ÉLECTRICITÉ

Un nouvel appareil de prise de vues ultra-rapide pour projections cinématographiques à l'extrême ralenti

par M. GÉRARDIN, Ingénieur I. E. G. et E. S. E.

INTRODUCTION

La cinématographie est, à l'heure actuelle, arrivée à un tel degré de perfectionnement technique, qu'il semble, au premier abord, présomptueux de chercher à réaliser la prise de vue suivant un principe différent de celui consacré par l'usage. On peut bien dire, en effet, que, dès son origine, les efforts de tous les chercheurs ont eu pour unique but de perfectionner le principe initial consistant à dérouler le film de façon intermittente, par saccades, et à l'impressionner pendant ses périodes d'immobilité, au moyen d'un obturateur périodique judicieusement synchronisé. Tant qu'il s'agit de reproduire un phénomène à sa vitesse réelle cette méthode d'enregistrement est parfaite ; mais si l'on cherche à faire une analyse beaucoup plus détaillée du mouvement, de façon à permettre la projection du phénomène au ralenti, on se heurte, à nouveau, à des difficultés mécaniques tenant à la délicatesse des mécanismes d'entraînement du film, et à la fragilité de celui-ci. Il faut penser, en effet, que la prise de 5.000 vues à la seconde par exemple sur le film normal 19×24 m/m, exigerait une vitesse moyenne de 5×19 , soit environ 95 m. à la seconde et en tenant compte de l'arrêt sur chaque vue, d'une vitesse moyenne intermittente de 190 m., ce qui correspondrait à une accélération de 7.600 Km./s/. On comprend aisément par ces chiffres, que malgré la faible masse du film, sa résistance serait inférieure aux forces d'inertie qu'il aurait à supporter ; de même d'ailleurs pour les organes de transmission du mouvement. C'est pourquoi cette technique courante ne permet guère de prendre plus de deux cents vues par seconde, ce qui, compte tenu du fait qu'une projection normale utilise environ 16 images par seconde, permet d'obtenir sur l'écran un ralenti de 1/12 environ. On concrétisera aisément ce chiffre si l'on songe que c'est le ralenti couramment employé lorsqu'il s'agit, par exemple, de décomposer les mouvements d'un athlète au cours d'une performance.

Ce n'est là, évidemment, encore, qu'une timide incursion dans le domaine de l'infiniment court, et, pour quelque intéressante qu'elle soit, cette investigation nous permet seulement de mieux connaître certaines classes de phénomènes, dont l'évolution est déjà accessible à nos sens ; mais elle est incapable de nous offrir la révélation d'un monde nouveau. Or, il existe une foule de phénomènes dont le processus nous échappe presque complètement ; seuls, quelques instantanés photographiques nous permettent de nous en faire une idée, forcément à priori ; et, pour n'en énumérer que quelques-uns on peut citer ceux ayant trait aux arcs électriques — certains phénomènes d'ordre biologique tels que le vol des insectes — une quantité de phénomènes, tels

que vibrations, chocs, cassures — des phénomènes acoustiques — les décharges électriques, etc... Il convenait donc pour les chercheurs de s'orienter vers d'autres méthodes de prise de vues utilisant, en particulier, un déroulement continu du film.

HISTORIQUE

Premières tentatives d'utilisation d'un déroulement continu du film pour la prise de vues rapide.

Il est curieux de constater que les précurseurs du cinéma, et, entre autres, les biologistes de l'Ecole de Marey, s'étaient déjà intéressés à l'ultra ralenti, notamment en ce qui concerne le vol des insectes, à une époque où il n'était encore nullement question de cinématographie à proprement parler.

Leur dispositif expérimental consistait en un tambour T, tournant à une vitesse angulaire uniforme autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure, une pellicule photographique était enroulée autour de ce tambour, et devant celui-ci se trouvait un objectif muni d'un diaphragme. L'objectif était placé de façon à donner du phénomène à étudier, en l'espèce un insecte enfermé dans une cage de verre, une image nette sur la pellicule photographique.

Fig. 1

L'éclairage du sujet était réalisé en utilisant la décharge d'une batterie de condensateurs, à travers deux électrodes de magnésium. Cette décharge durait un temps extrêmement court, de l'ordre de 10^{-5} seconde. Un système de contacts tournants, non représenté sur la figure, permettait de la répéter 2.000 fois par seconde. La vitesse du tambour était réglée de façon que le film se déplace de la hauteur d'une image, dans l'intervalle de temps compris entre deux éclairs : c'est-à-dire tous les $1/2000$ de seconde. On voit aussi que pendant le temps d'exposition de l'image (10^{-5} seconde), celle-ci ne s'est déplacée par rapport au film que de $\frac{10^{-5}}{1/2.000}$ soit $\frac{1}{50}$ de sa hauteur, déplacement encore

admissible à la rigueur pour sauvegarder une certaine netteté des images.

Un obturateur spécial permettait de n'impressionner le film que pendant un tour de tambour.

Ce dispositif, de par sa nature même, présentait le défaut capital de ne pouvoir servir à l'étude des phénomènes lumineux tels que les arcs électriques de fréquence industrielle. Néanmoins, malgré ses imperfections, ce dispositif présente la particularité très intéressante d'utiliser un déroulement continu du film à vitesse uniforme, et c'est dans cette voie que s'engagèrent, par la suite, tous ceux qui s'intéressèrent du problème de l'ultra-ralenti.

Situation actuelle de la technique des appareils de prise de vues rapide

Il semble que jusqu'ici, l'idée dominante des chercheurs, ait été d'obtenir le plus grand nombre possible d'images pendant le minimum de temps. Au premier abord, cela paraît bien naturel, et l'on pourrait s'étonner qu'il en fût autrement. Néanmoins, ce n'est pas, à notre avis, le côté le plus intéressant de la question. C'est évidemment une chose que de prendre le maximum de vues pendant le minimum de temps, sans restrictions d'aucune sorte ; mais, c'en est une autre que de s'imposer, en outre, l'obligation de les projeter ensuite au ralenti sur un écran, sans l'intermédiaire d'opérations délicates de reproduction ou d'appareils spéciaux de projection.

Si l'on s'en tient à la première formule, on n'aura jamais qu'une série d'images inanimées, en quelque sorte, un phénomène en pièces détachées, dont on ne peut reconstituer le processus que par l'imagination.

La seconde nous permet, au contraire, de reconstituer réellement et visuellement le phénomène, dans son essence même qui est le temps : l'échelle seule est changée pour l'adapter aux imperfections de l'organisme humain.

Si nous insistons un peu sur ce point, c'est que justement, les procédés actuellement en usage pour obtenir le plus grand nombre possible de vues pendant le minimum de temps, s'opposent par leur nature même à la projection cinématographique.

Les appareils réalisés sont des appareils photographiques et non point des appareils cinématographiques. Ils ont, en effet, tous pour principe, la réalisation sur le film d'une série d'images, non plus disposées seulement les unes à la suite des autres, dans le sens du déplacement du film (fig. 2), mais encore juxtaposées en même temps, par séries de 4 ou 5 vues successives, les unes à côté des autres dans le sens

Fig. 2

(21-596-2)

Fig. 3

transversal (fig. 3). Ces images se succèdent donc à la façon des lettres dans un texte (dans les fig. 2 et 3 ces images sont numérotées suivant leur ordre de succession dans le temps). Si l'on fait abstraction de l'impossibilité de pro-

jeter un tel assemblage de vues, on voit tout de suite l'avantage de ce procédé qui, pour une même vitesse de déroulement du film, permet dans le cas de la fig. 3 d'obtenir 16 fois plus d'images pendant le même temps, mais de dimensions réduites, évidemment, dans la même proportion.

I. — Appareils de prise de vues à images fixes

Deux modes opératoires en présence, tous deux utilisant, comme nous l'avons déjà signalé, un déroulement du film à vitesse uniforme.

Le premier, spécialement étudié et mis au point par le professeur Magnan, au cours de ses études sur le vol des insectes, peut se décrire de la façon suivante :

Un objectif donne du phénomène à étudier, une image nette sur le film ; mais, celui-ci se déroulant à une vitesse uniforme et l'image étant immobile, on est obligé, d'une part, d'impressionner le film pendant un temps suffisamment court, pour que le déplacement relatif ε de l'image, par rapport au film, soit petit en comparaison de la hau-

Fig. 4

Fig. 5

teur h de l'image (voir fig. 4 et 5), et d'autre part, de répéter cette opération chaque fois que le film s'est déplacé d'une distance égale à la hauteur des images.

Ceci est réalisé très simplement au moyen d'un disque tournant, sur la périphérie duquel sont ménagées des fentes

Fig. 6

radiales, régulièrement et judicieusement espacées défilant tour à tour derrière l'objectif, au niveau de l'axe optique de celui-ci (voir fig. 6). Ce dispositif, qui réalise en quelque sorte un obturateur de plaque, a l'avantage de la simplicité et de l'économie. De plus, la partie optique se réduisant à un seul objectif, ce dernier peut être de toute première qualité.

Malheureusement, pour bénéficier au maximum de ses qualités optiques, il faudrait que pendant le temps d'exposition le déplacement du film soit aussi faible que possible, d'où pour une vitesse donnée du film, la nécessité d'avoir des fentes d'une très grande finesse : la luminosité de l'appareil est par suite très faible. En fait, on ne peut guère songer à étudier avec ce dispositif que des phénomènes éclairés à contre-jour, c'est-à-dire des silhouettes.

Le second, imaginé par les biologistes de l'école de Marey,

et perfectionné récemment par la Société Stroborama, consiste ainsi que nous l'avons déjà relaté, à éclairer le sujet à cinématographier, par intermittences. La durée de l'éclairement étant petite par rapport au temps que met le film à se déplacer de la hauteur d'une image, nous avons déjà signalé les avantages et les inconvénients de ce système.

II. — Appareils de prise de vues à images mobiles

Puisque le film est animé d'une vitesse de déroulement uniforme, il vient tout naturellement à l'esprit d'essayer de communiquer à l'image une vitesse égale et de même sens que celle du film, au moment de l'impression, de façon à rendre l'image fixe par rapport au film. On pourra de la sorte, impressionner le film pendant tout le temps qu'il met à se déplacer de la hauteur d'une image, et réaliser, par suite, un gain considérable de luminosité comparativement aux dispositifs à images fixes.

Premier procédé de réalisation de la fixité des images par rapport au film.

Comment obtenir cette fixité ?

Un premier procédé consiste à monter à la périphérie d'un disque tournant, une série d'objectifs équidistants. Ce dis-

Fig. 7

Fig. 8

que est disposé de façon telle que les objectifs viennent, tour à tour, défilé au niveau d'une ouverture derrière laquelle se déplace le film (figure 7), la hauteur de l'ouverture étant suffisamment faible pour que l'arc de cercle décrit par le centre optique d'un objectif au cours de son trajet devant l'ouverture puisse être confondu avec un segment de droite (figure 8).

La condition à réaliser est alors que la vitesse tangentielle des lentilles au niveau de l'ouverture soit égale à la vitesse de déplacement du film. En effet, considérons un objectif de centre O, de foyer F et d'axe optique Δ (fig. 9). Un point P situé à l'infini sur l'axe Δ viendra former son image en F.

Fig. 9

Si cet objectif se déplace parallèlement à lui-même en O', Δ vient en Δ' , le point P viendra former son image en F', le déplacement FF' étant égal au déplacement O O' et ayant lieu pendant le même temps. On voit que la vitesse de l'image donnée par l'objectif O est égale à la vitesse de cet objectif. Il suffira que la vitesse du film soit égale à celle

de l'objectif pour réaliser l'immobilité de l'image par rapport au film.

INCONVÉNIENTS DE CE PROCÉDÉ.

a) L'immobilité de l'image par rapport au film n'est jamais parfaitement réalisée.

L'immobilité de l'image par rapport au film est réalisée tant que le point P est très éloigné, c'est-à-dire, tant que la

Fig. 10

distance OP est grande par rapport à OF, mais ne l'est plus lorsque ces distances sont du même ordre de grandeur. En effet, un point tel que S (fig. 10) donnera une image S_1 lorsque l'objectif est en O_1 , une image S_2 lorsqu'il est en O_2 et il est évident que $S_1 S_2 < O_1 O_2$; $S_1 S_2$ étant d'autant plus grand que le point S est plus rapproché de l'objectif, d'où un premier et grave inconvénient du procédé.

b) Difficultés d'obtenir à la fois un très grand nombre d'images sur le film et une distance convenable entre les objectifs montés sur le disque.

Quelles sont les conditions auxquelles doivent satisfaire les images recueillies sur le film destiné à être projeté à l'aide d'un appareil courant de projection cinématographique.

1°) Ces images doivent être équidistantes, chose facile à réaliser.

2°) Elles doivent de plus se succéder à des intervalles rigoureusement calibrés, variables suivant le type de film courant employé et qui sont de 3,8 m/m pour le film de 8 m/m (film minimum du commerce) 7 m/m 6 pour celui de 16 m/m et 19 m/m pour celui de 35 m/m (film normal).

Or, l'expérience montre que, quelles que soient les dimensions du film employé, on ne peut guère dépasser une vitesse de déroulement supérieure à 20-25 m. par seconde, sans risquer de détériorer le film (cisaillement au niveau des encoches). D'autre part, les objectifs montés sur le disque tournant ne peuvent guère avoir un diamètre inférieur à 8 m/m, si l'on veut réaliser une bonne luminosité ($f/3,5$) et une construction soignée (anastigmats). La situation paraît sans issue, car si l'on veut réaliser un ralenti très poussé, on est fatalement conduit à utiliser le film de 8 m/m qui est à l'heure actuelle le plus petit film du commerce ; mais les objectifs devront, dans ce cas, être disposés à 3,8 m/m de distance les uns des autres, sur la périphérie du disque (3,8 m/m étant le pas du film de 8 m/m), ce qui est impossible à réaliser pratiquement.

Si au contraire on donne aux objectifs des dimensions convenables, on perd de ce fait tous les avantages d'un déroulement rapide, étant donné les dimensions importantes des images auxquelles on arrive.

Second procédé de réalisation de la fixité des images par rapport au film.

A) POSITION DU PROBLÈME.

La considération des imperfections du système précédent nous permet de poser le problème de la façon suivante :

a) *Obtenir sur le film des images immobiles par rapport à ce dernier, quelque soit la distance de l'objet à cinématographier.*

b) *Obtenir une vitesse de déroulement du film inférieure à la vitesse tangentielle des objectifs mobiles.*

On pourrait ainsi :

1°) Utiliser le plus petit film utilisé dans le commerce, en l'espèce le film de 8 m/m dont l'entre-axe des images est de 3,8 m/m.

2°) Monter à la périphérie du disque tournant, des objectifs pratiquement réalisables dans de bonnes conditions (objectifs de diamètre supérieur à 8 m/m).

B) SOLUTION DU PROBLÈME PAR L'EMPLOI D'UN OBJECTIF PLACÉ EN AVANT DU DISQUE TOURNANT.

Un objectif fixe M, mais de tirage réglable, placé en avant du disque tournant et dont l'axe optique coïncide avec celui des objectifs mobiles du disque, lorsqu'ils passent au niveau de l'ouverture O, permet la solution complète du problème énoncé ci-dessus.

1°) *Il réalise la fixité parfaite des images par rapport au film.*

En effet, cet objectif étant de tirage réglable peut toujours donner, d'un objet placé à une distance quelconque,

Fig. 11

une première image dans un plan bien déterminé P₁ (voir fig. 11). Cette première image sert à son tour d'objet virtuel pour le système d'objectifs mobiles qui en donnent alors une image réelle sur le film.

La distance de l'objet virtuel au plan des objectifs mobiles étant constante, la vitesse de l'image finale sera constante, et il suffira de donner au film cette vitesse pour réaliser la fixité des images par rapport au film.

2°) *Il permet d'obtenir une vitesse de déroulement inférieure à la vitesse tangentielle des objectifs.*

Si nous nous arrangeons pour que le plan P₁, dans lequel se forment les images virtuelles, soit en arrière du plan des objectifs mobiles P₂, le film se trouvant alors entre ces deux plans, la vitesse des images est inférieure à celle des objectifs mobiles. Nous allons le démontrer dans l'exposé qui suit.

C) EXPOSÉ DU CALCUL (fig. 12 a).

Désignons comme précédemment par P₁ le plan dans lequel doivent se former les images primaires données par l'objectif M. Ce plan est bien déterminé et fixe.

Désignons par P₂ le plan contenant le centre optique des objectifs mobiles O.

Ces objectifs mobiles ont tous, par définition, même distance focale f.

Soit P₃ le plan focal de ces objectifs.

P₁, P₂, P₃ sont des plans bien déterminés et situés à des distances bien définies les unes des autres.

Fig. 12 a

Par définition la distance P₂-P₃ est égale à la distance focale f, et soit a la distance de P₂ à P₁.

Le plan du film que nous appellerons P'' se trouve, ainsi que nous l'avons dit, entre P₂ et P₁ ; nous désignerons par x sa distance au plan P₂, distance que nous déterminerons plus loin.

Nous supposons, comme précédemment, que l'objectif subit un déplacement rectiligne, ce déplacement ayant lieu dans le plan de figure perpendiculairement à l'axe optique.

Ceci posé, déplaçons l'objectif M le long de son axe optique, de façon qu'il donne d'un point lumineux quelconque une image dans le plan P₁ (condition a priori) et soit R ce point image.

Supposons qu'à un instant t₀ l'axe optique de l'objectif mobile qui se trouve en regard de l'ouverture soit confondu avec la droite Δ.

1°) *Position de l'image réelle (fig. 12 a).* — Le schéma classique de construction nous donne la position de l'image réelle A formée par l'objectif O en partant de l'image virtuelle R.

La formule des plans conjugués nous donne :

$$\frac{ax}{a+f} = f$$

et

$$x = \frac{af}{a+f}$$

(1)

a et f étant constants on en conclut que x l'est aussi. donc :

Le plan dans lequel se forme l'image réelle finale, où doit se dérouler le film, est un plan fixe, bien déterminé, situé à une distance $x = \frac{af}{a+f}$ du plan des centres optiques des objectifs mobiles et entièrement indépendant de leur position.

2°) Rapport de la vitesse de déroulement du film à la vitesse tangentielle des lentilles (fig. 12 b).

L'objectif O se déplaçant à une vitesse constante dans le sens de la flèche f , par exemple à l'instant t' , son axe optique occupera la position Δ' .

Le point R image virtuelle donnée par l'objectif M n'a pas bougé, l'objectif M et l'objet étant fixes par définition ;

Fig. 12 b

mais les points O, F, K seront venus en O', F', K', Δ étant venu en Δ' .

En appelant y le déplacement AA' et e le déplacement $\Delta\Delta'$

Le triangle S F F' donne $\frac{y}{e} = \frac{SA}{SF}$; mais $\frac{SA}{SF} = \frac{OK}{OF} = \frac{x}{f}$

d'où $y = \frac{ex}{f}$ et en remplaçant x par sa valeur (1) $y = e \frac{a}{a+f}$

Pendant le temps $t - t'$ l'objectif s'est déplacé de la dis-

tance e , l'image s'est déplacée dans le même sens de la dis-

$$tance \quad y = e \cdot \frac{a}{a+f}$$

Si l'on désigne par

— V_i la vitesse de l'image.

— V_m la vitesse de l'objectif.

$$\text{Le rapport des vitesses sera : } \frac{V_i}{V_m} = \frac{a}{a+f} = K$$

La vitesse de l'image sera toujours inférieure à la vitesse de l'objectif et par le choix judicieux de a et f on pourra lui donner telle valeur que l'on voudra.

En particulier il n'y a plus aucune difficulté à utiliser à la fois le plus petit film du commerce (film de 8 m/m) et des objectifs mobiles de dimensions convenables (diamètre supérieur à 8 m/m).

De plus, quelle que soit la distance de l'objet à cinématographier, en modifiant simplement le tirage de l'objectif fixe M, on pourra toujours amener l'image primaire à se former dans le Plan P'' ou, ce qui revient au même, amener l'image définitive à se former dans le plan P, c'est-à-dire sur le film.

Le problème que nous nous étions posé est donc complètement résolu, et c'est en nous inspirant de ces considérations que nous avons construit un appareil cinématographique permettant de prendre 6.000 vues par seconde sur un film de 8 m/m, appareil dont nous allons donner sommairement la description.

A noter que nous avons depuis, construit d'autres appareils, et étudié, en outre, à la demande de certains laboratoires, un appareil permettant l'utilisation du film de 16 m/m.

Description de l'appareil cinématographique basé sur ce principe et permettant de réaliser 6.000 vues par seconde sur un film de 8 m/m

Cet appareil (fig. 13) se compose :

— d'un dispositif optique analogue à celui décrit ci-dessus, et permettant, ainsi qu'on vient de le démontrer, de réaliser la fixité des images par rapport au film, pendant le temps de leur impression (fig. 14).

— d'un dispositif mécanique permettant de dérouler le film de façon continue, la vitesse de déroulement du film étant à chaque instant liée à la vitesse tangentielle des objectifs mobiles par la valeur $\frac{V_i}{V_m} = \frac{a}{a+f}$ (fig. 15).

— d'un dispositif de synchronisation permettant de commander l'entraînement et l'arrêt du système moteur et la production du phénomène à étudier, le tout à des intervalles de temps déterminés (fig. 16).

— d'un moteur qui entraîne les différents mécanismes (fig. 17).

Le moteur H entraîne en bout d'arbre un disque A portant à sa périphérie 60 objectifs de 20 m/m de distance focale et situés à 9,5 m/m les uns des autres.

Fig. 13
Vue extérieure de l'ultracinéma

Ces objectifs défilent tour à tour en face d'une ouverture derrière laquelle se déroule le film E. En avant, et sur l'axe de cette ouverture, se trouve un objectif fixe M de 25 m/m de distance focale, dont le tirage est réglable au moyen d'une monture hélicoïdale. Le film est enroulé autour d'une

Fig. 17

bobine B folle sur son axe, un léger frotteur F l'empêche seulement de s'emballer au démarrage. Le film passe ensuite entre deux platines P. La platine avant présente l'ouverture que nous avons mentionnée plus haut et une légère rainure pour le guidage du film.

La platine arrière présente également une ouverture dans laquelle s'encastre une lampe de verre. On peut ainsi examiner, au moyen d'un microscope, les images qui se forment sur le film et les amener à la netteté voulue en réglant la lentille M. Un dérouleur D, sorte de roue dentée, dont les dents s'engrènent dans les perforations du film, communique à ce dernier la vitesse uniforme désirée.

Une roulette G maintient le film plaqué contre le dérouleur à l'endroit où se fait l'engrènement.

Fig. 14

Disque équipé avec ses 60 objectifs mobiles

Fig. 15

Vue de l'appareil boîtier ouvert montrant le mécanisme d'entraînement du film

Un doigt L décolle le film à sa sortie du dérouleur et l'empêche de s'enrouler autour de ce dernier.

Finalement le film tombe en vrac dans un sac, car à la vitesse de 24 m. par seconde, il ne peut être question de l'enrouler.

Un système de deux pignons hélicoïdaux R, à angle droit, montés respectivement sur l'arbre du disque et sur l'arbre du dérouleur permet l'entraînement de ce dernier.

Tout cet ensemble nécessite un usinage de très grande précision et les différentes pièces énumérées n'ont pas d'erreurs de construction supérieures à 2/100 de m/m.

Les objectifs mobiles de 20 m/m de distance focale ne s'écartent pas de cette valeur de plus de 2,5/10 de m/m. Le réglage du système étant fait pour la distance focale f , le calcul montre que dans le cas d'un objectif de distance focale réelle f' la vitesse des images est légèrement différente de la vitesse du film, le rapport de ces vitesses étant :

$$K_1 = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4(a+f)f'}}{2f'}$$

ce qui donne dans le cas qui nous intéresse pour K_1 la valeur

$$K_1 = 1,01$$

l'image ne sera plus parfaitement immobile mais glissera légèrement d'une distance égale à 1/100 de sa hauteur, glissement très acceptable en pratique.

Le moteur est un moteur shunt. Sa vitesse peut atteindre

Fig. 16

Vue de l'appareil montrant le mécanisme de synchronisation entre le mouvement du film et déclenchement du phénomène.

6.000 t/m., elle est réglable en faisant varier la tension aux bornes.

A la vitesse de 6.000 t/m., on obtient 6.000 images par seconde.

La vitesse de déroulement du film est alors :

$$6.000 \times 0,038 = 22,8 \text{ m/sec.}$$

Notons en passant que si l'on se place seulement sous l'angle de la sensibilité du film, il nous paraît difficile de dépasser beaucoup cette vitesse si l'on veut obtenir des images correctes sans une trop grande complication d'éclairage.

Quelques résultats obtenus

Afin d'illustrer cet exposé un peu aride, et pour montrer les possibilités de cet appareil, le lecteur trouvera ci-inclus trois planches illustrées.

La première planche est un agrandissement de quatre fragments de film (fig. 18).

— Ces fragments, qui représentent une ou plusieurs pha-

ses de divers phénomènes d'ordres électrique, physique ou mécanique, montrent la netteté obtenue pour des enregistrements pris à différentes vitesses, ainsi que les possibilités étendues de l'appareil.

La planche II représente quelques vues sélectionnées, sur la totalité du film ayant trait à la coupure de l'arc alternatif. (Les numéros situés au-dessus de chaque image représentent le temps en millièmes de seconde, la première image étant prise pour origine.) (Fig. 19.)

Cet arc a été tiré entre deux électrodes métalliques s'écartant progressivement l'une de l'autre. L'alternance du courant est rendue très visible par l'émission de vapeurs incandescentes, au niveau de l'électrode négative. La polarité des électrodes s'inversant tous les 1/100 de seconde, les électrodes paraissent être de véritables lances-flammes se bombardant réciproquement à chaque 1/2 période. On remarquera, vers la fin du phénomène, plusieurs tentatives de réamorçage, puis de réels réamorçages, l'arc ayant tendance à suivre un chemin plus direct que celui emprunté par les vapeurs métalliques incandescentes, qui dessinent alors dans l'espace de fantaisies arabesques.

La planche III représente quelques vues sélectionnées sur la totalité du film se rapportant à la chute de la goutte d'eau. (fig. 20.)

On remarquera la forme parfaitement sphérique de cette goutte avant contact avec la nappe d'eau, sa pénétration sans déformation dans le sein du liquide, puis son rebondissement et le curieux appendice liquide qui semble la supporter lors de son mouvement ascensionnel, sa séparation d'avec la colonne liquide, la chute de la gouttelette et de la colonne liquide et enfin le repos du liquide.

Il est intéressant de faire remarquer à ce propos que ce dernier film a été tiré sans l'aide d'aucune source de lumière artificielle, ce qui permet de mettre en évidence de façon saisissante la grande luminosité du dispositif optique.

Les essais effectués avec cet appareil, montrent en effet, que si l'on cinématographie un sujet déterminé, à raison de 1.000 images par seconde par exemple, les résultats photographiques obtenus sont identiques à ceux que donnerait une photographie prise au 1/1.000 de seconde avec un appareil photographique ouvert à f/3,5 (la sensibilité des émulsions étant évidemment la même dans les deux cas).

Conclusions

Nous croyons avoir suffisamment démontré dans ce qui précède, que par des moyens relativement simples sortant des procédés de laboratoire, il était maintenant possible d'effectuer à peu de frais, de profitables incursions dans le domaine de l'extrêmement court, par la reconstitution visuelle au ralenti de toute une catégorie d'intéressants phénomènes dont l'étude était jusqu'ici inaccessible à la plupart des chercheurs.

Notre but sera pleinement atteint si notre appareil concourt, même dans une modeste mesure, à ouvrir à ces derniers de nouvelles voies dans la recherche scientifique de la vérité.

PL. I

REPRODUCTION DE QUELQUES FRAGMENTS DE FILM

Une phase de la coupure
d'un arc alternatif
(3.500 images par
seconde).

Une phase de la chute
d'une goutte d'eau.
(1.500 images par
seconde).
Rebondissement de la
goutte après le choc.

Une phase de l'ouverture
des contacts d'un disjon-
cteur dans l'air, type
« Croiseurs ».
(1.000 images par seconde)

Etude cinématique du
mouvement de roulement
du contact fixe sur le
contact mobile, à l'ouver-
ture d'un contacteur.
(500 images par seconde)

Les flèches indiquent le sens de la succession des images
dans le temps.

Fig. 18

PL. II. — CINÉMATOGRAPHIE A GRANDE VITESSE (3.500 images par seconde) DE LA COUPURE D'UN ARC ALTERNATIF

Quelques vues sélectionnées montrant diverses phases du phénomène

Durée du phénomène : $3/10$ de seconde. — Nombre d'images : 1.050

Fig. 19

PL. III. — CINÉMATOGRAPHIE A MOYENNE VITESSE (1.500 images par seconde) DE LA CHUTE D'UNE GOUTTE D'EAU SUR UNE NAPPE D'EAU AU REPOS

Quelques vues sélectionnées montrant diverses phases du phénomène

Durée du phénomène : $1/2$ seconde. — Nombre d'images : 750

Fig. 20