographie sur plaque mobile ou pellicule mobile qu'il faut avoir recours.

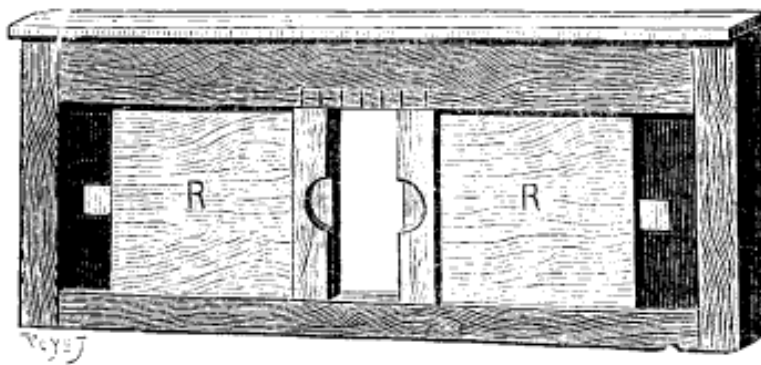
(1) E. J. MAREY. — *Le vol des Oiseaux*.

CHAPITRE II

CHRONOPHOTOGRAPHIE SUR PELLICULE MOBILE

14. Mécanisme pour la chronophotographie sur pellicule mobile. — Le chronophotographe que nous avons décrit (p. 22 et suivantes) est l'instrument qui sert aux opéra-

Fig. 19

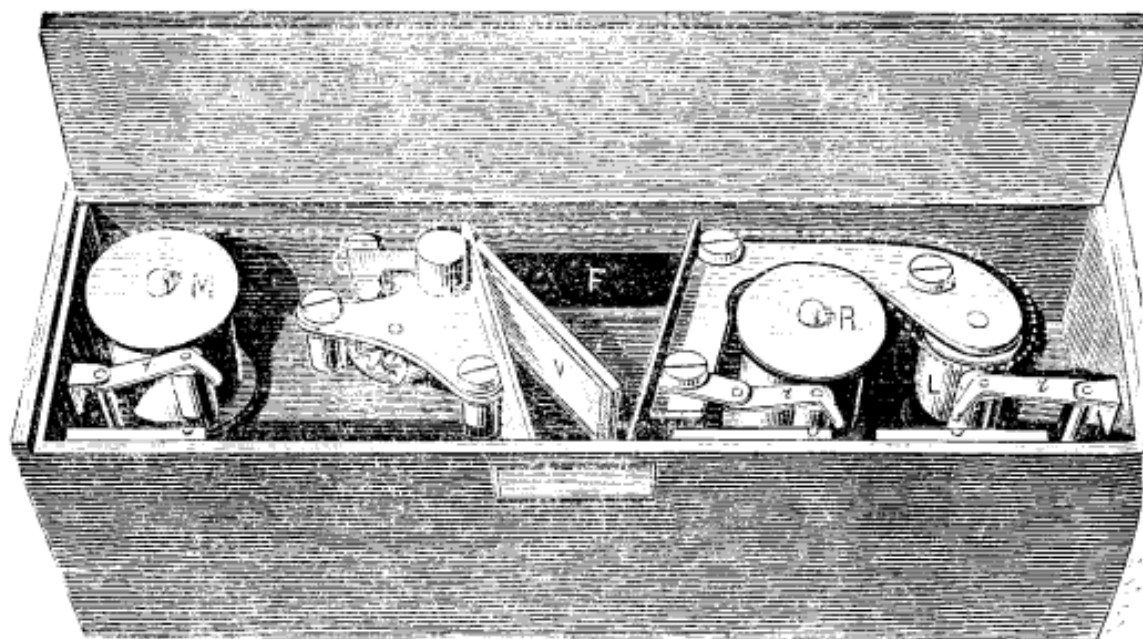


tions sur plaque fixe comme aux opérations sur pellicule mobile. Quand c'est à cette seconde méthode que l'on veut recourir de préférence à

la première, il suffit de remplacer, dans l'arrière-corps de l'appareil, le châssis négatif de la plaque fixe par un autre châssis, représenté par la *fig. 19*, qui se nomme *fenêtre d'admission* parce qu'il joue, en effet, au moyen de deux panneaux mobiles coulissant dans une rainure, le rôle de fenêtre à ouverture variable pour l'admission de la lumière.

En arrière de cette fenêtre se place, dans une boîte spéciale dite *chambre aux images* (*fig. 20*),

Fig. 20



la pellicule sensible et son mécanisme, le tout se logeant, comme la *fenêtre d'admission*, dans l'arrière-corps du chronophotographe.

Dans la chambre aux images la pellicule s'engage sur divers organes mécaniques qui servent à la faire passer, en la déroulant, d'une bobine M servant de *magasin* à une autre bobine *réceptrice* R après avoir reçu, derrière la *fenêtre d'admission* (en F dans la chambre aux images) l'impression lumineuse.

Pour ce nouveau mode de chronophotographie les pellicules qu'on emploie sont de longues bandes sensibles de 9 centimètres de hauteur qui se terminent à leurs deux extrémités par une certaine longueur de papier parfaitement opaque et taillé au bout en pointe.

Les bobines ont, comme les pellicules, 9 centimètres de hauteur ; ce sont de petits cylindres fermés en haut H et en bas B par des disques



d'épaisseur inégale (*fig. 21 et 22*) ; ceux du haut (H) sont minces et ceux du bas, épais,

portent en dessous sur tout leur pourtour des trous dont nous expliquerons plus loin l'utilité.

Un petit tube traversant chaque bobine d'un fond à l'autre sert à l'enfiler, dans la chambre aux images, sur une broche verticale fixée à cette chambre.

A l'abri de la lumière, dans le laboratoire, on garnit la *bobine-magasin* M de la pellicule sensible en engageant le papier opaque sur celle-ci par l'une de ses pointes dans la fente ménagée sur le cylindre, puis en enroulant.

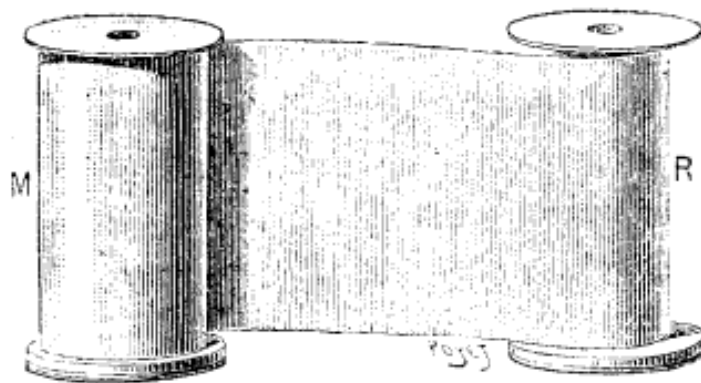
Il suffit de maintenir cette pellicule enroulée bien fixe sur la *bobine-magasin*, avec un lien par exemple, pour qu'elle soit à l'abri de la lumière, grâce aux sortes de queues en papier opaque dont nous avons parlé déjà, puisque, en raison de leur opacité et de leur enroulement, ces queues protègent complètement la partie sensible de la pellicule.

L'enroulement achevé dans le laboratoire on peut donc en sortir pour charger en pleine lumière la boîte aux images de la façon suivante :

Sur la broche de gauche de cette chambre on place la *bobine-magasin* ; puis on dégage l'extrémité de la queue opaque libre pour l'engager par sa pointe dans la fente de la *bobine récep-*

trice en faisant un ou deux tours avec l'extrémité de cette queue sur cette seconde bobine. Le sens de cet enroulement est indiqué dans la *fig. 23*. Enfin, en gardant cette dernière bobine dans la main droite on fait passer, avec la main gauche, la queue opaque dans une rainure devant l'ouverture F de la chambre aux images,

Fig. 23



puis sur un tambour-guide L où elle se trouve maintenue par un rouleau compresseur *r* qu'on écarte légèrement et il n'y a plus qu'à enfiler, la *bobine réceptrice* R par la broche de droite en écartant son rouleau compresseur *r* pour que la chambre aux images soit chargée.

La queue opaque partant de la *bobine réceptrice* R, en suivant la direction de la ligne en pointillé marquée sur la *fig. 20*, passe donc alors devant l'ouverture F sur le tambour-guide et pour aller jusqu'à la *bobine-magasin* M qu'elle

recouvre encore de plusieurs tours protégeant ainsi la partie sensible de la pellicule qui se déroulera au moment de l'opération.

Quant elles sont placées sur leurs broches, dans la chambre aux images, les bobines s'engagent par les trous percés en couronne dans l'épaisseur de leur base (*fig. 22*), sur des chevilles fixées dans des plateaux tournants actionnés par la manivelle du chronophotographe comme les disques obturateurs fenestrés. De telle sorte que le même effort de la manivelle du chronophotographe lance les disques fenestrés et met en mouvement le mécanisme de la chambre aux images, au moyen d'un embrayage, dès qu'on veut commencer l'opération ⁽¹⁾.

(1) M. Marey a depuis, modifié cet appareil dans ses détails afin d'obtenir une parfaite égalité entre les intervalles des images, égalité qui lui avait paru nécessaire pour rendre la chronophotographie applicable aux projections, ainsi qu'il le disait lui-même dès 1894. (*Le Mouvement* p. 309, description du projecteur chronophotographique). A cette époque, il ne pouvait prévoir, en effet, que le commerce arriverait si vite à livrer des bandes pelliculaires de 20 mètres et plus et devait se contenter de recourir à des bandes refermées sur elles-mêmes et représentant le retour périodique d'un même mouvement. Il tombait ainsi dans un dispositif très analogue à celui de kinétoscope d'Edison qu'on construisait en Amérique et qui ne fut connu que beaucoup plus tard en France.

15. Opération chronophotographique sur pellicule mobile. — Le champ clair ou obscur étant choisi et réglé, ainsi que la distance du chronophotographe et la *fenêtre d'admission* étant mise dans sa rainure, avec l'écartement qui convient, à la place du châssis négatif ou du châssis à verre dépoli employés pour la chronophotographie sur plaque fixe, on ouvre dans l'arrière-corps de l'appareil la chambre aux images (*fig. 20*) ; on repousse dans cette chambre le verre dépoli V contre l'ouverture F ; on referme le couvercle de la chambre et, par le viseur de cette chambre, on règle la mise au point.

Il n'y a plus ensuite qu'à garnir la chambre aux images de ses deux bobines, enlever le verre dépoli, refermer le couvercle et lancer les disques fenestrés au moyen de la manivelle.

Quand le sujet va passer devant le champ clair ou le champ obscur on fait agir, par un déclenchement, l'embrayage et le mécanisme de la chambre aux images entre en fonction : tandis que sur la *bobine-magasin* M le papier opaque et la pellicule sensible se déroulent, malgré la pression de son rouleau compresseur, le papier opaque s'enroule maintenu par un autre rouleau compresseur sur la *bobine réceptrice* R après

avoir passé sur le tambour-guide du laminoir L et devant l'ouverture F.

Pendant toute la durée de l'opération la marche du mécanisme est égale et continue mais la pellicule, néanmoins, n'avance devant l'ouverture F que par saccades, car il importe qu'à chaque éclaircissement des disques obturateurs il y ait un arrêt de la surface sensible pour que les images possèdent toute la netteté désirable. Ce mouvement saccadé est donc donné au passage de la surface sensible, devant l'ouverture F par un organe spécial *c* qui la pince, l'arrête, et la laisse reprendre son mouvement quand l'image est reproduite.

Dès que les derniers tours de papier opaque enroulés sur la *bobine-magasin* se sont déroulés, la surface sensible arrive au foyer de l'objectif devant l'ouverture F et la chronophotographie commence. Quand la surface sensible de la pellicule a passé, la seconde queue opaque se déroule à son tour de la bobine-magasin pour venir s'enrouler sur la bobine réceptrice et recouvrir la pellicule impressionnée de telle sorte qu'à la fin de l'opération il ne reste plus rien sur la bobine M, toute la pellicule étant enroulée sur la bobine R, et celle-ci est prête à être reprise en pleine lumière et portée dans

le laboratoire pour le développement photographique.

Pour toutes les opérations la *fenêtre d'admission* règle l'utilisation de la surface sensible et permet de l'économiser en la réduisant au minimum nécessaire.

Si le sujet à reproduire est plus haut que large, on rapproche les volets mobiles RR de cette fenêtre comme le montre la *fig. 19*. Si le sujet est au contraire plus large que haut, on écarte ces volets et l'on retourne même au besoin le chronophotographe sur le côté afin d'utiliser la plus grande largeur de la fenêtre d'admission, mais en ce cas la succession des images, au lieu d'être transversale, est verticale et se lit de haut en bas.

Il est évident que sur une même largeur de bande pelliculaire on peut prendre d'autant plus d'images que celles-ci sont plus réduites et qu'il suffit pour cela de multiplier les éclairéments au moyen des disques obturateurs dans une proportion correspondant à la réduction de l'admission de la lumière par la *fenêtre d'admission*. Dans ce but, les fenêtres des disques obturateurs sont munies de volets et l'on n'a qu'à ouvrir ou fermer un certain nombre de ces volets pour augmenter ou réduire le nombre des fenêtres

des disques, de même qu'on n'a qu'à écarter ou rapprocher les volets R, R, de la *fenêtre d'admission* pour augmenter ou réduire la surface sensible utilisée de la pellicule mobile.

Quant au nombre des arrêts de la pellicule, il n'y a pas à s'en préoccuper, une disposition particulière du mécanisme de l'appareil le réglant automatiquement.

La hauteur des bandes pelliculaires étant, comme celle des bobines, de 9 centimètres, permet l'introduction des images dans les lanternes de projection pour les agrandissements ou les démonstrations qu'on jugerait être nécessaires. Mais en vue d'observations spéciales, le chronophotographe pourrait être établi sur d'autres gabarits et donner des images plus grandes s'il le fallait.

Pour compléter ce rapide exposé de la méthode chronophotographique sur pellicule mobile, nous ne pouvons mieux faire que d'emprunter à M. Marey la description qu'il vient de donner lui-même de ses derniers travaux à ce sujet :

NOUVELLES
MODIFICATIONS DU CHRONOPHOTOGRAPHE

Par M. E. J. MAREY

Depuis le 15 octobre 1888, époque à laquelle j'annonçais dans une note à l'Académie des Sciences que j'avais obtenu sur une bande de papier sensible déroulée au foyer de l'objectif photographique une série d'images d'un animal en mouvement, je n'ai cessé de perfectionner la méthode et les appareils chronophotographiques.

L'année suivante, j'obtenais, sur pellicule sensible, la série des attitudes d'un cheval à diverses allures, puis en 1891 (16 juillet), je présentais des chronophotographies de l'aile d'un insecte en vol. En raison de la rapidité du mouvement, j'avais dû prendre l'image de l'insecte se détachant en silhouette sur le disque du soleil, ce qui permettait de réduire le temps de pose à moins de 1/10000 de seconde.

J'essayai dès lors d'obtenir avec des images chronophotographiques la synthèse des mouvements au moyen du zootrope ou du phénakisticope de Plateau. Un appareil de ce genre figurait à l'exposition de 1889, où je le fis voir à M. Edison.

Quelque temps après, tandis que le célèbre inventeur américain annonçait la prochaine apparition de son kinétoscope, je construisais un appareil auquel je donnais le nom de « projecteur chronophotographique » dans lequel une bande portant une série d'images positives passait au foyer d'une lanterne à projection, et s'arrêtant pendant chacun des éclairéments donnait

sur un écran la restitution du mouvement d'un homme ou d'un animal. J'ai décrit cet instrument dans un livre intitulé *Le Mouvement*, paru sous la date de 1894.

Mais pour obtenir cette projection de figures en mouvement, j'étais fort gêné par un défaut du chronophotographe. En effet, cet appareil qui donnait des images très nettes et aussi fréquentes qu'on pouvait le désirer, ne les donnait pas exactement équidistantes. Il fallait découper chacune des images positives et les réappliquer sur une bande de toile caoutchoutée, ce qui était très laborieux et ne donnait que des résultats médiocres.

Je suspendis donc mes essais jusqu'à ce que mon chronophotographe put donner des images parfaitement équidistantes.

Depuis lors, nous avons vu en France le kinétoscope d'Edison qui réalise l'équidistance des images, et, d'autre part, MM. Lumière ont construit, sous le nom de « cinématographe », un projecteur chronophotographique dont le succès légitime a suscité un grand nombre d'imitateurs.

Or, tous les auteurs qui obtiennent la synthèse des mouvements au moyen d'images chronophotographiques, ont dû se préoccuper, tout d'abord, d'obtenir l'équidistance des images.

Dans tous les appareils projecteurs, quel que soit le nom qu'ils portent, la pellicule sensible est perforée et conduite par un cylindre denté qui en assure la marche régulière. En outre, dans la plupart de ces instruments, la pellicule est rendue solidaire de pièces massives qui, par leur mouvement saccadé, imposent à

cette pellicule une progression régulièrement intermittente. Mais, comme l'inertie des masses a d'autant plus d'inconvénients que leur vitesse est plus grande, on en atténue les effets en rendant la course de ces pièces très petite, ce qui explique des images de très faibles dimensions.

Le but que je me suis toujours proposé dès mes premiers essais, a été d'éviter autant que possible les effets de l'inertie des organes du chronophotographe; tous les rouages sont animés d'un mouvement continu, la pellicule seule, dont la masse est négligable, doit s'arrêter un instant au foyer de l'objectif. Toutefois, deux organes à mouvements alternatifs qui m'avaient paru nécessaires au fonctionnement de l'appareil, introduisaient dans la marche de la pellicule une cause d'irrégularité; je veux parler du compresseur et de la lame flexible.

Pour faire comprendre ce qu'il y avait d'imparfait dans le fonctionnement de ces organes, et la manière dont je les ai remplacés, deux figures sont nécessaires.

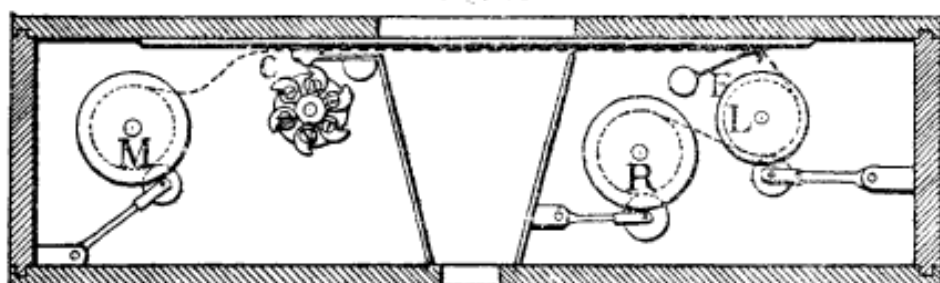
La première figure (*fig. 24*), montre l'ancienne disposition du chronophotographe; la deuxième (*fig. 25*), fait voir la disposition nouvelle.

Dans l'ancienne disposition (*fig. 24*), la pellicule sensible est chargée sur une bobine-magasin, M, à gauche de l'appareil; elle se déroulera sous la traction intermittente d'organes, qui vont être décrits.

En sortant du magasin, la pellicule se porte vers la droite en rasant une platine verticale percée d'une fenêtre au foyer de l'objectif, puis se réfléchissant sur une lame flexible, E, traverse un laminoir L qui la livre à la bobine réceptrice R; celle-ci tourne con-

tinuellement à frottement gras sur son axe vertical.

Fig. 21



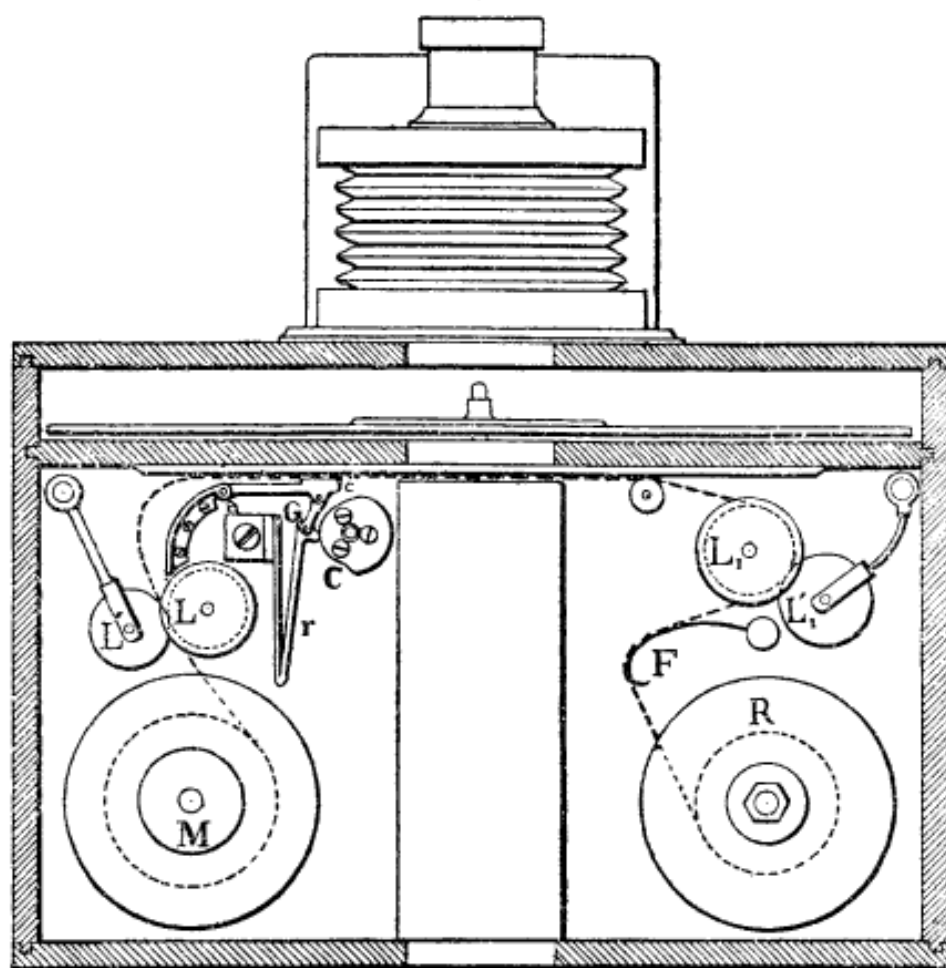
Sous la traction continue du laminoir et de la bobine réceptrice, la pellicule cheminerait d'un mouvement uniforme. Mais, à chaque éclaircissement, au moment de la prise de l'image, un organe spécial, le compresseur C, actionné par une lame à plusieurs dents, immobilise la pellicule en la pressant contre la platine. Or, pendant cet arrêt, la double traction du laminoir et de la bobine réceptrice continue; il fallait donc, pour que la pellicule ne se déchirât pas, qu'elle obéît à cette traction; c'est le rôle de la lame flexible sur laquelle elle se réfléchit. Cette lame cède en pliant, et permet à l'enroulement de se produire continuellement. Dès que le compresseur se desserre, la lame flexible se redresse, déroule brusquement une certaine quantité de pellicule de la bobine-magasin, puis, l'entraînement recommence uniforme, jusqu'au prochain arrêt par le compresseur.

Cette description suffit pour montrer des causes d'irrégularité dans la marche de la pellicule.

Et d'abord, en confiant à la lame flexible le rôle de dérouler brusquement la pellicule, c'est-à-dire, de mettre subitement en marche la bobine-magasin, j'exposais cette lame à des résistances d'inerties variables, suivant que la bobine, plus ou moins chargée

de pellicule, avait une masse plus ou moins grande. D'autre part, la moindre inégalité dans les frottements de cette bobine sur son axe pouvait aussi faire varier ces résistances. De sorte que, suivant le redressement plus ou moins complet de la lame flexible, il passait

Fig. 25



entre deux images successives des quantités de pellicules inégales.

Enfin, le compresseur, supporté par une lame d'acier, avait une période de vibration propre, et pouvait

recevoir de la lame un choc prématuré qui lui faisait arrêter la pellicule un instant trop tôt.

J'ai cherché, dans une construction nouvelle, à faire disparaître ces inconvénients : la marche intermittente de la bobine-magasin et la période propre du compresseur.

La deuxième figure (*fig. 25*), montre la disposition nouvelle. La bobine-magasin M, beaucoup plus volumineuse qu'autrefois, peut porter une très grande longueur de pellicule, mais elle tourne uniformément par l'action continue d'un premier laminoir L qui débite, en un temps donné, une longueur constante de pellicule.

Voilà donc l'inertie de la bobine-magasin supprimée avec les saccades de son mouvement.

Au sortir du premier laminoir, la pellicule s'engage entre la platine et le nouveau compresseur C. Celui-ci n'a pas de période de vibration propre ; il est constamment assujéti au mouvement de la lame, et comprime énergiquement la pellicule contre la platine, au moyen d'un mouvement de genou analogue à celui qui sert dans la frappe des monnaies.

Au delà du compresseur, la pellicule passe dans un second laminoir L' ; enfin, elle se réfléchit sur une lame flexible et s'enroule sur la bobine réceptrice qui tourne à frottement doux.

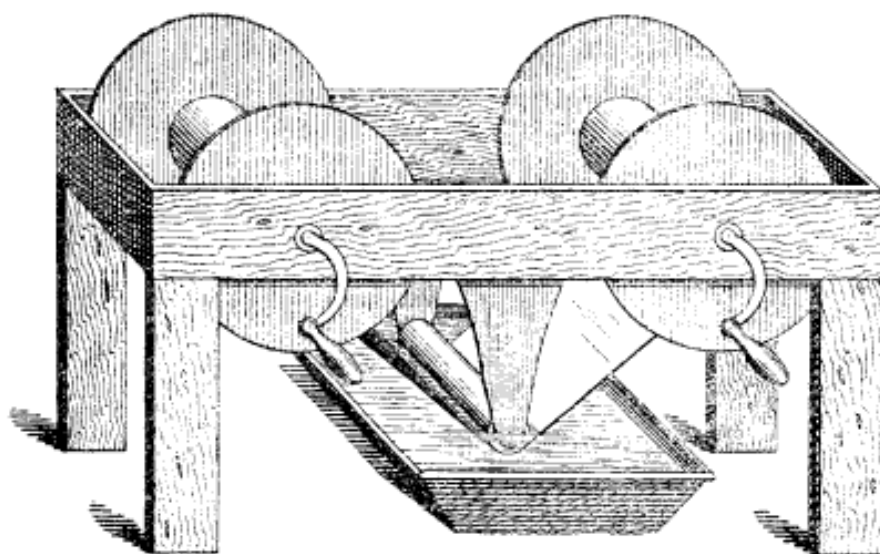
Or, pendant que le compresseur l'arrête, la pellicule que le premier laminoir amène continuellement s'accumule en amont de l'obstacle, et y forme un pli flexueux. Après l'arrêt, ce pli devra se défaire et la pellicule se tendre par l'action du second laminoir. Or, comme la masse de la pellicule est insignifiante, elle ne présentera aucune résistance d'inertie.

Quant au second laminoir L, qui devra imprimer à la pellicule un mouvement saccadé, il tourne lui aussi d'un mouvement uniforme, mais en pressant la pellicule avec assez peu de force pour qu'elle patine entre les cylindres, quand elle est retenue par le compresseur tandis qu'elle est rapidement entraînée dès qu'elle est rendue libre.

Les choses se passent comme si la pellicule, doucement pressée entre deux doigts, était tirée d'une façon continue. Les doigts qui l'entraîneraient, quand le compresseur est desserré, glisseraient au contraire sur elle au moment de ses arrêts.

Il n'y a pas lieu d'insister sur les autres organes de l'appareil, les uns ont pour but d'éviter que la pellicule

Fig. 26



se raye dans les frottements qu'elle éprouverait sur son passage, les autres ont pour effet de supprimer le temps perdu dans les dents des rouages, et, par conséquent, de petites causes d'irrégularité dans leur marche.

En somme, la suppression de tout effet d'inertie par la continuité du mouvement de tous les organes a supprimé l'irrégularité des intervalles entre les images. Ainsi, et c'est un point important, sans recourir à la perforation de la pellicule et aux cylindres à cheville, on peut obtenir des images parfaitement équidistantes.

Pour le développement des épreuves, je me sers de deux poulies de métal munies chacune d'une manivelle et montées l'une à côté de l'autre sur un bâti porté par quatre pieds (*fig. 26*).

En se déroulant d'une bobine pour s'enrouler sur l'autre, la pellicule se réécrit sur une tige de verre horizontal placé au niveau des pieds.

Cette tige plonge dans une cuvette qui contient le développateur. On fait passer la pellicule d'une bobine à l'autre, autant de fois qu'il est nécessaire pour que le développement soit complet.

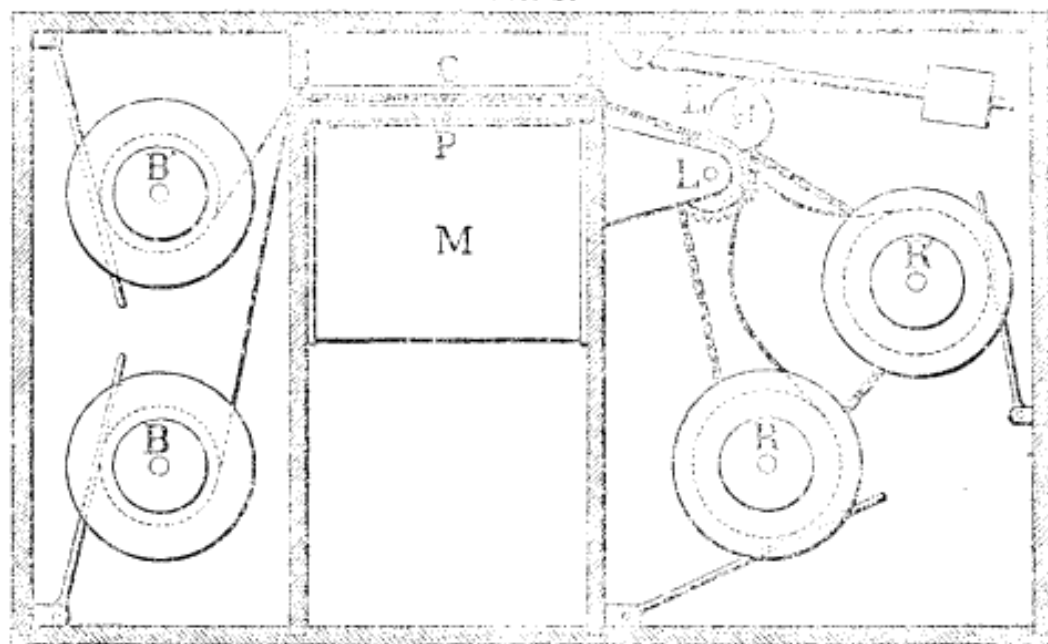
Pour tirer les images positives, on se sert d'un appareil (*fig. 27*) dont voici la description :

Une caisse de bois, peu profonde et s'ouvrant sur une de ses faces, porte sur sa paroi opposée, quatre broches destinées à recevoir la bobine. La pellicule négative enroulée sur la bobine B' et prolongée par une bande de papier opaque, est placée sur la broche inférieure de gauche. Le papier déroulé sur 60 centimètres de longueur passe sur une plate-forme horizontale P, puis à travers un laminoir L et se rend à la bobine réceptrice R. La pellicule sensible est chargée de la même manière sur la bobine B, la bande de papier qui la prolonge passe sur la plate-forme P au-dessus

de la bande précédente, traverse le laminoir et se rend à la bobine réceptrice R'.

Un rouage d'horlogerie fait tourner le laminoir dont les deux cylindres engrènent l'un avec l'autre et

Fig. 21



entraînent simultanément les deux bandes, puis les deux pellicules qui leur font suite.

Le même rouage fait tourner à frottements doux les bobines réceptrices sur leurs axes, de façon que chacune des pellicules s'y enroule au sortir du laminoir.

Sur la plate-forme, ces deux pellicules glissent adossées l'une à l'autre par un compresseur formé d'une plaque de métal doublée de pellicule. Cette plate-forme est percée en dessous d'une fente à ouverture réglable, par laquelle la lumière arrive d'en bas et traverse la bande négative pour impressionner la pellicule sensible qui lui est superposée. Un miroir M,

incliné à 45° , reçoit, quand la caisse est fermée, la lumière d'un bec Auer à travers une fenêtre munie d'un verre dépoli, percée dans la paroi mobile de la caisse. L'appareil se charge en pleine lumière, grâce aux bandes de papier opaque qui recouvrent les bobines.

Quand l'appareil est clos, on met le rouage en mouvement et les bandes de papier cheminent, s'enroulent sur les bobines réceptrices, et, après elles, la pellicule négative et celle qui va être impressionnée cheminent à leur tour, d'un même mouvement.

Un regard, muni d'un verre rouge, permet de suivre la marche des pellicules ; après elles, passent de nouveau des bandes de papier opaques et quand celles-ci sont enroulées sur les bobines réceptrices, on peut ouvrir l'appareil, extraire la pellicule positive et procéder à son développement, au moyen de l'appareil déjà décrit.

Les images sont parfaitement nettes, ce qui montre que les deux pellicules ont été entraînées d'un mouvement égal.

L'épreuve positive ainsi obtenue a des images équidistantes, mais dans chacun des développements qui ont été nécessaires pour obtenir d'abord la bande négative, un retrait des pellicules s'est produit, de sorte que si l'on faisait passer l'épreuve positive dans le chronophotographe pour le projeter sur l'écran, les images successives ne viendraient plus se mettre exactement en face de l'objectif, il passerait trop d'images en un temps donné, de sorte que le sujet projeté se déplacerait lentement sur l'écran, et sortirait du champ visible tandis qu'un autre viendrait peu à peu le remplacer. Cet effet a dû causer des

embarras à tous ceux qui ont construit des projecteurs chronophotographiques. La perforation de la pellicule peut y remédier par les corrections incessantes que produisent les chevilles des cylindres, en entrant dans les trous de la bande pelliculaire. Ces corrections ne sont-elles pas pour quelque chose dans le tremblotement des images projetées ?

En tout cas, comme je me sers de pellicules non perforées, j'ai cherché à corriger l'effet du retrait de pellicule en faisant varier le débit du laminoir du chronophotographe. Puisque la pellicule rétractée fait que les images passent trop vite, il faut diminuer le débit du laminoir.

Pour cela, j'ai recouru à divers moyens : celui qui paraît le mieux réussir consiste à résister au moyen d'un frein réglable à l'entraînement de la bobine-magasin. Il suffit d'une assez faible résistance pour compenser ainsi le retrait de la pellicule. Cette correction se fait pendant la projection même, quelques tâtonnements permettent, en un instant, d'obtenir la fixité des images.

Le chronophotographe n'a besoin d'aucune modification pour devenir projecteur. A l'intérieur de la caisse aux images est un tube carré de métal qui encadre exactement la fenêtre où les images se forment. Ce tube est fermé en arrière par un volet qu'on ouvre pour diriger un faisceau de lumière sur l'image positive que l'on projette. Dans la prise des images, au contraire, cette fenêtre est fermée et le tube a pour fonction d'empêcher la lumière que trouvera la pellicule sensible de se diffuser dans la chambre et de voiler les pellicules, soit avant, soit après son passage au foyer de l'objectif.

E. J. MAREY (de l'Institut).

CHAPITRE III

APPLICATIONS DE LA CHRONOPHOTOGRAPHIE

Ainsi que nous le disions au début, on ne saurait encore prévoir toutes les applications de la chronophotographie. Une revue de ces applications doit donc être forcément incomplète puisqu'au lendemain du jour où elle serait tracée, une nouvelle application pourrait être imaginée et qu'à l'instant même où nous écrivons, on fait sans aucun doute des essais à ce sujet qui ne seront divulgués qu'au moment où leurs auteurs voudront bien les faire connaître.

L'inconvénient de cette insuffisance fatale ne doit pourtant point nous arrêter car, à défaut d'une revue complète, impossible, la connaissance des adaptations de la chronophotographie déjà acquises est le meilleur moyen de guider

l'expérimentateur en vue d'adaptations nouvelles.

Sans nous préoccuper d'une classification des applications de cette méthode qui serait prématurée, nous allons considérer tour à tour les travaux chronophotographiques déjà réalisés en ne les divisant que par les principales différences d'exécution qui les caractérisent et qui résultent soit de la nature des sujets, soit des milieux où les observations doivent s'effectuer.

ÉTUDE DES MOUVEMENTS TERRESTRES

Parmi les mouvements qu'on peut observer sur le sol ceux de l'homme excitaient un intérêt qui les ont fait analyser avec une persistance facile à concevoir.

Anschütz (de Lissa) que nous avons déjà cité, Muybridge de San Francisco, ainsi que MM. Braune et Fischer en Allemagne ; et en France, après M. le Professeur Marey, un certain nombre d'expérimentateurs tels que MM. Burais, Ch. Comte, G. Contremoulins, Delanglade, Demeny, A. Londe, Quénu, F. Regnault, etc., ont étudié à diverses reprises les mouvements humains.

Nous n'entreprendrons pas l'analyse des tra-

vaux de tous ces auteurs, mais nous signalerons les dispositifs nouveaux ou d'un intérêt pratique que l'on doit à quelques-uns d'entre eux.

Anschütz s'étant contenté d'adopter la manière d'opérer de Muybridge, déjà indiquée précédemment, nous n'avons à signaler que les qualités d'exécution de ses séries photographiques.

M. Marey, après avoir étudié la locomotion humaine, les mouvements de l'homme, la vitesse de ses allures, la fréquence et la largeur du pas avec des instruments spéciaux, en grande partie de son invention, a longtemps poursuivi, et poursuit encore l'étude de ces mêmes mouvements à l'aide de la chronophotographie sur plaque fixe ou sur pellicule mobile. Il a fait de nombreuses séries d'observations sur les différents sauts, sur tous les exercices physiques, danse, escrime, boxe, gymnastique, et dans une partie de ses recherches il a été aidé par M. Demeny, qui a rempli longtemps auprès de lui les fonctions de préparateur à la Station Physiologique du Parc des Princes.

Le savant professeur du collège de France a, en outre, tout particulièrement étudié les mouvements humains au point de vue dynamique et ses analyses précieuses ont même porté sur les

allures de l'homme au point de vue artistique : attitudes, expressions du visage, mouvement des draperies, etc.

Mais toutes ces recherches n'ont entraîné la création d'aucun dispositif chronophotographique spécial en dehors de ceux que nous avons déjà signalés, sauf pour quelques études comme celle du *travail humain à bicyclette* ou celle de la *respiration* et diverses analyses encore inédites parce qu'elles sont en cours d'exécution, or l'on conçoit qu'il ne nous appartient pas de les divulguer avant leur auteur.

16. Chronophotographie dans l'obscurité. — Pour étudier les mouvements des danseuses de théâtre, M. L. Soret eût le premier l'idée de les photographier sur une scène où elles évoluaient à la faible lueur antiphotogénique de quelques lampes munies de verres rouges comme ceux qu'on emploie dans les laboratoires de photographie.

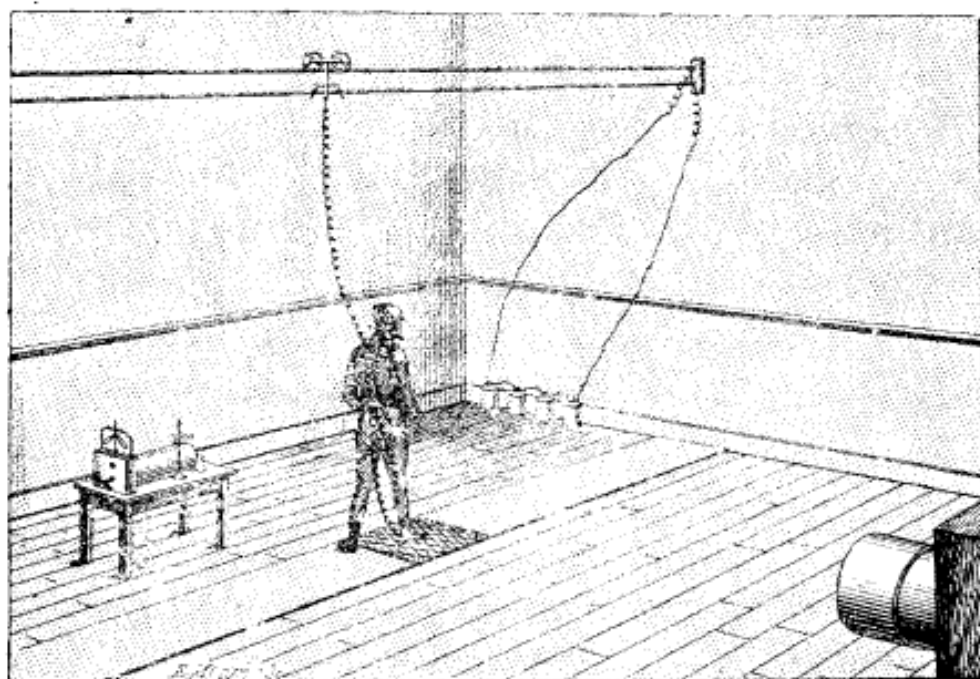
Sur la tête et sur les pieds des sujets M. L. Soret fixait des petites lampes à incandescence qui, photographiées pendant la danse, formaient sur les clichés des courbes répétées donnant d'intéressantes indications.

A l'aide du même procédé mais avec un dispositif mieux approprié, MM. Quénu et Demeny

ont observé par la chronophotographie la marche des boiteux.

Ils opéraient dans une chambre munie de vitres rouges, en faisant progresser le sujet sur

Fig. 25



une piste tracée d'avance. Les lampes à incandescence destinées à fournir les trajectoires des mouvements se plaçaient sur la tête, sur une épaule et aux articulations d'une des jambes du sujet ; elles se trouvaient sur un circuit mis en communication avec les piles par un petit chariot glissant au-dessus du boiteux sur des fils

métalliques tendus d'un bout à l'autre de la chambre.

En marchant, le sujet entraînait ce chariot qui, toujours sur les fils, ne cessait jamais d'être en communication avec les piles (*fig. 28*) et les clichés obtenus donnaient des trajectoires de points qu'il suffisait de relier par des lignes pour avoir la chronophotographie géométrique des mouvements (*fig. 29*).

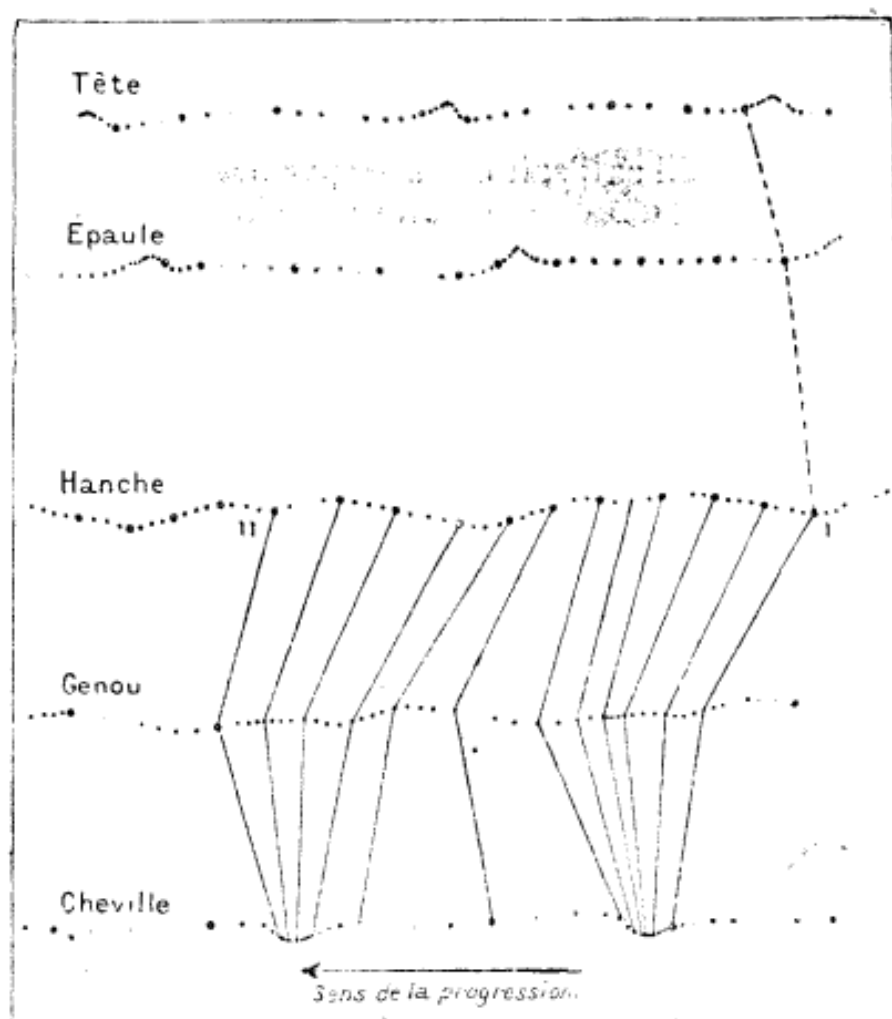
Dans son traité sur le *Mouvement*, M. Marey signale ces recherches et fait remarquer qu'on obtiendrait de même la chronophotographie d'un sujet dans une chambre obscure, ou éclairée à la lumière rouge, au moyen d'une projection électrique ne frappant que ce sujet.

En 1894, MM. le D^r Delanglade et G. Contremoulins, à l'hôpital Trousseau, perfectionnant cette méthode, ont fait un grand nombre d'observations de claudications variées sur lesquelles M. Delanglade a établi une fort belle thèse dont nous extrayons les principaux passages se rapportant à la disposition ingénieuse adoptée par M. Contremoulins pour la partie chronophotographique de cette étude ⁽¹⁾.

(1) D^r Edmond DELANGLADE, ancien interne des Hôpitaux de Paris. — *La luxation congénitale du fémur*, Paris, 1892, G. Steinheil, édit.

« Nous avons adopté l'appareil à plaque fixe de M. Marey et repris, en la modifiant, la tech-

Fig. 29



nique de MM Quénu et Demeny. Leurs sujets, vêtus d'un maillot noir, étaient en pleine lumière, ils se mouvaient devant un fond de velours noir, l'axe des membres indiqué par des

lignes blanches. Plus tard, ils ont adopté des points brillants fixés sur le maillot et reliés par des fils blancs, puis de petites lampes électriques accrochées également sur le maillot.

Dès le début, pour obtenir une précision plus grande, nous avons supprimé le maillot et fixé directement sur le corps, mis entièrement à nu, nos lampes, montées dans de petites cuvettes d'ébonite de façon à éviter tout déplacement du point lumineux. Nous obtenions l'adhérence à l'aide de très petites bandelettes de pâte de diachylon. Ce procédé était trop inexact encore, car la mobilité superficielle des téguments se transmettait à nos lampes et altérait les résultats d'une façon très appréciable.

Nous nous sommes donc attachés à solidariser aussi étroitement que possible nos points lumineux avec le squelette lui-même. A cet effet nous employons cinq lampes fixées sur des points constants. L'une inférieure, au niveau de la malléole externe, est fixée sur une bande de diachylon serrée elle-même sur le squelette très superficiel de la mortaise tibio-péronière.

Le fémur porte deux lampes, l'une inférieure sur la face externe du condyle externe, l'autre supérieure au bord supérieur du grand trochanter. Elles sont réunies l'une à l'autre par

une tige de cuivre rouge malléable à laquelle on peut, au moment où l'on place l'appareil, donner une courbure lui permettant de s'adapter exactement à celle de la cuisse. Cette tige est montée à coulisse sur une plaque mince de cuivre, représentée dans la *fig. 30*. Cette plaque porte à ses extrémités des crochets permettant de l'appliquer et de la maintenir sur la cuisse à l'aide de caoutchoucs. Nous enroulons, en outre, au-dessus et au-dessous de cette plaque des bandes de diachylon en évitant un degré de compression susceptible de gêner le fonctionnement normal des muscles. Nous avons, bien entendu, une série de baguettes proportionnées à la taille des sujets. Toutes portent à leurs extrémités des crans permettant d'amener la lampe à l'endroit précis. Elle tient à la tige à l'aide d'un petit encliquetage, sa face interne est adhérente à la peau grâce à une mince bandelette de diachylon.

Sur le bassin, nous avons choisi, comme point de repère, le tubercule d'insertion de la bandelette de Maissiat, toujours très facile à reconnaître et siégeant presque verticalement au-dessus du grand trochanter à l'état normal. Les téguments étant ici très mobiles (chez les claudicants observés) nous appliquons sur les crêtes

iliaques une lame de caoutchouc de trois travers

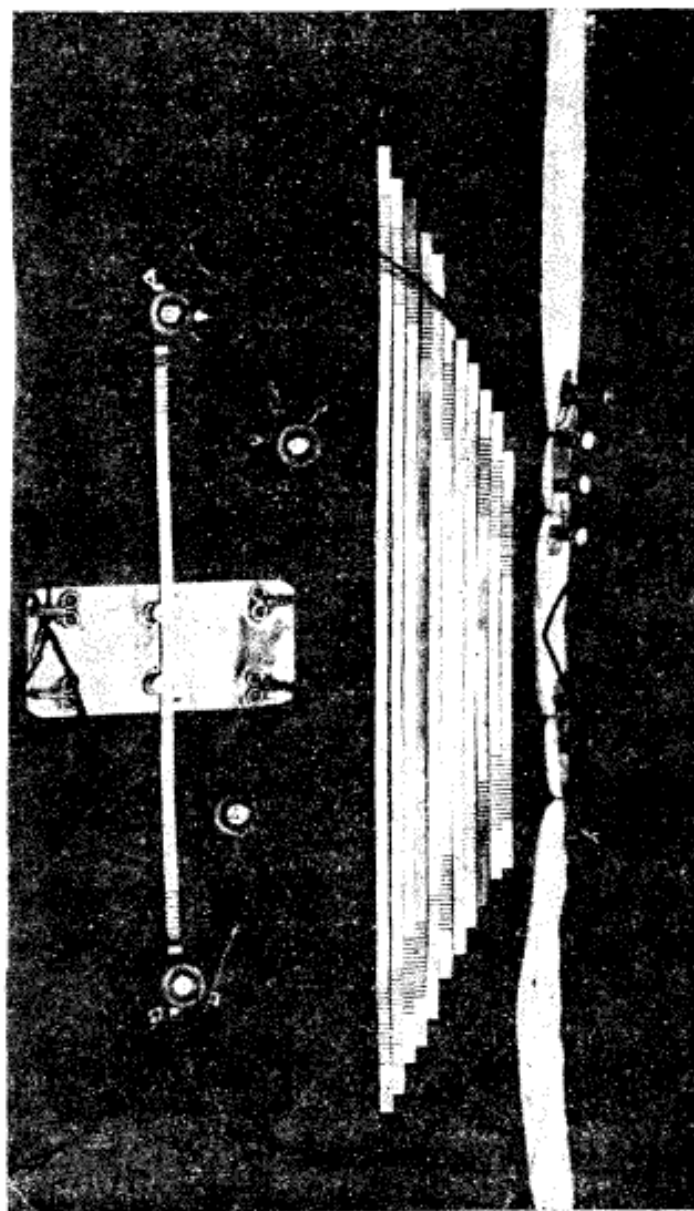


Fig. 10

de doigt de largeur, épousant la forme et les mouvements du bassin.

Au niveau de la cage thoracique, nous n'avons pu trouver un point de repère absolument fixe. Nous enroulons une bande de diachylon tangente à l'angle inférieur de l'omoplate. La lampe y est placée avec un peu d'emplâtre en un point correspondant à la neuvième ou dixième côte (*fig. 31*).

Ces lampes, montées en dérivation sur une batterie d'accumulateurs, sont commandées par l'opérateur qui met l'appareil en mouvement. Elles sont de quatre à six volts. Il faut en avoir un jeu important pour que chaque groupe de cinq ait un même voltage.

La batterie d'accumulateurs, de huit volts, est munie d'un rhéostat permettant de donner progressivement le maximum d'intensité lumineuse indispensable pour l'obtention des épreuves.

L'appareil dont nous nous servons est donc l'appareil chronographique à plaque fixe de M. Marey. Les interruptions des tracés sont faites à l'aide d'un disque de cinq rayons, dont un beaucoup plus large, servant de point de repère. Ce disque tourne à une vitesse de cinq ou dix tours par seconde.

La pièce dans laquelle nous opérons à l'hôpital Trousseau avait été, grâce à la bienveillance de M. Broca, entièrement disposée



Fig. 31

dans ce but. Un rideau noir en tapissait le fond. Toutes les ouvertures en étaient obstruées.

L. GARNIER — La Chronophotographie

6

Elle n'était éclairée que par deux lanternes jaunes permettant de se mouvoir sans risquer de voiler la plaque.

Pour éviter les oscillations des membres supérieurs devant les lampes, de même que pour faire marcher le sujet dans un plan aussi perpendiculaire que possible à l'axe optique de l'appareil, et que pour veiller à la régularité de son allure, l'un de nous marchait à reculons devant ce sujet en soutenant légèrement ses mains tenues en avant.

Chacun de nos points lumineux décrit donc une courbe interrompue par le passage des rayons du disque. Grâce à ces interruptions, nous traçons sur les épreuves (dont le fond est noir) à la gouache blanche, des directrices représentant l'axe des différents segments du corps. La ligne inférieure indiquant le trajet du point malléolaire nous est particulièrement utile en ce qu'elle nous permet de rapporter aux temps du lever ou du poser du pied, les différents phénomènes que nous étudions sur les trois lignes supérieures : thoracique, pelvienne et trochanterienne ».

N'ayant pas à considérer ici le but des auteurs, c'est-à-dire l'étude et la guérison des luxations congénitales du fémur, nous n'analy-

serons même pas les graphiques de leurs chronophotographies ; il suffit d'avoir reproduit *in extenso* la description qu'ils ont faite eux-mêmes de leur dispositif opératoire pour qu'on soit en mesure d'en apprécier les très grands avantages et capable de l'appliquer en des cas semblables ou analogues.

17. Chronophotographies simultanées sur divers plans. — Sous le titre : *LA MARCHÉ DE L'HOMME, recherches sous l'homme chargé et non chargé*, récemment (1895) MM. Braune et Fischer ont publié à Leipzig, chez l'éditeur Hirzel, la relation de travaux chronophotographiques qui rappellent ceux que nous venons de citer mais qui en diffèrent pourtant par un point capital.

Préoccupés des tentatives qu'avait faites Vierordt pour l'étude simultanée du mouvement considéré sous sa projection sur deux plans différents et partant de ses données, ils se proposèrent d'établir des coordonnées dans l'espace d'images prises selon des plans faisant, entre eux, des angles déterminés.

On conçoit, en effet, que chaque plan fournissant deux grandeurs, leurs coordonnées peuvent constituer les trois dimensions d'un sujet se déplaçant dans l'espace à la condition que

les images des plans aient été prises exactement en même temps. Le synchronisme absolu des reproductions faites est une condition *sine qua non* et l'absolutisme de cette condition est tel que M. Marey lui-même, pour la réaliser, n'aurait jamais considéré comme suffisante la rapidité d'une communication électrique entre les déclenchements d'obturateurs réunis par un même circuit.

MM. Braune et Fischer, non moins pénétrés que M. Marey de la nécessité de ce synchronisme *absolu*, eurent pourtant l'idée d'utiliser l'électricité en cette occurrence mais d'une toute autre manière qu'on ne l'avait fait avant eux, et c'est là leur mérite le plus manifeste.

Tout en parlant du même principe que MM. Quénu et Demeny, ils réalisèrent un dispositif très différent.

Ils ont opéré dans un milieu obscur, sur des sujets revêtus de maillots noirs et par illuminations partielles de ces sujets; seulement, au lieu de lampes à incandescence *lentes à s'allumer et lentes à s'éteindre*, ils ont employé des tubes de Geissler dont l'éclairement impressionne faiblement la vue mais très énergiquement les halogènes d'argent et qui s'illuminent et s'éteignent *instantanément*.

Grâce à cette rapidité d'illumination et d'extinction, le synchronisme voulu était trouvé, car il n'y avait plus à se préoccuper des difficultés mécaniques de l'obturation pour créer les intermittences chronophotographiques synchrones exigées, puisque les tubes de Geissler pouvaient fournir eux-mêmes ces intermittences. Et, d'autre part, ces intermittences résolvaient également le problème du synchronisme d'impression des images, puisqu'il n'y avait qu'à laisser les objectifs des diverses appareils ouverts en permanence dans l'obscurité pour être sûr de l'enregistrement *absolument simultané* des éclairissements sur toutes les surfaces sensibles exposées.

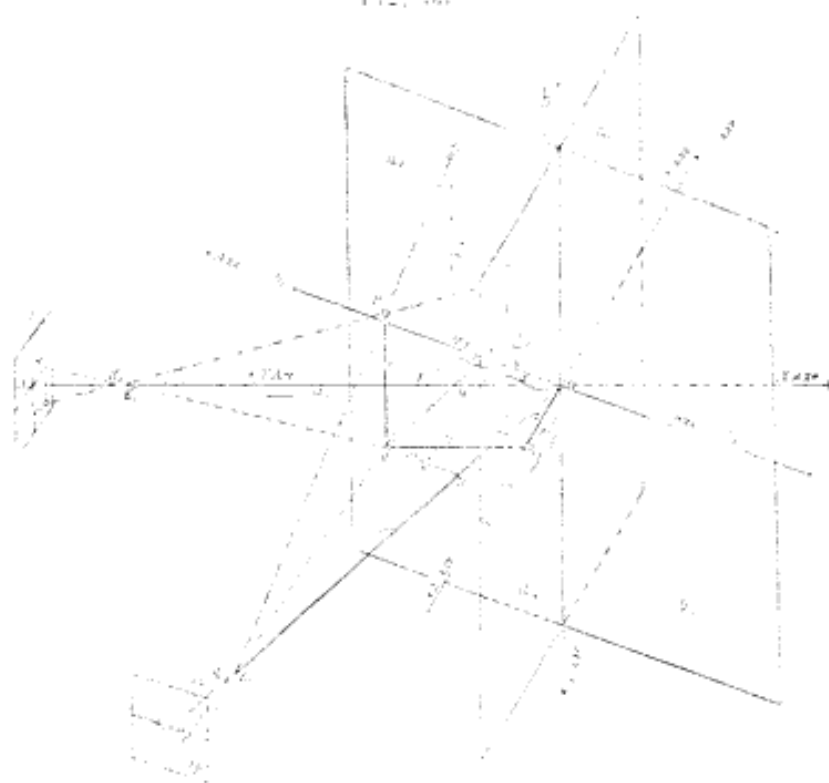
Les deux observateurs allemands employaient pour leurs expériences des tubes de Geissler aussi fins que possible afin d'avoir des images plus nettes et ces tubes se fixaient à chaque membre au moyen d'armatures spéciales et de courroies ; les uns sur l'avant-bras et sur la cuisse jusqu'aux articulations limitant ces membres, les autres sur la jambe, le bras et le pied, allant de l'articulation jusqu'au milieu du membre. Soit en tout dix tubes et un onzième pour la tête.

Tous les tubes se reliaient à la fois à une forte bobine de Ruhmkorff dont le fil s'enrou-

ployaient quatre appareils disposés comme l'indique la *fig.* 32. Deux, l'un à droite et l'autre à gauche de l'axe du déplacement et perpendiculairement à cet axe ; les deux autres également à droite et à gauche de cet axe de déplacement mais de façon à faire avec les premiers un angle de 60° .

Minutieusement réglés comme direction, les axes optiques de tous ces appareils convergaient exactement en un point O placé au mi-

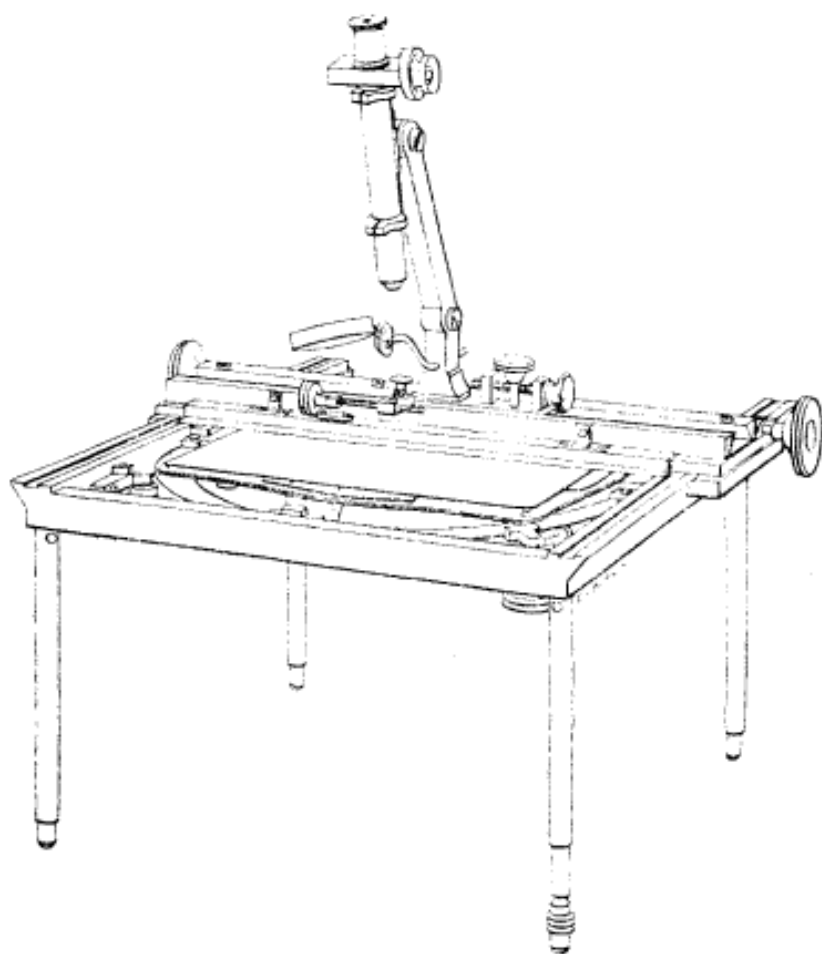
Fig. 33



lieu des axes X de la marche et Y des appareils et à $0^m,90$ du sol.

Ainsi, chaque paire d'appareil $1a$ et $2a$, $1b$ et $2b$ correspondait à une projection des points d'un côté du corps, le droit ou le gauche.

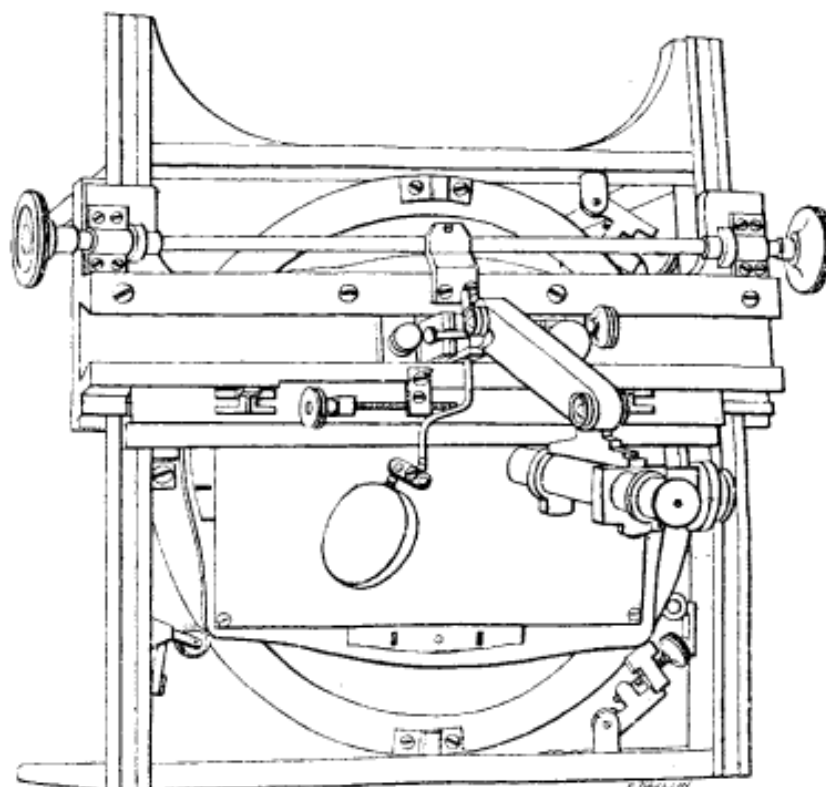
Fig. 34



Ayant un souci *extrême* de l'exactitude de leurs observations, MM. Braune et Fischer ont tenu à observer les négatifs même pour éviter les chances de déformation inhérentes aux papiers et ces observations directes sur les clichés

ont été exécutées avec un microscope muni d'une graduation de haute précision donnant des mesures exactes au $\frac{1}{1\,000}$ de millimètre.

Fig. 35



A l'aide de l'instrument que nous reproduisons ci-contre et ci-dessus (*fig. 34* et *35*), les deux collaborateurs allemands n'ont pas pris moins de 6696 mesures, consignées dans des tables du genre de celle que nous retraçons plus loin à titre de spécimen (*fig. 36*) et c'est par ce système de mesures qu'ils ont obtenu une série de coor-

données dans l'espace et déterminé ces coor-

Fig. 36

Articulation de l'épaule droite			
ξ'_1	ξ'_2	ξ'_1	ξ'_2
-59,437	+32,529	+28,626	+22,872
-55,366	+31,127	+29,735	+23,950
-51,271	+29,727	+30,731	+
-47,211	+28,347	+31,370	+25,601
-43,109	+27,003	+31,604	+25,931
-39,078	+25,634	+31,391	+25,981
-34,966	+24,237	+30,762	+25,664
-30,496	+22,750	+29,753	+24,982
-26,116	+21,272	+28,763	+24,369
-21,821	+19,926	+28,143	+24,000
-16,889	+18,423	+27,870	+23,969
-11,887	+16,812	+27,979	+24,290
- 7,013	+15,114	+28,421	+24,920
- 2,825	+13,528	+29,291	+25,900
+ 1,671	+11,739	+30,678	+27,430
+ 5,603	+10,146	+31,721	+28,239
+10,146	+ 8,283	+32,350	+29,450
+14,185	+ 6,550	+32,260	+29,490
+18,451	+ 4,570	+31,678	+29,320
+22,882	+ 2,490	+30,880	+28,880
+27,469	+ 0,250	+29,979	+28,330
+31,957	- 2,100	+29,154	+27,860
+36,392	- 4,420	+28,653	+27,560
+40,804	- 6,820	+28,109	+27,750
+45,205	- 9,270	+28,614	+28,240
+49,964	-11,800	+28,997	+28,855
+53,915	-13,500	+29,550	+29,500
+57,843	-15,570	+30,441	+30,830
+61,360	-17,640	+31,197	+31,830
+65,119	-19,520	+31,691	+32,450
+68,888	-21,500	+31,812	+32,960

données pour les *points milliaux* entre les articulations.

A l'aide de ces points, ils ont, enfin, matérialisé en quelque sorte les résultats de leurs recherches dans des figures schématiques en relief (*fig. 37 et 38*) qui font voir dans l'espace les résultats de leurs travaux.

De leurs calculs se déduisent les mouvements du tronc, les

oscillations des hanches, des épaules, du torse,

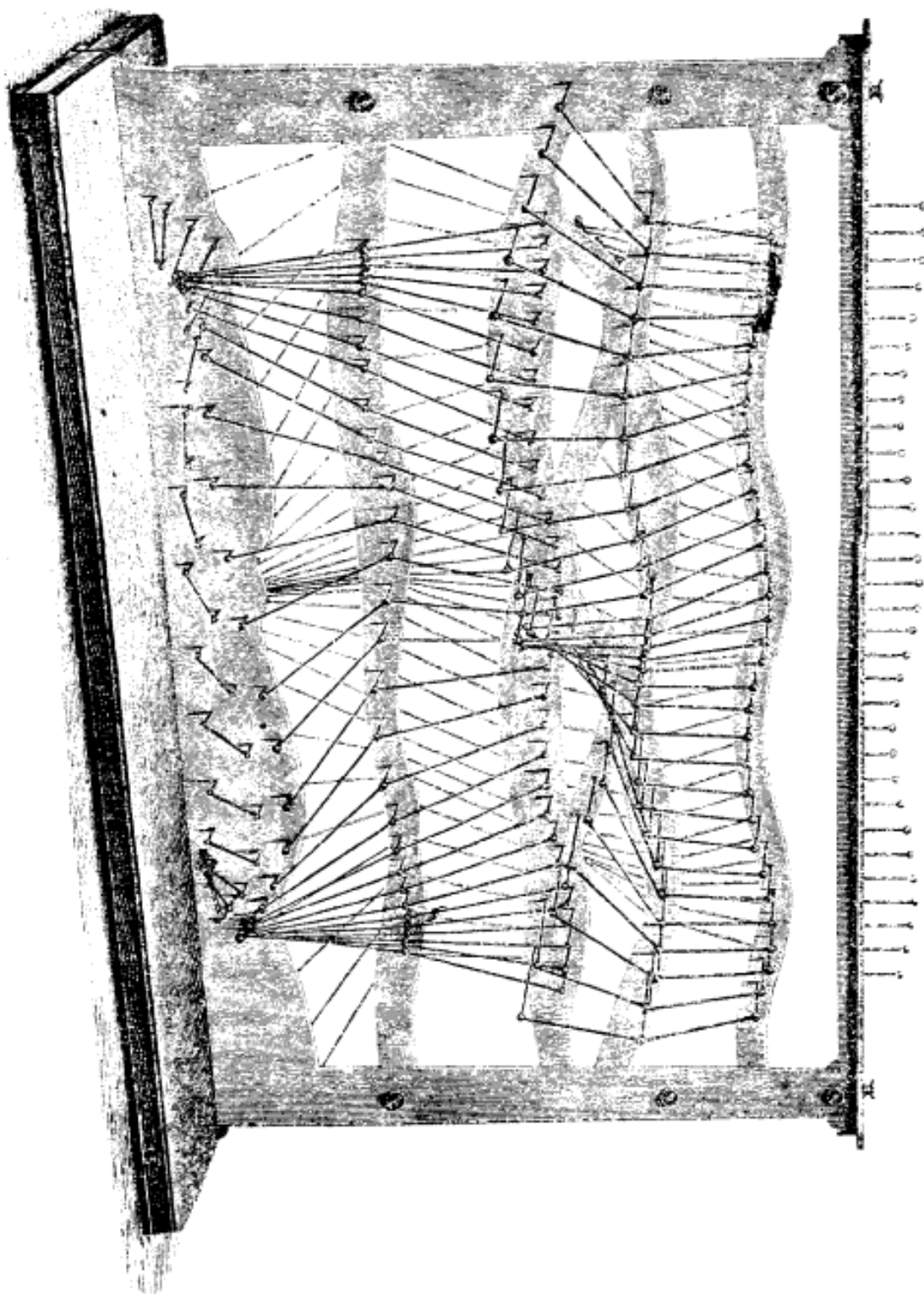
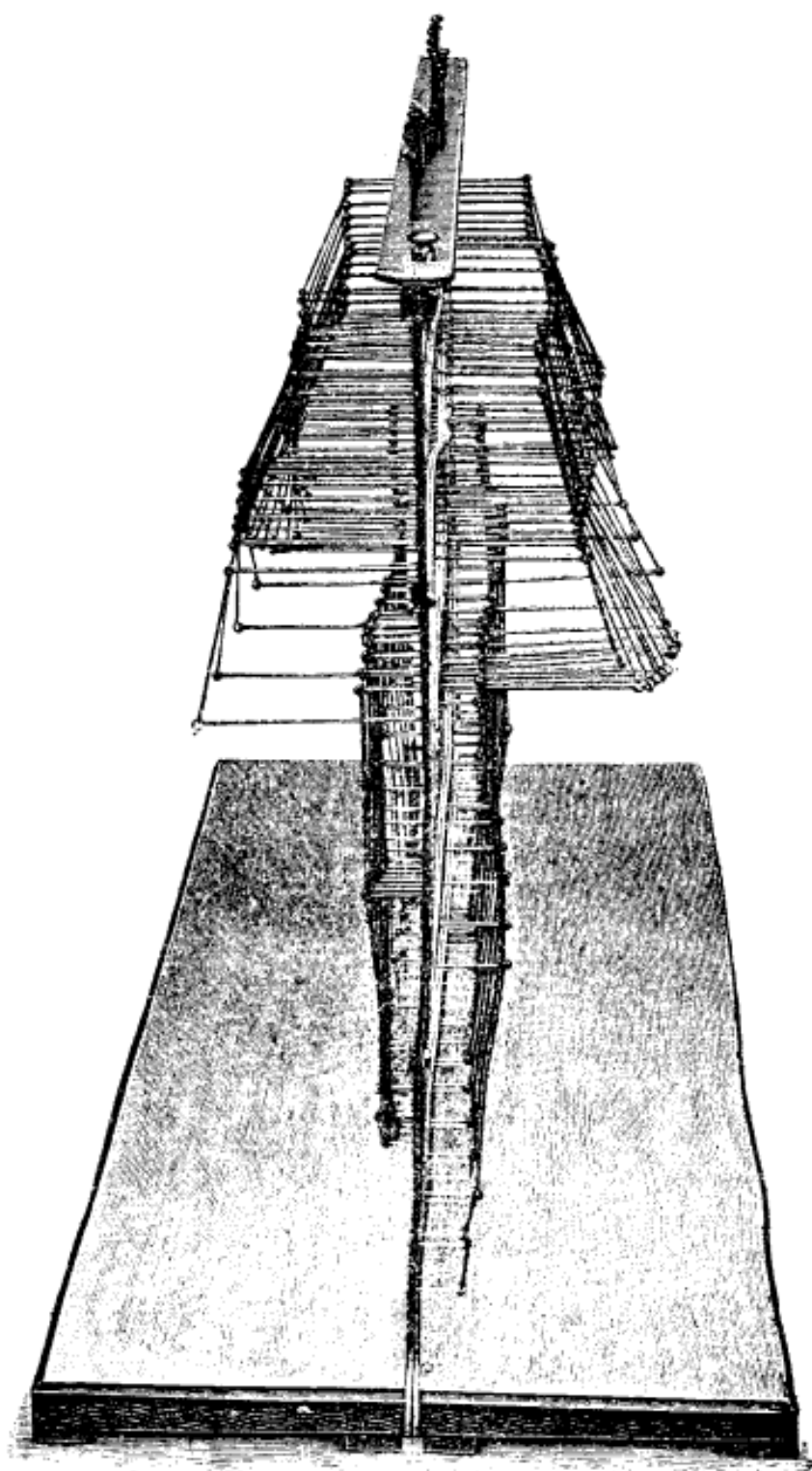


Fig. 37

Fig. 38



de la tête et les relations probables existant entre ces divers mouvements.

L'étude de la *marche de l'homme chargé* est la conclusion du travail que nous venons d'indiquer ; elle comporte également des tables mentionnant les rectifications à apporter aux tables de la marche normale au cas où l'homme serait embarrassé d'un fardeau.

Nous n'avons pas ici à faire la critique des travaux de MM. Braune et Fischer mais, tout en appréciant l'ingéniosité du procédé qui leur a permis de réaliser le synchronisme nécessaire pour leurs opérations, nous sommes pourtant obligés de faire toutes les réserves que comportent les armatures compliquées, instables, embarrassantes et contraignantes dont ils ont dû charger leurs sujets d'observation.

Ce qu'il importe de retenir dans ces études, ce sont, du reste, moins les conclusions formulées par les expérimentateurs que le procédé qui leur a permis de les établir, car il indique une voie précieuse pour toutes les observations des trois dimensions d'un corps se déplaçant dans l'espace.

18. Étude de la marche en flexion. — Depuis 1872, le commandant de Raoul avait été amené, par des recherches particulières, à préco-

niser un mode de course et de marche spécial dans lequel les membres inférieurs, au lieu d'être étendus, se rapprochent sensiblement du sol par une flexion prononcée. La chronophotographie a contrôlé ces expériences ; MM. Félix Régnauld et Ch. Comte ont fait une série d'expériences à la Station Physiologique du Parc des Princes qui tendent à démontrer l'exactitude des théories du commandant de Raoul. Mais nous ne signalons ce travail que parce que c'est un des plus récents, car il n'a exigé aucune modification des appareils et des dispositifs que nous connaissons déjà.

19. Mouvements des animaux. — La Station Physiologique du Parc des Princes renferme, à l'intérieur de sa piste circulaire de 500 mètres, des parcs d'animaux dont les mouvements et les allures ont été étudiés à plusieurs reprises par le savant professeur du Collège de France, qui est, en quelque sorte, sinon le père, au moins le protagoniste de la chronophotographie et le créateur de la plupart des appareils et des dispositifs scientifiques propres à ses applications.

La plupart des animaux domestiques et plusieurs quadrupèdes divers figurent dans ces parcs ; tour à tour ils ont servi de sujet d'expé-

riences à M. Marey mais c'est le chien et surtout le cheval qui ont été étudiés dans ce magnifique établissement.

C'est également sur le cheval que se sont portées surtout les observations chronophotographiques de Muybridge et d'Anschütz.

M. Marey s'est appliqué tout particulièrement à déterminer comment se fait le passage d'une allure à une autre dans la marche et la course de ce quadrupède et la chronophotographie a fourni de très complètes analyses de ces mouvements si difficiles à saisir.

Mais ces observations, en dehors de quelques petits détails d'installation exigés par la couleur, la dimension ou la nature exceptionnelle des animaux, n'a entraîné aucune adaptation nouvelle des moyens d'exécution chronophotographiques précédemment décrits.

Elles indiquent, entre autres choses, le puissant intérêt que présente la recherche des rapports existant entre les organes et leurs fonctions, recherche dont M. Marey a, du reste, fait ressortir toute l'importance dans une de ses plus belles leçons au collège de France (en 1895). Pour ce dernier genre d'investigations et de comparaisons, on conçoit que dans bien des cas des dispositifs nouveaux seraient nécessaires : ils se-

ront fatalement créés au fur et à mesure des besoins et là, comme en bien d'autres travaux chronophotographiques à entreprendre, il y aura sans doute d'ici quelques années nombre de nouvelles indications à fournir qu'on ne peut que pressentir actuellement ⁽¹⁾.

ÉTUDE DES MOUVEMENTS DANS L'AIR

20. Le vol des oiseaux. — Tandis qu'à l'étranger, la chronophotographie a été appliquée de préférence à l'analyse des mouvements de l'homme et des animaux sur le sol, en France, M. Marey, qu'il faut toujours citer quand il est question d'investigations chronophotographiques, parce qu'il a ouvert ou signalé presque toutes les voies suivies dans les utilisations de cette méthode, s'est particulièrement occupé des mouvements qui s'effectuent dans l'air et tout spécialement du vol des oiseaux.

(1) La mort ayant enlevé récemment à M. O. Fischer son savant collègue, M. Braune, il a poursuivi seul des études qu'ils avaient commencées ensemble sur le travail musculaire des bras; or, ces études rentrent justement dans la catégorie de celles qui ont pour principe ou pour conséquence l'examen des rapports entre l'organe et sa fonction.

Ses magistrales études physiologiques et chronophotographiques à ce sujet, publiées quatre ans avant son traité général sur le *Mouvement*, sont universellement connues. Nous devons nous borner à y renvoyer le lecteur en nous contentant de mentionner ici les modifications d'installation qu'elles ont amené le savant professeur à faire dans les moyens d'opérer précédemment exposés.

Le vol des oiseaux, quand il s'agit de sujets blancs ou très clairs, passant devant un champ obscur, est très facilement reproduit par l'appareil chronophotographique sur plaque fixe si l'oiseau est d'assez grande taille et si, par conséquent, le battement de son aile n'est pas trop rapide.

Mais si ce mouvement des ailes est plus prompt il devient nécessaire de dissocier les images par l'un des moyens que nous avons rapportés et particulièrement au moyen de deux appareils opérant successivement (*Images alternantes*, § 12).

Enfin, si ce mouvement, comme chez les petits oiseaux, tels que le moineau franc, est très rapide, c'est la chronophotographie sur pellicule mobile qu'il faut employer pour l'analyser.

Ainsi, dans la *fig. 39*, l'oiseau observé, un goéland, donnait environ cinq coups d'aile par seconde. L'appareil étant réglé pour dix images

(plaque fixe) par seconde, la plaque ne portait, par conséquent, que deux phases du mouvement représentant l'oiseau les ailes élevées et les ailes abaissées. Les mêmes phases se représentaient sans cesse et ne fournissaient pas une analyse assez complète du vol de l'oiseau.

Dans l'expérience suivante, au contraire, le sujet était un canard donnant huit à neuf battements d'aile à la seconde ⁽¹⁾. L'appareil étant réglé, comme dans la première observation, pour dix images à la seconde, représentait chaque fois l'oiseau à une phase différente de son mouvement (*fig. 40*).

La rapidité du battement des ailes est donc un des premiers éléments dont il faut tenir compte dans la chronophotographie du vol des oiseaux.

En outre, les mouvements des ailes étant fort compliqués et d'autant plus difficiles à décomposer que l'animal occupe toujours relativement un grand espace dans le sens de la profondeur du champ de l'objectif, puisque ses ailes dé-

(1) En d'autres termes, chaque image représentait $\frac{16}{9}$ de mouvement complet de l'aile : soit, une révolution entière, plus $\frac{1}{9}$ de la révolution suivante, et à la dixième image il reparaissait dans la phase de la première.



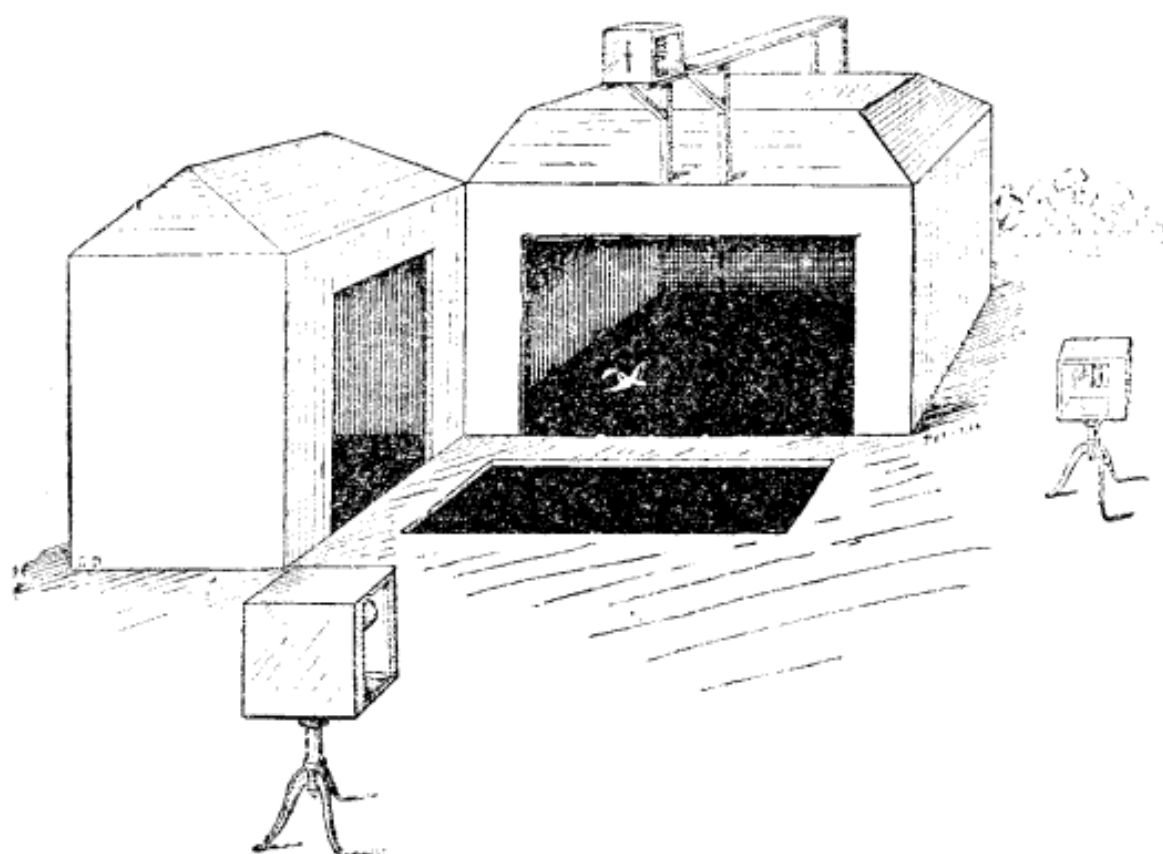
Fig. 30



Fig. 31

ployées embrassent généralement plus d'étendue que son corps, une seule série chronophotographique prise dans un sens quelconque ne suffi-

Fig. II



rait pas pour donner des renseignements complets sur ses allures.

Il convient donc, presque toujours, de chronophotographier le vol de profil, de face et en travers pour le moins.

Dans bien des cas, une série chronophotographique surplombante est de plus encore nécessaire.

Mais, comme l'oiseau n'est pas un animal capable de se prêter aussi bien que le cheval et le chien aux expériences chronophotographiques, comme il se meut librement dans un milieu sans voies tracées et qu'on ne peut jamais savoir *exactement* où les efforts de ses ailes et son instinct le porteront, il serait presque indispensable de le chronophotographier à la fois dans tous les sens au moyen d'un dispositif spécial.

A cet effet, M. Marey préconise une installation que la *fig. 41* explique très clairement. Elle se compose de deux hangars, formant fonds obscurs, disposés à angle droit l'un de l'autre et d'un échafaudage dominant l'un de ces hangars pour porter un appareil destiné à des séries chronophotographiques sur plombantes.

Devant les hangars un trou profond, noirci au fond et sur ses côtés, formerait le champ obscur de l'appareil chronophotographique surplombant. Les deux autres appareils étant placés comme le croquis l'indique donneraient des vues du vol de face et de profil, sans préjudice des autres appareils qu'on pourrait disposer encore

sous des angles différents pour avoir des images du vol en travers (*fig. 42*).

Cette disposition théorique réaliserait le



Fig. 42

meilleur dispositif d'analyse des mouvements du vol si la marche de tous les appareils utilisés pouvait être régulièrement synchrone.

Malheureusement, dans l'état de nos moyens actuels, ce synchronisme, comme nous le disions à propos des travaux de M. Braune et Fischer (§ 17) est peu réalisable d'une façon parfaite.

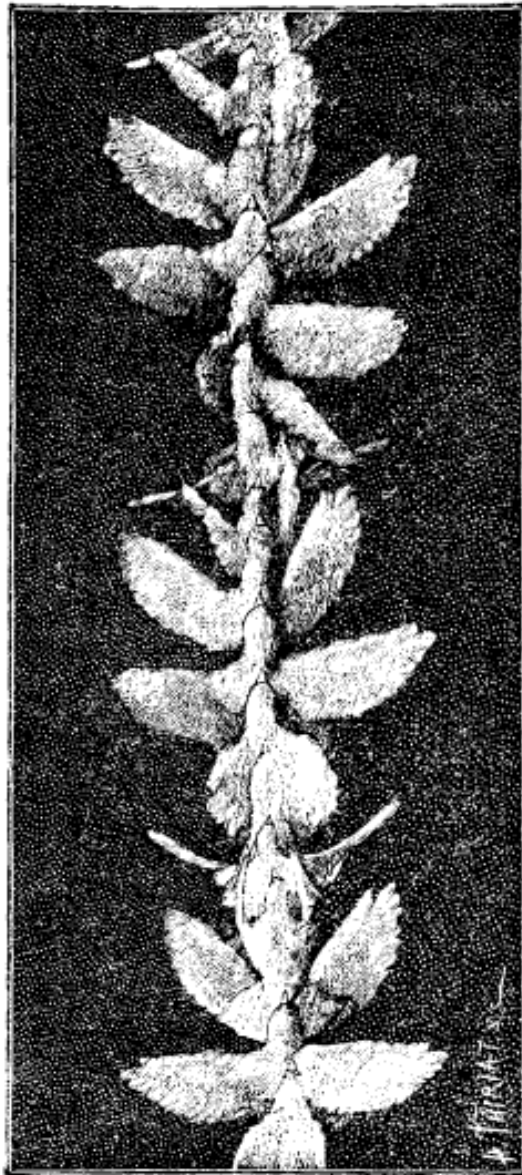
En outre, dans le cas particulier du vol des oiseaux, on ne saurait concevoir l'application du procédé des deux expérimentateurs allemands car tout s'y oppose : le poids et le volume des tubes de Geissler, si réduits qu'ils puissent être ; l'obscurité et l'impossibilité de faire voler normalement des oiseaux dans cette obscurité, soit en un local clos, soit même en plein air pendant une nuit assez noire.

Faute de pouvoir assez bien résoudre le problème du synchronisme de la marche des appareils prévus, M. Marey s'est borné à faire *successivement* les observations qu'il aurait souhaité réaliser simultanément. Il a mis plus de temps, dépensé plus de peine, mais le résultat n'a pas été sensiblement différent de ce qu'il aurait pu être par la méthode qu'on peut concevoir et qu'il a indiquée en attendant qu'elle puisse être pratiquement réalisée.

Lorsque le vol est chronophographié obliquement, le nombre des images prises dans l'espace de temps d'une seconde peut être assez considérable parce que ces images ne se su-

perposent guère (*fig. 42*). Mais dans toutes les

Fig. 43

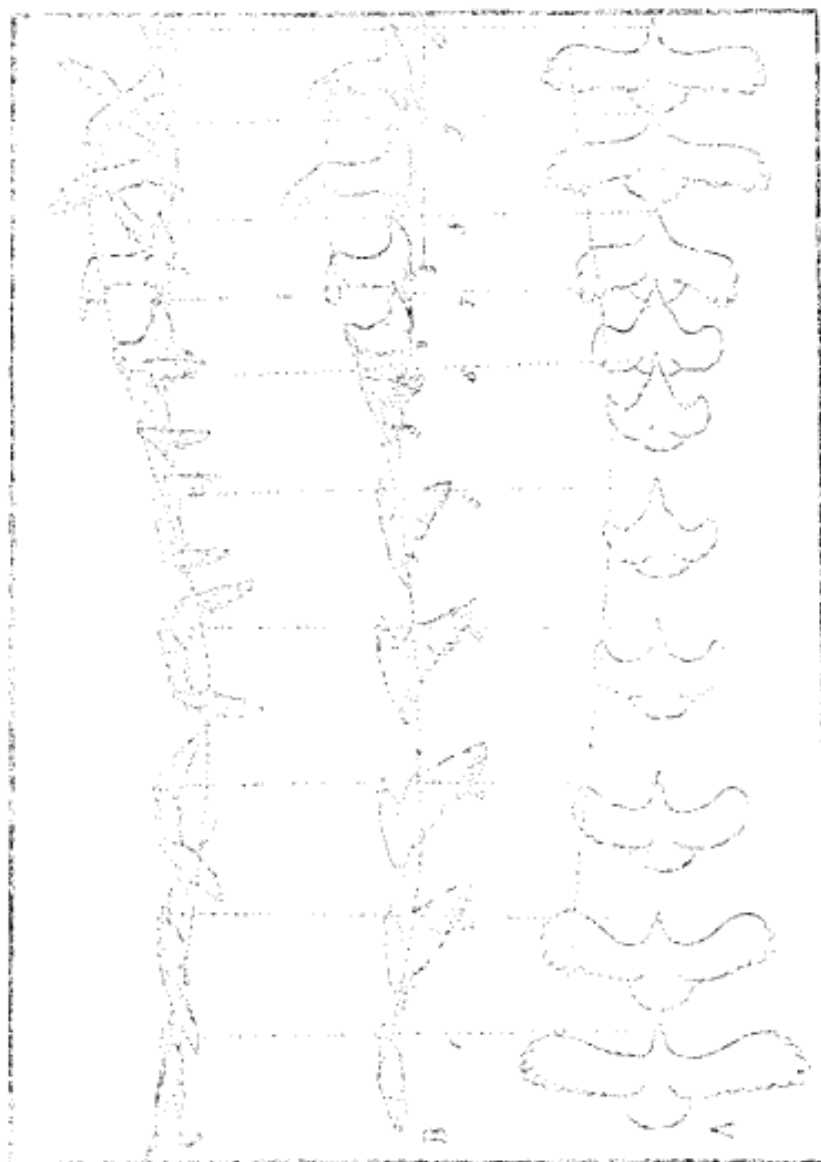


autres positions, si le battement des ailes est très rapide, la dissociation des images sur plaque fixe se trouve insuffisante. C'est ainsi que le vol du pigeon représenté dans la *fig. 43* par une chronophotographie sur plombe montre une succession d'aspects trop enchevêtrés et dans lesquels il devient malaisé de bien distinguer chaque représentation de l'oiseau. Il convient en pareil cas de recourir à la chronophotographie sur

autres positions, si le battement des ailes est très rapide, la dissociation des images sur plaque fixe se trouve insuffisante. C'est ainsi que le vol du pigeon représenté dans la *fig. 43* par une chronophotographie sur plombe montre une succession d'aspects trop enchevêtrés et dans lesquels il devient malaisé de bien distinguer chaque

bande pelliculaire mobile qui a permis à M. Ma-

Fig. 11.



roy d'obtenir devant un champ obscur, dans des conditions de ce genre, jusqu'à soixante

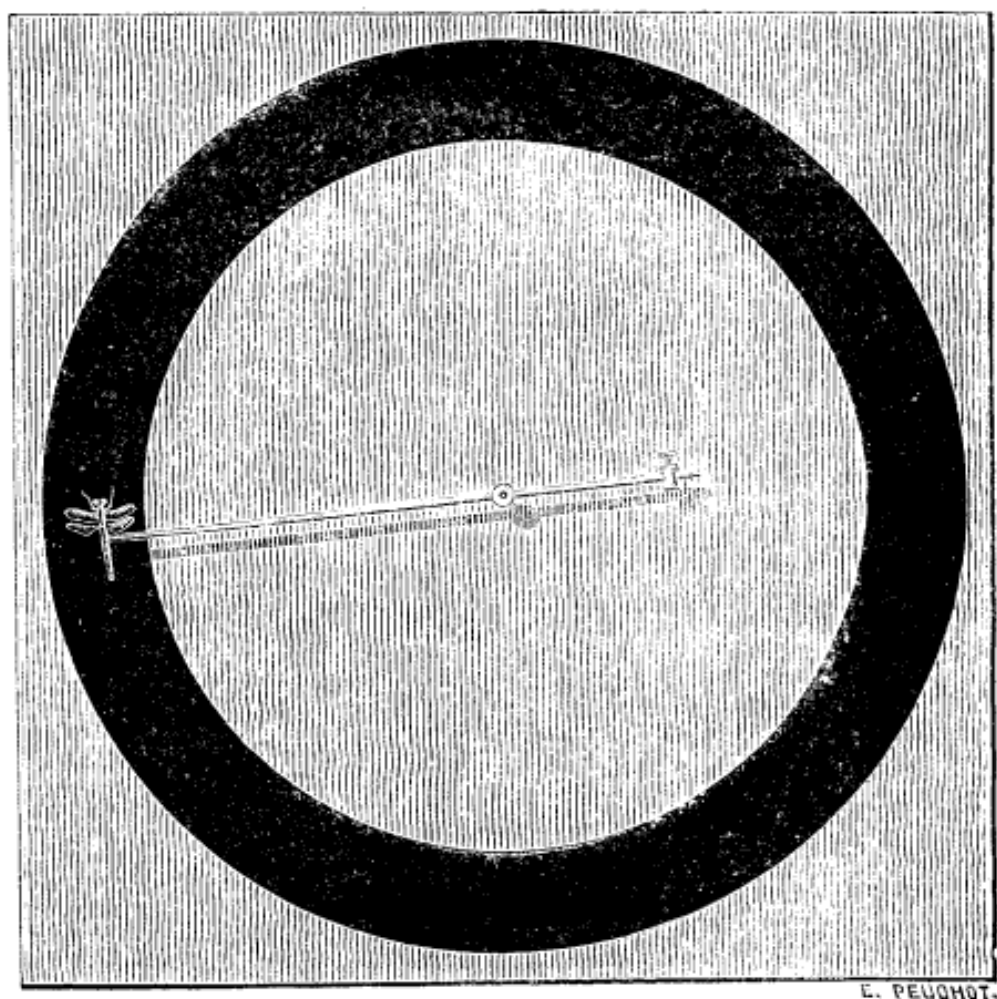
images par seconde, toutes parfaitement distinctes.

21. Le vol des insectes. — A plusieurs reprises, le vol des insectes a été étudié, avant les applications de la chronophotographie à cette analyse par M. Marey, qui avait lui-même fait d'importantes observations à ce sujet sans le secours des surfaces sensibles, au moyen de dispositifs particuliers, après M. Pettigrew en Angleterre. En 1881, M. Lendenfeld publiait à Vienne, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, ses observations sur le vol de la libellule observé au moyen de la photographie. M. Marey a imaginé pour cette observation un dispositif très simple et qui peut être, d'ailleurs, modifié suivant les besoins.

Il consiste en une caisse carrée de 1 mètre de côté et d'une profondeur de 0^m,25 environ dont l'intérieur est entièrement tapissé de velours noir. Le dessus de cette caisse est découpé en forme de cercle et dans l'intérieur de ce vide, au niveau du dessus de la caisse, un disque plein, d'un diamètre inférieur au vide, se trouve soutenu par un pied fixé, à l'intérieur, dans le fond de la caisse. Entre le disque plein, soutenu par ce pied au niveau du dessus de la caisse et la découpe circulaire de ce dessus, il existe un

vide annulaire puisque le disque est plus petit que la découpure et ce vide annulaire est parfaitement obscur puisque l'intérieur de la caisse est tapissé de velours noir ; il constitue donc un

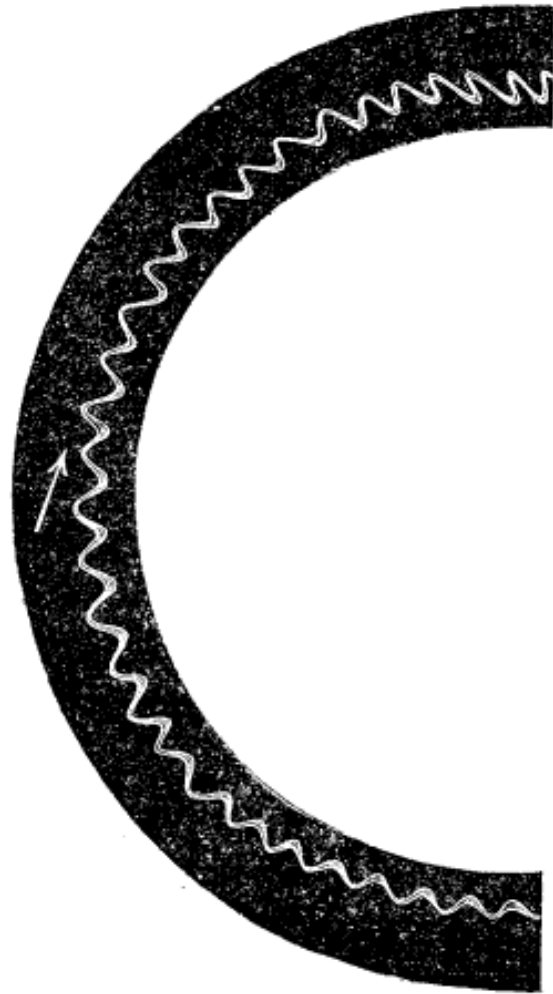
Fig. 45



fond noir excellent et il n'y a plus qu'à faire voler l'insecte devant ce fond de la façon suivante :

Au centre du disque, une pointe, dressée perpendiculairement, sert de pivot à un petit manège formé d'une paille et de son contre-poids

FIG. 33



(fig. 33). A l'extrémité de cette paille, on lie une pince très légère, à serrage automatique, qui maintient l'insecte sans entraver le libre mouvement de ses ailes.

Ainsi fixée au manège, la libellule l'entraîne et lui imprime un mouvement circulaire rapide sans cesser de rester devant

le fond obscur sur lequel on la chronophotographie.

Si les ailes de l'insecte ne ressortent pas assez

sur le fond, on les rend facilement brillantes en dorant légèrement leurs bords ou en fixant à leur extrémité une paillette d'or très ténue qui trace la trajectoire du mouvement de l'aile (*fig. 46*).

La difficulté de chronophotographier le vol des insectes tient surtout à la rapidité des battements de leurs ailes. En effet, tandis que les grands oiseaux ont des mouvements relativement lents, ceux des petits oiseaux sont d'autant plus précipités qu'ils sont moins gros. La progression constatée à cet égard est constante et l'observation du vol des insectes la confirme. Ainsi, le pélican donne à la seconde un battement d'aile $\approx \frac{1}{4}$ de battement, soit environ soixante-dix battements d'aile à la minute, tandis que cette rapidité de mouvements augmente pour les autres oiseaux dans une proportion toujours conforme à la diminution de leur grosseur et de leur envergure, comme l'indiquent les chiffres suivants :

Olympe

par seconde, 1 battement complet $\approx \frac{3}{4}$ de battement.

Buse

par seconde, 3 battements complets.

Grand

par seconde, 3 battements complets $\approx \frac{1}{4}$ battement.

Chouette, Effraie

par seconde, 5 battements complets.

Mouette

par seconde, 5 battements complets $\div \frac{1}{2}$ battement.

Pigeon

par seconde, 8 battements complets.

Canard

par seconde, 9 battements complets.

Moineau

par seconde, 13 battements complets.

Les battements des ailes du colibri sont encore beaucoup plus prompts que ceux du moineau.

Pour les insectes :

la libellule donne	28 batt. d'aile à la seconde
le macrogloss du caille-lait	72 " "
l'abeille	190 " "
la mouche commune	330 " "

Or, s'il faut dépasser des instantanéités de $\frac{1}{2\ 000}$ de seconde pour obtenir des images nettes du vol des oiseaux, on conçoit qu'il faut des rapidités tout à fait prodigieuses pour chronophotographier nettement des mouvements d'ailes d'insectes.

Ces vitesses ont été pourtant obtenues par la réduction de l'ouverture des fenêtres des disques obturateurs du chronophotographe et par l'emploi d'intensités lumineuses très grandes.

La *fig. 47*, montre théoriquement l'installation d'éclairage que M. Marey a imaginé à cet effet.

Par une lentille C, le faisceau lumineux d'un héliostat est concentré suivant l'axe optique de l'objectif du chronophotographe, et l'insecte est maintenu vers le centre de la lentille, entre elle et l'objectif. Les rayons lumineux, après avoir traversé le système optique de l'objectif, passent par les disques

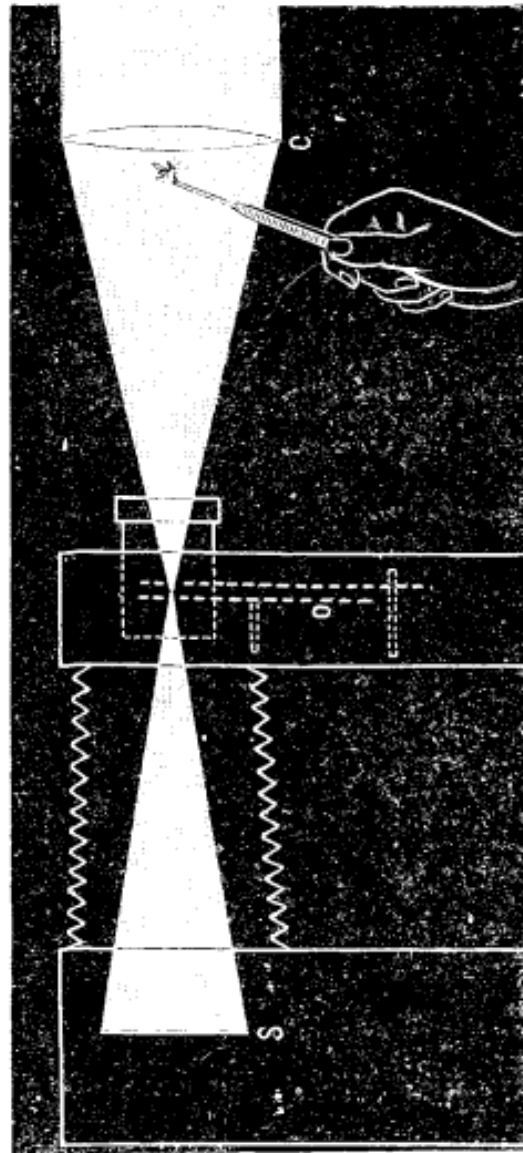


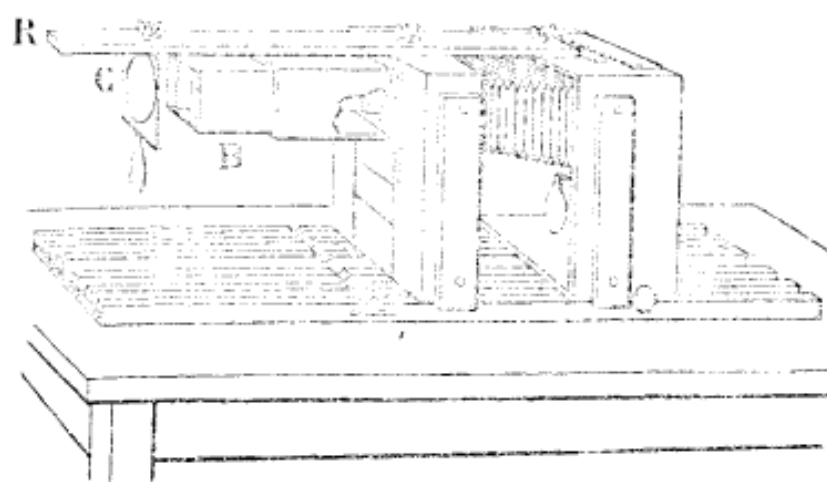
Fig. 47

leurs fenêtres s'effectue et forment alors, sur

la pellicule sensible, un champ lumineux portant la silhouette de l'insecte.

Dans ces conditions, le sujet reproduit est captif et la contrainte qu'il subit a l'inconvénient de lui faire accomplir des mouvements anormaux, trop grands et trop rapides en général. En revanche, l'opérateur a le moyen, en maintenant l'insecte, de le reproduire sous des

Fig. 48



aspects qu'il varie à son gré.

L'observation chronophotographique du vol libre s'obtient avec un autre dispositif représenté dans la *fig.* 48. Une règle fixée à la partie supérieure du chronophotographe par des vis et des écrous à ailettes soutient, à son extrémité, le condensateur tandis qu'en avant de l'objectif une boîte, fermée à son extrémité

par une vitre, forme une sorte de cage relativement assez vaste dans laquelle l'insecte, introduit, peut se mouvoir et voler naturellement.

Attiré par la lumière, l'insecte se porte vers la vitre et quand il accomplit un des mouvements qu'on veut observer, on presse la gâchette qui met en mouvement la pellicule sensible.

L'image d'une mouche qui marche d'abord sur la vitre et prend ensuite son vol a été exécutée de cette façon par M. Marey (fig. 19)¹⁾. Les images de cette mouche ont été faites avec un écartement des fenêtres de 1^{mm},5; ouverture coïncidant avec celle d'un diaphragme de même diamètre. Le temps de pose effectif était ainsi de $\frac{1}{5 \times 1000}$ de seconde.

Avec un éclairage spécial et un autre dispositif, M. Ma-

FIG. 19



¹⁾ MAREY. — *Le Mouvement*, Vol des insectes.

L. GASINI. — *La Chronophotographie*.

rey pense pouvoir obtenir l'image de l'insecte en clair se détachant sur un fond obscur et, par la chronophotographie sur plaque fixe, arriver à la décomposition des mouvements du coup d'aile, mais il n'a pas encore fait connaître, à cet égard, les détails de la façon de procéder qu'il veut adopter.

22. Chute des corps dans l'air. — L'étude de la chute des corps dans l'air par la chronophotographie peut être faite sur plaque fixe devant un fond noir en éclairant ces corps très vivement ou en les blanchissant ; au point de vue de l'opération chronophotographique, proprement dite, les dispositifs que nous avons déjà fait connaître précédemment suffisent parfaitement, mais ce n'est pas à l'air libre qu'on peut opérer parce que le moindre déplacement des couches atmosphériques pourrait dénaturer les mouvements observés et, d'autre part, un très grand espace est nécessaire dans la plupart des cas parce qu'en peu d'étendue les effets de la résistance de l'air ne sont pas assez sensibles pour uniformiser la vitesse.

A ce propos M. Marey, dans son traité sur *Le Mouvement* disait : « A Paris, la galerie des machines de l'exposition universelle de 1889 se prêterait admirablement à ce genre d'expériences

(étude de la chute des corps dans l'air). Des cintres de cet immense vaisseau, les corps tomberaient dans le faisceau de lumière d'un projecteur électrique, à côté duquel un câble portant, de distance en distance, des lampes à incandescence, représenterait l'échelle des longueurs, tandis qu'un cadran chronométrique à aiguille brillante marquerait les temps. Les expériences qu'on ferait ainsi auraient un grand intérêt au point de vue de la locomotion aérienne, en faisant tomber un mobile de poids connu, on lirait sur la plaque sensible, à partir de quel moment la chute serait devenue uniforme et l'on connaîtrait, pour cette vitesse, la résistance de l'air, puisqu'elle serait égale au poids du mobile.

Enfin, dans une série d'expériences, en faisant tomber le même corps, lesté de charges successivement croissantes, de façon que le poids du mobile s'accrût suivant la progression 1, 2, 3, etc., on verrait à quelles vitesses le mouvement devient uniforme. Et, puisque la résistance de l'air est égale au poids du mobile, on saurait qu'elle est, pour la forme de ce mobile, la loi d'accroissement de la résistance de l'air en fonction de la vitesse ».

Le *desideratum* de M. Marey n'ayant pas été

accompli, laisse, comme l'on voit, ample matière d'étude aux chercheurs.

23. Oscillations et vibrations dans l'air.

— La chronophotographie sur plaque fixe et sur pellicule mobile se prête encore, très avantageusement, à l'observation des mouvements de balancement d'une masse suspendue, surtout dans le cas où le pendule, étant articulé, engendre des mouvements si compliqués qu'il n'est guère possible de prévoir les oscillations engendrées par ce balancement.

Les vibrations des tiges flexibles, celles des ponts métalliques, — que M. Deslandres a étudiées par la chronophotographie ⁽¹⁾ et la stylographie, — ainsi que le balancement des navires sur une mer agitée, sont encore des phénomènes que le chronophotographe analyse directement avec une exactitude et une perfection très précieuses.

24. Mouvements de l'air. — Pendant ces dernières années, l'étude des mouvements atmosphériques, pour la météorologie, a pris un grand développement, surtout en Amérique et en Angleterre, par l'observation des nuages.

⁽¹⁾ M. DESLANDRES. — *Art de des choses répétées sur les ponts métalliques*, Annales des Ponts et Chaussées, décembre 1892.

Les observatoires les plus élevés, quand on les compare à la hauteur de la couche atmosphérique terrestre, dépassent de si peu le niveau du sol que les instruments enregistreurs dont ils sont munis fournissent des indications tout à fait insuffisantes sur les mouvements généraux de l'air à la surface du globe. Ils ne sont influencés, en effet, que par les couches les plus basses de l'atmosphère et l'on sait que les mouvements de ces couches basses sont souvent tout à fait différentes de ceux des couches moyennes et des couches hautes.

C'est par les mouvements apparents des nuages que ces différences ont été presque de tous temps révélées, mais ce n'est que depuis peu d'années, relativement, qu'on a pris de ces manifestations le souci qu'elles méritaient.

Situées à des altitudes parfois considérables, les vapeurs légères de l'atmosphère renseignent parfaitement sur la vitesse et sur la direction des courants aériens dans lesquels elles flottent, pourvu qu'on ait soin de calculer leurs différentes positions dans l'espace à des instants déterminés.

A défaut de nuages, des aérostats de différentes dimensions, équilibrés pour atteindre des hauteurs diverses, peuvent aussi déceler les

mouvements des courants supérieurs de l'air qui les entraîne.

Pour toutes ces observations, pour le calcul des hauteurs et des mouvements des nuages ou aérostats visés, M. Teisserenc de Bort a récemment créé un appareil très remarquable dont on fait déjà grand cas à l'étranger ⁽¹⁾. Mais, à ces observations, la chronophotographie se prête tout particulièrement et mieux qu'aucun autre mode d'observation parce qu'elle élimine les erreurs de l'observateur, fournit un document qui fait foi, et permet d'exécuter à loisir tous les calculs qu'il serait parfois impossible de faire assez vite pendant la durée du phénomène enregistré.

Pour cette application spéciale nous avons nous-même créé un dispositif chronophotographique nouveau qui est actuellement en construction et qui facilitera la multiplication des observations poursuivies en France et à l'étranger.

MOUVEMENTS DES LIQUIDES ET MOUVEMENTS DANS L'EAU

25. Mouvements des liquides. — Pour chronophotographier les mouvements des li-

(1) Tnéodolite photographique présenté à l'Association française de Photographie en 1895.

quides et ceux qui peuvent se produire dans l'eau la Station Physiologique du Parc des Princes possède une installation très propre à servir de type :

Le chronophotographe est placé sur une table, en face d'une sorte de gouttière elliptique, posée elle-même sur une autre table, entre les pieds de laquelle un miroir mobile peut être orienté de façon à recevoir la lumière du jour et la renvoyer verticalement, par une large ouverture ménagée sous la gouttière (*fig. 50*) dans le dessus de la table.

Sur une certaine longueur, la gouttière elliptique, en métal, dont il s'agit, est coupée et son fond ainsi que ses bords sont remplacés par des bandes de cristal à la place même où la perforation de la table a été pratiquée pour laisser passer les rayons lumineux renvoyés verticalement par le miroir incliné (*fig. 51*).

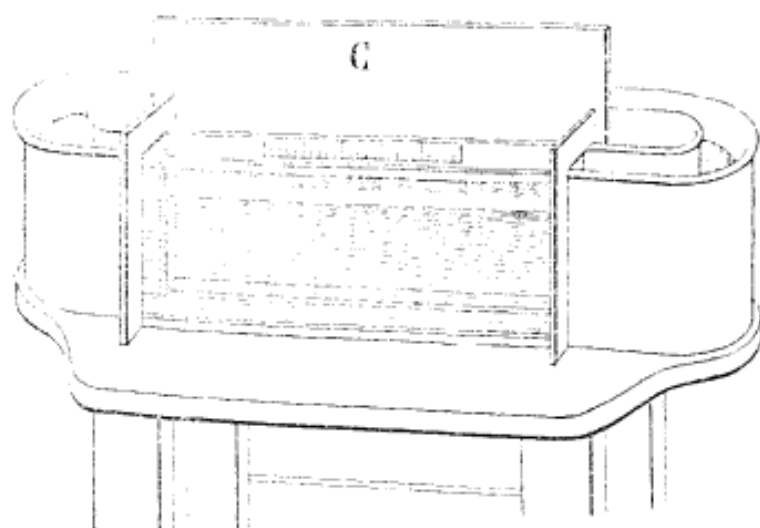
Un manchon conique, imperméable à la lumière, relie le chronophotographe à cette partie en cristal de la gouttière (*fig. 51*) de telle façon que les rayons réfléchis par le liquide ou au sein du liquide pénètrent seuls dans l'objectif du chronophotographe.

Au milieu de la gouttière, derrière la vasque de cristal, un champ noir tendu verticalement

achève de réaliser tout autour de cette vasque une obscurité parfaite (fig. 50 et 51).

Dans ces conditions, si l'on remplit aux trois quarts d'eau la gouttière, cette eau, dans la

Fig. 50



vasque de cristal, sera éclairée de bas en haut, verticalement, par les rayons du soleil, réfléchis par le miroir.

Si cette eau est parfaitement limpide, les rayons lumineux la traverseront directement et elle restera invisible dans l'appareil, sur le verre dépoli du chronophotographe, *sauf dans la partie où sa surface formant, par la capillarité, au contact du cristal, un ménisque concave, produira une réflexion totale très lumineuse*

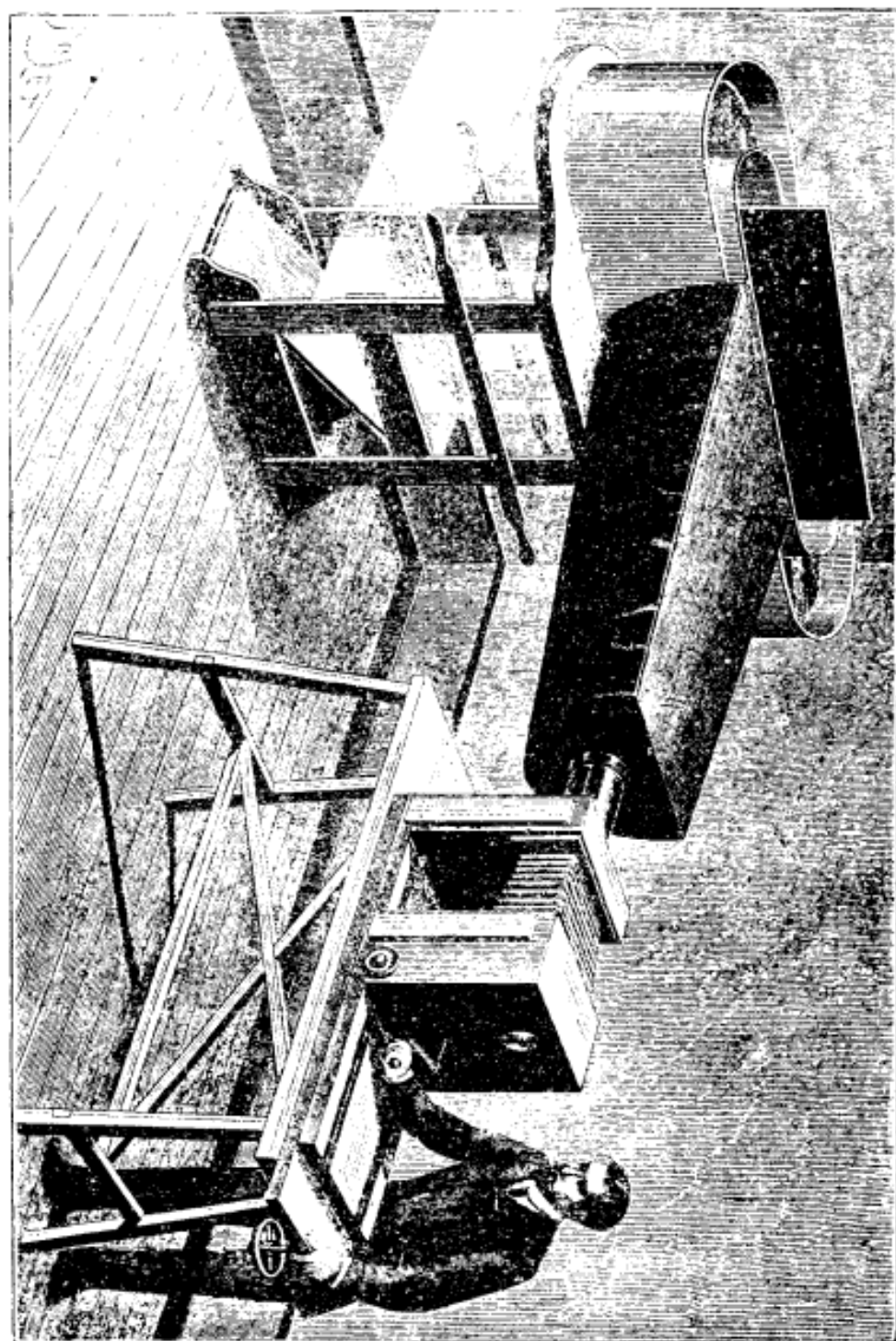


Fig. 51

reproduite sur le verre dépoli de l'appareil sous l'aspect d'un trait brillant.

Tant que l'eau reste immobile ce trait ne bouge pas, mais dès qu'on agite le liquide, en posant un doigt à sa surface, celle-ci se déplace et le trait brillant s'élève ou s'abaisse formant des courbes qui peuvent être photographiées ; l'onde de clapotis simple reproduite ci-dessous (*fig. 52*) montre un exemple de l'impression

Fig. 52



photographique produite par la réflexion totale du ménisque dont nous venons de parler. Partout où le trait, infléchi par le mouvement de clapotis, a passé, il a laissé une trace lumineuse de son passage, trace plus accentuée aux nœuds qu'au ventre de l'onde parce que son mouvement, moins étendu, à ces nœuds était moins rapide qu'au ventre.

Chronographiée, la même onde se traduit par une série de traits, positions successives

du ménisque, plus accentuées encore aux nœuds

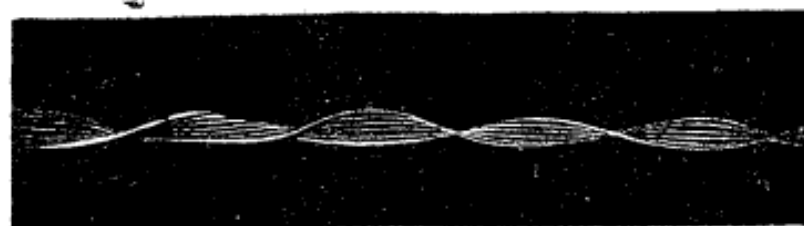
Fig. 53



que dans la reproduction précédente (*fig. 53*).

Un clapotis plus rapide formerait des ondes

Fig. 54



plus courtes mais subissant toujours les mêmes lois (*fig. 54*).

Pour reproduire les mouvements variés qui s'effectuent dans la masse même du liquide, il faudrait que ses molécules fussent lumineuses, mais, comme elles ne le sont pas, à défaut de mieux, on use d'un subterfuge décelant du moins les principaux mouvements de la masse agitée :

On fait fondre en des proportions déterminées un mélange de cire (corps plus léger que l'eau

et de résine (corps plus lourd que l'eau), de façon à former avec ces deux substances une sorte de pâte molle qu'on façonne en très petites boulettes d'une densité voisine de celle de l'eau mais toutefois un peu plus forte. On argente ces petites boules comme les pharmaciens argentent leurs pilules et si la densité convenable est bien obtenue elles doivent descendre lentement dans l'eau douce ordinaire.

Pour les tenir en suspension complète dans le liquide, il suffit alors d'ajouter peu à peu de l'eau salée à l'eau douce jusqu'au moment où l'on voit que les boulettes immergées ne tendent plus à descendre mais restent stationnaires en parfait équilibre avec le liquide qui les enveloppe.

Les *fig. 55, 56 et 57* montrent à l'aide de ces boules brillantes, chronophotographiées, les

Fig. 55.



mouvements des masses liquides dans des ondes de clapotis et dans des ondes animées d'un mouvement de translation.

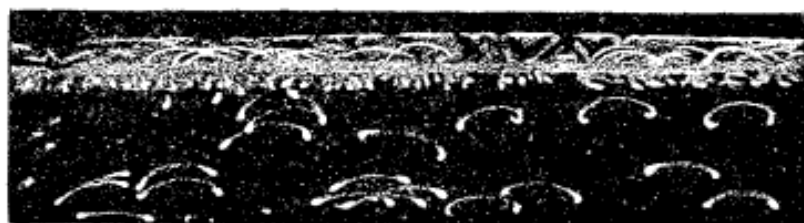
Les *fig.* 58 et 59 montrent encore, à l'aide de

Fig. 55



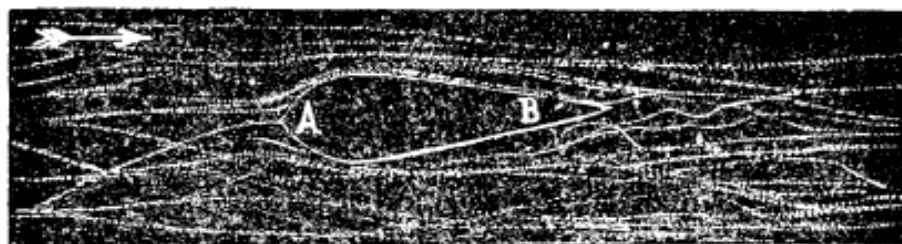
ces mêmes perles brillantes, comment un corps pisciforme immergé déplace le liquide, suivant

Fig. 57



qu'il s'avance écartant l'eau par sa partie renflée ou par sa partie effilée.

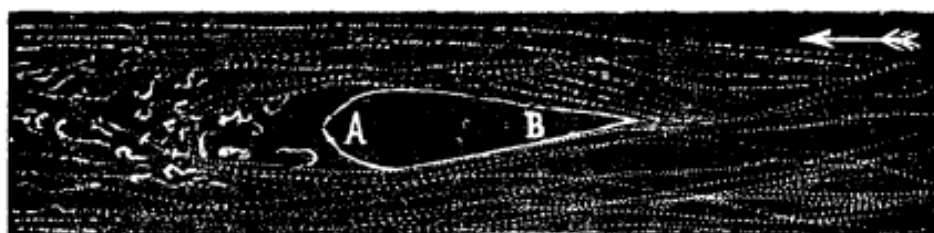
Fig. 58



Ou bien, ce qui revient absolument au même,

de quelle façon les molécules liquides d'un courant se comportent à la rencontre d'un corps pisciforme immergé dans ce courant, suivant

Fig. 59



que ce corps divise les molécules liquides du courant par sa pointe ou par sa partie la plus renflée.

On voit, par les traces lumineuses des perles, que si le corps pisciforme progresse la pointe en avant (à la rencontre de la flèche *fig. 59*), des remous considérables se produisent derrière la partie renflée, tandis qu'au contraire, s'il progresse la partie renflée en avant (à la rencontre de la flèche *fig. 58*), derrière la partie effilée la masse liquide ne forme que de légères ondulations.

26. Étude des mouvements dans l'eau. — Pour l'étude des mouvements dans l'eau, un aquarium en verre encastré dans la paroi d'une pièce obscure et éclairé par le jour extérieur, comme le montre la *fig. 60*, est l'installation la

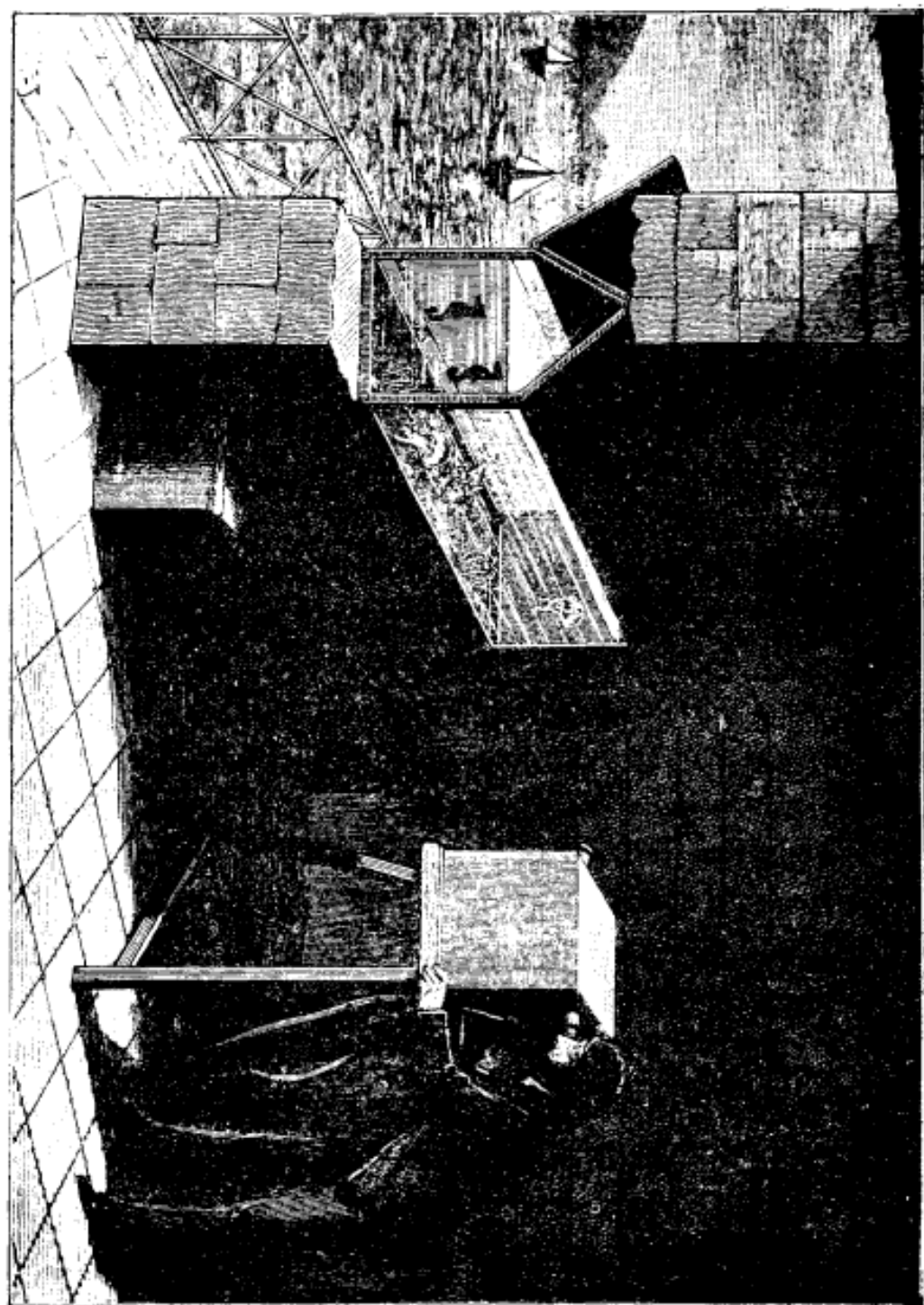


Fig. 60

plus simple et la meilleure. Si les mouvements observés sont ceux de très petits animaux, il peut être suffisant de placer devant une fenêtre bien orientée une petite vasque en cristal et de tendre tout autour des draperies noires pour boucher la fenêtre.

Mais souvent il y a lieu d'étudier les mouvements sous plusieurs angles différents et particulièrement en dessus pour les ondulations latérales (mouvement de progression de l'anguille). En ce cas, une installation comme celle que nous décrivons au paragraphe précédent (§ 25) pour l'observation du mouvement des liquides est nécessaire. Dans ce dispositif, la vasque, éclairée verticalement par le miroir réflecteur inférieur, forme un champ lumineux sur lequel l'animal se détache nettement en silhouette ; on le chronophotographie en plaçant le chronophotographe au-dessus de la vasque où en plaçant au-dessus de cette vasque un miroir argenté incliné de 45° qui reflète la silhouette et permet alors d'opérer dans la position normale, c'est-à-dire horizontalement.

Certains poissons, comme la raie, progressent par ondulations verticales très rapides et se prêtent fort mal aux observations. Il faut alors les maintenir dans le champ de l'objectif et

dans la position la plus favorable au moyen d'un

Fig. 61

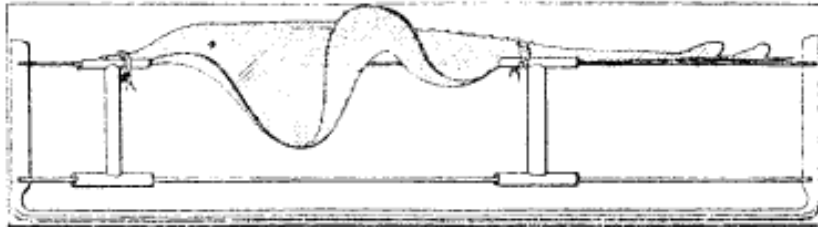


Fig. 62

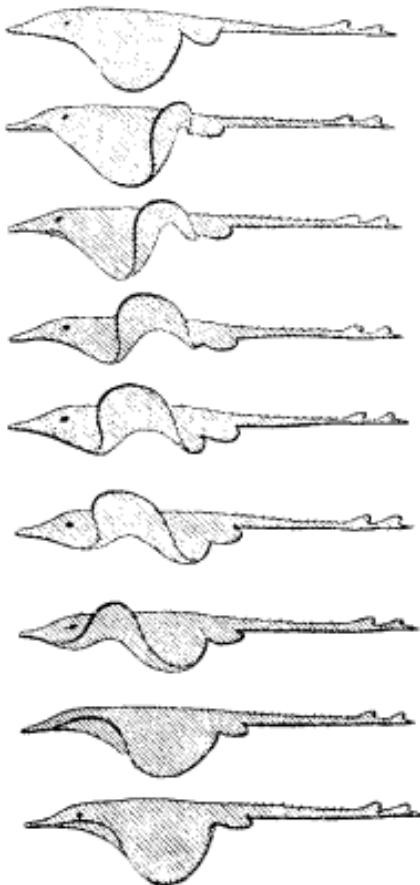


Fig. 63



appareil de contention approprié, puis les exciter pour qu'ils exécutent sur place les mouvements de natation qui leur sont particuliers.

En maintenant ainsi une raie, horizontalement étendue, et liée par la tête et par la queue (*fig.* 61), M. Marcy a obtenu la curieuse chronophotographie de ses mouvements ondulatoires de profil et de face (*fig.* 62 et 63).

Enfin, pour l'étude des mouvements des tout petits animaux aquatiques (crustacés, crevettes, etc.), on peut faire usage de très petits aquariums formés de deux glaces lutées au mastic entre lesquelles l'animal, tout en gardant la faculté de se mouvoir, reste forcément dans le champ de l'objectif, puisque l'aquarium qui le contient peut être limité aux dimensions de ce champ.

CHRONOPHOTOGRAPHIE MICROSCOPIQUE

27. Éclairage des préparations. Disposition de l'appareil. — La plupart des organismes microscopiques doués de mouvements apparents se déplacent dans le champ du microscope avec une grande rapidité et cette rapidité, qui exige des poses chronophotographiques très réduites, se complique encore du défaut d'éclairage dû au grossissement, car l'on sait qu'un agrandissement linéaire de cent dia-

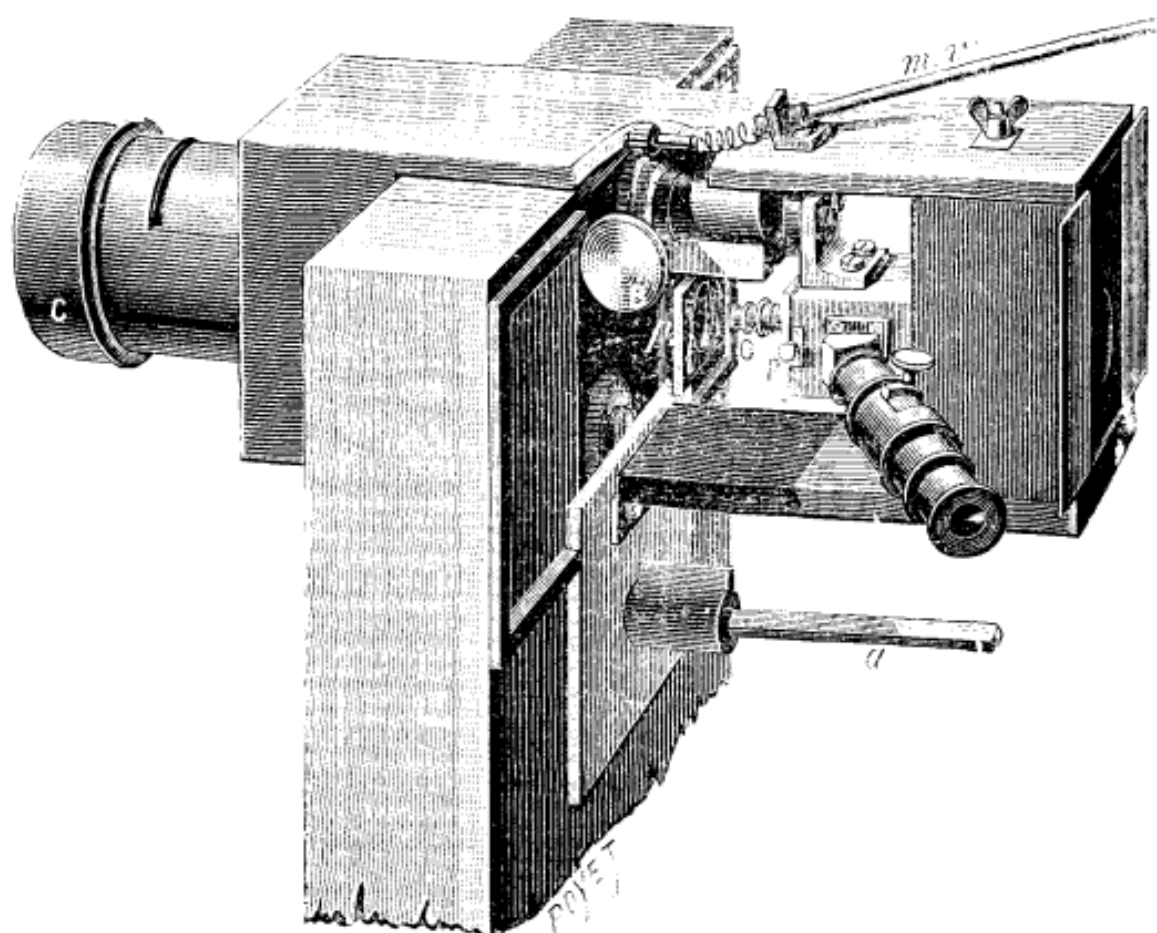
mètres, par exemple, réduit dix mille fois l'intensité lumineuse en chaque point grossi.

Il en résulte, naturellement, que la chronophotographie microscopique est encore plus difficile que celle du vol des oiseaux et du vol des insectes. A la Station Physiologique du Parc des Princes, M. Marey s'est appliqué pourtant à résoudre les difficultés de ce problème et il y est arrivé. Tout d'abord, pour augmenter l'éclairage des préparations microscopiques, il a fait usage de puissantes lentilles concentrant la lumière solaire avec une intensité telle qu'avec des grossissements importants, des poses extrêmement réduites donnaient encore des images excellentes. Mais la chaleur produite par cette concentration lumineuse détruisait les organismes des préparations, même avec l'interposition des écrans de solution d'alun dans la glycérine qu'on recommande en des cas analogues pour arrêter les rayons caloriques.

Pour obvier à cet inconvénient, M. Marey, au lieu d'éclairer constamment la préparation, imagina de ne faire agir la lumière que pendant des temps très courts (inférieurs à $\frac{1}{1000}$ de seconde). Grâce à ces intermittences d'éclairage, facilement réalisées à l'aide du système de disques obturateurs du chronophotographe,

les organismes microscopiques n'étaient plus détruits. L'examen de la *fig. 64* fera comprendre comment ces diverses accommodations

Fig. 64



nouvelles ont été pratiquement obtenues.

Sur l'avant-corps du chronophotographe, on adapte une caisse portant un objectif C qui condense, en avant des disques obturateurs, la

lumière transmise par un héliostat. En passant par l'objectif C, cette lumière traverse donc d'abord, dans l'avant-corps du chronophotographe, les disques fenestrés, dont on a amené les fenêtres en coïncidence, puis arrive, au foyer du condensateur, derrière l'avant-corps, en un point p , par exemple, où une platine est disposée pour recevoir les préparations microscopiques. La position de cette platine, pour la mise au point, se règle d'abord au moyen d'une crémaillère que commande le bouton B, puis à l'aide d'une vis micrométrique actionnée par la longue tige mv .

Derrière la platine porte-objet p , en O, l'objectif microscopique est adapté à une boîte métallique dans laquelle passent les rayons lumineux et l'image grossie de la préparation pour aller se reproduire sur la glace dépolie de la *chambre aux images* (§ 14, Chap. II) du chronophotographe.

Un tube de microscope, placé à gauche de la boîte métallique et s'encastant dans cette boîte permet, grâce à la réflexion totale d'un prisme, de rechercher les points intéressants de la préparation microscopique avant d'opérer la chronophotographie, car une lentille de correction permet, en regardant par l'oculaire du tube

de microscope, de régler l'appareil de grossissement de telle façon que l'image soit à la fois au point dans ce microscope et sur la plaque sensible ou la pellicule du chronophotographe. En poussant ce bouton P, on avance le prisme à l'intérieur de la boîte métallique pour renvoyer l'image dans le microscope et faire toutes ces opérations de recherche; en tirant au contraire, ce même bouton P, on recule le prisme et l'image grossie par l'objectif microscopique O va directement impressionner dans le chronophotographe la surface sensible.

Pour effectuer toutes les observations avec le microscope encastré obliquement dans la boîte métallique, il est *indispensable* d'interposer entre l'objectif concentrateur C et l'héliostat une feuille de papier épais, afin de réduire la lumière et de ménager à la fois la préparation et la rétine de l'opérateur; faute de cet écran, la vue pourrait être, en effet, gravement blessée par l'intensité considérable de la concentration lumineuse.

Quand tout est prêt pour l'opération, on met en mouvement les disques obturateurs du chronophotographe; on retire l'écran de papier épais placé au devant de l'objectif concentrateur C; on tire le bouton P pour que l'image ne soit plus renvoyée par le prisme dans le microscope

oblique mais traverse directement la boîte métallique, et il ne reste plus qu'à faire agir le chronophotographe comme pour toute autre opération chronophotographique soit sur plaque fixe, soit sur pellicule mobile.

Cette dernière application est la plus facile parce qu'elle ne nécessite pas de champ obscur. La chronophotographie microscopique sur plaque fixe exigeant, par contre, cette opposition d'obscurité pour faire ressortir seul l'objet en mouvement, M. Nachet a créé un condensateur de lumière conique, à base sphéroïdale, qui réalise fort bien ce champ obscur pour les faibles grossissements. Au centre de la base sphérique de ce cône une capsule est creusée et remplie d'un vernis noir opaque. La lumière arrivant au sommet du cône se trouve réfléchiée en rayons convergents à la base et illumine fortement la préparation qui se détache en clair sur le fond noir central. Il est fâcheux que ce dispositif ne soit pas applicable à des grossissements d'une certaine importance, mais, M. Marey ⁽¹⁾ compte, par d'autres

(1) M. Frépaud a imaginé un microscope à réflexion qui éclaire vivement les objets sur fond noir et que M. Marey se propose d'appliquer à la chronophotographie microscopique.

combinaisons, réaliser le champ obscur qu'il faut pour la chronophotographie microscopique sur plaque fixe.

28. Projections microscopiques sur écran fenestré. — Lorsqu'il s'agit de reproduire des mouvements d'êtres microscopiques dont le déplacement dans le champ du microscope est particulièrement rapide, les différentes opérations que nous venons d'indiquer prennent trop de temps ; il convient de recourir à une autre installation.

On s'enferme alors dans une chambre obscure où la lumière du soleil, renvoyée par un héliostat, ne pénètre que par un trou pratiqué dans la muraille ou dans un volet. On recueille le faisceau lumineux ainsi formé au moyen d'un condensateur, mais après lui avoir fait traverser une cuve d'alun pour le dépouiller autant que possible de ses rayons caloriques et l'on dirige les rayons du condensateur sur la préparation microscopique. L'objectif microscopique, placé derrière cette préparation, en renvoie l'image sur un écran percé d'un trou de même forme et de mêmes dimensions que la *fenêtre d'admission* (§ 14, Chap. II) du chronophotographe, qu'on dispose derrière ce trou de l'écran, après avoir enlevé son avant-corps mais en reportant les

les disques obturateurs devant la fenêtre d'admission.

Sur l'écran, il est aisé de suivre des yeux toutes les évolutions des êtres qui parcourent le champ de microscope. Or, quand celui qu'on veut reproduire passe devant le trou de l'écran, il n'y a qu'à presser la gâchette du chronophotographe pour obtenir une série de photographies, qu'on pourrait aussi suspendre si le sujet réapparaissait sur l'écran, sortant des limites du trou, avant la fin du déroulement de la pellicule.

Dans cette seconde manière d'opérer, la mise au point peut être faite avec plus de perfection, plus vite, et l'opérateur n'est point exposé aux dangereux effets que la lumière concentrée pourrait produire accidentellement sur sa rétine, par exemple, si les précautions que nous avons recommandées à cet égard étaient oubliées.

CHAPITRE IV

DÉCOMPOSITION DES MOUVEMENTS PAR LA CHRONOPHOTOGRAPHIE

29. La stroboscopie ; méthode de Plateau. — Quand l'œil perçoit une forme, une couleur, cette perception ne disparaît pas exactement au moment où la cause qui l'a produite cesse d'être ; elle dure encore pendant un temps très court mais appréciable pourtant et qu'on a trouvé égal à $\frac{1}{10}$ de seconde environ. C'est cette *persistance rétinienne* qui cause certaines aberrations visuelles bien connues comme la disparition des rayons d'une roue tournant avec rapidité ou les trainées apparentes produites par les étoiles filantes. Dans le premier cas, la persistance des images vues entre les rayons de la roue qui tourne fait disparaître en grande partie ces rayons, bien qu'ils s'interposent tour à tour

entre ces choses et l'œil, les masquant ainsi un moment ; dans le second cas, l'œil n'a pas cessé de voir l'étoile qui passe sur une partie de tous les points qu'elle a occupés alors que sa lumière partant d'autres points plus éloignés l'affecte déjà, d'où la trainée lumineuse sans discontinuité donnant à ce phénomène l'apparence d'un sillon de feu.

En raison de ces faits, et, la durée de la *persistence rétinienne* étant de $\frac{1}{10}$ de seconde environ, si, à des intervalles de temps égaux, dix fois pendant la durée d'une seconde, on cache et l'on fait apparaître successivement une image devant les yeux, cette image ne cessera pas d'être visible malgré ses dix éclipses successives et l'œil ne percevra pas les intermittences de ses disparitions. L'expérience démontre, en effet, l'exactitude de cette proposition.

Enfin, si, pendant la durée d'une seconde, l'image, dix fois cachée et dix fois représentée, montre chaque fois une des phases successives d'un mouvement — le saut d'un homme par exemple —, l'œil, ne percevant pas les intermittences d'éclipse, recevra la même impression que s'il avait suivi les phases du saut sans discontinuité. Par l'expérience, la vérité de cette hypothèse est encore parfaitement démontrée.

Telle est la théorie de l'appareil que Plateau avait imaginé il y a plus de 50 ans et auquel il avait donné le nom de *phénakistiscope*. Cet appareil consistait en un simple disque de

Fig. 65



carton blanc, noirci d'un côté et percé sur le pourtour de dix fentes, à égales distances les unes des autres (fig. 65). L'autre côté du carton, non noirci, représentait, onze fois répétée sur le pourtour du disque, l'image d'un personnage ou d'un animal exécutant un mouvement et cha-

cune de ces onze images montrait l'homme ou l'animal dans une des phases successives du mouvement retracé.

On se plaçait devant une glace reflétant le côté du disque non noirci : on appliquait l'œil contre le côté noir, au niveau des fentes, et, en faisant tourner le disque sur son axe, on voyait, par réflexion dans le miroir, le mouvement s'accomplir comme s'il avait été exécuté en réalité.

Dès le début, l'industrie parisienne fit un jouet d'enfant de cette remarquable invention en lui donnant une forme plus commode pour l'emploi, et, sous le nom de *zoötrope*, le phénakisticope de Plateau transformé est aujourd'hui connu du monde entier.

Plus tard, le premier, Muybridge, ayant obtenu par la photographie des séries de mouvements successifs, recourut à la précieuse invention de Plateau pour représenter ces mouvements en les décomposant mieux que l'œil humain ne peut le faire. A cet effet, il avait imaginé une sorte de lanterne à projection devant laquelle passaient des disques de verres portant les silhouettes des sujets, peintes d'après les séries photographiques dont nous avons parlé au début de cet ouvrage.

Les éclairéments étaient produits par un disque tournant qui portait des ouvertures sur tout son pourtour et, grâce à ce dispositif ingénieux, le spectacle des silhouettes en mouvement pouvait être vu à la fois par un grand nombre de personnes.

Après Muybridge, M. Anschütz a lui-même adapté au zootrope ordinaire des images photographiques choisies dans ses séries, mais dans cet appareil, comme dans le projecteur de Muybridge, elles subissaient des déformations assez sensibles. C'est même pour atténuer ces déformations, dues à l'illusion causée par l'appareil, que Muybridge faisait peindre ses figures d'animaux sur des verres pour les modifier de telle façon qu'elles parussent dans la projection avec leurs proportions véritables ⁽¹⁾.

M. Marey a lui-même utilisé le zootrope pour la reproduction des mouvements de l'homme et des animaux, mais, au lieu de figures peintes, il a employé des modèles en cire, coloriés à l'huile, représentant les sujets étudiés dans les phases successives de leurs mouvements tels que la chronophotographie les montre exécutés (*fig.* 66).

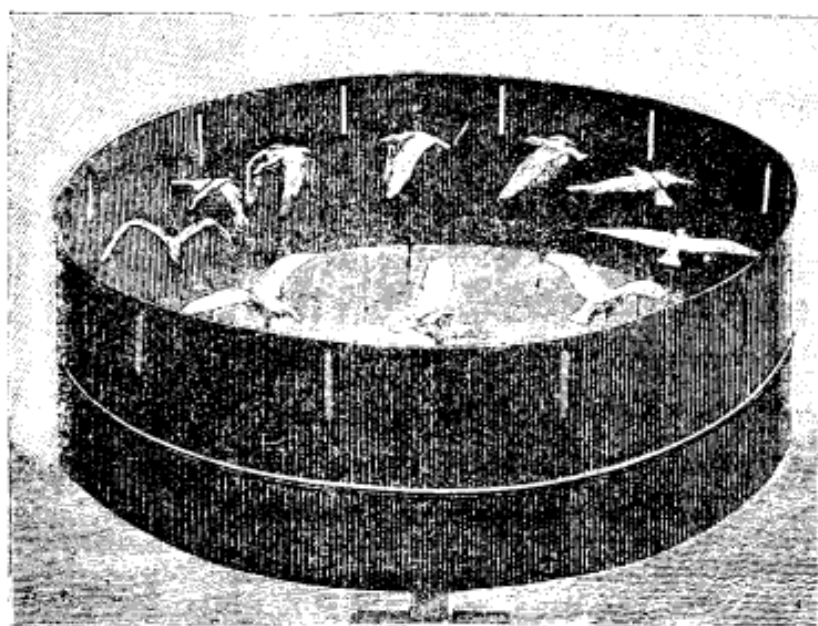
(1) Le zootrope raccourcit les images dans le sens transversal.

La vérité de la reconstitution par ce moyen est saisissante.

30. Décomposition des mouvements.

En indiquant la théorie de l'appareil de Plateau, nous avons dit que, si, pendant la durée d'une

Fig. 66.



seconde, une image dix fois cachée et dix fois représentée, à des intervalles de temps égaux, montre chaque fois une des phases successives d'un mouvement, l'œil, ne percevant pas les intermittences d'éclipses, recevra la même impression que s'il avait suivi toutes les phases de ce mouvement sans discontinuité.

En raison de ce fait, le chronophotographe

fournirait pour le zootrope des images propres à la reconstitution des mouvements avec des séries de dix images seulement par seconde. Mais nous savons qu'on peut en obtenir dans le même temps jusqu'à soixante avec cet appareil. On conçoit donc que si, par exemple, en une seconde, on a pris soixante images successives d'une foulée du galop d'un cheval, il sera possible de faire passer dans le zootrope ces soixante images en *six secondes*, puisqu'il suffit de dix images par seconde pour donner l'illusion d'un mouvement continu. En conséquence, la foulée du galop de l'animal qu'on ne peut guère analyser dans tous ses détails sur nature, parce qu'elle est trop prompte, deviendra très facilement analysable, reproduite dans le zootrope, puisqu'elle pourra s'y effectuer *six fois moins vite*.

Réciproquement, des mouvements trop lents pour être observés directement sur la nature, — la croissance des végétaux, les mouvements des astres, etc., — peuvent être rendus visibles par une représentation, dans le zootrope, de leurs mouvements reproduits au préalable par la chronophotographie.

Tel est le rôle, extrêmement important, que la découverte de Plateau est appelée à jouer avec

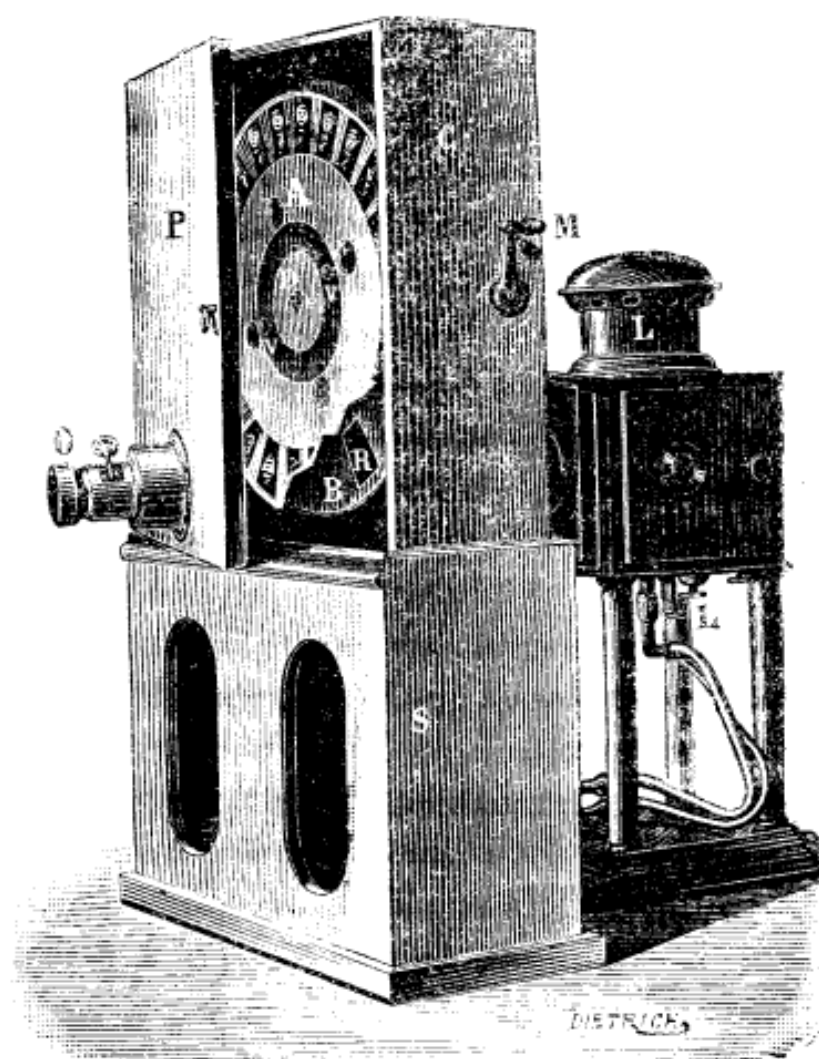
l'aide de la chronophotographie non seulement pour des démonstrations dont l'enseignement peut tirer les plus grands avantages, mais aussi et même surtout pour des études scientifiques dont il serait superflu de faire ressortir la portée.

31. Applications diverses. — A plusieurs reprises divers inventeurs se sont proposés de perfectionner les premières projections animées de Muybridge, d'Anschütz et de Marey; on a tenté, entre autres choses, de grouper en couronne des séries d'objectifs destinés à projeter des images représentant chacune une phase d'un mouvement. On éclairait successivement ces objectifs tous dirigés sur un même point d'un écran, en faisant tourner la source lumineuse et, grâce à ce dispositif, les images ne subissaient plus la déformation que le zootrope a l'inconvénient de produire.

32. Le praxinoscope. — Le nom de *praxinoscope* a été donné par M. Raynaud à un autre dispositif fort intéressant qu'il avait imaginé. Dans son appareil, les images étaient placées comme dans le zootrope à l'intérieur d'un cylindre, mais au centre de ce cylindre un prisme de glaces les réfléchissait et les renvoyait à l'observateur. M. Raynaud recueillait aussi les images, ainsi réfléchies, avec un ob-

jectif photographique et les projetait, agrandies, sur un écran où elles paraissaient très lumi-

Viz, 07



neuses parce que, grâce à la disposition du prisme de glaces, il n'y avait plus d'éclipses intermédiaire, entre les images. En outre, en

•

accouplant deux cylindres et en faisant dérouler de l'un sur l'autre une longue bande d'images, l'inventeur pouvait donner à la projection assez de durée pour la représentation de véritables scènes.

33. Le photophone. — On voit que du praxinoscope au cinématographe il n'y avait guère que la différence de la chronophotographie. L'un des préparateurs que M. Marey initiait à ses études physiologiques à la Station du Parc des Princes, ne devait pas tarder à lui emprunter ce trait-d'union dans la création d'un appareil auquel le savant professeur du Collège de France a lui-même généreusement accolé le nom de cet aide : le *photophone Deney* (*Le Mouvement*, p. 67).

Ce préparateur ayant reproduit à la Station Physiologique, par la chronophotographie, une série de vingt-quatre portraits d'un homme qui prononçait une phrase courte reportait cette série sur le pourtour d'un disque de cristal mis au foyer d'un objectif photographique. Puis en éclairant fortement par derrière les images de ce disque, il les projetait successivement pendant des espaces de temps très courts au moyen de la rotation de disques fenestrés semblables à ceux du chronophotographe.

Grâce à la réunion de ces divers éléments, la reproduction des expressions et de la bouche du sujet était si parfaite que des sourds-muets, accoutumés à lire la parole sur les lèvres, comprenaient aussitôt la phrase dite par l'homme chronophographié.

C'est en 1892 que le photophone fut exposé pour la première fois, à l'Exposition internationale de Photographie ⁽¹⁾, dans la section scientifique que nous avions organisée près de la galerie Rapp, non loin des premiers résultats obtenus par M. Lippmann dans ses recherches sur la photographie en couleurs ; il figurait dans l'emplacement réservé à la Station Physiologique du Parc des Princes, où il avait été construit, et fonctionnait fréquemment à la grande satisfaction du public.

34. Le kinétoscope. — Quelques années plus tard, les projections animées devaient, comme l'on sait, passionner ce même public ; elles apparurent presque en même temps que le kinétoscope d'Edison dont on parlait déjà beaucoup en Amérique dès 1895 et au sujet duquel Edison lui-même a dit :

(1) Première Exposition internationale de Photographie faite en France.

« En 1887, l'idée m'était venue qu'il était possible d'établir un appareil qui devrait faire pour les yeux ce que le phonographe fait pour l'oreille et qui, par une combinaison des deux inventions, devrait enregistrer puis reproduire les mouvements et le son simultanément. Cette idée, dont le germe m'a été donné par le petit jouet appelé zootrope et les travaux de Muybridge, Marey, ainsi que d'autres, est à présent réalisée, de même que tous les changements des expressions du visage peuvent être enregistrés et reproduits grandeur nature. Le kinétoscope est seulement un petit modèle qui montre l'état actuel du progrès fait dans la solution de ce problème, car avec chaque mois qui vient, de nouveaux perfectionnements lui sont apportés.

« Je crois qu'il ne s'écoulera pas de longues années sans que, par mes propres travaux, comme par ceux de Dickson, de Muybridge, de Marey et de tous ceux qui suivent encore indubitablement les mêmes recherches, on ne puisse voir des opéras être représentés sur la scène de l'Académie de musique de New-York sans aucun changement, tels qu'ils auront été interprétés par les artistes et les musiciens de la création, même s'ils sont alors morts depuis longtemps ».

Bien qu'on ait voulu voir, en Amérique, dans cette prédiction du grand électricien, la preuve que, des 1887, il avait conçu le kinétoscope, il est difficile d'admettre qu'il ait attendu jusqu'à ces dernières années pour le produire, surtout avec les merveilleux moyens d'exécution qu'il avait à sa disposition.

Quoi qu'il en soit, on sait que le kinétoscope n'eût en France qu'une courte vogue parce que, loin de réaliser le rêve d'Edison, loin de satisfaire à la fois les yeux et les oreilles d'une foule de personnes, il exigeait autant d'appareils que de spectateurs.

35. Le cinématographe. — Dès son apparition, le cinématographe des frères Lumière eût un bien autre succès parce qu'il projetait sur un vaste écran des images qu'un grand nombre de spectateurs voyaient à la fois.

Nous n'avons point à nous préoccuper ici de la prodigieuse attraction exercée sur le public par les spectacles que MM. Lumière donnaient avec leur cinématographe mais, parce que leur appareil ou ses dérivés sont appelés à des utilisations d'un ordre très élevé, il convient d'indiquer ici ses dispositions essentielles.

Ce que cet appareil a de plus intéressant, c'est qu'il sert successivement à enregistrer les

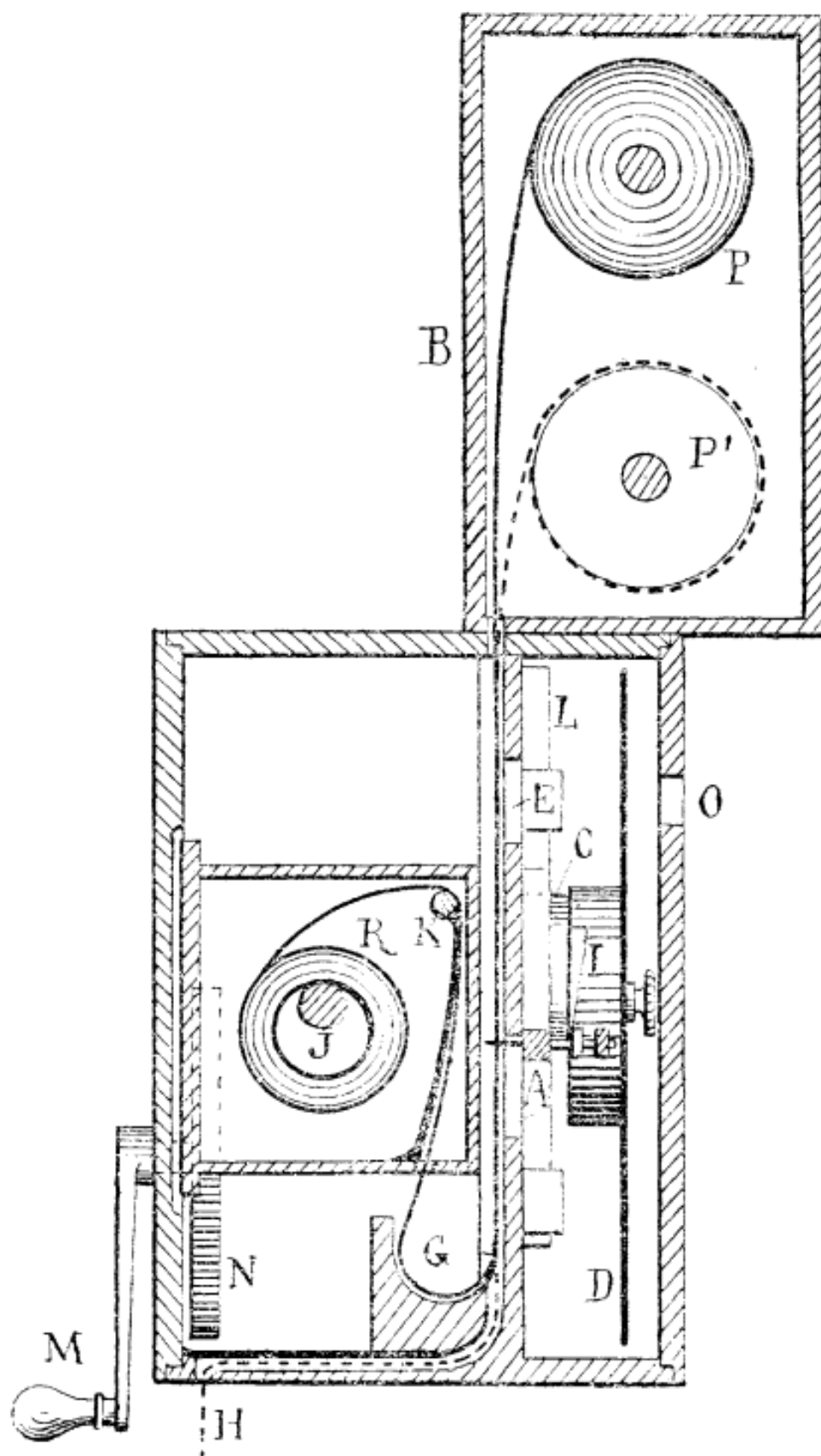
mouvements sur une bande pelliculaire en une longue série de négatifs et à les projeter au moyen d'une autre bande pelliculaire identique mais reproduisant en positif les images de la première.

Cette combinaison, très pratique, suffirait à elle seule à légitimer la description du cinématographe dans ce recueil ; nous ne pouvons mieux faire que de l'emprunter aux auteurs et de la reproduire telle qu'ils l'ont donnée eux-mêmes.

Pour rendre l'explication du mécanisme de leur cinématographe plus claire, les inventeurs négligent d'abord d'exposer comment la bande pelliculaire d'images négatives est obtenue, se réservant de le dire ensuite ; ils supposent que la pellicule positive, celle qui doit servir à la projection, existe :

« Sur cette bande, positive, les images se présentent sous l'aspect d'une photographie ordinaire, les tons clairs étant représentés par des tons clairs et les tons sombres par des tons sombres. Cette bande a 15 mètres de long, ou plus, et 3 centimètres de largeur. Les images qu'elle porte sont l'exacte reproduction, en positif, des images de la bande pelliculaire *négative* qui ont été prises en $\frac{1}{16}$ de seconde chaque, à raison de 15 par seconde.

Fig. 6a



Des deux côtés de la bande positive sont percés des trous équidistants correspondant à chaque image. Les diverses épreuves sont rigoureusement semblables : c'est-à-dire que si l'on superpose deux images quelconques, les parties représentant des objets immobiles viennent coïncider exactement et que les parties représentant des objets mobiles ont des positions dont la différence représente le mouvement accompli entre les moments où ont été tirées les deux épreuves.

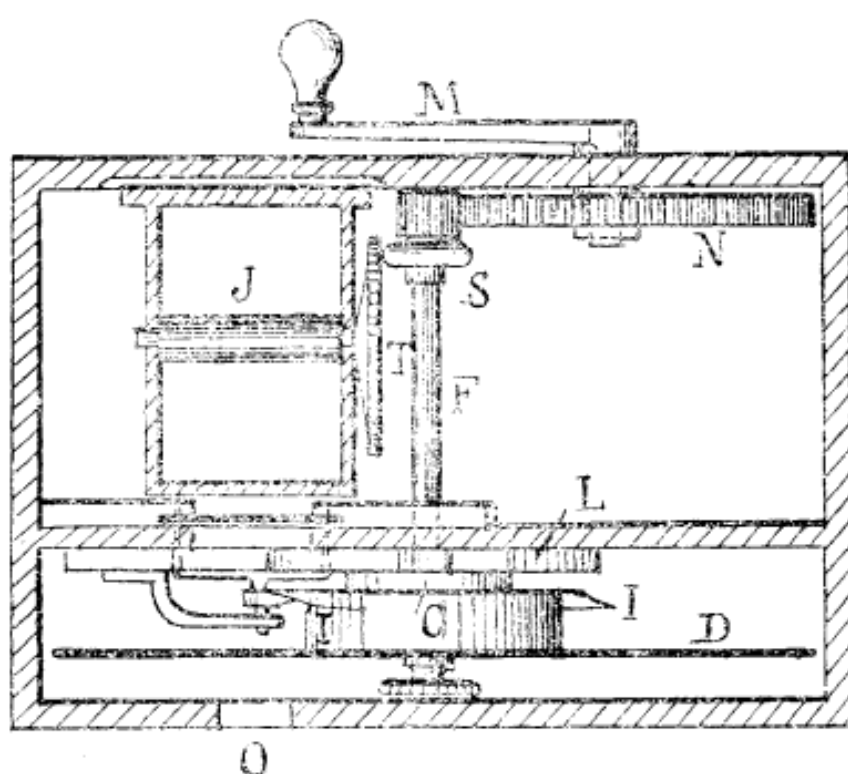
Cette bande P, enroulée sur elle-même (*fig.* 68 et 69), et enfermée dans une boîte B placée au-dessus du cinématographe, est soutenue par une petite tige métallique. Elle sort par une ouverture ménagée au bas de la boîte B ; elle descend verticalement, contourne une gorge G, remonte, passe au-dessus d'une tige K et va s'enrouler autour d'une troisième tige J.

Le mouvement de la bande est obtenu au moyen d'une manivelle M qui, par l'intermédiaire d'un système de multiplication, commande un arbre (représenté dans la *fig.* 70).

Sur cet arbre sont fixés : un système de renvois qui fait tourner la tige I (*fig.* 68) ; un excentrique triangulaire C (*fig.* 68 et 69) ; un tambour F (*fig.* 69) ; un double disque D (*fig.* 68 et 69).

Les détails du mouvement de l'excentrique C qui conduit un cadre L (*fig.* 69, 70 et 71) sont donnés par la *fig.* 71. Si cet excentrique comprend des portions C^1 , C^2 , C^3 , C^4 de circonférence de cercle, raccordées par des courbes con-

Fig. 70



venables, pendant le temps qu'il passera de la position 1 à la position 2 le cadre L restera immobile, puisque la distance du point figurée en hachures aux deux côtés horizontaux est invariable; à partir de la position 2, le cadre des-

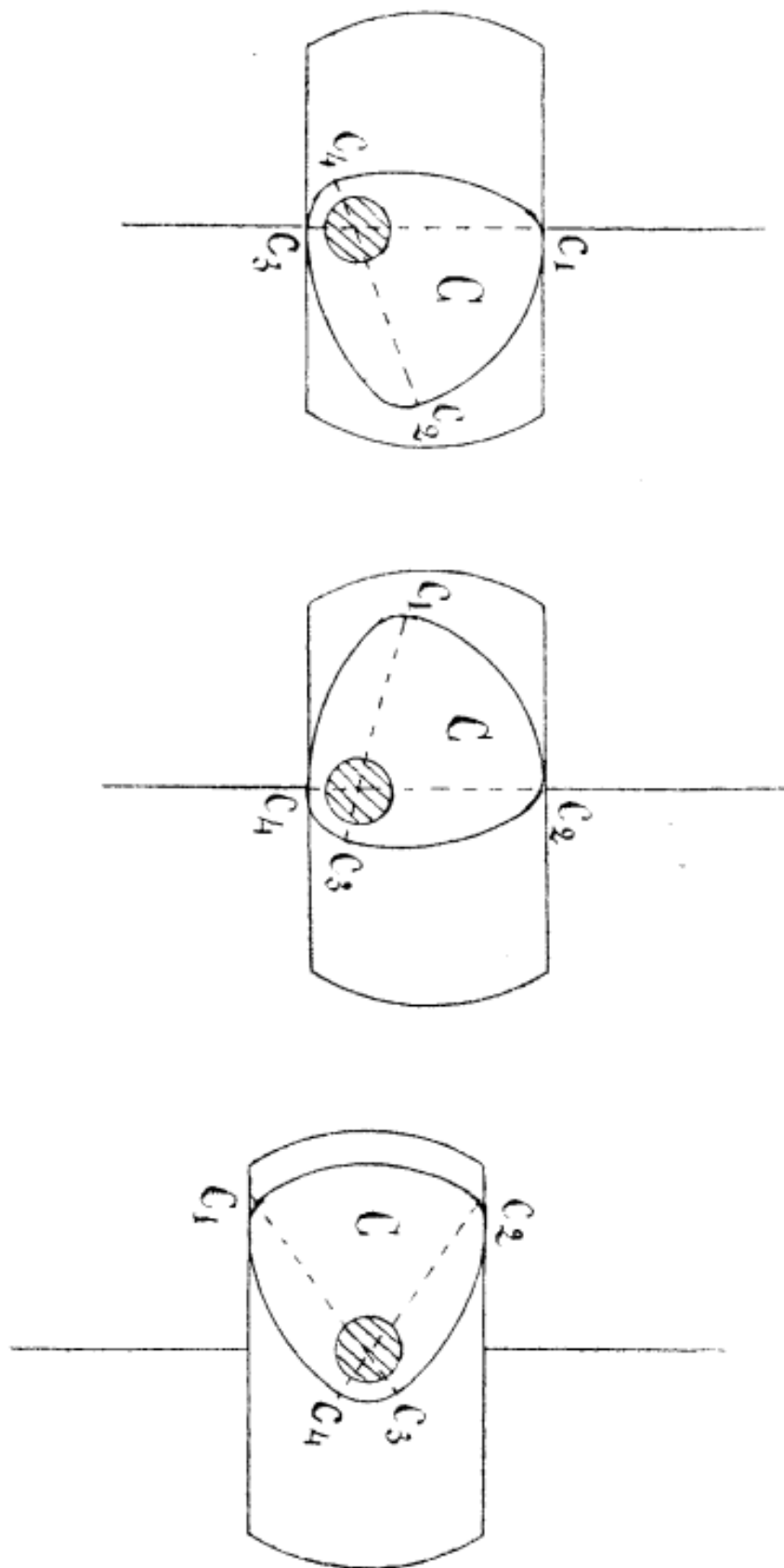


Fig. 71

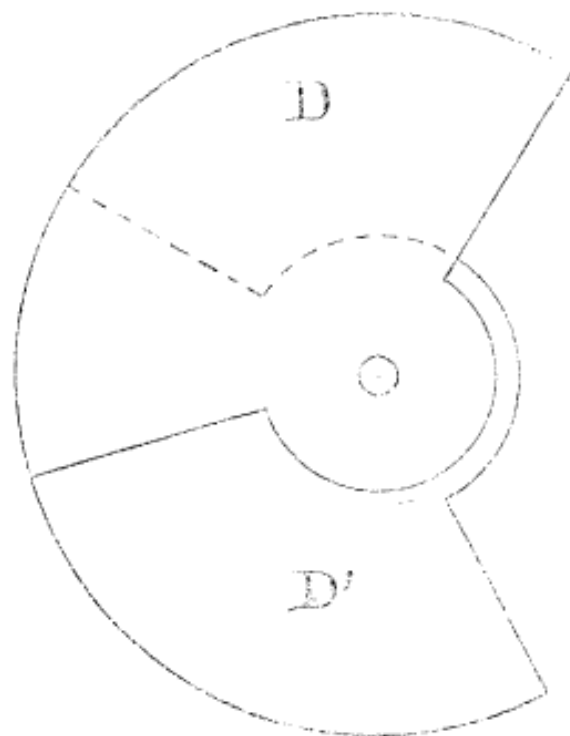
cent. Puis, pendant le temps que l'arc de cercle mettra à glisser le long du côté horizontal inférieur, L restera de nouveau immobile pour remonter ensuite. D'autre part, en choisissant convenablement les courbes de raccord, C^1 , C^2 , C^3 et C^4 on comprend que l'on puisse faire en sorte que le mouvement du cadre satisfasse à des conditions déterminées d'avance, par exemple que la vitesse, en partant de zéro, augmente très progressivement pour s'éteindre ensuite de même.

Le cadre L porte deux dents A qui sont susceptibles d'un mouvement de va-et-vient suivant une direction perpendiculaire au plan de ce cadre, qui leur est communiqué par deux rampes portées par le tambour F.

Cela dit, nous allons pouvoir suivre ce qui se passe devant une révolution de l'arbre figurée par un petit cercle en hachures (*fig. 69*). Le cadre L arrive à sa position inférieure et devient immobile. Les dents A sont enfoncées dans deux trous de la pellicule situés sur la même ligne horizontale ; mais la rampe commence à les ramener vers le tambour de sorte qu'ils sont complètement dégagés au moment où le cadre L commence son mouvement vers le haut. Ce mouvement est tel que le cadre se

déplace exactement de la quantité qui sépare deux trous, de sorte qu'au moment où il s'arrête dans sa position supérieure, les dents sont rigoureusement en regard des deux trous immédiatement placés au-dessus de ceux qu'elles

Fig. 77



viennent de quitter. Pendant la nouvelle période d'immobilité, la seconde rampe pousse les dents dans ces trous, de telle façon qu'à la descente elles entraînent la pellicule. Le tambour P cède à la tension et se déroule. Le tambour R (fig. 68) sollicité par la rotation de la tige J,

s'enroule, et, lorsqu'à l'immobilité suivante du cadre L les dents A quitteront encore la pellicule, une épreuve aura succédé à l'épreuve précédente devant l'ouverture E (*fig.* 68 et 69), située sur le trajet des rayons qui les projettent sur l'écran.

Tous ces mouvements s'accomplissent en un quinzième de seconde. Un nouveau tour de l'arbre amènera une nouvelle épreuve, et ainsi de suite à raison de neuf cents épreuves par minute.

Pour tous ces mouvements, il importe que la pellicule reste intacte. Dans ce but, la vitesse de départ et la vitesse d'arrêt des dents, solidaires du cadre L, sont aussi progressives que possible. Le mouvement en arrière ou en avant de ces mêmes dents ne commence qu'après l'arrêt absolu de la pellicule, afin de ne pas en détériorer les trous. Enfin celle-ci, avant de s'enrouler sur elle-même en R, passe par la tige supérieure K (*fig.* 68). Voici la raison de cette disposition : lorsque la pellicule s'arrête, la tige I qui continue à tourner tend à l'entraîner et produit un effet de traction qui est d'autant moins violent qu'il s'exerce sur une tangente plus rapprochée de l'horizontale. On s'est arrangé de façon que la tangente au tambour R, issue de K et donnant à peu près la direction suivie

par la pellicule, soit horizontale à la fin de l'enroulement, c'est-à-dire lorsque la masse, successivement arrêtée et mise en mouvement, est la plus grande. Pendant l'immobilité de la pellicule, une petite plaque placée près de E et maintenue par un léger ressort (cette plaque et ce ressort ne sont pas représentés dans les figures) l'empêche de céder à la faible traction due au mouvement de J (*fig.* 68).

En résumé : en supposant que l'angle C^1 avec C^2 (*fig.* 71) soit de 60° et que la courbe C^2C^3 corresponde, par conséquent, à une rotation de 120° , nous pouvons, en commençant comme tout à l'heure, au moment où le cadre L arrive à sa position inférieure, distinguer les périodes suivantes dans un tour de l'arbre.

1^{re} Période. — Rotation de 60° . Le cadre L est immobile ainsi que la pellicule ; les dents abandonnent celle-ci.

2^e Période. — Rotation de 120° . — Le cadre L se meut de bas en haut ; la pellicule est immobile.

3^e Période. — Rotation de 60° . — Le cadre L est immobile ainsi que la pellicule ; les dents saisissent celle-ci.

4^e Période. — Rotation de 120° . — Le cadre L se meut de haut en bas, entraînant la pellicule.

Celle-ci reste donc immobile pendant les deux tiers du temps ; elle emploie le dernier tiers à descendre. Que les rayons lumineux arrivent sur l'écran pendant les périodes d'immobilité, c'est parfait ; mais, s'ils y arrivaient aussi pendant les périodes de mouvement, à l'image fixe se mèleraient des impressions dans la descente de cette même image ; il en résulterait des traînées lumineuses correspondant aux parties claires. Il faut, par conséquent, que les rayons lumineux soient masqués pendant le dernier tiers du temps. C'est le rôle du double disque D, D' (*fig.* 68, 69, 70 et 72) fixé, lui aussi, sur l'arbre, comme nous l'avons dit. Il se compose de deux segments de cercle (*fig.* 72) superposés et glissant l'un sur l'autre de manière à présenter un vide variable à volonté. Tout le temps que les parties pleines du disque passeront devant l'ouverture E (*fig.* 68 et 69), les rayons seront interceptés et n'arriveront pas à l'écran. On fait l'angle d'ouverture égal à 120° et l'on s'arrange de manière à ce que le disque commence à passer devant l'ouverture E au moment précis où la pellicule prend son mouvement de descente. De la sorte, ne sont projetées sur l'écran que des épreuves immobiles se succédant, par exemple, au nombre de neuf cents par minute.

Pour obtenir l'épreuve négative, on enroule sur la tige du tambour P une pellicule sensible et une chambre noire remplace, devant l'ouverture E, la lanterne fournissant les rayons lumineux de la projection. Les mouvements sont les mêmes que ceux que nous venons de décrire, la seule différence est qu'on diminue l'espace vide laissé par le double disque D, D'. Il est inutile, il serait même nuisible, en effet, que l'ouverture E (*fig.* 68 et 69) restât démasquée pendant un temps supérieur à celui qui est nécessaire à l'obtention de l'épreuve.

Pour former une épreuve positive, on place sur le cinématographe une boîte B (*fig.* 69) contenant deux rouleaux P et P'. P est l'épreuve négative qu'on a préalablement révélée et séchée ; P' est une pellicule sensible qui va s'enrouler en R comme dans les premières expériences, tandis que P pouvant, au contraire, être exposé au jour s'échappera à l'extérieur par une ouverture.

Le mouvement simultané des deux pellicules superposées s'obtient comme le mouvement d'une seule pellicule, déjà décrit, et la lanterne de projection étant supprimée, comme dans le cas précédent (formation du négatif) l'ouverture E livre passage aux rayons directs du jour au

moment où les disques provoquent les éclaircissements ».

On voit, par cette description, combien le cinématographe est voisin de l'appareil de M. Marey, dont il dérive directement. De même que le chronophotographe, il utilise des bandes pelliculaires qui se déroulent et s'enroulent sur deux rouleaux, en passant, entre ces rouleaux, devant une ouverture servant à prendre les images et à les projeter. Dans le cinématographe et dans le chronophotographe, la pellicule progresse, puis s'arrête devant cette ouverture pendant qu'un système de disques produit les obturations de lumière ; la nature seule des organes réalisant ces arrêts diffère ; dans le chronophotographe c'est une came qui suspend la marche, tandis que dans le cinématographe c'est un excentrique. La seule différence, à l'avantage de ce dernier, c'est la propriété qu'il possède de prendre des images et de les projeter avec le même mécanisme, mais en revanche, le cinématographe ne se prête pas aux observations extra rapides que M. Marey a pu faire avec le chronophotographe.

Du reste, tous les appareils que l'exemple des bénéfices considérables réalisés par les inventeurs du cinématographe a fait naître emprun-

taient si bien, comme lui, leurs principaux organes et le principe de leur fonctionnement à l'appareil du P^r Marey qu'ils n'ont pu être brevetés que « pour la forme », et qu'en dépit des brevets pris, les constructeurs se copient outrageusement l'un l'autre.

CONCLUSION

En résumé, quoiqu'en quelque sorte née d'hier, la chronophotographie étend déjà ses applications à une bonne part des sciences naturelles, des sciences appliquées, des industries, des arts et ces nombreuses utilisations font concevoir qu'elle n'est qu'au début de l'extension dont elle sera favorisée.

En météorologie, par l'étude des mouvements des images et des phénomènes atmosphériques ; en astronomie, par celle des mouvements et des apparences des astres ; en physiologie, par l'analyse du rapport qui existe entre les organes et leurs fonctions ; en physique, par l'observation des effets de la pesanteur, des vibrations, et en chimie, par l'enregistrement des diverses phases des phénomènes de cristallisation et des réactions chimiques ; en microbie, pour la constatation des modifications des organismes et de

leurs mouvements ainsi que de ceux des fermentations ; en balistique, en physiologie végétale, en médecine (pour les diagnostics), en chirurgie (pour la pratique des opérations), de même qu'en industrie, en art et même dans une foule d'autres applications, la chronophotographie n'a, jusqu'ici, en effet, été employée pour l'analyse et le contrôle qu'à titre d'essais et les documents qu'elle a fournis dans toutes les circonstances ont été si précieux qu'ils ont démontré jusqu'à l'évidence la *nécessité* de son emploi.

Par malheur, les produits (pellicules) et les appareils coûtent encore fort cher, les installations spéciales qu'il faut réaliser, dans bien des cas, sont très onéreuses et comme, d'autre part, notre personnel et nos établissements sont malgrément dotés, comme — il faut aussi l'avouer — notre esprit traditionniste s'accommode difficilement des innovations, cette admirable méthode de recherche n'est pas encore entrée dans la pratique. Mais elle est destinée à y prendre une place des plus importantes à bref délai.

Pour l'enseignement, elle peut rendre de tels services qu'avant peu, il sera impossible de s'en passer. On ne saurait donc trop la recommander auprès des jeunes producteurs qui représentent

le mouvement du progrès ; puissent-ils trouver dans les sommaires indications de cet aide-mémoire le point de départ d'applications nouvelles. Notre courte revue de ce qui a été fait dans ce sens jusqu'à ce jour est du moins complète et montre combien grande sera encore la place qu'on pourra prendre au plus grand profit des sciences, par la chronophotographie, après les Marey, les Muybridge, les Braune, les Fischer, etc., dans tant de travaux variés que, sans risquer d'en trop omettre, on ne saurait tenter de les tous dénombrer.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ANSCHÜTZ. — *Physiologie artistique*. Société des Éditions scientifiques. Paris, 1890.

W. BRAUNE et O. FISCHER. — *Der Gang des Menschen*. Bei S. Hirzel, Leipzig, 1895.

CARLET. — *Essai expérimental sur la locomotion de l'homme*, Annales des Sciences naturelles, 1872.

DESLANDRES. — *Action des chocs rythmés sur les ponts métalliques*. Annales des Ponts et Chaussées, décembre 1891.

W. K. L. DICKSON. — *The Kinetographe, the kine-toscope and the kinetophonographe*. Photographie Times, janvier 1895. New-York.

EMMANUEL. — *La danse*. Hachette, édit. 1896.

OTTO FISCHER. — *Beiträge zu einer Muskel dynamik*. Bei S. Hirzel. Leipzig, 1895.

JANSSEN. — *Bulletin de la Société Française de photographie*, 14 décembre 1876.

LENDENFELD. — *Der Flug der Libellen*. Acad. der Wissenschaften Wien, 1881. Heft I, p. 289.

E. MACH et P. SALCHER. — *Ficition, par la photographie, des phénomènes produits dans l'air par le passage des projectiles*. Trad. dans le Journal de Physique, 1888, p. 500.

- E. J. MAREY. — *Vol des insectes et des oiseaux*. Ann. des Sciences naturelles, 1869, t. XII, et Bibliothèque des Hautes études, 1871.
- *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 7 août 1882, 12 sept. 1887, t. CXIII, p. 316, 1891, 8 octobre 1892.
- *Le Mouvement*, G. Masson, éditeur. Paris, 1894.
- *Le vol des oiseaux, Physiologie du mouvement*. G. Masson, édit. Paris, 1890.
- *La machine animale. Locomotion terrestres et aériennes*, 1873, G. Baillière, édit. Paris.
- DE MOOR. — *Archives de biologie*. Liège, 1890.
- A. UCHARD. — *Remarques sur les lois de la résistance de l'air*. Paris, Berger-Levrault, édit. 1892.
- WILLMANN. — *The horse in motion, as shown by instantaneous Photography*. in-4. London, Turner and Co, 1882.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	5
Premières applications de la photographie à l'étude des mouvements	7

CHAPITRE PREMIER

<i>Chronophotographie sur plaque fixe</i>	19
1. Théorie de la chronophotographie	19
2. Description du premier appareil de M. Marey pour la chronophotographie sur plaque fixe	22
3. Le chronophotographe Marey	25
4. Mesures et comparaisons des images chrono- photographiques	29
5. Cadran chronométrique	31
6. Champ obscur.	31
7. Étendue du champ obscur	37
8. Préparation du champ obscur.	38
9. L'opération chronophotographique sur pla- que fixe	39
10. Étendue et vitesse des sujets chronophoto- graphiés	41

	Pages
11. Chronophotographie géométrique.	42
12. Images alternantes	44
13. Miroir tournant	47

CHAPITRE II

<i>Chronophotographie sur pellicule mobile.</i>	49
14. Mécanisme pour la chronophotographie sur pellicule mobile	49
15. Opération chronophotographique sur pellicule mobile	55
Nouvelles modifications du chronophotographe	59

CHAPITRE III

<i>Applications de la chronophotographie</i>	70
Étude des mouvements terrestres	71
16. Chronophotographie dans l'obscurité	73
17. Chronophotographies simultanées sur di- vers plans.	83
18. Étude de la marche en flexion	93
19. Mouvements des animaux.	94
Étude des mouvements dans l'air	95
20. Le vol des oiseaux	96
21. Le vol des insectes	106
22. Chute des corps dans l'air	114
23. Oscillations et vibrations dans l'air	116
24. Mouvements de l'air	116
Mouvements des liquides et mouvements dans l'eau.	118

	Pages
25. Mouvements des liquides	118
26. Étude des mouvements dans l'eau.	126
Chronophotographie microscopique	130
27. Éclairage de préparations. Disposition de l'appareil	139
28. Projections microscopiques sur écran fe- nestré	136

CHAPITRE IV

<i>Décomposition des mouvements par la chrono- photographie</i>	138
29. La stroboscopie ; méthode de Plateau	138
30. Décomposition des mouvements	143
31. Applications diverses	145
32. Le praxinoscope	145
33. Le photophone.	147
34. Le kinétoscope	148
35. Le cinématographe	150
CONCLUSION	165
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.	168

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

THERMOCHIMIE.

DONNÉES ET LOIS NUMÉRIQUES.

PAR

M. BERTHELOT,

Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences,
Professeur au Collège de France.

TOME I : Les lois numériques, xvii-737 pages. — TOME II : les données expérimentales, 878 pages.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8; 1897, SE VENDANT
ENSEMBLE..... 50 FR.

*Extrait de la Note de M. BERTHELOT accompagnant la présentation
de son Ouvrage à l'Académie des Sciences (séance du 8 juin 1897).*

Depuis la publication de mon *Essai de Mécanique chimique* (1879), et sous l'impulsion des idées qui s'y trouvaient développées, les recherches expérimentales de Thermochimie ont pris une extension tous les jours plus considérable, dans mon laboratoire et dans ceux des autres savants, français et étrangers. En effet, j'ai poursuivi mes travaux sans relâche, et de nombreux élèves les ont continués et développés sous ma direction ...

Toutefois, par une conséquence presque inévitable, ce développement rapide de la Thermochimie a fini par amener une certaine confusion... Non seulement les résultats sont épars dans les recueils spéciaux, mais une difficulté, plus grande peut-être, est née de cette circonstance que les chiffres relatifs à la formation des combinaisons n'ont été que rarement mesurés directement.

Il était donc indispensable de revoir toutes ces valeurs. Dès lors, il fallait refaire tous les calculs, en suivant un plan uniforme, afin d'obtenir des données comparables entre elles.

J'ai cru utile, non seulement de donner les valeurs rectifiées, mais aussi d'exposer à propos de chaque nombre quelle était l'expérience spéciale dont il est déduit et quelles étaient les autres données expérimentales, à l'aide desquelles le nombre déduit de cette expérience a été calculé.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LES MÉTHODES NOUVELLES
DE LA
MÉCANIQUE CÉLESTE,

Par H. POINCARÉ,

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

TROIS BEAUX 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.

TOME III : Invariants intégraux. Stabilité. Solutions périodiques du deuxième genre. Solutions doublement asymptotiques. Prix pour les souscripteurs..... 12 fr.

UN FASCICULE (200 PAGES) A PARU.

NOUVELLE ÉTUDE
SUR
LES TEMPÊTES,

CYCLONES, TROMBES OU TORNADOS,

Par H. FAYE,

Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes,

GRAND IN-8, AVEC 18 FIGURES; 1897..... 4 FR. 50 C.

OEUVRES MATHÉMATIQUES
D'ÉVARISTE GALOIS

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE
DE FRANCE,

AVEC UNE INTRODUCTION, par M. Émile PICARD,
Membre de l'Institut.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC PORTRAIT, FRONTISPICE; 1897. 3 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

SUR LES PROGRÈS
DE LA
THÉORIE DES INVARIANTS PROJECTIFS

Par W.-Fr. MEYER,

Professeur à l'École royale des Mines de Clausthal (Hanovre).

TRADUIT ET ANNOTÉ PAR **H. FEHR**, PRIVAT-DOCENT A L'UNIVERSITÉ
DE GENÈVE.

AVEC UNE PRÉFACE DE **MAURICE D'OCAGNE**,

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

GRAND IN-8; 1897. — PRIX..... **4 FR.**

Paraîtra le 1^{er} Octobre 1897:

COURS DE PHYSIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES SPÉCIALES

(conforme aux derniers programmes),

PAR

James CHAPPUIS,

Agrégé Docteur ès Sciences,
Professeur de Physique générale
à l'École Centrale
des Arts et Manufactures.

Alphonse BERGET,

Docteur ès Sciences,
Attaché au Laboratoire des recherches
physiques à la Sorbonne.

UN BEAU VOLUME, GRAND IN-8 (25^{cm} × 16^{cm}) DE IV-697 PAGES,
AVEC 463 FIGURES.

Prix pour les souscripteurs :

Broché..... **11 fr.** | Relié cuir souple..... **14 fr.**

Ces prix seront augmentés à l'apparition.
Les souscriptions sont reçues dès à présent.

LEÇONS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

COURS PROFESSÉ A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES
ET COMPLÉTÉ SUIVANT LE PROGRAMME DE LA LICENCE ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

J. CHAPPUIS,

Agrégé Docteur ès Sciences,
Professeur de Physique générale
à l'École Centrale
des Arts et Manufactures,

A. BERGET,

Docteur ès Sciences,
Attaché au Laboratoire des recherches
physiques à la Sorbonne.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Instruments de mesure. Chaleur. Avec 175 figures; 1891..... **13 fr.**
TOME II : Électricité et Magnétisme. Avec 305 figures; 1891..... **13 fr.**
TOME III : Acoustique. Optique; Electro-optique. Avec 103 figures; 1892... **10 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

TRAITÉ D'ANALYSE

PAR

ÉMILE PICARD,

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

QUATRE VOLUMES IN-8, AVEC FIGURES, 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. 1893..... 15 fr.

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Equations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... 18 fr.

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... (En préparation.)

Le premier Volume commence par les parties les plus élémentaires du Calcul intégral et ne suppose chez le lecteur aucune autre connaissance que les éléments du Calcul différentiel, aujourd'hui classiques dans les Cours de Mathématiques spéciales. Dans la première Partie, l'Auteur expose les éléments du Calcul intégral, en insistant sur les notions d'intégrale curviligne et d'intégrale de surface, qui jouent un rôle si important en Physique mathématique. La seconde Partie traite d'abord de quelques applications de ces notions générales; au lieu de prendre des exemples sans intérêt, l'Auteur a préféré développer la théorie de l'équation de Laplace et les propriétés fondamentales du potentiel. On y trouvera ensuite l'étude de quelques développements en séries, particulièrement des séries trigonométriques. La troisième Partie est consacrée aux applications géométriques du Calcul infinitésimal.

Les Volumes suivants sont consacrés surtout à la théorie des équations différentielles à une ou plusieurs variables; mais elle est entièrement liée à plus d'une autre théorie qu'il est nécessaire d'approfondir. Pour ne citer qu'un exemple, l'étude préliminaire des fonctions algébriques est indispensable quand on veut s'occuper de certaines classes d'équations différentielles. L'Auteur ne se borne donc pas à l'étude des équations différentielles; ses recherches rayonnent autour de ces centres.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

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

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

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

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

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

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

3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

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

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

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

D^r H. EBERT,

PROFESSEUR ORDINAIRE DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITÉ DE KIEL.

GUIDE POUR LE SOUFFLAGE DU VERRE,

TRADUIT SUR LA DEUXIÈME ÉDITION ET ANNOTÉ

Par P. LUGOL,

Professeur de Physique au Lycée de Clermont-Ferrand,
Chargé de conférences à la Faculté des Sciences.

Un volume in-18 jésus, avec 63 figures; 1897..... 3 fr.

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore.

3^e ÉDITION, REFONDUE ET COMPLÉTÉE.

TOME I : Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques, avec 381 figures; 1897..... 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..... (Sous presse.)

MESURES ÉLECTRIQUES

LEÇONS PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore, Ingénieur principal des Télégraphes.
Professeur à l'Université de Liège.

Grand in-8, 450 pages, 198 figures; cartonné toile anglaise... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LES RADIATIONS NOUVELLES.

LES RAYONS X

ET LA PHOTOGRAPHIE A TRAVERS LES CORPS OPAQUES,

PAR

Ch.-Éd. GUILLAUME,

Docteur ès Sciences,

Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures.

DEUXIÈME ÉDITION.

UN VOLUME IN-8 DE VIII-150 PAGES, AVEC 22 FIGURES ET 8 PLANCHES;
1897..... 3 fr.

Les Rayons X sont toujours à l'ordre du jour et notre curiosité est loin d'être satisfaite à leur égard. La première édition de l'Ouvrage de *M. Ch.-Éd. Guillaume* a été épuisée en quelques jours. La deuxième, qui vient de paraître, sera bien accueillie des Physiciens et des Photographes. L'Auteur fait connaître en détail la genèse de cette merveilleuse découverte, ainsi que les résultats qu'on en a tirés. Il décrit minutieusement le manuel opératoire à employer pour obtenir des résultats satisfaisants. Cette brochure servira de guide aux opérateurs désireux d'arriver sans trop de tâtonnements à de bons résultats.

Le côté théorique de la question n'est point négligé, et *M. Ch.-Éd. Guillaume* a rappelé un grand nombre d'expériences antérieures, de « faits contingents » sans lesquels les nouveaux phénomènes resteraient isolés et incompréhensibles.

L'Ouvrage in-8°, de 150 pages, contient de nombreuses reproductions en photographie de clichés originaux obtenus par MM. J. Chapuis, V. Chabaud, Londe, Imbert et Bertin-Sans, qui ont bien voulu les prêter à l'Auteur.

L'ensemble forme un Volume qui intéressera tous ceux qui aiment à se « rendre compte » de tout de qui se passe autour des *Rayons X*.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

EXERCICES DE PHYSIQUE ET APPLICATIONS.

PRÉPARATOIRES A LA LICENCE.

Par M. Aimé WITZ,

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 114 figures; 1889..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS ÉLÉMENTAIRE
DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE,

Par M. Aimé WITZ,

Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille,

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

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 77 FIGURES; 1893. 5 FR.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS SUPÉRIEUR
DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE

PRÉPARATOIRE AUX CERTIFICATS D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ET A LA LICENCE.

Par M. Aimé WITZ,

Docteur ès Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille.

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 138 FIGURES; 1897. 10 FR.

PRINCIPES

DE LA

THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES
ET APPLICATIONS,

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur
à l'Université de Paris.

E. LACOUR,

Maître de Conférences à l'Université
de Nancy.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

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

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

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

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine,
Ex-Professeur à l'École d'application
du Génie maritime.

Camille ROCHE,

Industriel,
Ancien Ingénieur de la Marine.

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

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. Épure 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 figures; 1895..... **20 fr.**

TOME II : Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 281 figures; 1895..... **18 fr.**

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,

Ingénieur principal du Service central
de la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ingénieur, Inspecteur principal
de l'Atelier central des chemins de fer
du Nord.

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

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX.

Ingénieurs.

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

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **M. C. BRICKA,**

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

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

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

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

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

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

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

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

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

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

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. Al. GOUILLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.).... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

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

Par Henri DE LAPPARENT,

Inspecteur général de l'Agriculture.

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

GRAND IN-8 DE XII-333 PAGES, AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1893 (E. I.) **12 FR.**

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par M. A. CRONEAU,

Ingénieur de la Marine,
Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

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

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de navires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages avec 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 fig.; 1894. **15 fr.**

**PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.**

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par Ernest HENRY,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

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

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

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

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

Par E. BOURRY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

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

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufac-
tures nationales
des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,

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

E. GRANDMOUGIN,

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

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

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par M. A. JOANNIS,

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

2 VOLUMES GRAND IN-8 (E. I.).

TOME I : Généralités. Carbures. Alcools. Phénols. Éthers. Aldéhydes. Cétones.
Quinones. Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896..... 20 fr.

TOME II : Hydrates de carbone. Acides monobasiques à fonction simple. Acides
polybasiques à fonction simple. Acides à fonctions mixtes. Alcalis organiques. Amides.
Nitriles. Carbylamines. Composés azoïques et diazoïques. Composés organo-métal-
liques. Matières albuminoïdes. Fermentations. Conservation des matières alimentaires.
Volume de 718 pages, avec figures; 1896..... 15 fr.

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par M. Georges LECHALAS,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

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

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principes
d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages
et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-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.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par M. Maurice D'OCAGNE,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

UN VOLUME GRAND IN-8, DE XI-428 PAGES, AVEC 340 FIGURES; 1896
(E. T. P.)..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS.

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.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE PAR LES PROCÉDÉS PELLICULAIRES.

Par M. George BALAGNY, Membre de la Société française de Photographie,
Docteur en droit.

2 volumes grand in-8, avec figures; 1889-1890.

On vend séparément :

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone..... 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contretypes. Transparents..... 4 fr.

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE A LA MÉDECINE.

Par le Dr A. BURAIS.

In-4, avec figures et 6 planches, dont 1 en couleurs; 1896..... 4 fr.

CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR RÉUSSIR EN PHOTOGRAPHIE.

Par A. COURNÈGES, Praticien.

2^e édition, revue et augmentée. Petit in-8, avec 1 planche en photocollographie; 1896..... 2 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens.. 32 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatinobromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches spécimens et 120 figures; 1886..... 16 fr.

II^e PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques. Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie, vocabulaire. Avec 2 planches spécimens et 114 figures; 1888..... 16 fr.

Un Supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, est en préparation.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

**LA TRIPLICE PHOTOGRAPHIQUE DES COULEURS
ET L'IMPRIMERIE.**

Système de Photochromographie LOUIS DUCOS DU HAURON.

Par ALCIDE DUCOS DU HAURON.

In-18 jésus de v-488 pages; 1897..... 6 fr. 50 c.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... -48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

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

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

Les 5 volumes se vendent ensemble..... 60 fr.

2^e Supplément (B). Un beau volume grand in-8 de 400 pages avec nombreuses figures, paraissant régulièrement chaque mois en 5 fascicules de 80 pages chacun à partir du 15 juillet 1897.

Prix pour les souscripteurs..... 10 fr.

Dès que le volume sera complet, le prix sera porté à..... 14 fr.

LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.

Étude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892..... 2 fr. 75 c.

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. 2 fr. 75 c.

LES LUMIÈRES ARTIFICIELLES EN PHOTOGRAPHIE.

Étude méthodique et pratique des différentes sources artificielles de lumières, suivie de recherches inédites sur la puissance des photopoudres et des lampes au magnésium;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec 19 figures et 8 planches; 1895..... 4 fr. 50 c.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE,

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par Ch. FÉRY et A. BUBAIS.

In-18 jésus, avec 94 figures et 9 planches; 1896..... 5 fr.

L'ART DE RETOUCHER LES NÉGATIFS PHOTOGRAPHIQUES,

Par C. KLARY, Artiste photographe.

4^e tirage. In-18 jésus; 1897..... 2 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties : *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections ;

Par MM. H. FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET.

Première Série ; 1892..... 4 fr.
Deuxième Série ; 1894..... 3 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE INSTANTANÉE.

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par M. Albert LONDE.

Directeur du Service photographique à l'Hospice de la Salpêtrière,
3^e édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec figures ; 1897. 2 fr. 75 c.

VIRAGES ET FIXAGES.

Traité historique, théorique et pratique ;

Par M. P. MERCIER,

Chimiste, Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

2 volumes in-18 jésus ; 1892..... 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notice historique. Virages aux sels d'or..... 2 fr. 75 c.
II^e PARTIE : Virages aux divers métaux. Fixages..... 2 fr. 75 c.

OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

SANS DÉVELOPPEMENTS MATHÉMATIQUES,

Par le D^r A. MIETHE.

Traduit de l'allemand par A. NOAILLON et V. HASSREIDTER.

Grand in-8, avec 72 figures et 2 Tableaux ; 1896..... 3 fr. 50 c.

NOTES SUR LA PHOTOGRAPHIE ARTISTIQUE.

TENTE ET ILLUSTRATIONS

Par M. C. PUYO.

Plaquette de grand luxe, in-4^e raisin, avec 11 héliogravures de DUJARDIN et 39 phototypogravures dans le texte ; 1896..... 10 fr.

Il reste quelques exemplaires numérotés, sur japon, avec planches également sur japon..... 20 fr.

Une planche spécimen est envoyée *franco* sur demande.

DE LA PROPRIÉTÉ ARTISTIQUE EN PHOTOGRAPHIE

SPÉCIALEMENT EN MATIÈRE DE PORTRAITS,

Par Édouard SAUVEL, Avocat au Conseil d'Etat et à la Cour de Cassation.

Un volume in-18 jésus ; 1897..... 2 fr. 75 c.

LA LINOTYPIC

ou Art de décorer photographiquement les étoffes pour faire des écrans, des éventails, des paravents, etc., menus photographiques ;

Par M. L. TRANCHANT, rédacteur en chef de la *Photographie*.

In-18 jésus ; 1896..... 1 fr. 25 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.**

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 112 figures..... 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Obtention des petits clichés ; avec 52 figures ; 1891..... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE : Agrandissements. 2^e édition, avec 60 figures ; 1897..... 2 fr. 75 c.

LES ÉPREUVES POSITIVES SUR PAPIERS ÉMULSIONNÉS.

Papiers chlorurés. Papiers bromurés. Fabrication. Tirage et développement.
Virages. Formules diverses.

Par M. E. TRUTAT.

Un volume in-18 jésus ; 1896..... 2 fr.

LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre ;

Par M. Julius VERFASSER.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société
française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches ; 1895..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Sélection photographique des couleurs primaires. Son application à l'exécution de clichés et de tirages propres à la production d'images polychromes à trois couleurs ;

Par M. LÉON VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale
des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 10 figures et 5 planches en couleurs ; 1897..... 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOLITHOGRAPHIE.

Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver.
Tours de main et formules diverses ;

Par M. LÉON VIDAL.

In-18 jésus, avec 25 fig., 2 planches et spécimens de papiers autographiques :
1893..... 6 fr. 50 c.

MANUEL PRATIQUE D'ORTHOCHROMATISME.

Par M. LÉON VIDAL.

In-18 jésus, avec figures et 2 planches, dont une en photocollographie et un
spectre en couleur ; 1891..... 2 fr. 75 c.

NOUVEAU GUIDE PRATIQUE DU PHOTOGRAPHE AMATEUR.

Par M. G. VIEUILLE.

3^e édition, refondue et beaucoup augmentée. In-18 jésus, avec figures :
1892..... 2 fr. 75 c.

5949 B. — Paris, Imp. Gauthier-Villars et fils, 55, quai des Gr.-Augustins.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris
P. n° 48.

EXTRAIT DU CATALOGUE

(Avril 1897)

VIENT DE PARAÎTRE

DEUXIÈME ÉDITION

ENTIÈREMENT REFONDUE

DU

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur de clinique chirurgicale
à la Faculté de médecine de Paris
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Secrétaire général
de la Société de Chirurgie
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, DELBET, DELENS, DEMOULIN, FORGUE
GÉRARD-MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER, KIRMISSON
LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON
PEYROT, PONCET, QUÉNU, RICARD, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

8 vol. grand in-8 avec nombreuses figures dans le texte

En souscription. . . 150 fr.

Au 15 Février 1897, les deux premiers volumes sont en vente

EXTRAIT DE LA PRÉFACE DES DIRECTEURS

...Notre succès auprès du public médical a été grand, puisque, malgré trois importants tirages, une deuxième édition est devenue nécessaire. Nous avons apporté tous nos soins à cette œuvre nouvelle. Certaines parties que les auteurs, trop pressés par le temps, avaient dû négliger, ont été complètement reprises, et il ne reste plus une ligne du travail primitif. Tous les articles, même les meilleurs, ont été remis au courant de la science. Et, malgré l'étendue de la tâche, ce n'est plus en trente mois, c'est en douze que nous nous engageons à publier nos huit nouveaux volumes...

**(Voir ci-contre les conditions de publication et les divisions
de l'ouvrage.)**

LES DIVISIONS
DE LA **Deuxième édition** DU **Traité de Chirurgie**
ONT ÉTÉ FIXÉES COMME IL SUIT :

TOME I (MIS EN VENTE EN FÉVRIER 1897)

1 vol. grand in-8° de 912 pages, avec 218 figures dans le texte. 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II (MIS EN VENTE EN FÉVRIER 1897)

1 vol. grand in-8° de 996 pages, avec 361 figures dans le texte. 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.
MICHAUX. — Artères.
QUÉNU. — Maladies des veines.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.
PONCET. — Affections non traumatiques des os.

POUR PARAÎTRE EN MAI 1897.

TOME III

1 vol. grand in-8° avec nombreuses figures dans le texte.

NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.
QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.
GÉRARD-MARCHANT. — Crâne.
KIRMISSON. — Rachis.
S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV

1 vol. grand in-8 avec nombreuses figures dans le texte.

GÉRARD-MARCHANT. — Nez, fosses nasales, pharynx nasal et sinus.

HEYDENREICH. — Mâchoires.
DELENS. — Œil et annexes;

Les tomes V et VI, VII et VIII, paraîtront à intervalles rapprochés, de façon que l'ouvrage soit complet au commencement de l'année 1898.

Dictionnaire usuel des Sciences médicales

PAR MM.

A. DECHAMBRE, Mathias DUVAL, L. LEREBoullet

Membres de l'Académie de médecine

Ouvrage accompagné de Notions sur la Prophylaxie et sur l'Hygiène
d'un choix de Formules nouvelles
et d'un Appendice sur la formation des mots usités en médecine

VIENT DE PARAÎTRE

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. gr. in-8 de xxxii-1782 pages, avec 430 figures dans le texte.
Relié toile. 25 fr.

La chirurgie et la pathologie générale ont dû, dans cette troisième édition, recevoir les développements et subir les modifications que le progrès impose; il a fallu, pour la rendre plus précise et plus moderne, la reviser et la compléter encore. C'est ainsi que tous les articles relatifs à l'Obstétrique et plusieurs articles de chirurgie ont été refondus. En médecine, les mots **Diphtérie**, **Fièvre typhoïde**, **Sérum** et **Sérothérapie** ont reçu les développements nécessités par de nouvelles découvertes. Plusieurs formules ont été ajoutées. Enfin on a indiqué à l'introduction qui traite de la prophylaxie des maladies infectieuses les modifications que la loi de 1892 impose à l'attention de tous les médecins.

VIENT DE PARAÎTRE

Traité élémentaire de Clinique thérapeutique

Par le **D^r G. LYON**

Ancien interne des hôpitaux de Paris
Ancien chef de clinique à la Faculté de médecine

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE, AUGMENTÉE

1 volume in-8° de 1134 pages 15 fr.

Profitant du réel succès obtenu par cet ouvrage dont la première édition avait été épuisée en moins de deux années, l'auteur a refondu complètement certains chapitres de son livre (celui des dyspepsies chimiques par exemple) et l'a en outre augmenté d'un certain nombre de chapitres nouveaux, tels que ceux relatifs à la diphtérie, à l'entéralgie, à la péritonite tuberculeuse, à l'albuminurie, à l'actinomycose, aux empoisonnements, etc., etc. Les praticiens seront heureux de trouver dans cette seconde édition un important *appendice* contenant la liste des médicaments les plus usuels avec l'indication de leur mode d'emploi et de leur dosage.

VIENT DE PARAÎTRE

Traité des Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin
de l'hôpital des Enfants-Malades.

A.-B. MARFAN

Agrégé,
Médecin des hôpitaux.

3 volumes grand in-8 en souscription 90 fr.

L'ouvrage dont nous commençons aujourd'hui la publication, et qui sera complet en 5 volumes in-8°, vient fort heureusement combler une lacune. Si les manuels de médecine infantile ne manquaient pas, on souffrait de l'absence d'une œuvre de longue haleine embrassant, dans son ensemble, toute la pédiatrie. Cette œuvre, MM. Grancher, Comby et Marfan ont voulu l'entreprendre, encouragés qu'ils étaient par les collaborations précieuses qui s'offraient à eux, tant de la France que de l'étranger.

Les directeurs de cette publication ont pensé qu'on leur saurait gré d'avoir réuni, dans le même ouvrage, toutes les branches de la pathologie infantile : médecine, chirurgie, spécialités ; d'autant plus qu'ils ont fait appel, pour la réalisation de ce plan nouveau, aux maîtres les plus renommés dans ces diverses branches de la pédiatrie. Le lecteur trouvera donc, dans cet ouvrage, des réponses à toutes les questions qui intéressent la pratique médico-chirurgicale des enfants.

Conçu dans cet esprit, exécuté avec une compétence dont le public médical sera juge, le nouveau *Traité des Maladies de l'Enfance* est appelé à rendre les plus grands services aux praticiens.

Le Traité des Maladies de l'Enfance est publié en cinq volumes qui paraissent à des intervalles rapprochés. Chaque volume est vendu séparément, et le prix en est fixé selon l'étendue des matières.

Les tomes I et II sont en vente (Mars 1897). Les autres paraîtront prochainement à intervalles rapprochés.

Il est accepté des souscriptions au Traité des Maladies de l'Enfance à un prix à forfait quels que soient l'étendue et le prix de l'ouvrage complet. Ce prix est, quant à présent et jusqu'à la publication du tome III, fixé à 90 francs.

TOME I

1 vol. in-8° de xvi-816 pages avec figures dans le texte. . 18 fr.

Préface (GRANCHER). *Physiologie et hygiène de l'enfance* (COMBY). *Considérations thérapeutiques sur les maladies de l'enfance*. *Table de posologie infantile* (MARFAN). — MALADIES INFECTIEUSES : *Scarlatine* (MOIZARD). *Rougeole* (COMBY). *Rubéole* (BOULLOCHE). *Variole* (COMBY). *Vaccine et vaccination* (DAUCHEZ). *Varicelle* (COMBY). *Oreillons* (COMBY). *Coqueluche* (COMBY). *Fièvre typhoïde* (MARFAN). *Fièvre éphémère* (COMBY). *Fièvre ganglionnaire* (COMBY). *Grippe* (GILLET). *Suette miliaire* (HONTANG). *Choléra asiatique* (DUFLOCQ). *Malaria* (CONCETTI). *Fièvre jaune* (COMBY). *Tétanos* (RENAULT). *Rage* (GILLET). *Erysipèle* (RÉNON). *Infections septiques du fœtus, du nouveau-né et du nourrisson* (FISCHL). *Rhumatisme articulaire et polyarthrites* (MARFAN). *Diphthérie* (SEVESTRE et LOUIS MARTIN). *Syphilis* (GASTOU). *Tuberculose*. *Scrofule* (AVIRAGNET).

TOME II

1 vol. in-8° de 816 pages avec figures dans le texte. . . 18 fr.

MALADIES GÉNÉRALES DE LA NUTRITION : *Arthritisme, obésité, maigreur, migraine, asthme* (COMBY). *Diabète sucré* (H. LEROUX). *Maladies du sang* (AUDÉOUD). *Hémophilie* (COMBY). *Hémorragie des nouveau-nés* (DEMELIN). *Purpura et syndromes hémorragiques* (MARFAN). *Scorbut infantile* (BARLOW). *Rachitisme* (COMBY et BROCA). *Croissance* (COMBY). *Athrepsie* (THIERCELIN). — MALADIES DU TUBE DIGESTIF : *Développement du tube digestif chez l'enfant* (VARIOT). *Dentition* (MILLON). *Bec-de-lièvre, macroglossie, tumeurs du plancher de la bouche* (BROCA). *Stomatites* (COMBY). *Angines aiguës* (DUPRÉ). *Abcès rétro-pharyngiens et adénite rétro-pharyngienne* (BOKAY). *Hypertrophie des amygdales, pharyngite chronique, végétations adénoïdes* (CUVILLIER). *Polypes nasopharyngiens* (BROCA). *Maladies de l'œsophage, de l'estomac et de l'intestin dans la seconde enfance* (COMBY). *Infections et intoxications digestives chez le nourrisson, gastro-entérites* (LESAGE). *Dysenterie* (SANNÉ). *Tuberculose de l'estomac et des ganglions mésentériques, constipation* (MARFAN). *Vers intestinaux* (FILATOFF). *Invagination* (JALAGUIER). — *Prolapsus du rectum* (BROCA). *Polypes du rectum, corps étrangers des voies digestives, fissures à l'anus* (FÉLIZET et BRANCA). *Malformations ano-rectales, abcès, fistules ano-rectales* (FORGUE).

TOME III (SOUS PRESSE)

ABDOMEN ET ANNEXES : ombilic, hernies, foie, rate, reins et organes génitaux. — MALADIES DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE. — NEZ, LARYNX : thymus, glande thyroïde.

TOME IV (EN PRÉPARATION)

MALADIES DES BRONCHES, DU POUMON, DES PLÈVRES, DU MÉDIASTIN. — MALADIES DU SYSTÈME NERVEUX : méninges, cerveau, moelle, amyotrophies, névroses, paralysies, etc.

TOME V (EN PRÉPARATION)

APPAREIL LOCOMOTEUR : os, articulations, etc. — ORGANE DES SENS : yeux, oreilles. — MALADIES DE LA PEAU. — MALADIES DU FŒTUS.

Table des matières des cinq volumes.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

L'Hygiène du Goutteux

PAR

A. PROUSTMembre de l'Académie de Médecine
Médecin de l'Hôtel-Dieu.**A. MATHIEU**Médecin des Hôpitaux
de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-340 pages). 4 fr.

La goutte n'est-elle pas, de toutes les maladies chroniques, une de celles dans lesquelles l'hygiène peut être appelée à jouer un rôle prépondérant? L'oubli des règles de la sobriété, le surmenage nerveux, l'hérédité en sont les principaux facteurs pathogéniques. N'est-il pas démontré qu'il appartient à l'hygiène plus qu'à la thérapeutique d'en enrayer l'action et d'en corriger les effets? — Obligés de se prononcer entre ces doctrines séculaires et des théories trop récentes pour que l'expérience ait pu justifier leurs prétentions révolutionnaires, les auteurs ont pris parti pour la tradition clinique; l'observation peut seule, en effet, donner une réelle sanction aux hypothèses pathogéniques et aux pratiques thérapeutiques qui en dérivent.

L'Hygiène des Asthmatiques

PAR

E. BRISSAUDProfesseur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-214 pages). 4 fr.

L'asthme vrai est une pure névrose, comme l'avait soutenu Avicenne, et il ne sera ici question que de celui-là, attendu que l'hygiène thérapeutique de l'asthme n'ayant d'unité qu'autant qu'elle vise une condition morbide définie, ses lois ne sont pas applicables aux pseudo-asthmes accidentels, syndromes variables et disparates. En résumé, l'hygiène des asthmatiques consiste surtout en une sorte de discipline fonctionnelle que chacun de nous peut et doit s'imposer; elle emprunte bien moins à la thérapeutique qu'à ce régime de vie ponctuel et mesuré qui assure le maximum de sécurité à un organisme en souffrance. Dans le programme qu'elle se propose, la part de collaboration du malade l'emporte sur celle du médecin.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène de l'Obèse

PAR

A. PROUST

Membre de l'Académie de Médecine,
Médecin de l'Hôtel-Dieu.

A. MATHIEU

Médecin
de l'hôpital Andral.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-344 pages). 4 fr.

Des diverses maladies de la nutrition, l'obésité est certainement celle dont le traitement est le plus directement du ressort de l'hygiène. La médication ne vient qu'en seconde ligne : il ne suffit pas du reste de devenir maigre plus ou moins rapidement, il faut ne pas engraisser de nouveau et c'est encore à l'hygiène qu'il faut faire appel pour conserver les résultats acquis. — Après des considérations sommaires de pathologie et une étude plus étendue de l'étiologie et de la pathogénie, les auteurs exposent dans tous leurs détails les plus importantes des méthodes hygiéniques conseillées pour le traitement de l'obésité; ils donnent le tableau complet des tentatives faites et des systèmes encore en présence actuellement. MM. Proust et Mathieu donnent ensuite le traitement hygiénique de l'obésité; contrairement à Pfeiffer, ils conseillent la méthode lente et progressive, appropriée à la taille, à l'âge, au tempérament et au sexe. Le volume se termine par un exposé du traitement médicamenteux et thermal de l'obésité, et étudie surtout la médecine thyroïdienne, la dernière venue et la plus intéressante.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène du Syphilitique

PAR

H. BOURGES

Ancien interne des hôpitaux et de la clinique dermatologique de la Faculté,
Préparateur du Laboratoire d'hygiène à la Faculté de Médecine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-294 pages). 4 fr.

L'hygiène considère à juste titre la syphilis comme un danger public contre lequel il faut toujours se tenir en garde, et elle s'efforce d'y parer par l'application d'importantes mesures de police sanitaire et de prophylaxie générale. Partant de cette idée que l'ignorance du danger syphilitique, des formes sous lesquelles il se présente et des moyens de l'éviter, est un des principaux facteurs de dissémination de la maladie, le professeur Proust a pensé qu'il y aurait quelque utilité à publier un livre dans lequel ces notions seraient mises à la portée de tous, dans un exposé simple et bref, dépouillé de termes techniques. — Ce traité est divisé en trois parties. Dans la première, sont examinées les conditions de propagation et les modes de transmission de la syphilis; la seconde est consacrée à la prophylaxie et à l'hygiène du syphilitique; enfin sont indiquées brièvement, dans la troisième, les mesures de police sanitaire qui sont actuellement opposées à l'envahissement de la syphilis.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

Hygiène

et

Thérapeutique thermales

PAR

G. DELFAU

Ancien interne des Hôpitaux de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-456 pages). 4 fr.

Ce serait une conception bien étroite et bien incomplète de ne voir dans une cure thermale que l'action de l'eau minérale elle-même : le climat, l'altitude, l'exposition de la localité, l'abandon momentané des affaires, des plaisirs ordinaires, du régime habituel, la vie au grand air, l'exercice, sans parler des agents annexes du traitement proprement dit, tels sont les principaux éléments adjuvants dont on sait de plus en plus apprécier l'action puissante, profonde et durable. A elles seules, ces quelques considérations suffisent pour rappeler que la cure thermale ressortit à la fois à la thérapeutique proprement dite et à l'hygiène, et encore plus à cette dernière telle qu'on tend de plus en plus à l'envisager aujourd'hui.

Le volume de M. Delfau est un véritable dictionnaire des Eaux minérales connues : il contient en effet des renseignements sur 358 stations de France et de l'Etranger, et, pour chacune, il donne des indications sur les voies d'accès, la situation, l'aspect général, l'altitude, le climat, la saison, les ressources, les établissements thermaux, les sources, leur débit, leur température, leurs particularités physiques, leurs modes d'emploi, leurs applications thérapeutiques, leur analyse et leur composition chimique. Indispensable aux médecins, pharmaciens et chimistes, ce livre sera consulté avec fruit par toutes les personnes qui fréquentent les villes d'eaux.

VOLUMES A PARAÎTRE ULTÉRIEUREMENT :

L'Hygiène du Neurasthénique (P^r PROUST et D^r BALLET).*L'Hygiène des Dyspeptiques* (D^r LIXOSSIER).*L'Hygiène du Tuberculeux* (D^r DAREMBERG).*L'Hygiène des Albuminuriques* (D^r SPRINGER).*L'Hygiène du Diabétique* (P^r PROUST et D^r MATHIEU).*Hygiène thérapeutique des maladies de la peau* (D^r BROCCQ).

VIENT DE PARAÎTRE

Manuel de Pathologie interne

Par **G. DIEULAFOY**

Professeur de clinique médicale de la Faculté de Médecine de Paris,
Médecin de l'Hôtel-Dieu. Membre de l'Académie de Médecine.

DIXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

*4 volumes in-16 diamant, avec figures en noir et en couleurs,
cartonnés à l'anglaise, tranches rouges, 28 fr.*

Par des additions et des refontes partielles, le Manuel de Pathologie interne, publié d'abord en deux volumes, puis en trois, forme aujourd'hui quatre volumes. M. Dieulafoy a développé principalement, dans cette *dixième édition*, les chapitres consacrés à l'**Appendicite**, à la **Diphtérie** et à la **Fièvre typhoïde**. Pour la première fois le lecteur y trouvera quelques planches et figures en noir et en couleurs intercalées dans le texte et se rapportant aux sujets les plus nouveaux traités dans cette édition. Toutes ces figures ont été reproduites d'après les dessins du Dr Bonnier, qui avait déjà sur les mêmes sujets exécuté les schémas qui ont servi au cours du professeur Dieulafoy.

VIENT DE PARAÎTRE

Précis d'Histologie

PAR

MATHIAS DUVAL

Professeur d'histologie à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine de Paris.

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ DE 408 FIGURES DANS LE TEXTE

1 volume in-8 de XXXII-956 pages. 18 fr.

On retrouve dans ce volume les qualités qui ont fait le succès de l'enseignement du savant professeur : clarté et précision dans l'exposé des faits; haute portée philosophique dans les vues générales; soin extrême de suivre les progrès de la science, mais en n'acceptant les faits nouveaux qu'à la lumière d'une sévère critique. Des nombreuses figures qui illustrent ce volume, les unes sont empruntées aux maîtres les plus autorisés, les autres, nouvelles, originales, sont pour la plupart des dessins schématiques reproduisant les dessins que M. Mathias Duval a composés pour son enseignement. L'auteur les a dessinés lui-même, et cela ne sera pas un des moindres mérites de cette œuvre magistrale.

VIENT DE PARAÎTRE

Éléments de Commerce et de Comptabilité

Par **Gabriel FAURE**

Professeur à l'École des Hautes-Études commerciales et à l'École commerciale,
Expert-comptable au Tribunal de la Seine.

1 volume petit in-8 de 460 pages, cartonné à l'anglaise. 4 fr.

Exposer avec méthode les questions qui forment la base de tout enseignement commercial, tel est le but de l'auteur. Ce volume renferme le développement complet du programme suivi à l'École des Hautes-Études commerciales en première année. La méthode de M. Faure consiste à faire appel au jugement des élèves plus encore qu'à leur mémoire. Il a cherché à éviter le double écueil d'égarer le débutant dans une foule de détails et de cas particuliers et de laisser subsister dans l'étude des principes généraux une obscurité qui rebute le lecteur. Ce livre est divisé en trois parties : 1^{re} les principales opérations commerciales ; 2^o les calculs auxquels ces opérations donnent lieu ; 3^o la science qui nous enseigne à les enregistrer. Ce résumé substantiel, présentant l'ensemble des progrès accomplis à l'heure actuelle, s'adresse aussi bien à la jeunesse des écoles spéciales qu'aux personnes désireuses d'acquiescer les notions les plus essentielles sur le commerce et la comptabilité.

VIENT DE PARAÎTRE

Cours d'Algèbre

à l'usage des classes
de mathématiques élémentaires,
de l'enseignement secondaire
moderne,

des candidats à l'École de Saint-Cyr et au professorat des Écoles normales

Par **Henri NEVEU**

Agrégé de l'Université, Professeur de mathématiques à l'École Lavoisier.

DEUXIÈME ÉDITION CONFORME AUX DERNIERS PROGRAMMES

1 volume in-8 avec figures dans le texte. 8 fr.

Ce cours d'algèbre est le même que l'auteur professe dans ses classes d'élémentaires ; M. Neveu s'est efforcé de suivre un ordre méthodique et a cherché, en débarrassant certaines questions de ce qu'elles ont d'aride, à mettre le plus de clarté possible dans les démonstrations, tout en maintenant leur rigueur mathématique. Les élèves trouveront à la suite de toutes les théories de nombreux exercices résolus, corrigeant ainsi leur sécheresse et les mettant à même de résoudre toutes les questions qui peuvent leur être proposées aux examens. La deuxième édition que nous publions aujourd'hui est conforme aux nouveaux programmes. La théorie des nombres négatifs est traitée dès le début du cours, et les premiers chapitres ont été modifiés dans ce sens. Les candidats à l'École de Saint-Cyr trouveront dans les leçons complémentaires les questions relatives aux dérivées qui, depuis la première édition, ont été ajoutées aux programmes.

Traité de Zoologie

PAR

Edmond PERRIER

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

VIENT DE PARAÎTRE

FASCICULE IV

VERS ET MOLLUSQUES

1 vol. gr. in-8 de 792 pages, avec 566 figures. 16 fr.

ONT DÉJÀ PARU :

FASCICULE I : **Zoologie générale.** 412 pages, 458 figures. . . 12 fr.

FASCICULE II : **Protozoaires et Phytozoaires.** 452 p., 243 fig. 10 fr.

FASCICULE III : **Arthropodes.** 480 pages, 278 figures. 8 fr.

Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol.
in-8° de 1344 pages, avec 980 figures 30 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

Résultats scientifiques

de la Campagne du "Caudan"

DANS LE GOLFE DE GASCogne (AOÛT-SEPTEMBRE 1895)

PAR **R. KOEHLER**

Professeur de Zoologie à la Faculté des sciences de Lyon

FASCICULE I. — 1 vol. in-8° de 272 pages avec figures et 7 planches
hors texte en noir et en couleurs. 6 fr.

Introduction — Echinodermes — Mollusques — Bryozoaires, avec la collaboration de MM. Calvet, Joubin, Locard, Vayssières.

FASCICULE II. — 1 vol. in-8° de 164 pages avec figures et 11 planches
hors texte. 6 fr.

Éponges — Coelentérés — Acariens — Ascidies simples et composées — Pycnogonides — Schizopodes et décapodes — Copépodes, avec la collaboration de MM. Canu, Caullery, Roule, Topsent, Trouessart.

FASCICULE III. — 1 vol. in-8° de 304 pages avec figures et 21 planches
hors texte, dont 15 doubles. 20 fr.

Annélides — Poissons — Edriophthalmes — Diatomées — Débris végétaux et roches — Liste des espèces recueillies avec la collaboration de MM. Bleicher, J. Bonnier, Roesch et Roule.

Traité

des

Matières colorantes

ORGANIQUES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

PAR

Léon LEFÈVRE

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de E. GRIMAUX, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux.

L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés. Les échantillons, *tous fabriqués spécialement pour l'ouvrage*, sont sur soie, sur cuir, sur laine, sur coton et sur papier. Dans cette partie technique, l'auteur a été aidé par les plus éminents praticiens.

Un spécimen de 8 pages, contenant deux pages de tableaux (couleurs azoïques), six types d'échantillons, deux pages de texte et un extrait de la table alphabétique, est à la disposition de toute personne qui en fait la demande.

VIENT DE PARAÎTRE

Chimie

des Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZChef des travaux
à l'École de chimie industrielle de Lyon**P. SISLEY**

Chimiste-Coloriste

Les auteurs, dans cette importante publication, se sont proposé de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la chimie des matières colorantes, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable.

Cet ouvrage est, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

Conditions de la publication. — La Chimie des Matières colorantes artificielles est publiée en cinq fascicules de deux mois en deux mois. On peut souscrire à l'ouvrage complet au prix de 25 fr., payables en recevant le premier fascicule. A partir de la publication du cinquième fascicule, ce prix sera porté à 30 fr.

Premier fascicule. — *Considérations générales. Matières colorantes nitrées. Matières colorantes azoxyques. Matières colorantes azoïques* (1^{re} partie), 152 pages. 6 fr.

Deuxième fascicule. — *Matières colorantes azoïques* (2^e partie). *Matières colorantes hydrazoniques. Matières colorantes nitrosées et quinones oximes. Oxiquinones* (couleurs dérivées de l'anthracène). Pages 153 à 336. 6 fr.

Troisième fascicule. — *Matières colorantes dérivées du Di et du Triphénylméthane.* a) *Dérivés du Diphénylméthane.* b) *Dérivés de la Rosaniline.* c) *Dérivés de l'Acide Rosolique.* d) *Rosamines et Benzoines.* e) *Phthaléines*, pages 336 à 472 6 fr.

Quatrième fascicule. — *Matières colorantes dérivées de la quino-
neimide.* — A. *Indamines et indophénols.* — B. *Thiazines et thiazones.*
— C. *Oxazines et oxazones.* — D. *Azines*; a) *Eurhodols et eurhodines*;
b) *Safranines*; c) *Indulines*; d) *Aninoxalines*; e) *Fluorindines.* — *Ma-
tières colorantes dérivées de l'Indigotine, Oxycétones et Xanthonés*,
pages 473 à 656 6 fr.

Essai de

Paléontologie philosophique

*Ouvrage faisant suite
aux « Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques »*

PAR

ALBERT GAUDRY

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres
Professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle

1 volume in-8° avec 204 gravures dans le texte. 8 fr.

Nous n'avons pas à rappeler ici les beaux travaux de Paléontologie du professeur Albert Gaudry. Les *Enchaînements* ont marqué dans la science une date et contribué à donner aux travaux d'histoire naturelle une direction qui en a affirmé la portée philosophique.

L'ouvrage que nous annonçons aujourd'hui est le résumé de longues années de recherches. M. Gaudry y a tracé en quelques pages l'histoire de l'évolution de la formation des êtres : c'est l'œuvre d'un penseur en même temps que celle d'un savant éminent. Le philosophe comme l'homme de science y trouvera matière à de précieux enseignements.

Leçons de

Géographie physique

Par **Albert de LAPPARENT**

Professeur à l'Ecole libre de Hautes-Etudes
Ancien Président de la Commission centrale de la Société de Géographie

*1 volume in-8° contenant 117 figures dans le texte
et une planche en couleurs. . . 12 fr.*

Dans les derniers jours de 1893, lors de la discussion du budget devant le Sénat, M. Bardoux appelait l'attention du Ministre de l'Instruction publique sur la situation actuelle de l'enseignement de la Géographie physique. L'honorable sénateur constatait, sans être contredit par personne, qu'il n'y avait aujourd'hui en France qu'un seul cours complet sur la matière, celui que professait M. de Lapparent à l'Ecole libre de Hautes-Etudes.

C'est ce cours que nous venons offrir au public. Après plusieurs années d'essais, l'auteur croit avoir réussi à unir en un véritable corps de doctrines ces intéressantes considérations, relatives à la genèse des formes géographiques, dont on peut dire qu'il a été en France le plus persévérant initiateur.

VIENT DE PARAÎTRE

PASTEUR

Histoire d'un Esprit

Par **E. DUCLAUX**

Membre de l'Institut de France, Professeur à la Sorbonne,
Directeur de l'Institut Pasteur.

1 volume in-8 de 400 pages avec 22 figures 5 fr.

EXTRAIT DE LA PRÉFACE DE L'AUTEUR

... C'est moins pour faire un panégyrique que pour en tirer un enseignement que j'ai essayé d'écrire son histoire, dans laquelle je laisse de côté tout ce qui est relatif à l'homme pour ne parler que du savant. J'ai voulu, dans l'ensemble comme dans le détail, faire la genèse de ses découvertes, estimant qu'il n'avait rien à perdre de cette analyse, et que nous avions beaucoup à gagner.

VIENT DE PARAÎTRE

Loi des Équivalents

et Théorie nouvelle de la Chimie

Par **Gustave MARQFOY**

1 volume in-8 de xxxii-712 pages.. . . . 7 fr. 50

En considérant les divers éléments du monde physique, l'auteur a été naturellement amené à étudier la matière. Comme synthèse de cette étude, il a acquis la conviction que la matière est une. En faisant, dès lors, sur la loi de la formation des corps, la seule hypothèse qui lui ait paru simple et rationnelle, il a découvert la loi naturelle qui enchaîne les équivalents de la chimie dans une formule arithmétique. Après avoir exposé la loi suivant laquelle tous les corps ont été formés, M. Marqfoy établit la théorie constitutive des corps, basée sur l'hypothèse que la matière est une. La concordance des formules et des lois trouvées par cette théorie avec les expériences de la physique et de la chimie confirment la vérité de l'hypothèse.

VIENT DE PARAÎTRE**Leçons**

DE

Chimie Biologique**NORMALE ET PATHOLOGIQUE**

PAR

Armand GAUTIERProfesseur de chimie à la Faculté de médecine de Paris, Membre de l'Institut,
Membre de l'Académie de médecine.**DEUXIÈME ÉDITION**Revue et mise au courant des travaux les plus récents
*Avec 110 figures dans le texte*Ces leçons complètent le COURS DE CHIMIE de M. le professeur A. GAUTIER.
Elles sont publiées avec la collaboration

DE

Maurice ARTHUSProfesseur de physiologie et de chimie physiologique à l'Université
de Fribourg (Suisse).

1 volume grand in-8° de 826 pages. 18 fr.

Quoiqu'il ne se soit écoulé que quatre années depuis la première édition, l'auteur a dû introduire dans son livre de grands changements. Signalons, parmi les chapitres les plus modifiés, ceux relatifs aux principes albuminoïdes, aux nucléo-albumines, aux albumotoxines, aux ferments, aux ptomaines, à la digestion, à la coagulation du sang, à l'origine anaérobie de l'urée, à la vie chimique de la cellule, aux mécanismes des transformations des principes de l'organisme. Voulant faire de cet ouvrage un livre d'étude aussi bien que de laboratoire, M. Gautier s'est décidé, dans cette deuxième édition, à donner la biographie et à citer les sources renvoyant le lecteur, chaque fois qu'il était nécessaire, aux mémoires originaux.

SONT DÉJÀ PUBLIÉS**COURS DE CHIMIE MINÉRALE ET ORGANIQUE**Deuxième édition revue et mise au courant des travaux les plus récents.
2 volumes in-8°.**CHIMIE MINÉRALE**

volume grand in-8° de 672 pages avec 244 figures dans le texte. 16 fr.

CHIMIE ORGANIQUE

1 volume grand in-8° de 736 pages avec 72 figures dans le texte. 16 fr.

Paris. — L. MARÉTHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 10189.

