REPRODUCTION ANALYTIQUE & SYNTHÉTIQUE

DES SCÈNES ANIMÉES

par la Photographie.

LE CINÉMATOGRAPHE

DE MM. A. ET L. LUMIÈRE

PAR

Armand SÉE, Ingénieur

Deux planches hors texte.

LILLE
LE BIGOT FRÈRES, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
Rue Nationale, 68, et Rue Nicolas-Leblanc, 25.

1896

REPRODUCTION ANALYTIQUE ET SYNTHÉTIQUE

DES SCÈNES ANIMÉES

par la Photographie.

LE CINÉMATOGRAPHE

DE MM. A. ET L. LUMIÈRE.

Lors de l'apparition du phonographe d'Edison, on considérait comme un résultat merveilleux de pouvoir enregistrer les sons, ceux de la voix humaine par exemple, et de pouvoir ensuite les reproduire avec exactitude, autant de fois qu'on pouvait le désirer et quel que soit le laps de temps qui avait pu s'écouler depuis leur émission. Cette reconstitution des sons primitifs par le simple fonctionnement d'organes mécaniques avait à juste titre provoqué dans le public une certaine surprise qui fit bientôt place à une vive admiration. L'invention récente du Cinématographe de MM. A. et L. Lumière a résolu en ce qui concerne les phénomènes lumineux le problème qu'avait résolu le phonographe d'Edison pour les phénomènes acoustiques. Cet appareil permet :

1° De prendre sur une bande pelliculaire sensible une succession très rapide d'épreuves négatives représentant les phases successives d'une scène animée.

2° D'obtenir au moyen de cette bande négative une bande correspondante positive.

3° De projeter successivement sur un écran ces divers positifs de telle sorte que les images des parties restées immobiles viennent se superposer exactement et que

B0003896 A
BIFI
2001 OUV

Nº 01.064

l'espace de temps séparant la projection de deux positifs consécutifs soit égal à celui qui avait séparé dans la première opération la prise des deux négatifs correspondants. Les parties mobiles ont leurs images successives en des points différents dont la distance représente le déplacement *apparent* pendant l'intervalle de temps considéré. La scène primitive se trouve ainsi reconstituée, synthétisée avec une fidélité absolue.

Le Cinématographe est le résultat d'une longue série de recherches effectuées depuis près d'un siècle par de nombreux inventeurs. Le phénomène physiologique connu sous le nom de *persistance des impressions lumineuses sur la rétine* avait dès cette époque attiré l'attention des savants : ce phénomène consiste en ce que l'impression produite sur la rétine par les rayons émanant d'un corps lumineux persiste un certain temps (1/10 de seconde environ) après qu'on a fait cesser la cause de l'impression. Cette propriété a été fréquemment utilisée en physique, notamment dans les méthodes de Foucault et de Fizeau pour la détermination de la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'expérience classique du disque de Newton pour la synthèse de la lumière blanche à l'aide des couleurs constitutives du spectre solaire. C'est sur elle également que sont basés les appareils appelés Phénakisticopes, Zootropes, Praxinoscopes, dans lesquels un observateur regardant par une fente étroite alternativement masquée et démasquée, voit une succession rapide de dessins représentant les phases successives d'une scène animée. Chaque image venant frapper la rétine avant que l'impression produite par l'image précédente n'ait disparu, l'observateur a la sensation d'un mouvement continu.

Ces appareils très primitifs qui n'étaient tout d'abord que de simples jouets se trouvèrent notablement améliorés lorsqu'il fut possible, grâce à la photographie instantanée, de substituer aux dessins, toujours imparfaits, des épreuves photographiques reproduisant avec fidélité d'après nature les phases du mouvement qu'il s'agissait de reconstituer.

C.F.

Dès la découverte des préparations sensibles capables d'être très rapidement impressionnées par la lumière, de nombreux travaux furent entrepris en vue de construire des appareils permettant, non seulement de prendre des photographies instantanées isolées, mais encore d'enregistrer les aspects successifs du sujet mobile. Tandis que les recherches de M. Du Mont en 1861, de M. Thompson en 1862 et de M. Ducos en 1864, n'avaient visé que l'*analyse* des scènes animées, quelques essais de *synthèse* furent faits dès 1873 par M. David. L'année suivante, l'attention du monde savant fut attirée par les travaux de M. Janssen qui, à l'aide de son « révolver photographique », parvint à enregistrer les phases du passage de Vénus sur le Soleil. On n'avait pu obtenir jusqu'alors que des épreuves instantanées d'assez petites dimensions en raison même de la petitesse des appareils employés. Un photographe américain, M. Muybridge, de San Francisco, remédia à cet inconvénient, au cours de ses études sur la locomotion animale, grâce à l'emploi d'un certain nombre de chambres noires identiques, juxtaposées. Chacun des objectifs était déclanché électriquement et automatiquement par la rupture d'un fil mince tendu en travers de la piste et cassé par le corps mobile au moment précis de son passage devant l'appareil correspondant.

La « *Chronophotographie* » était désormais entrée dans la pratique et les remarquables travaux de M. Marey, de l'Institut, sur la locomotion animale, sur le vol des oiseaux et sur divers phénomènes physiologiques ou physiques, ont montré de quel secours peuvent être ces méthodes, non seulement dans les recherches physiologiques, mais encore dans l'étude de certaines questions relatives à l'art de l'ingénieur, notamment en matière d'hydrodynamique expérimentale. Les appareils chronophotographiques *sur plaques séparées* déjà employés en Amérique par M. Muybridge furent notablement perfectionnés en France par le général Sebert qui appliqua les procédés chronophotographiques aux études de balistique expérimentale, puis par Messieurs Marey, Demeny et

Londe pendant qu'en Allemagne, M. Anschütz, de Lissa, se livrait à des recherches analogues.

Le but commun visé par ces travaux était d'obtenir l'*analyse* du mouvement, c'est-à-dire une succession d'épreuves se suivant à des intervalles de temps très courts, mais le nombre de ces épreuves était assez petit de telle sorte que les essais de *synthèse* effectués vers la même époque par MM. Muybridge, Marey, Demeny et Anschütz ne pouvaient reconstituer que des scènes d'une assez courte durée, ne comptant guère que 25 à 30 épreuves chronophotographiques.

Tel était l'état de la question quand apparut en Amérique le *Kinétoscope* d'Edison qui fut le premier appareil reconstituant des scènes d'une durée relativement grande (une demi-minute environ). Cet appareil utilise des séries formées d'un très grand nombre d'épreuves obtenues sur une pellicule sensible continue en celluloïd, au moyen d'un appareil chronophotographique appelé « *Kinétographe* ». Le mouvement de la bande se fait d'une façon continue et il en résulte que pour obtenir une image nette, il faut que celle-ci ne soit vue que pendant un temps très court, environ un sept millième de seconde. On conçoit que dans ces conditions l'éclairement de l'image soit très faible. Il devient nécessaire de se servir d'un objectif très lumineux. La scène animée qu'il s'agit de reproduire ne doit avoir que peu de profondeur et doit se dérouler devant un fond noir. Le Kinétoscope ne reconstitue la scène primitive que pour un seul spectateur à la fois. Pour que l'observateur éprouve la sensation de la continuité du mouvement, il faut que chaque épreuve suive la précédente au bout d'un temps plus court que la durée de persistance des impressions lumineuses sur la rétine et, dans le *Kinétoscope*, cette condition n'est remplie que si la bande pelliculaire se déroule au moins à raison de trente épreuves par seconde.

Le *Cinématographe* obvie à tous ces inconvénients de l'appareil d'Edison. Tout d'abord la vitesse de déplacement de la pellicule peut être réduite à quinze épreuves

par seconde, au lieu de trente, ce qui rend possible un meilleur éclairement de l'image. Il permet d'opérer quelle que soit la distance entre l'objectif et le corps mobile et ne nécessite plus l'emploi d'un fond noir. Il prend sur le vif les scènes animées les plus variées, l'animation des rues d'une ville, la circulation des trains et le va-et-vient des voyageurs dans une gare, en un mot toutes les scènes qui peuvent se présenter à nos yeux et il reproduit, non plus devant une seule personne, mais devant les spectateurs de toute une salle, par projection sur un écran, des scènes qui peuvent durer près d'une minute et qui sont d'une vérité saisissante.

Il semble à première vue que la solution d'un problème aussi complexe doive nécessiter un mécanisme compliqué, mais il n'en est rien en réalité. Bien au contraire, le Cinématographe n'a qu'un mécanisme très simple et ce n'est pas un de ses moindres mérites.

Grâce à l'extrême obligeance de Messieurs Lumière que nous tenons à remercier vivement, nous pouvons mettre sous les yeux du lecteur les dessins schématiques du Cinématographe et la reproduction partielle d'une de ses bandes positives.

Comme nous l'avons dit au début, le Cinématographe sert successivement à obtenir la bande négative, à tirer la bande positive et à projeter ces positifs sur l'écran. Considérons séparément chacune de ces opérations.

1° Obtention de la bande pelliculaire négative. — Les épreuves négatives sont prises sur une bande pelliculaire sensible, en celluloïd, ayant environ 3 c.m. de large et au moins 15 m. de long. Cette bande est percée le long de ses deux bords de trous équidistants placés en regard les uns des autres et limitant sur la bande l'espace réservé à chaque image (planche, figure 5). Les images se succèdent tous les 1/15 de seconde mais pour chacune d'elles le temps de pose n'est que de 1/50 de seconde ; pendant la différence de ces deux espaces de temps, la bande se trouve masquée par un obturateur D placé entre l'objectif O et la portion de bande située derrière

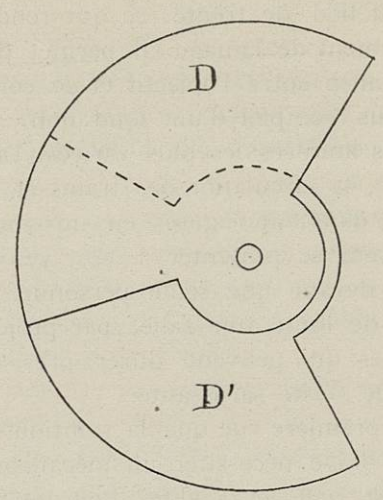

FIG. 1 — Obturateur réglable, à deux secteurs.

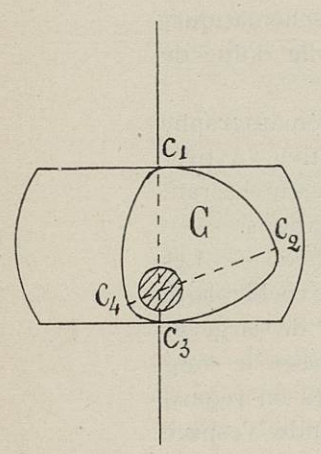

FIG. 2. — Position 1.

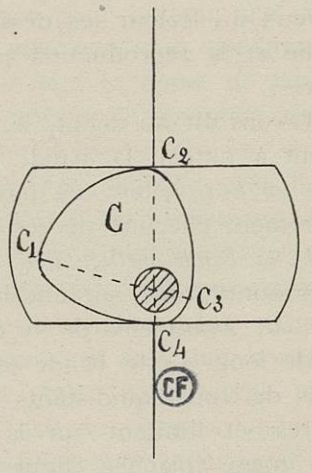

FIG. 3. — Position 2.

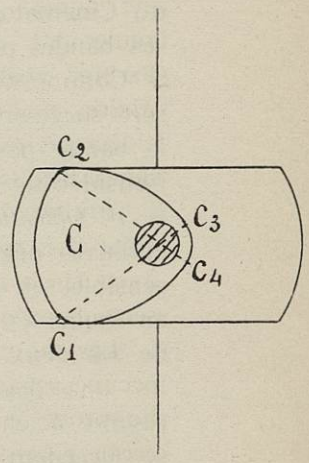

FIG. 4. — Position 3.

Positions diverses de l'excentrique pendant son mouvement de rotation. — C, excentrique. — C_1 C_2 — C_3 C_4 Arcs de cercle. La partie hachurée représente l'arbre.

l'ouverture rectangulaire E (planche, fig. 5 et 6). Nous étudierons plus loin le détail de cet obturateur. Contrairement à ce qui a lieu dans le Kinétoscope, la bande du Cinématographe ne se meut pas d'un mouvement continu et uniforme; elle se déplace d'une façon intermittente. Elle reste immobile pendant toute la durée du temps de pose et dès que l'obturateur D s'est fermé, elle descend d'une quantité égale à la distance de deux trous consécutifs, de telle sorte qu'elle soit prête à recevoir en E une nouvelle image lorsque l'obturateur D la démasquera.

La bande enroulée primitivement sur le tambour P, (planche, fig. 5 et 6) enfermé dans une boîte obscure B surmontant l'appareil, sort de B par une fente étroite (planche, fig. 6), descend verticalement et passe derrière l'ouverture E qui limite la portion de bande réservée à chaque image. Elle contourne ensuite la gorge G qui lui sert de guide, remonte pour passer au-dessus de la tige K et va s'enrouler autour d'un rouleau R entraîné par l'axe J. Cet axe est actionné par l'arbre F au moyen des roues S et T (planche, fig. 7).

Tous les organes qui assurent le déroulement et l'enroulement de la bande prennent leur mouvement sur l'arbre F que commande la manivelle M par l'intermédiaire de la roue dentée N et de son pignon (planche, fig. 7).

Le mouvement intermittent de la pellicule s'obtient de la façon suivante: Sur l'arbre F sont calés:

1° Un excentrique triangulaire C;

2° Un tambour cylindrique portant deux rampes I;

3° Un obturateur D (planche, fig. 5, 6, 7) formé de deux secteurs circulaires D et D' (fig. 1).

Les figures 2, 3 et 4 représentent diverses positions occupées par l'excentrique C qui conduit le cadre évidé L. Le profil de cet excentrique est formé de deux arcs de cercle $C_1 C_2$ et $C_3 C_4$ dont le centre commun se trouve sur l'axe de l'arbre F et dont les angles au centre sont égaux et opposés par le sommet. Ces arcs de cercle ont des rayons inégaux dont la différence est égale à la longueur de bande réservée à chaque image, autrement dit,

à la distance qui sépare deux trous consécutifs sur un même bord de la bande. Les points C_1 et C_4 d'une part, C_2 et C_3 d'autre part, sont réunis deux à deux par des courbes convenables se raccordant aux arcs de cercle C_1 C_2 et C_3 C_1.

Supposons que sur les figures 2, 3 et 4 la rotation de l'excentrique C autour de l'axe de l'arbre, se fasse en sens inverse de celle des aiguilles d'une montre. Lorsque ce sont les arcs de cercle C_1 C_2 et C_3 C_4 qui glissent sur les côtés horizontaux du cadre L, ce cadre reste immobile car les distances entre l'axe de l'arbre et chacun de ces côtés horizontaux restent respectivement constantes. Il en est ainsi pendant tout le temps employé par l'excentrique pour passer de la position 1 à la position 2. Mais à partir de cette position 2, le cadre L descend (fig. 4) jusqu'à ce que le rayon vecteur passant par C_1 soit devenu vertical. L'arc du cercle C_1 C_2 commençant alors à glisser sur le côté horizontal inférieur, le cadre L restera encore immobile un certain temps, puis il remontera et ainsi de suite. Les courbes du raccord C_1 C_4 et C_2 C_3 sont tracées de telle sorte que les transitions entre les périodes de mouvement et les périodes d'immobilité du cadre L se fassent d'une façon progressive.

Sur le cadre L se trouvent deux dents A (planche, fig. 5 et 6) disposées horizontalement et susceptibles de se déplacer ensemble, normalement au plan de la pellicule soit pour s'engager dans deux trous placés au même niveau sur la pellicule soit pour s'en dégager. Ce déplacement se produit sous l'action de deux rampes I portées par un tambour cylindrique concentrique à l'arbre F. Supposons le cadre L en bas de sa course; à ce moment, les deux dents A sont encore engagées dans les deux trous correspondants de la pellicule: Une des rampes I les en retire peu à peu et elles en sont complètement dégagées au moment où le cadre L commence à remonter. Lorsque le cadre est arrivé en haut de sa course, les deux dents A se trouvent maintenant en regard des deux trous placés immédiatement au-dessus de ceux qu'elles

venaient de quitter. Mais comme le cadre L reste un instant immobile avant de redescendre, la seconde rampe engage les dents A dans ces trous. Le cadre L commençant à descendre, entraîne donc avec lui la pellicule, qui se déroule d'elle-même du rouleau P et s'enroule sur le rouleau R. Une fois le cadre revenu en bas de sa course, il reste un instant immobile; les dents A se dégagent à nouveau et ainsi de suite.

Chaque tour de l'arbre F correspond à la prise d'une image sur la bande pelliculaire, et comme deux images consécutives se suivent après une durée de 1/15 de seconde, l'appareil fonctionne à raison de 900 épreuves par minute.

Si l'on songe à l'extrême délicatesse de la pellicule, on rend aisément compte des soins et de la précision qu'il faut apporter à la construction du mécanisme, pour qu'à une telle vitesse la bande se comporte bien sans se détériorer à l'endroit des trous, même après un long usage.

Lorsqu'à la fin de l'enroulement de la pellicule, le rouleau R prend une masse relativement grande, ce rouleau, en continuant à tourner alors même que la pellicule est maintenue immobile dans l'appareil, exerce sur la bande un effort de traction qu'on atténue au moyen de la tige K (planche fig. 6). Cette tige sert de guide à la pellicule et est placée de telle sorte que la tangente menée par K au rouleau R lorsqu'il est presque entièrement enroulé, soit presque horizontale. L'expérience a prouvé en effet que, dans ces conditions, l'effort de traction s'exerçant sur la pellicule, prend sa valeur minima. Un petit frein à ressort, agissant sur la bande dans le voisinage de l'ouverture E, s'oppose à ce que la pellicule ne puisse être entraînée par la légère traction exercée sur elle par le rouleau R.

Si nous considérons le mouvement de l'excentrique C pendant un tour complet de l'arbre F, et si nous supposons que l'angle au centre limitant chacun des arcs de cercle C_1, C_2 et C_3, C_4 soit de 60° et que, par suite, l'angle au centre correspondant à chacune des courbes de raccord C_1, C_4 et C_2, C_3 soit de 120°, nous pourrons dé-

composer le mouvement de l'appareil en 4 phases, par exemple à partir du moment où le cadre L vient d'atteindre le bas de sa course.

1e phase. — Rotation de 60°. Le cadre L est immobile. La pellicule est immobile ; les dents A se dégagent de la pellicule.

2e phase. — Rotation de 120°. Le cadre L monte ; la pellicule est immobile. Les dents A restent dégagées.

3e phase. — Rotation de 60°. Le cadre L est immobile ; la pellicule est immobile ; les dents A s'engagent dans la pellicule.

4e phase. — Rotation de 120°. Le cadre L descend et entraîne avec lui la pellicule ; les dents A étant engagées dans celle-ci.

Il résulte de là que, dans notre hypothèse, la pellicule ne se déplace que pendant que l'arbre F tourne de 120° soit pendant le tiers du temps considéré. Comme l'obturateur D ne doit permettre à la lumière de frapper la pellicule que pendant les périodes où elle est immobile, soit pendant les 2/3, au plus, de la durée d'un tour de l'arbre F, il faudra pour cela que le secteur opaque de l'obturateur D ait un angle au centre de 120°. En pratique, au lieu d'exposer la bande aux rayons lumineux pendant les 2/3 de la durée d'un tour de l'arbre F, on réduit cette durée d'exposition au temps strictement nécessaire à l'obtention des épreuves négatives sur la bande, et ce réglage est effectué grâce à la superposition de deux disques obturateurs identiques D et D′ (fig. 1), pouvant au besoin glisser l'un sur l'autre de façon à donner au secteur opaque et au secteur laissant passer la lumière, les développements angulaires voulus.

2° *Tirage de la bande positive.* — Pour tirer, à l'aide de la bande négative obtenue dans l'opération précédente, une bande positive correspondante, on dispose sur le Cinématographe une boîte obscure B (planche, fig. 6), pouvant contenir les deux rouleaux P et P′. Sur le rouleau P se trouve la bande sensible destinée à recevoir les épreuves positives et sur le rouleau P′ se trouve la bande négative.

Le *Cinématographe* de MM. A. et L. Lumière.

Fragment de la bande pelliculaire positive passant dans le *Cinématographe*.

L'appareil fonctionne absolument comme dans la première opération ; les deux pellicules se déplacent ensemble et d'un même mouvement de telle sorte que les rayons lumineux venant de l'extérieur, traversent l'ouverture O, puis la bande négative et impressionnent la bande positive P qui se trouve appliquée derrière elle. La bande P va s'enrouler ensuite sur le rouleau R contenu dans une boîte obscure tandis que la bande négative P' précédemment fixée, peut sans inconvénient sortir du Cinématographe par la fente H (planche, fig. 6).

3° Projection des positifs sur l'écran. — Lorsque la bande positive est ainsi obtenue, on la fait passer dans l'appareil comme dans la première opération mais en éclairant la pellicule au moyen d'une puissante lanterne à projections, qui forme sur un écran les images très amplifiées des divers positifs. La disposition donnée au double obturateur DD', quand il s'agit de projeter les positifs sur l'écran, diffère cependant un peu de ce qu'elle était lors de la prise des négatifs dans la première opération.

Tandis qu'alors l'obturateur ne démasquait la bande que pendant le temps strictement nécessaire pour la pose, c'est-à-dire pendant une *fraction* de la période d'immobilité de la bande, on profitera maintenant de *toute* la durée d'immobilité de la pellicule pour l'éclairer à l'aide de la source lumineuse. Il suffit pour cela, de réduire le développement angulaire du secteur plein en faisant glisser D par rapport à D'; on obtient ainsi un meilleur éclairement des images projetées.

Grâce à la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, les éclipses qui séparent l'apparition de deux images consécutives ne sont pas perçues par l'œil, car chaque image succède à la précédente au bout de 1/15 de seconde, la durée de persistance des impressions étant d'environ 1/10 de seconde. Les scènes ainsi reproduites devant les spectateurs de toute une salle, sont empreintes d'une telle fidélité qu'elles donnent la plus complète illusion de la nature et de la vie. Contentons-nous de citer la scène de la baignade en mer, où l'on assiste aux ébats

REPRODUCTION ANALYTIQUE & SYNTHÉTIQUE

DES SCÈNES ANIMÉES

par la Photographie.

Le Cinématographe

DE MM. A. ET L. LUMIÈRE

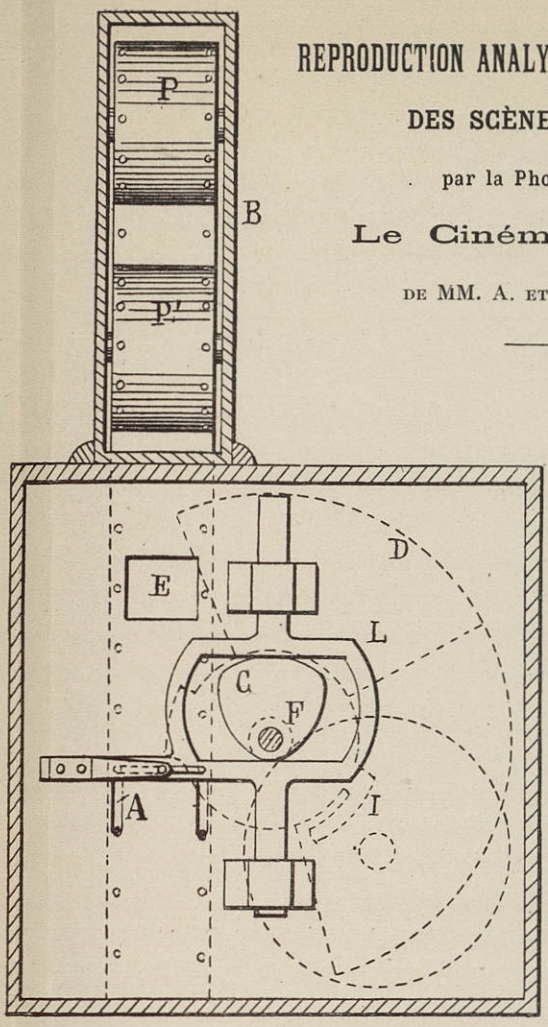

FIG. 5. — Coupe transversale et verticale. (Elévation).

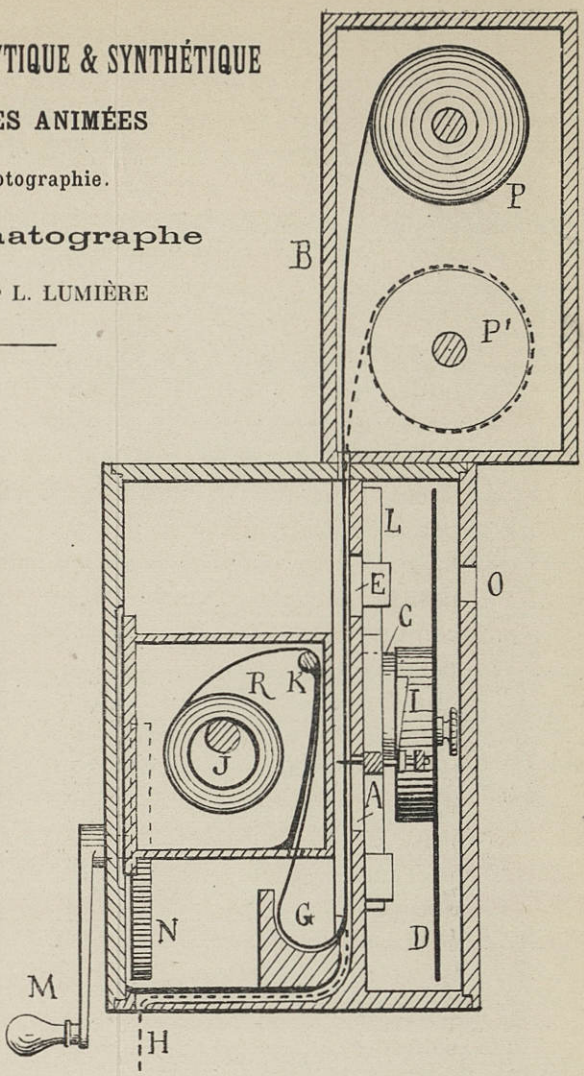

FIG. 6. — Coupe longitudinale. (Vue de côté).

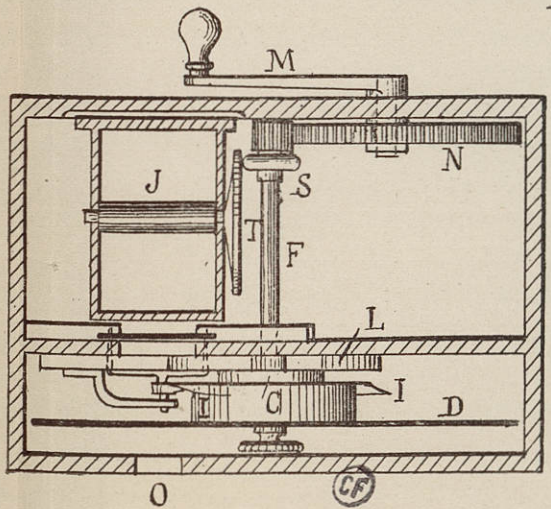

FIG. 7. — Coupe horizontale (Plan).

LÉGENDE

A dents servant à l'entraînement de la pellicule.
B boîte obscure placée au-dessus du Cinématographe.
C excentrique triangulaire.
D obturateur réglable à deux secteurs.
E.O. ouvertures de passage de la lumière.
F arbre de l'excentrique et du tambour I.
G gorge guide de la pellicule.
H { ouverture servant au passage pellicule négative lors du tirage de la pellicule positive.
I tambour muni de deux rampes.
J arbre entraînant le rouleau R.
K tige guide de la pellicule.
L cadre mobile conduit par l'excentrique C.
M manivelle motrice.
N roue dentée actionnant par pignon l'arbre F.
P pellicule positive se déroulant.
P' pellicule négative se déroulant.
R rouleau pour l'enroulement de la pellicule.
S.T. roues actionnant l'axe J.

(L'appareil est monté sur un pied quelconque).

C.F.

d'un groupe de baigneurs exécutant les plongeons les plus étonnants ; le mouvement de l'eau, les vagues se formant au large, s'approchant et grossissant à vue d'œil, se repliant ensuite sur elles-mêmes en bouillonnements d'écume blanche pour venir s'éteindre sur la rive, tous ces détails sont saisissants de vérité.

La scène représentant l'arrivée d'un train en gare est aussi l'une des plus curieuses qu'il soit possible de voir. La locomotive apparaît dans le lointain, grosse comme un point ; elle s'approche peu à peu, on la voit grandir et s'avancer de plus en plus vite. Le train arrive enfin, lancé dans la direction du spectateur ; il entre en gare, ralentit peu à peu et s'arrête ; les portières s'ouvrent, les employés circulent de tous côtés pendant que les voyageurs se dispersent, emportant leurs bagages, au milieu de l'animation du quai. Il faut avoir assisté à un tel spectacle pour pouvoir se représenter la perfection du résultat obtenu par l'appareil de MM. Lumière.

Le Cinématographe est destiné à rendre de grands services pour l'analyse des mouvements et pour leur synthèse. La manivelle motrice étant conduite à la main, il sera possible de reconstituer le mouvement primitif à la vitesse qu'on voudra, très lentement si on le désire, afin d'en saisir les moindres détails, puis à des vitesses de plus en plus grandes jusqu'à ce qu'on arrive à la vitesse même du mouvement initial. L importance du Cinématographe au point de vue documentaire sera considérable puisqu'on pourra, grâce à lui, conserver non plus seulement des images inertes, mais des souvenirs vivants et animés du passé.

A ce titre, l'invention de ce merveilleux appareil marquera une date dans les annales de la science et en particulier dans l'histoire de la photographie qui, née en France, a reçu dans notre pays ses principaux perfectionnements et reste une science véritablement française.

ARMAND SÉE,
Ingénieur I.D.N.
Ancien élève de l'Institut Electro-technique Montefiore.

Extrait du *Bulletin de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'Institut du Nord.* — Tome XIX, N° 2.

N°