

**Marey, Etienne-Jules. - La  
cronofotografia : nuovo metodo per  
analisi del movimento nelle scienze  
fisiche e naturali**

*In : Il dilettante di fotografia,  
1858, n° 23, p. 355-356 ; n° 24,  
p. 376 - 377 ; n° 25, p. 390 - 394;  
n° 26, p. 405 - 411; n° 27, p. 423  
- 427; n° 28, p. 441 - 443; n° 29,  
p. 453 - 457; n° 30, p. 471 - 475;  
n° 31, p. 488 - 490.*



## La Cronofotografia<sup>(1)</sup>

NUOVO METODO PER ANALISI DEL MOVIMENTO  
NELLE SCIENZE FISICHE E NATURALI

Le scienze progrediscono in ragione della precisione dei loro metodi e dei loro strumenti di misura. La bilancia, il manometro, il termometro hanno dato alla fisica ed alla chimica quella mirabile precisione che oggi conosciamo. Questi diversi strumenti esprimono il valore statico delle forze che devono misurare: la bilancia indica il peso attuale di un corpo facendogli equilibrio con dei pesi conosciuti; il manometro, del pari, equilibra la pressione di un gaz con quella di una colonna di mercurio.

Ma questi strumenti, sotto la loro forma primitiva, sarebbero inetti ad esprimere le variazioni che si verificano ogni momento nel peso di un liquido che evapora, o nella pressione di un gaz di cui si cambi la temperatura. Quindi, per misurare le variazioni che sopravvengono nella intensità delle forze fisiche, si dovettero creare dei nuovi strumenti chiamati *registratori*, coi quali, sotto forma di curve più o meno sinuose, si ottiene l'espressione dei cambiamenti di peso, di pressione, di temperatura, di tensione elettrica, ecc. Egli è appunto con questi strumenti che i meteorologi seguono, in qualsiasi punto del globo, le variazioni nello stato dell'atmosfera; che i fisiologi inscrivono i più delicati mutamenti nella pressione del sangue, nella forza dei muscoli, nella temperatura degli organi.

Ora tutti i corpi della natura presentano dei caratteri esterni sui quali la nostra vista ci informa, a patto che questi caratteri non varino in modo da rendere impossibile l'osservazione. La forma dei corpi, la loro dimensione, la loro posizione nello spazio possono essere esattamente apprezzati allo stato statico; anzi, e da lunghissimo tempo, sappiamo rappresentare col disegno questi caratteri esterni.

Ma questa laboriosa rappresentazione degli oggetti è spesso insufficiente perchè essa si limita a mostrare allo stato di riposo dei corpi

che mutano forma o che si spostano costantemente.

La fotografia è giunta a perfezionare la rappresentazione degli oggetti immobili; ce ne dà le immagini coi dettagli i più delicati; sa ridurne od ingrandirne la dimensione ad una scala conosciuta con una precisione non raggiunta da qualunque altro metodo. La fotografia è adunque per certe scienze l'ausiliare il più potente: le scienze naturali, ad esempio, non potrebbero ormai più farne a meno: appunto per questo il nostro dotto confratello sig. Janssen ha caratterizzato assai felicemente le proprietà della lastra fotografica, chiamandola la *retina del dotto*.

Or bene, questa retina meravigliosa, che in un brevissimo istante percepisce l'aspetto dei corpi allo stato statico o d'immobilità, e che fissa questi caratteri in un modo immutabile, può dessa afferrare e fissare anche i caratteri del movimento? Gli apparecchi fotografici possono dessi avvicinarsi in qualche modo alla serie degli apparecchi registratori che traducono i fenomeni della natura in cui le forze sono sempre in azione, e la materia sempre in moto?

Oggi si può ben rispondere affermativamente a tale questione, e speriamo poter dimostrare che la fotografia applicata in un modo speciale, informa nel modo più esatto sopra certi movimenti che il nostro occhio non saprebbe afferrare perchè troppo lenti, o troppo rapidi e troppo complicati. Egli è appunto questo metodo di *Cronofotografia* che descriveremo.<sup>(1)</sup>

Se consideriamo la proprietà fisiologica dell'occhio umano si scorge che quest'organo, dal punto di vista diottrico, rappresenta un apparecchio fotografico col suo obbiettivo e la sua camera oscura: le palpebre ne costituiscono l'otturatore, mentre la retina, sulla quale vengono a formarsi le immagini reali degli oggetti esterni, sarebbe la lastra sensibile.

Ora questa retina gode fino ad un certo grado le proprietà della lastra fotografica: Boll ha dimostrato che sulla superficie di essa si

(1) Avevamo da prima chiamato *Fotocronografia* il nostro metodo; ma il Congresso internazionale di fotografia tenutosi a Parigi, nel 1889, ha stabilito la nomenclatura relativamente ai diversi processi (V. Processi verbali e risoluzioni del Congresso, Gauthier-Villars edit. Parigi, 1891, p. 66) ed ha adottato il nome di *Cronofotografia*, il conformeremo quindi a tale decisione.

(1) Diritti di traduzione e riproduzione esclusivi per l'Italia concessi al Dilettante dall'Astoria e dall'Editore.



formano delle immagini che persistono alcuni istanti sulla retina di un animale recentemente macellato, di modo che la visione sarebbe la percezione che noi avremmo di immagini fotografate nel nostro occhio. Ben lungi dall'essere permanenti, come quelle degli apparecchi fotografici, le immagini della retina sono precarie: esse però persistono qualche momento, prolungando così la durata apparente del fenomeno che ha loro dato origine. Questa proprietà della retina ci permetterà di studiare come una immagine fotografica può rappresentare un movimento.

Se ci troviamo in una completa oscurità, in guisa che nulla venga a mettere in azione la sensibilità dell'occhio nostro, nulla salvo un punto luminoso od un soggetto fortemente illuminato, l'immagine di questo soggetto si dipingerà sulla nostra retina e ne conserveremo l'impressione qualche tempo ancora, dopo che la sorgente di luce sia scomparsa. Nel nostro occhio è rimasta come dipinta l'immagine di un oggetto allo stato statico, cioè immobile.

Questa operazione è identica a quella che noi facciamo col mezzo dei nostri apparecchi, prende: da la fotografia di un oggetto immobile.

Ma se il punto luminoso si sposta rapidamente dinanzi al nostro occhio, noi conserveremo per qualche istante una impressione più complessa, quella del cammino percorso dall'oggetto nello spazio. Quando un ragazzo agita una bacchettina la cui estremità sia incandescente e si diverte a vedere la striscia di fuoco che sembra ondulare nell'aria, non fa, realmente che fotografare sulla sua retina la *traiettoria* di un punto luminoso: questa traiettoria non è molto lunga, perché la retina non conserva per molto tempo le impressioni ricevute. A pari condizioni, una lastra fotografica darebbe l'immagine intera e permanente del cammino percorso dal punto luminoso; tuttavia non sarebbe ancora questa l'espressione completa del movimento, giacché questa immagine si limiterebbe ad esprimere le posizioni successive occupate dal corpo luminoso, astrazione fatta dalla durata del suo percorso.

Per esprimere in modo completo i caratteri del movimento, bisogna far entrare nell'immagine la *nozione del tempo*; ciò che si ottiene

facendo agire la luce in modo intermittente ad intervalli di tempo conosciuti.

Così, se mentre noi riceviamo l'impressione sulla retina, chiudiamo le palpebre in modo intermittente, due volte ogni secondo, ad esempio, l'immagine del mastro di fuoco che si dipingerebbe nel nostro occhio, presenterebbe delle interruzioni, ed il numero delle interruzioni contenute in una certa lunghezza della traiettoria luminosa, esprimerebbe, in mezzi secondi, il tempo che il mobile ha adoperato a percorrere quella distanza. Sono appunto queste le condizioni della cronofotografia.

Ci proponiamo di indicare in modo sommario i suoi metodi e le sue principali applicazioni.

(Continua)

E. J. MAREY

dell'Accademia di Scienze di Parigi

## LA RAPIDITA' DEGLI OBIETTIVI

Un obiettivo che copra una superficie più grande della lastra da impressionarsi è sì, o no più rapido di un altro obiettivo che copra esattamente questa stessa superficie?

In altre parole: dati due obiettivi, eguali di fabbricazione, uno per il  $13 \times 18$  e l'altro per il  $9 \times 12$ , quale sarà più rapido?

A tale questione, poco ben compresa in generale, ecco cosa risponde un ottico fabbricante.

« Bisogna premettere certe leggi di ottica fotografica: »

« 1° L'intensità della luce ricevuta normalmente sopra una data superficie è in ragione inversa del quadrato della distanza fino alla sorgente luminosa. »

« 2° L'intensità della luce ricevuta è in ragione diretta del quadrato del diametro dell'apertura per cui entra questa luce. »

« Da questo si ricava: »

« a) La rapidità di un obiettivo è inversamente proporzionale al quadrato della distanza focale. »

« b) La rapidità di un obiettivo è direttamente proporzionale al quadrato della sua apertura (diaframma). »

# LA CRONOFOTOGRAFIA <sup>(1)</sup>

## METODI

### CAP. I. — CRONOFOTOGRAFIA SU LASTRA FISSA.

Supponiamo di rivolgere un apparecchio fotografico verso un campo oscuro e che, con obiettivo scoperto, si lanci dinanzi a questo campo una palla brillante illuminata dal sole in modo che l'immagine di questa palla impressioni successivamente differenti punti della lastra sensibile. Si troverà su

questa lastra una linea continua rappresentata dalla curva superiore che mostrerà esattamente la traiettoria seguita dal corpo brillante.

Se ripetiamo l'esperienza ammettendo in modo intermittente la luce nella camera oscura e ad intervalli di tempo eguali, otterremo la traiettoria dis-



Fig. 1. — Uomo venuto di nero e perciò invisibile quando passerà davanti al campo oscuro. Saranno segnate sulla immagine cronofotografica soltanto le linee bianche che porta sulle braccia e sulle gambe.

continua nella quale saranno rappresentate le posizioni successive del mobile nei momenti in cui si produrranno le ammissioni della luce: è la curva cronofotografica.

Questo metodo suppone che l'intervallo di tempo che separa due immagini successive sia sempre lo stesso e che se ne conosca esattamente il valore.

Per ottenere delle immagini perfette quanto è possibile, occorre che l'oggetto sia fortemente illuminato e il fondo su cui stacca, perfettamente oscuro; (2) inoltre la durata delle ammissioni di luce deve essere molto breve e gli intervalli fra le due illuminazioni successive perfettamente eguali.

(1) Diritto di traduzione e riproduzione riservato al Dilettante V. il numero precedente.

(2) V. per il modo onde ottenere un buon campo oscuro il vostro lavoro *Méthode graphique* (supplemento pag. 22 e seguenti), Parigi, Masson edit., 1884.



L'apparecchio cronofotografico si faceva girare per mezzo di una manovella un disco forato a finestre la cui rotazione era regolata e perfettamente uniformizzata a mezzo di un regolatore. La lastra sensibile si introduceva col suo telaio negativo al fuoco dell'obbiettivo.

Ogni volta che vi passava dinanzi una finestrella questa lastra riceveva una immagine rappresentante l'oggetto illuminato colla sua forma e la sua posizione attuale. Ora siccome l'oggetto si spostava fra due immagini successive si otteneva una serie di immagini simili a quelle della palla indicanti le attitudini e le posizioni successive dell'oggetto in moto. L'intervallo fra le immagini era perfettamente regolato ad  $\frac{1}{10}$  di secondo; la durata delle illuminazioni era di  $\frac{1}{500}$  di secondo; infine, si poneva davanti al campo oscuro un regolo metrico colle sue divisioni, e nello stesso piano dell'oggetto fotografato. L'immagine di questo regolo prodotta sulla lastra sensibile serviva di scala per misurare la grandezza reale dell'oggetto e gli spazi da esso percorsi in ogni decimo di secondo.

L'immagine così ottenuta dava con tutta precisione geometrica le due nozioni dello spazio e del tempo che caratterizzano ogni movimento. Tuttavia queste nozioni che nella cronofotografia dovevano conciliarsi, sono in certa misura incompatibili fra loro in modo che per ottenerle ambedue si è spesso obbligati a ricorrere come vedremo ad alcuni artifici.

Per una stessa velocità di traslazione se l'oggetto studiato copre una piccola superficie nel senso del movimento, si può raccogliere un gran numero di immagini senza che esse si confondano sovrapponendosi. È il caso dei proiettili che consideravamo dianzi. La nozione del tempo dunque è molto completa quando è ristretta quella dello spazio.

Ma se prendiamo le immagini successive d'un uomo che cammina la nozione dello spazio è più completa; ogni immagine copre una superficie estesa ed informa sulle posizioni che prendono il corpo, le braccia, le gambe. Ma per il fatto stesso che ogni immagine occupa più spazio, il numero che se ne può prendere è meno grande, altrimenti la confusione si produrrebbe per sovrapposizione di queste immagini.

Con un grosso animale, ad esempio un cavallo, il numero delle immagini dovrà essere molto limitato, perchè la lunghezza di ognuna di esse misurata nel senso del movimento è molto grande e la sovrapposizione si effettuerebbe.

Per velocità di traslazione differenti il numero delle immagini che si possono prendere in un dato tempo senza che si produca confusione è tanto più grande quanto più rapida è la traslazione. Si può convincersene paragonando fra loro le immagini succes-

sive di un uomo che corre con quelle di un uomo che cammina, le immagini del corridore la frequenza sono molto più lontane le une dalle altre sebbene delle illuminazioni sia stata eguale tanto nell'uno che nell'altro caso.

Così la confusione delle immagini per sovrapposizione è il limite che si impone alla cronofotografia su lastra fissa. In molti casi, però, con certi artifici, si evita tale inconveniente.

Il mezzo più naturale consisteva a ridurre artificialmente la superficie del corpo studiato. Si rendono invisibili annerendole le parti che non è indispensabile rappresentare nell'immagine ed invece si rendono luminose quelle di cui si vuol conoscere il movimento.

Così avviene che un uomo vestito in velluto nero (fig. 1) e portante sulle membra dei nastri e dei punti brillanti, non dia nell'immagine che delle linee geometriche sulle quali però si riconoscono facilmente le attitudini dei diversi segmenti delle membra.

Nello schema che si ottiene in questo modo (fig. 2)

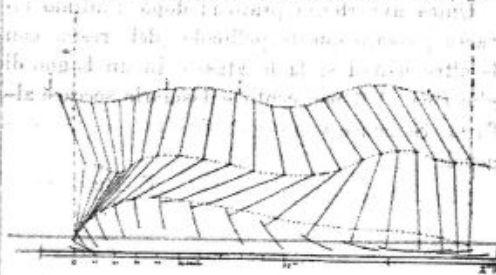


Fig. 2. — Immagine di un corridore a linee brillanti che rappresentano l'attitudine dei suoi membri. Cronofotografia su lastra fissa.

il numero delle immagini può essere considerevole e la nozione del tempo molto completa, giacchè quella dello spazio è stata volontariamente limitata allo stretto necessario.

(Continua)

E. J. MAREY  
dell'Accademia delle scienze.

## NOVITÀ

### LE PELLICOLE AUTOTESE

Che diavolo sono queste pellicole autotese, dirà il cortese lettore? Premetto che nella denominazione non entriamo assolutamente perchè così vengono chiamate dal suo inventore.

Possiamo però dirvi che esse sono delle pellicole sensibili montate e fissate sopra un quadro metallico in lamierino d'acciaio, che si trattano

Con questo mezzo così semplice, facendo camminare qua e là sul telaio positivo un raggio luminoso, ho potuto a mio piacere dare alla prova positiva quel colore e quel carattere che così spesso manca alle immagini fotografiche.

AL. THONIER.

### Prove al ferro prussiato virale al color nero

Si scioglano 4 grammi di potassa caustica in 100 centimetri cubici d'acqua.

Si immerga la prova azzurra in questo bagno fino a che essa prenda una colorazione gialla. Si lavi con molte acque e la si immerga in un bagno di tannino al 4 per 100 d'acqua.

La prova assumerà allora una tinta scura, seppia, molto simile a quella data dall'inchiostro un po' debole. Essa è inalterabile.

### Consigli ai dilettanti di fotografia (1)

Non accusate né i prodotti chimici né l'apparecchio, se non riuscite; è un vizio comune quello di scaricare su altri le colpe imputabili a voi stessi.

Non provate tutte le formole lanciate al pubblico; poca posa è male; troppa posa si può correggere.

Non cercate di prendere due vedute sopra una stessa lastra come fa qualcuno nella speranza di ottenere un effetto di vedute dissolventi.

In viaggio, non cercate di prendere un panorama intero di quello che vedete e non fotografate a dritta ed a sinistra tutto quello che vi capita sotto l'occhio; siate sobri e ricordatevi che la qualità è preferibile alla quantità.

Badate a non perder il tappo dell'obiettivo; è preferibile portar seco un otturatore.

Non lasciate mai i prodotti chimici in mano a curiosi; munite i vasi di etichette a caratteri grandi.

Non avviluppate mai le negative in un giornale giacché sulla lastra vi si potrebbe riprodurre una *riclamé* gratuita per pillole, pasticche, od altro medicamento qualunque.

Non abbiate paura di qualche insuccesso, e non abbiate alcuna vergogna a domandar consigli a chi è più forte di voi; ogni sbagli è un passo verso il progresso; quando sviluppate abbiate un po' di pazienza; se volete riuscire non abbiate troppa fretta.

(1) Del *Photographic News*, 10, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 2684, 2685, 2686, 2687, 2688, 2689, 2690, 2691, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696, 2697, 2698, 2699, 2700, 2701, 2702, 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, 2729, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735, 2736, 2737, 2738, 2739, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2745, 2746, 2747, 2748, 2749, 2750, 2751, 2752, 2753, 2754, 2755, 2756, 2757, 2758, 2759, 2760, 2761, 2762, 2763, 2764, 2765, 2766, 2767, 2768, 2769, 2770, 2771, 2772, 2773, 2774, 2775, 2776, 2777, 2778, 2779, 2780, 2781, 2782, 2783, 2784, 2785, 2786, 2787, 2788, 2789, 2790, 2791, 2792, 2793, 2794, 2795, 2796, 2797, 2798, 2799, 2800, 2801, 2802, 2803, 2804, 2805, 2806, 2807, 2808, 2809, 2810, 2811, 2812, 2813, 2814, 2815, 2816, 2817, 2818, 2819, 2820, 2821, 2822, 2823, 2824, 2825, 2826, 2827, 2828, 2829, 2830, 2831, 2832, 2833, 2834, 2835, 2836, 2837, 2838, 2839, 2840, 2841, 2842, 2843, 2844, 2845, 2846, 2847, 2848, 2849, 2850, 2851, 2852, 2853, 2854, 2855, 2856, 2857, 2858, 2859, 2860, 2861, 2862, 2863, 2864, 2865, 2866, 2867, 2868, 2869, 2870, 2871, 2872, 2873, 2874, 2875, 2876, 2877, 2878, 2879, 2880, 2881, 2882, 2883, 2884, 2885, 2886, 2887, 2888, 2889, 2890, 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2897, 2898, 2899, 2900, 2901, 2902, 2903, 2904, 2905, 2906, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2913, 2914, 2915, 2916, 2917, 2918, 2919, 2920, 2921, 2922, 2923, 2924, 2925, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2931, 2932, 2933, 2934, 2935, 2936, 2937, 2938, 2939, 2940, 2941, 2942, 2943, 2944, 2945, 2946, 2947, 2948, 2949, 2950, 2951, 2952, 2953, 2954, 2955, 2956, 2957, 2958, 2959, 2960, 2961, 2962, 2963, 2964, 2965, 2966, 2967, 2968, 2969, 2970, 2971, 2972, 2973, 2974, 2975, 2976, 2977, 2978, 2979, 2980, 2981, 2982, 2983, 2984, 2985, 2986, 2987, 2988, 2989, 2990, 2991, 2992, 2993, 2994, 2995, 2996, 2997, 2998, 2999, 3000, 3001, 3002, 3003, 3004, 3005, 3006, 3007, 3008, 3009, 3010, 3011, 3012, 3013, 3014, 3015, 3016, 3017, 3018, 3019, 3020, 3021, 3022, 3023, 3024, 3025, 3026, 3027, 3028, 3029, 3030, 3031, 3032, 3033, 3034, 3035, 3036, 3037, 3038, 3039, 3040, 3041, 3042, 3043, 3044, 3045, 3046, 3047, 3048, 3049, 3050, 3051, 3052, 3053, 3054, 3055, 3056, 3057, 3058, 3059, 3060, 3061, 3062, 3063, 3064, 3065, 3066, 3067, 3068, 3069, 3070, 3071, 3072, 3073, 3074, 3075, 3076, 3077, 3078, 3079, 3080, 3081, 3082, 3083, 3084, 3085, 3086, 3087, 3088, 3089, 3090, 3091, 3092, 3093, 3094, 3095, 3096, 3097, 3098, 3099, 3100, 3101, 3102, 3103, 3104, 3105, 3106, 3107, 3108, 3109, 3110, 3111, 3112, 3113, 3114, 3115, 3116, 3117, 3118, 3119, 3120, 3121, 3122, 3123, 3124, 3125, 3126, 3127, 3128, 3129, 3130, 3131, 3132, 3133, 3134, 3135, 3136, 3137, 3138, 3139, 3140, 3141, 3142, 3143, 3144, 3145, 3146, 3147, 3148, 3149, 3150, 3151, 3152, 3153, 3154, 3155, 3156, 3157, 3158, 3159, 3160, 3161, 3162, 3163, 3164, 3165, 3166, 3167, 3168, 3169, 3170, 3171, 3172, 3173, 3174, 3175, 3176, 3177, 3178, 3179, 3180, 3181, 3182, 3183, 3184, 3185, 3186, 3187, 3188, 3189, 3190, 3191, 3192, 3193, 3194, 3195, 3196, 3197, 3198, 3199, 3200, 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, 3206, 3207, 3208, 3209, 3210, 3211, 3212, 3213, 3214, 3215, 3216, 3217, 3218, 3219, 3220, 3221, 3222, 3223, 3224, 3225, 3226, 3227, 3228, 3229, 3230, 3231, 3232, 3233, 3234, 3235, 3236, 3237, 3238, 3239, 3240, 3241, 3242, 3243, 3244, 3245, 3246, 3247, 3248, 3249, 3250, 3251, 3252, 3253, 3254, 3255, 3256, 3257, 3258, 3259, 3260, 3261, 3262, 3263, 3264, 3265, 3266, 3267, 3268, 3269, 3270, 3271, 3272, 3273, 3274, 3275, 3276, 3277, 3278, 3279, 3280, 3281, 3282, 3283, 3284, 3285, 3286, 3287, 3288, 3289, 3290, 3291, 3292, 3293, 3294, 3295, 3296, 3297, 3298, 3299, 3300, 3301, 3302, 3303, 3304, 3305, 3306, 3307, 3308, 3309, 3310, 3311, 3312, 3313, 3314, 3315, 3316, 3317, 3318, 3319, 3320, 3321, 3322, 3323, 3324, 3325, 3326, 3327, 3328, 3329, 3330, 3331, 3332, 3333, 3334, 3335, 3336, 3337, 3338, 3339, 3340, 3341, 3342, 3343, 3344, 3345, 3346, 3347, 3348, 3349, 3350, 3351, 3352, 3353, 3354, 3355, 3356, 3357, 3358, 3359, 3360, 3361, 3362, 3363, 3364, 3365, 3366, 3367, 3368, 3369, 3370, 3371, 3372, 3373, 3374, 3375, 3376, 3377, 3378, 3379, 3380, 3381, 3382, 3383, 3384, 3385, 3386, 3387, 3388, 3389, 3390, 3391, 3392, 3393, 3394, 3395, 3396, 3397, 3398, 3399, 3400, 3401, 3402, 3403, 3404, 3405, 3406, 3407, 3408, 3409, 3410, 3411, 3412, 3413, 3414, 3415, 3416, 3417, 3418, 3419, 3420, 3421, 3422, 3423, 3424, 3425, 3426, 3427, 3428, 3429, 3430, 3431, 3432, 3433, 3434, 3435, 3436, 3437, 3438, 3439, 3440, 3441, 3442, 3443, 3444, 3445, 3446, 3447, 3448, 3449, 3450, 3451, 3452, 3453, 3454, 3455, 3456, 3457, 3458, 3459, 3460, 3461, 3462, 3463, 3464, 3465, 3466, 3467, 3468, 3469, 3470, 3471, 3472, 3473, 3474, 3475, 3476, 3477, 3478, 3479, 3480, 3481, 3482, 3483, 3484, 3485, 3486, 3487, 3488, 3489, 3490, 3491, 3492, 3493, 3494, 3495, 3496, 3497, 3498, 3499, 3500, 3501, 3502, 3503, 3504, 3505, 3506, 3507, 3508, 3509, 3510, 3511, 3512, 3513, 3514, 3515, 3516, 3517, 3518, 3519, 3520, 3521, 3522, 3523, 3524, 3525, 3526, 3527, 3528, 3529, 3530, 3531, 3532, 3533, 3534, 3535, 3536, 3537, 3538, 3539, 3540, 3541, 3542, 3543, 3544, 3545, 3546, 3547, 3548, 3549, 3550, 3551, 3552, 3553, 3554, 3555, 3556, 3557, 3558, 3559, 3560, 3561, 3562, 3563, 3564, 3565, 3566, 3567, 3568, 3569, 3570, 3571, 3572, 3573, 3574, 3575, 3576, 3577, 3578, 3579, 3580, 3581, 3582, 3583, 3584, 3585, 3586, 3587, 3588, 3589, 3590, 3591, 3592, 3593, 3594, 3595, 3596, 3597, 3598, 3599, 3600, 3601, 3602, 3603, 3604, 3605, 3606, 3607, 3608, 3609, 3610, 3611, 3612, 3613, 3614, 3615, 3616, 3617, 3618, 3619, 3620, 3621, 3622, 3623, 3624, 3625, 3626, 3627, 3628, 3629, 3630, 3631, 3632, 3633, 3634, 3635, 3636, 3637, 3638, 3639, 3640, 3641, 3642, 3643, 3644, 3645, 3646, 3647, 3648, 3649, 3650, 3651, 3652, 3653, 3654, 3655, 3656, 3657, 3658, 3659, 3660, 3661, 3662, 3663, 3664, 3665, 3666, 3667, 3668, 3669, 3670, 3671, 3672, 3673, 3674, 3675, 3676, 3677, 3678, 3679, 3680, 3681, 3682, 3683, 3684, 3685, 3686, 3687, 3688, 3689, 3690, 3691, 3692, 3693, 3694, 3695, 3696, 3697, 3698, 3699, 3700, 3701, 3702, 3703, 3704, 3705, 3706, 3707, 3708, 3709, 3710, 3711, 3712, 3713, 3714, 3715, 3716, 3717, 3718, 3719, 3720, 3721, 3722, 3723, 3724, 3725, 3726, 3727, 3728, 3729, 3730, 3731, 3732, 3733, 3734, 3735, 3736, 3737, 3738, 3739, 3740, 3741, 3742, 3743



dunque le sfuggono; i movimenti delle nuvole, quelli del mare, il cammino delle navi, il movimento degli animali selvaggi, feroci, ecc.

Per ottenere una serie di immagini in questi diversi casi bisogna raccogliere sopra una lastra sensibile che si sposta e presenta successivamente dei punti differenti della propria superficie al fuoco dell'obiettivo fotografico. Il revolver astronomico col quale il Janssen ottenne una serie di immagini dal pianeta Venere che passa sul disco luminoso del sole rinchiuso in sé il principio di questo processo. Ma le immagini dei due astri erano prese ad intervalli abbastanza lunghi e quindi per afferrare i movimenti così rapidi che fanno gli esseri animati conveniva trovare un meccanismo molto rapido per sé stesso.

Alcuni anni or sono abbiamo costruito all'uopo una specie di fucile la cui canna conteneva un obiettivo e che racchiudeva nella batteria una lastra fotografica circolare (1). Si puntava sul soggetto in moto, si premeva sul grilletto e si metteva in movimento il meccanismo. La lastra sensibile girava su sé stessa e si fermava dodici volte per secondo per ricevere le immagini del soggetto; la durata della posa era all'incirca di  $\frac{1}{720}$  di secondo.

Malgrado le difficoltà meccaniche che si dovevano vincere per ottenere tale ripetizione di immagini, il risultato raggiunto non era ancora soddisfacente: queste immagini erano troppo piccole, ed ingrandite davano dei dettagli incompleti.

Se abbiamo eliminato sistematicamente gli apparecchi a più obiettivi, come quello del Muybridge che pure diede risultati tanto meravigliosi, si fu perché in questi apparecchi i diversi obiettivi vedono, per così dire, l'oggetto fotografato sotto incidenza diverse. Ora questi cambiamenti di prospettiva se sono senza inconvenienti quando si opera sopra oggetti lontani e di grandi dimensioni non permetterebbero di studiare gli oggetti piccoli che debbono osservarsi da vicino e a più forte ragione gli esseri microscopici. Egli è per questo che ci siamo decisi ad usare un obiettivo unico al fuoco del quale una lunga striscia di pellicola sensibile passa fermandosi per ricevere ogni immagine; passa ancora, si ferma di nuovo, e ciò con una tale velocità che si possono ricevere fino a 60 immagini al minuto secondo con un tempo di posa per ciascuna di queste immagini molto breve: da  $\frac{1}{1000}$  ad  $\frac{1}{25000}$  di secondo.

Non ricorderemo gli infiniti tentativi per i quali dovemmo passare per realizzare questo programma; ci limiteremo a descrivere l'apparecchio unico nel suo genere che ci ha permesso di raggiungere il nostro scopo.

(1) V. Supplemento dell'opera *La méthode graphique*, p. 12.

quale sono riunite le disposizioni necessarie per la cronofotografia, sia sopra lastra fissa, sia sopra pellicola mobile. Questo apparecchio riproduce a piacere le immagini ridotte dei grandi oggetti lontani, le immagini in grandezza naturale dei piccoli oggetti vicini, ed infine le immagini ingrandite degli esseri che si muovono nel campo microscopico.

Aggiungiamo che la difficoltà di afferrare un movimento non dipende sempre dalla sua troppo grande velocità; certi movimenti ci sfuggono anche per la loro lentezza tanto è vero che la sfera di un orologio ci sembra immobile. E pure vi sono dei movimenti ancora più lenti che importa riprodurre; la cronofotografia si presta altrettanto bene all'analisi di questi movimenti lentissimi.

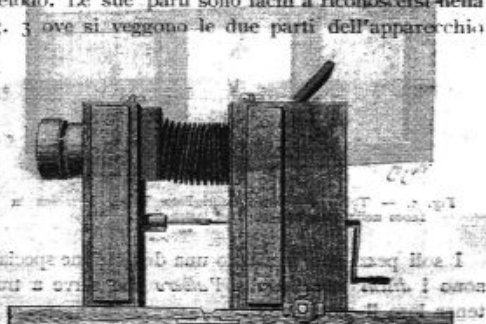
### CAP. III.

#### Descrizione del cronofotografo completo.

Il cronofotografo completo (fig. 3), come abbiamo detto, contiene quanto è necessario per ottenere delle immagini sia sopra una lastra fissa sia sopra una striscia pellicolare che si sposta; il suo allungamento variabile e la possibilità di cambiare l'obiettivo che si adopera permettono di ottenere, all'occorrenza, delle immagini ridotte o ingrandite; la frequenza e l'estensione di queste immagini, la durata dei tempi di posa e la intensità delle illuminazioni possono essere regolati secondo il bisogno. Descriveremo anzitutto gli strumenti che sono necessari per la cronofotografia sopra lastra fissa; cioè per il caso più semplice.

**A. Istrumenti che servono alla cronofotografia su lastra fissa.** — Abbiamo visto che un apparecchio fotografico molto semplice nel quale la luce arriva in modo intermittente basta per applicare questo metodo. Le sue parti sono facili a riconoscersi nella fig. 3 ove si vedono le due parti dell'apparecchio.

**Fig. 3.** — Nuova disposizione dell'apparecchio che si presta alle applicazioni della cronofotografia (Scala 1/10).  
L'obiettivo, il diaframma, il pannello di gomma e il pannello di metallo sono riuniti con un soffietto. La parte posteriore scorre sopra una guidovia per mezzo di un bottone a cremagliera secondo i bisogni della messa in fuoco.



L'obiettivo che si adopera deve essere sempre contenuto in una cassetta tagliata al disotto (fig. 4)

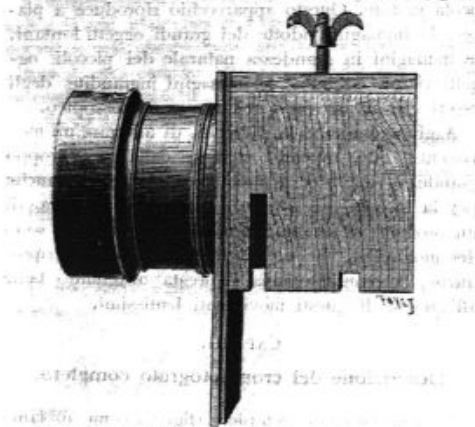


Fig. 4. — Obiettivo fotografico in parte racchiuso nella sua cassetta. La tavoletta posta in avanti entra in una scanalatura del corpo anteriore dell'apparecchio. La fessura posta al di sotto della cassetta lascia passare i dischi otturatori.

e che scorre in una apertura del corpo anteriore dell'apparecchio che ricopre esattamente. La fessura posta al di sotto della cassetta, taglia in due l'obiettivo perpendicolarmente al suo asse ottico principale e lascia passare i dischi forati che producono girando delle intermittenze nella produzione della luce. Il soffietto si adatta per una delle sue estremità alla cassetta dell'obiettivo mentre l'altra incollata sul corpo anteriore si trova colla sua larga apertura in rapporto sia col telaio a vetro smerigliato (fig. 5) sia col telaio negativo fotografico (fig. 6).

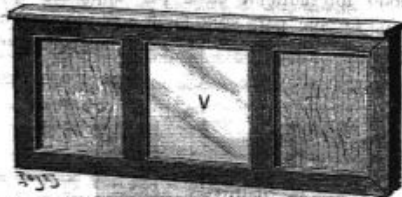


Fig. 5. — Telaio con vetro smerigliato V per la messa in fuoco nella cronofotografia su lastra fissa.

I soli pezzi che meritano una descrizione speciale sono i *dischi otturatori* e l'*albero* che serve a trattenere loro il movimento.

I dischi otturatori girano in senso contrario l'uno contro l'altro; l'incontro delle aperture di cui sono muniti produce il lampo di luce. Questa disposizione permette di usare di dischi di piccolo diametro e quindi di ridurre assai le dimensioni dell'apparecchio. Esso, infatti, non oltrepassa il volume usuale

di una camera 18 per 24. Quanto all'albero che fa girare i dischi esso riceve il suo movimento da alcuni rotelli mossi da una manovella che non occorre descrivere ora; questo albero viene fissato dall'altra parte all'asse dell'otturatore rotativo. Ora nella messa in fuoco, l'allungamento deve variare, ed i due corpi dell'apparecchio allontanarsi più o meno l'uno dall'altro: occorre dunque che l'albero si accomodi a questi cambiamenti di lunghezza: perciò è formato da tubi quadrati scorrenti a sfregamento l'uno nell'altro. Questa disposizione si presta a tutte le applicazioni della cronofotografia su lastra fissa, come si vedrà più innanzi.

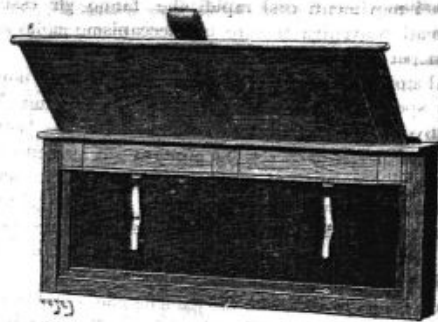


Fig. 6. — Telaio negativo con imposta sollevata nella cronofotografia su lastra fissa.

**B. Apparecchi che servono alla cronofotografia sopra pellicola mobile.** — Si è visto che se l'oggetto da studiarsi eseguisce dei movimenti sul posto o che, presentando una grande superficie, si sposta con poca velocità, non si può ricorrere alla cronofotografia su lastra fissa perchè le immagini si confonderebbero per sovrapposizione. Bisogna allora ricevere queste immagini sopra una lastra che si sposta presentando successivamente al fuoco dell'obiettivo le differenti parti della sua superficie. Noi adoperiamo a tal uopo delle lastre flessibili (*plaques souples*) o pellicole tagliate a lunghe strisce e montate sopra bobine.

La striscia pellicolare deve scorrere molto presto per ricevere in un dato tempo un gran numero di immagini senza che le dimensioni di queste immagini siano troppo ridotte; essa deve ad ogni posa fermarsi un istante, altrimenti le immagini ottenute mancherebbero di nettezza; bisogna che questa striscia sensibile possa essere introdotta nell'apparecchio e ne possa essere ritirata senza subire l'azione della luce; infine per utilizzare meglio la pellicola occorre che fra due illuminazioni successive ne passi avanti la quantità rigorosamente necessaria per ricevere una immagine. Ecco le disposizioni che realizzano queste condizioni multiple.



Riprendiamo la descrizione dell'apparecchio cronofotografico al punto dove l'abbiamo lasciata.

Il telaio negativo che porta la lastra fissa deve essere tolto poichè non deve ricevere le immagini. Al suo posto si introduce una tavoletta forata con una *finestra di ammissione* (fig. 7) la cui larghezza

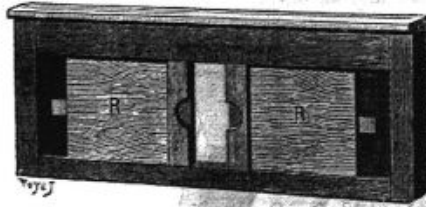


Fig. 7. — Finestra di ammissione da sostituirsi al telaio fotografico quando si opera sopra una pellicola che si svolge. La larghezza della finestra si regola facendo scorrere le imposte R secondo la dimensione che deve avere l'immagine.

regolabile a volontà, è giusto eguale a quella che deve presentare ciascuna delle immagini. A traverso questa finestra la luce penetrerà nella camera delle immagini in cui troverà la pellicola mobile che un roteggio, in movimento d'orologeria fa svolgere e fa passare da una all'altra bobina.

Ritorniamo più tardi nella disposizione di queste bobine perchè esse costituiscono l'organo essenziale che permette di caricare e scaricare l'apparecchio in piena luce.

Le bobine (fig. 8) hanno 9 centimetri di



Fig. 8. — Due bobine di metallo destinate a svolgere la pellicola sensibile. Queste bobine sono poste in senso contrario l'una all'altra; le lettere H e B indicano l'alto e il basso.

altezza (1). Una striscia di carta forte ed opaca larga 9 centimetri e lunga parecchi metri si arrotola sopra una bobina di cui riempie il cavo. Ora, al pari di questa striscia di carta si avvolge anche la striscia di pellicola sensibile che dovrà ricevere le immagini. Ecco come si procede per arrotolarla.

La striscia di carta opaca essendo, ad esempio, di un metro più lunga di quella di pellicola, si co-

(1) Le bobine sono metalliche. Due fondi uno superiore, sottile, l'altro inferiore, spesso, sono saldati ai capi di un tubo di metallo leggero. Un foro praticato al centro dei due fondi lascia passare un asse verticale fissato nell'interiore della camera. Una corona di piccoli buchi forati nella fascia inferiore della bobina serve a farla camminare; quando una caviglia piantata in un disco girevole penetrerà in uno di questi fori, il disco trascinerà seco nel suo movimento rotativo la bobina.

mincia dall'avvolgere sull'asse della bobina soli 50 centimetri di carta; quindi si applica sulla carta la striscia pellicolare collo strato sensibile in fuori, e si arrotolano ambedue sulla bobina serrandole con forza. Quindi alla fine della striscia pellicolare si fissa questa estremità sulla striscia di carta opaca con un pezzetto di carta gommata come quella dei francobolli; si finisce di avvolgere i 50 centimetri di carta che ancora restano e si stringe il tutto con un elastico di caoutchouc. Questa operazione si eseguisce, ben inteso, nel laboratorio fotografico e alla luce rossa.

Per far vedere che una bobina è caricata si fa scorrere sotto la striscia di caoutchouc un pezzetto di carta bianca per segnale che cadrà da sé al momento dell'uso e che quindi non si troverà più sulle bobine che sono state impressionate. (1)

Ecco dunque la nostra superficie sensibile ben protetta contro l'azione della luce: si deve ora pensare ad introdurla nell'apparecchio.

Prendiamo una bobina carica M (fig. 9) o bobina

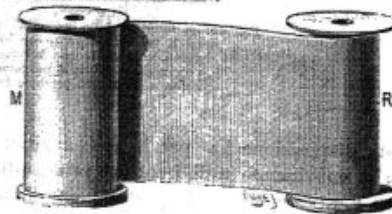


Fig. 9. — Bobina magazzino caricata M: si svolge l'estremità della striscia di carta che la ricopre per avvolgerla in contrario sulla bobina ricevente.

magazzino, svolgiamo i primi giri della carta che la ricopre ed avvolgiamo questa estremità sopra una seconda bobina R, in senso inverso dell'avvolgimento adoperato per M: in modo che passando da una bobina all'altra la striscia di carta assuma la forma di un S. Apriamo allora la camera delle immagini (fig. 10) noi vi troveremo due assi verticali uno dei quali, a sinistra, riceve la bobina magazzino, mentre quello di destra è destinato alla bobina ricevente R. Due rulli compressori esercitano una pressione elastica sulle bobine per garantire un regolare avvolgimento o svolgimento della striscia. Quanto alla striscia, poi, la si introduce in una fessura verticale (secondo la linea punteggiata) ove subirà l'azione di certi organi che ora descriveremo: il laminatoio, il fissatore, ed infine la molla elastica.

Desidero le immagini

(1) Quando si lavora su pellicole molto lunghe, siccome sarebbe d'impaccio l'avere un'eguale lunghezza di carta si riduce questa a due corte strisce che si attaccano alle due estremità della pellicola. Queste strisce di carta sono tagliate a punta alla loro estremità libera; si introduce questa nella fessura longitudinale dell'asse della bobina al momento in cui si procede all'avvolgimento.

**Laminatoio.** — Esso è formato di un cilindro motore L (fig. 10) in legno duro coperto di caoutchouc sul quale si ripiegano le strisce di carta e di pellicola, nel loro cammino da una all'altra bobina. È l'organo motore della pellicola. Per farla funzionare si appoggia sopra uno scatto che attira all'indietro una molla che si carica in un istante.

bassa un rullo compressore elastico analogo a quelli che comprimono le bobine ma più forte.

Finché il compressore non è abbassato e non scatta la pellicola, il laminatoio gira liberamente scorrendo dietro la striscia che lo ricopre; ma quando il compressore agisce la striscia è trascinata nel movimento.

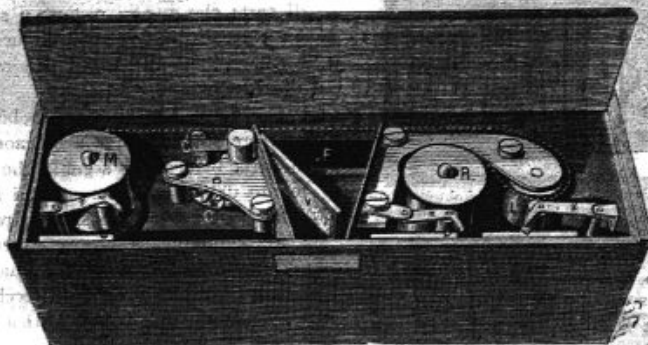


Fig. 10. — Camera delle immagini, il cui coperchio è sollevato. M, bobina o magazzino ed R bobina ricevente nel loro assi; r r r piccoli rulli compressori che comprimono la striscia nella bobina. V vetro smerigliato girevole a cerniere. Una linea punteggiata indica il percorso della striscia e della pellicola. C C fissatore e sua ruota a denti che produce le fermate intermittenti della striscia.

Questa disposizione ha per scopo anzitutto di mettere in movimento tutti i rotelli prima di cominciare l'esperimento e di portarli gradatamente alla loro velocità uniforme; a partire da questo istante l'operatore è pronto ad afferrare le immagini non appena il soggetto si presenterà in condizioni favorevoli.

La bobina ricevente R come abbiamo detto è posta sopra una asse verticale.

Questo gira su se stesso e dovrà trascinare seco questa bobina non appena funzionerà il laminatoio; in tal modo la pellicola si avvolgerà di mano in mano che avrà ricevuto delle immagini. Ma fino a che non funzioni il laminatoio, la bobina R non deve girare perché non è ancora giunto il momento per avvolgere la pellicola. L'asse dunque girerà solo producendo però uno sfregamento che tende a trascinare la bobina ma non la trascinerà effettivamente che al momento in cui il laminatoio entrerà in funzione. Questo risultato si ottiene col mezzo di una cricca; questo organo mantiene immobile la bobina fino al momento in cui il compressore del laminatoio si abbassa.

È pure necessaria un'altra condizione nel movimento nella bobina R, bisogna che questa bobina avvolga la striscia di mano in mano che si svolge dal laminatoio senza essere né in ritardo né in anticipazione. Ora l'aumento continuo del diametro

della bobina, a misura che essa riceve un maggior numero di giri della striscia, avrebbe prodotto un avvolgimento irregolare.

L'uniformità dell'avvolgimento si ottiene naturalmente colla condizione già indicata cioè che l'asse che tende a trascinare la bobina giri a sfregamento nel suo interno. Ne viene che la striscia non è mai trascinata con tanta forza che basti a vincere a resistenza del laminatoio.

(Continua)

E. J. MAREY  
dell'Accademia delle scienze.

## BIBLIOGRAFIA

Dal signor Tournois abbiamo ricevuto il suo opuscolo *La phototypie pour rien* edito a Seeaux, che in forma elementare, senza troppo tecnicismo, si rivolge a tutti i dilettanti, i quali stanchi di dover maneggiare le usuali carte sensibili, e di veder dei fototipi alterati dal tempo malgrado tutte le cure ed avvertenze possibili, o di spendere non poco nei processi nuovi di stampa, intendono avere delle fotocopie belle, artistiche, durature ed economiche. È un libretto che ha il merito di essere semplice e di dare il mezzo più sicuro e meno



costruirsi un fotometro ed adoperarlo, e del quale mi servo io con successo.

Si pigli una tavoletta piuttosto sottile di un quindici cm. di lunghezza e cinque di larghezza e si facciano in essa dieci fori rotondi alla distanza di un centimetro l'uno d'altro, si ricoprano questi fori dalla parte posteriore della tavoletta con carta lucida piuttosto trasparente in modo che il primo foro sia chiuso da una sola grossezza di carta e poi aumentando sempre di un numero dei foglietti sovrapposti finchè l'ultimo ne abbia dieci. A questa tavoletta se ne congiunga un'altra di eguale grandezza mediante due cerniere messe in modo che le due tavolette formino un sistema come due pagine di un libro e che all'occasione possano fermarsi insieme con qualche gancetto.

Ecco ora il metodo per adoperare questo piccolo strumento, si scelgono tre negativi di forza differente, uno piuttosto trasparente, un altro un poco più vigoroso ed un ultimo piuttosto forte e si stampino sopra tre pezzi di carta al carbone sensibilizzato in un bagno di bicromato al 3-00. L'esperienza si farà in una giornata di bel tempo alla luce diffusa, il primo si esporrà per 8 minuti primi, il secondo per 12 ed il terzo per 16. Contemporaneamente si metterà un pezzo di carta all'albumina sensibile (1) tra le due tavolette dell'attinometro, si chiuderanno queste ultime e si esporrà il tutto alla luce facendovelo restare esattamente un minuto, dopo il quale si toglie dalla luce il piccolo apparecchio e apertolo si vede quanti fori si siano impressionati: diremo che nel tempo in cui si fa l'esperienza la luce tiene una forza chimica di tanti gradi quanti sono i dischetti anneriti. D'altra parte svilupperemo nel modo, che dirò in appresso, le tre prove, e nel caso che qualcuna di esse venga più o meno forte del necessario diminuiranno o aumenteranno la posa in una seconda esperienza fino a raggiungere il giusto tono. Su ciascuno dei tre negativi allora incolleremo un pezzetto di carta sul quale sia scritto il coefficiente attinometrico osservato ed il tempo di posa, che è stato necessario in quelle condizioni di luce. Tali

(1) La carta attinometrica si prepara immergendo una buona carta fotografica prima in una soluzione di cloruro d'ammonio al 2 p. 100 e poi per tre minuti in un bagno d'argento così preparato: Acqua distillata 100 c. c., nitrato d'argento cristallizzato 15, Acido citrico 6.

negativi li conserveremo con cura, poichè serviranno come termini di paragone in tutti i lavori, che potremo fare in seguito.

Supponiamo ora che tenessimo un negativo da dovere stampare col metodo cromatografico e che quindi si abbia bisogno di determinare il tempo di esposizione; si mettano i tre negativi tipi l'uno appresso l'altro sopra un lettorino provvisto di vetro smerigliato, e si compari il nostro fototipo con ciascuno dei tre; poniamo che in forza si assomigli al secondo: allora determinato col metodo usato precedentemente il coefficiente attinometrico nel momento nel quale vogliamo dar l'esposizione, con un semplice calcolo ricaveremo il tempo di posa.

Chiamiamo infatti con  $a$  il coefficiente fotometrico osservato nella esperienza campione e con  $A$  il tempo di posa relativo al negativo, a cui si avvicina di più il fototipo da stampare, con  $b$  il coefficiente fotometrico nel momento dell'operazione; vuol dire che luce in questa seconda esperienza è diminuita per una frazione di  $a$  rappresentata da  $\frac{a-b}{a}$ : il tempo di posa dovrà quindi essere aumentata di una frazione di  $A$  pari ad  $\frac{a-b}{a}$ , avremo quindi pel tempo di posa dopo le riduzioni il seguente valore:

$$t = A \frac{2a-b}{a}$$

formola generale con la quale può calcolarsi il tempo di esposizione per qualunque negativo.

Parmi che con questo procedimento la questione, che tanto impensierisce coloro che muovono i primi passi nel processo al carbone si riduca ad un'unica determinazione sperimentale, se volete un po' impicciosa, ma che fatta una volta resta fatta per sempre.

FRANKLIN COLAMONICO.

(Continua)

## LA CRONOFOTOGRAFIA (1)

Eccoci dunque già in grado di produrre le seguenti azioni: La pellicola ed il suo supporto in carta essendo messi a posto, possiamo dare al meccanismo dell'apparecchio una rotazione rapida. I dischi forati fanno ad esempio dieci giri per secondo ed il laminatoio ne fa altrettanti. Ad un dato

(1) V. i numeri precedenti. Riproduzione riservata.



momento si preme sul bottone che sormonta al coperchio della cassetta da immagini; il compressore del laminatoio si abbassa e nello stesso momento la bobina ricevitrice è libera. Allora la carta viene avvolta e tutta intera la striscia passa da una bobina all'altra nello spazio di uno a due secondi.

**Fissatore.** — Se si operasse col sistema dianzi descritto, si ricevessero delle immagini sopra una superficie in movimento e nessuna di queste immagini sarebbe netta. È necessario che la striscia pellicolare si fermi al momento della illuminazione, del lampo luminoso.

Non potevasi affatto pensare ad una fermata nei rotoggi animati dalla grande velocità di cui abbiamo parlato; ma era invece possibile fermare la sola pellicola. Ecco la disposizione all'uso adottata:

Al momento in cui la striscia pellicolare sortendo dalla bobina M si interna nello stretto spazio in cui sfilava all'obiettivo per ricevere delle immagini, questa striscia passa dinanzi ad un organo chiamato *fissatore*. Esso è formato da un mezzo cilindro di acciaio (C' fig. 11) mantenuto vertical-



Fig. 11. — Fissatore C' della figura precedente rappresentato solo coi suoi denti O. Striscia pellicolare p che il fissatore comprime contro la parete della camera da immagini ogni volta un dente passa sul rullo.

mente da due lamine a molla che lo comprimono dolcemente contro la faccia posteriore della pellicola p che si muove così leggermente stratta fra quest'organo e la base del rotoggio. Questa leggera pressione non disturba il percorso della pellicola, ma essa si fermerà immediatamente se il fissatore è fortemente spinto contro la base. Questo effetto si ottiene per mezzo di un dente la cui azione si produce per un tempo brevissimo e precisamente al momento dell'ammissione della luce nell'istrumento. La pellicola dunque sarà perfettamente fissa al momento di ogni posa.

Ecco come è costruito il *fissatore*: È una porzione di un cilindro di acciaio per applicarvi un galletto cilindrico sul quale passerà un dente al momento dell'illuminazione. Ora la pressione di questo dente contro il cilindro lo fa piegare nella sua parte mediana e flessibile perchè vuota ma colle sue estremità comprime fortemente la striscia pellicolare contro la parete dell'apparecchio. Si può graduare questa pressione e considerare come buona quella che permette di tirare con uno sforzo di 2 a 3 chg. sopra una striscia di carta chiusa nel fissatore senza che essa si muova. La costruzione dei denti presenta alcune particolarità. Ogni dente è d'acciaio, è tagliato a forma di virgola e chiuso da una vite che lo attraversa. Il dente è mobile e può ora nascondersi nell'interno del disco che lo porta ora sporgere fuori in modo da urtare nel galletto e a far chiudere la striscia dal fissatore.

**Lamina elastica.** La striscia pellicolare energicamente trascinata dal laminatoio e d'altra parte fermata a scatti dal *fissatore* dovrebbe necessariamente rompersi o strisciare nel laminatoio. Per evitare questi accidenti si ricorre ad una disposizione che ha per effetto di far variare la lunghezza del percorso della striscia fra il laminatoio ed il fissatore. Questo si ottiene con una lamina a molla sulla quale la pellicola si ripiega nel suo percorso. Così nel momento in cui si ferma la striscia, il laminatoio continua la sua azione e trascina seco la pellicola che cede, facendo piegare la lamina elastica; poi quando non occorre più fermarla, il distendersi della lamina tira la pellicola che si rimette a correre con moto uniforme. Senza entrare nei dettagli del rotoggio che guida i pezzi da noi descritti diremo che il laminatoio, il dente del fissatore ed i dischi otturatori girano con pari velocità; che si stabilisce la coincidenza dei lampi luminosi, cogli arresti della pellicola, in modo che queste diverse azioni sieno automaticamente coordinate fra loro.

**Numero, dimensioni ed intervalli delle immagini.** — È una manovella che fa muovere il rotoggio. Un giro di essa produce 5 giri del disco otturatore o del laminatoio e potendosi fare facilmente due giri di manovella a mano per secondo si otterranno così 10 immagini. Questo movimento dell'apparecchio dà delle immagini di grande formato ciascuna delle quali corrisponde al perimetro intero del cilindro laminatoio, cioè 9 cm.; e siccome la striscia è alta pure 9 cm. ogni immagine sarà 9 X 9. Ma in molti casi si può accontentarsi di una superficie



meno estesa e si ottengono allora 2, 3 o 6 immagini per ogni giro del laminatoio ciò che ne porta il numero a 20, 30 o 60 per secondo. Basta in tal caso mutare il numero dei denti dell'organo fissatore ed in pari tempo il numero delle finestre del disco otturatore. Con due denti e due lampi di luce si ha 1 immagine da ogni  $1\frac{1}{2}$  giro del laminatoio; la lunghezza è di 4  $\frac{1}{2}$  cm. Tre fermate e tre lampi per giro del laminatoio danno delle immagini di 3 cm.; 6 fermi e 6 lampi riducono le immagini a 1  $\frac{1}{2}$  cm. Con un po' d'abitudine si riesce a regolare benissimo il movimento della manovella ed ottenere così ad ogni secondo un numero di immagini sensibilmente costante. Ma siccome questa approssimazione non basterebbe per le misure precise che richiede una esperienza scientifica, se si voglia conoscere rigorosamente il numero delle immagini per secondo, si controlla il numero dei giri del disco coi processi ordinari della cronofotografia (1). La regolarità nell'andamento dell'apparecchio, poi, è assicurata dalla massa dei dischi roteanti che girando con una grande velocità, formano un ottimo regolatore.

## CAP. IV.

## Esperienze.

Quando si vuol prendere una serie di immagini sopra una striscia pellicolare, si eseguisce la messa a fuoco sul vetro spulito posto nella cassetta a immagini e che girando a cerniera si pone al posto stesso per cui passerà la pellicola sensibile (2). Dopo aver girato il vetro spulito, si carica l'apparecchio introducendovi le due bobine, come abbiamo già detto. Si chiude la cassetta a immagini e si gira la manovella. Quando il rotiggio ha raggiunto la velocità voluta, se l'oggetto in esperienza si mostra in condizioni favorevoli si preme sul bottone che mette in moto il laminatoio; la pellicola passa e riceve le immagini. Le più lunghe pellicole che il commercio fornisca oggi hanno circa 4 m. di lunghezza e passano in 4"  $\frac{2}{3}$ . La bobina ricevitrice si ritira dalla cassetta e si conserva fino a che dovrà essere sviluppata.

Alcuni hanno creduto che fosse inutile ricorrere ad una costruzione tanto complicata per ottenere le fermate della pellicola, e dissero che con delle

illuminazioni cortissime la traslazione della pellicola sensibile era minima. Sarebbe facile provare col calcolo che durante la illuminazione la pellicola avanza di una quantità tale da togliere alle immagini quella nettezza che loro dà un valore. È più semplice e più convincente forse il mostrare con una esperienza che senza formato non si hanno buone immagini. Infatti regoliamo l'apparecchio in modo da avere due immagini per ogni giro di laminatoio: cioè riduciamo la finestra d'ammissione alle dimensioni volute e produciamo due coincidenze nelle finestre del disco otturatore; ma invece di regolare il fissatore per due fermi ad ogni giro, mettiamo un solo dente fuori. Ne verrà forzatamente che di due immagini successive una si farà sulla pellicola ferma, l'altra sulla pellicola in moto. Allo sviluppo di queste immagini si constaterà a colpo d'occhio che solo quelle ottenute durante le fermate hanno i contorni perfettamente netti.

## CAP. V.

## Disposizioni diverse dell'apparecchio secondo la natura del soggetto che si studia.

Abbiamo visto la disposizione dell'apparecchio per la cronofotografia su striscia mobile; ci resta da indicare ora il modo di applicare tale metodo secondo la natura del soggetto che si studia.

**A Disposizioni da darsi alle immagini sulla striscia pellicolare.** — Quando il cronofotografo funziona nella sua posizione normale, cioè riposa sulla sua base, dà delle immagini che si seguono in serie orizzontale da sinistra a destra. La fig. 12 mostra dodici di queste immagini in cui si possono seguire le fasi del movimento di un'onda che colpisce una roccia: l'onda da prima monta e copre di schiuma questa roccia poi si ritira e la agitazione del mare si calma a poco a poco (3).

Per studiare i fenomeni di questo genere il miglior mezzo per rendere sensibile il movimento si è quello di riprodurlo sinteticamente col *zootropio*. Tutti conoscono la bella invenzione del Plateau che applicando alla circonferenza di un disco di cartone una serie di immagini rappresentanti le fasi successive di un movimento, riproduceva per l'occhio l'apparenza di tal movimento facendo girare il

(1) V. *La Méthode graphique* p. 133.

(2) Per maggior precisione la messa a fuoco deve farsi con una lente per mezzo di un foro posto nella parte posteriore della cassetta e che si chiude con una lamina di metallo.

(3) Non si può seguire che una piccola parte del fenomeno nel numero limitato di lui presentato dalla figura; si è anzi dovuto ridurre assai per comprenderla nella pagina. Nella loro dimensione vera (9 X 9) queste immagini erano nettissime e potevano sopportare un ingrandimento di 4 diametri senza perdere sensibilmente di nitidezza.

disco di fronte ad uno specchio nel quale si guardavano le immagini a traverso piccole fessure poste nella circonferenza del cartone. Plateau diede il nome di *Fenakisticopio* a questo strumento che rimase per lungo tempo un giocattolo scientifico. Da qualche anno si venne dando al fenakisticopio una nuova disposizione che ne fanno l'uso più comodo; quella nota col nome di *zootropio* si presta benissimo allo studio dei movimenti ottenuti su strisce pellicolari.

La striscia di carta sensibile che ha ricevuto le immagini positive si applica all'interno di un cilindro vuoto e porta alla sua circonferenza le fessure per le quali l'occhio vede succedersi le immagini mentre il cilindro gira sull'asse.

Si sa che basta una decina di immagini successive per secondo perchè l'occhio provi la sensazione di un movimento continuo. Ora siccome la cronofotografia può dare da 40 a 60 immagini per se-

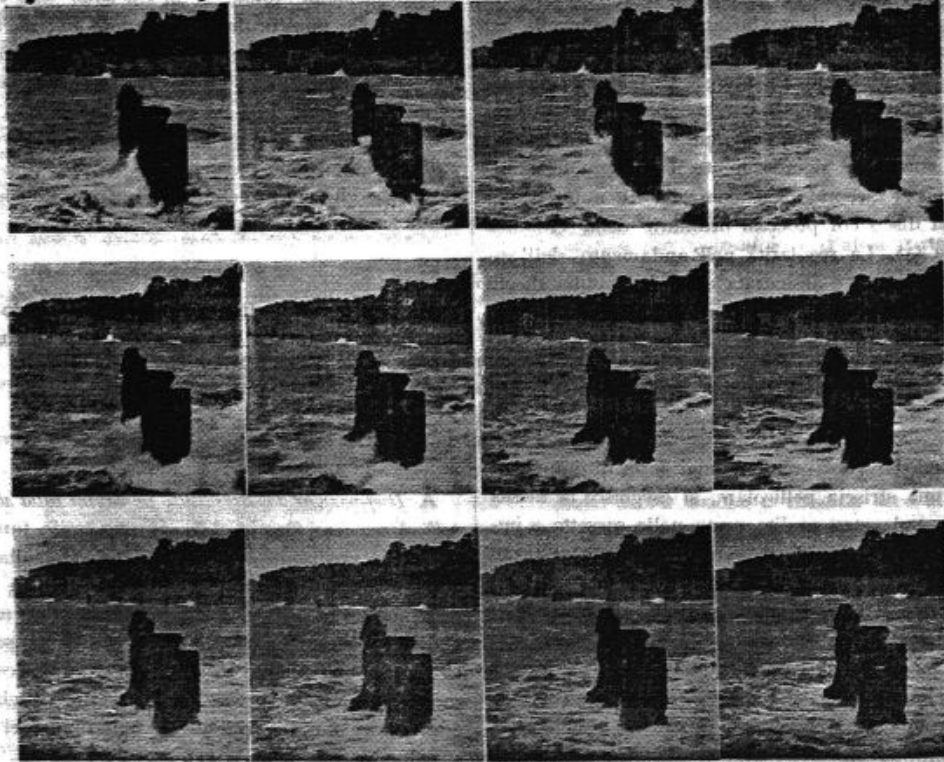


Fig. 12. — Fasi successive del movimento di un'onda che va a colpire una roccia. (Ridotto a 1/10).

condo, facendo girare una tale striscia nel zootropio in ragione di 10 immagini per secondo si ottiene la sensazione del movimento rallentato da 4 a 6 e perciò più facile da seguire in tutte le sue fasi. Questo metodo ci servì alcuni anni or sono per l'analisi del moto nel volo degli uccelli (1). Per l'analisi delicata d'un movimento tale metodo non basta; composta delle incertezze inseparabili dalle sensazioni subiettive, è dunque inferiore alla cro-

(1) V. Marry. *Le vol des oiseaux*. Masson edit. Parigi 1889.

nofotografia su lastra fissa che dà direttamente (fig. 13) lo schema geometrico del movimento stu-

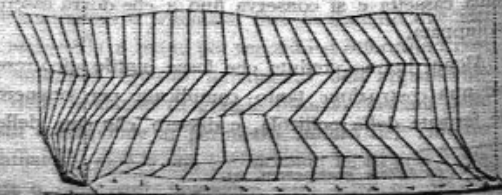


Fig. 13. — Schema cronofotografico e geometrico su lastra fissa.



diato. Ora è possibile di ricondurre la seconda forma di cronofotografia alla prima, cioè di riportare sopra una stessa superficie le immagini ottenute sopra superficie differenti. Vi si arriva, in certi casi, sovrapponendo i fototipi trasparenti, altre volte con una serie di decalchi successivi, oppure con serie

alto cioè nel loro ordine naturale, queste figure mostrano anzitutto che il cavallo si avvanza gradualmente verso la destra della figura e colla scala metrica permettono di apprezzare il valore di questo spostamento durante ogni  $\frac{1}{18}$  di secondo. Esse mostrano pure, per ogni membro, le fasi del suo mutamento di attitudine sia nel periodo di appoggio che in quello della levata. Per ottenere sulla striscia pellicolare questa disposizione di immagini in serie verticale, basta inclinare l'apparecchio da un lato; la corsa della striscia pellicolare ed il suo passaggio da una bobina all'altra si fanno verticalmente.

**B. Frequenza delle immagini.** — Secondo la velocità del movimento che si analizza si deve far variare la frequenza delle immagini; ne occorrono generalmente 10 almeno per la durata di un atto completo per farne comprendere le fasi. E così per analizzare il colpo d'ala di un uccello se questo atto dura  $\frac{1}{5}$  di sec. le illuminazioni, e perciò le immagini, devono essere 40 per secondo. Il passo di un uomo, che è più lento, non esige che 10 immagini per secondo. Per atti più lenti ancora bisogna dare un'intervallo maggiore. Così un'asteria posta sul dorso nel fondo di un acquario mette circa dieci minuti a rivolgersi. Finalmente lo sbocciare di un fiore se richiede 10 ore per prodursi permette un'intervallo di 24 minuti fra due immagini successive.

La manovella posta dietro l'apparecchio dà al roteggio un movimento rapidissimo; sarebbe difficile girarla molto lentamente per ridurre la frequenza delle immagini al disotto di 1 per secondo; e quindi si procede diversamente quando vi deve essere un lungo intervallo fra due illuminazioni successive. L'asse dei dischi otturatori si prolunga avanti all'apparecchio in forma di quadrato su cui si adatta la manovella. Questa ad ogni giro non dà che un giro del disco; è dunque facile il ridurre a piacere la frequenza dalle immagini facendo fare alla manovella 1 giro ogni secondo, ogni minuto, ogni ora. Nel caso in cui le immagini devono esser prese a lunghissimi intervalli, invece di girare la manovella a mano si può supplirvi benissimo con un roteggio ausiliare.

**C. Durata delle illuminazioni.** — La durata delle illuminazioni presenta un rapporto naturale colla frequenza delle immagini; ciò risulta della stessa costruzione dell'otturatore. Infatti se il grande disco ha 1 m. di circonferenza e le finestre 1 cm. di diametro, la coincidenza delle finestre produrrà l'il-



Fig. 14. — Serie di fasi dell'andatura di un cavallo al passo; le immagini si succedono dal basso in alto.

di operazioni del genere di quelle che F. GALTON ha chiamato *fotografie composite*. In un gran numero di casi, per rendere le fasi del movimento ben intelligibili, basta disporre le immagini in senso verticale. È ciò che abbiamo fatto per i movimenti del cavallo al passo (fig. 14). Lette dal basso in



luminazione per  $\frac{1}{100}$  circa del giro del disco (1). Ora a misura che il disco girerà più rapidamente, questa durata assoluta di illuminazione diverrà più breve; con 1 giro di disco per secondo si avrà una immagine con posa di  $\frac{1}{100}$  di sec.; con 2 giri 2 immagini con posa di  $\frac{1}{100}$  di sec.; con 10 giri 10 immagini con posa di  $\frac{1}{100}$  di sec. Questa naturale relazione tra la frequenza delle immagini e la durata del tempo di posa è in genere vantaggiosa, talora però è utile mutare tal rapporto nell'interesse stesso delle prove fotografiche; altrimenti esse potrebbero avere dei tempi di posa troppo lunghi o insufficienti (2); vi si arriva modificando la larghezza delle finestre.

**D. Scelta degli obiettivi secondo la natura del soggetto che si studia.** — In ogni apparecchio si deve mutare obiettivo secondo le dimensioni e la distanza del soggetto che si riproduce. Tale necessità è maggiore col cronofotografo perchè esso si applica a diversi studi. Tutti gli obiettivi devono essere montati sopra una cassetta analoga a quella indicata dalla fig. 15 che permette di tagliarli alla loro parte centrale per lasciar passare i dischi otturatori per il centro stesso dell'obiettivo. Però quando la cronofotografia si applica allo studio dei movimenti nel campo del microscopio si adatterà una disposizione speciale. Ne tratteremo più innanzi a proposito delle applicazioni speciali del metodo.

In ogni circostanza e qualunque sia l'obiettivo usato, la cronofotografia può essere praticata sotto le sue due forme, cioè su lastra fissa dinanzi ad un campo oscuro, e su pellicola mobile se si tratta di oggetti che si staccano sopra un fondo illuminato.

**Applicazioni.** — Definendo la cronofotografia l'abbiamo presentata come lo sviluppo il più completo del metodo grafico e come prezioso mezzo per studiare i fenomeni nella natura. Qualunque fenomeno,

(1) Queste valutazioni sono approssimative e sarebbe ben difficile farle più esatte come lo ha dimostrato il de la Baume Pluvier.

(2) Così nel caso in cui l'intervallo delle immagini fosse di 25 metri, se i dischi otturatori girassero uniformemente la durata della posa sarebbe di più di 7 sec. Bisogna lasciar fermo il rotello nell'intervallo delle pose e girare rapidamente la manovella quando si vuol produrre una immagine. A pari velocità di rotazione nel disco la frequenza delle immagini cresce e cala a seconda che cresce e diminuisce il numero delle finestre dell'otturatore; se queste finestre conservano lo stesso diametro la durata di illuminazione non muta. Infine, a pari velocità di rotazione e a pari frequenza di immagini si cambia la durata delle illuminazioni facendo variare il diametro delle finestre. Egli è perciò che per movimenti rapidissimi, come quelli delle ali degli insetti, col mezzo di una imposta forata con una finestra, si devono trasformare le aperture dei dischi in finestre strette. In tal modo abbiamo potuto ridurre il tempo di posa ad  $\frac{1}{15000}$  di sec.

invero, consiste in una serie di cambiamenti di stato di un corpo sotto l'influenza di tale condizioni; studiare un fenomeno si è osservare successivamente la serie di questi cambiamenti e paragonarli fra loro. Occorre dire che l'insufficienza dei

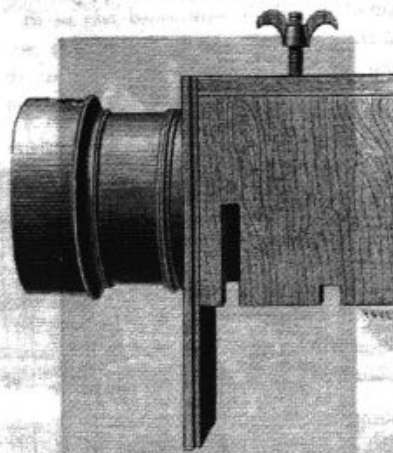


Fig. 15. — Obiettivo montato sulla cassetta con fessura per il passaggio dei dischi otturatori.

nostri sensi o l'imperfezione della nostra memoria rendono spesso diffettosi se non impossibili questi paragoni? Gli apparecchi registratori hanno in parte rimediato alle difficoltà della osservazione diretta ma non sono atti che ha casi relativamente semplici; i fenomeni che traducono devono esser prima ricondotti al caso uniforme del moto di un punto su una retta. Egli è così che le oscillazioni del termometro e del barometro si inscrivono in forma di curva sinuosa che ritrae i mutamenti di altezza della colonna, in funzioni di tempo. La cronofotografia abbraccia un campo ben più vasto. Essa non solo traduce il moto di un punto su di una retta ma gli spostamenti di tutti i punti d'un oggetto o almeno di tutti quelli che sarebbero visibili da uno stesso punto di vista, essa ritrae questi movimenti qualunque sia il senso secondo cui si effettuano.

Come le altre forme del metodo grafico, la cronofotografia segue le fasi dei fenomeni che sfuggono all'osservazione per la loro estrema lentezza come pure gli atti che sono molto rapidi; ma dove appare la sua superiorità si è quando la si applica a movimenti assai complessi. Il nostro metodo, è vero, non dà l'espressione continua dei cambiamenti che ritrae, ma le sue immagini possono essere tanto ravvicinate fra loro che con una interpolazione le-



gittima si possono sempre concepire le fasi intermedie con quelle rappresentate. Ciò che colpisce a prima vista nelle applicazioni della fotografia è la sua potenza per l'analisi degli atti rapidi. Quando si vede che le ali di un insetto che vola sono presentate come se fossero immobili, o quando si sa che per ottenere questa nettezza di immagine bisogna ridurre la durata di ogni posa ad  $\frac{1}{25000}$  o di sec. si comprende che fra gli atti i più rapidi ce ne devono essere ben pochi che resistono alla cronofotografia.

Si comprendono meno i vantaggi di questo metodo per i movimenti lenti e pure vi devono essere moltissimi fenomeni che ci sfuggono per la loro lentezza. Si può sperare che un giorno sopra immagini prese a molto lunghi intervalli seguiremo i lenti spostamenti dei ghiacciai, ed i cambiamenti della configurazione geologica di un paese; a più forte ragione le fasi assai meno lente dell'accrescimento di un animale o quello dello sviluppo di certi embrioni a traverso le loro membrane trasparenti. A tal proposito il prof. Mach ha tracciato un curioso programma di esperienze. Egli suppone che ad intervalli uguali di tempo e durante molti anni si sia raccolto il ritratto di un individuo, dall'infanzia alla vecchiaia, e che si disponga la serie delle immagini così ottenute nel fenakisticopio del Plateau; nel breve periodo di pochi secondi questa serie di mutamenti che richiesero tanto tempo per compiersi, passerà sotto gli occhi dell'osservatore; e questi in forma di un movimento strano e meraviglioso vedrà svolgersi dinanzi agli occhi tutte le fasi di una umana esistenza.

Ma torniamo alle applicazioni immediate della cronofotografia e vediamo alle prese coi problemi usuali delle scienze; sarà un campo abbastanza vasto; non potremo che sfiorarlo rapidamente cominciando dai diversi tipi della locomozione animale.

(Continua).

E. J. MAREY  
dell'Accademia di Francia.

## Per i principianti (1)

### La fotominiatura.

Dopo il fissaggio riporremo il nostro lavoro in un luogo oscuro e privo di polvere, un armadio ad esempio, e ve lo lasceremo seccare almeno per due ore, se siamo nell'inverno, ed

(1) V. i numeri precedenti.

una mezz'ora, tutto al più, se siamo in estate. Procederemo quindi a pomiciare la nostra prova fregandovi sopra per lungo e per largo, e mai in tondo, un pezzo di carta vetrata molto fine finché tutti i dettagli dell'immagine compaiano al di dietro con una eguale intensità. Questo richiede una certa abitudine e soprattutto molta cura. Se si preme un po' troppo forte rischieremmo di rompere ogni cosa, mentre fregando delicatamente giungeremo presto ad un buon risultato pur evitandoci quella complicazione di dover mettere qua un po' di liquore trasparente, là un altro, secondo che la carta è più spessa nel primo posto o più sottile nel secondo. Il *liquore trasparente* (1) si stende sia col dito sia col pennello; in quest'ultimo caso bisogna destinarne uno a questo uso esclusivo. Se ne mette da prima uno strato, e due o tre ore dopo, quando il liquido è stato assorbito dalla carta se ne mette un secondo ed anche uno terzo strato secondo che i dettagli della fotografia sono venuti più o meno netti.

Terminate queste manipolazioni rimetteremo il nostro futuro capolavoro nell'armadio o in qualunque altro posto che ci sembri conveniente per ripararlo dalla luce e dal contatto dell'aria, e, secondo la stagione, lasceremo passare uno o due giorni prima di ricoprirlo col *preservativo* (2) destinato a difenderlo per sempre da questi inconvenienti. Questo preservativo si applica nello stesso modo del liquido trasparente, col dito o con un pennello speciale, in uno strato unico e molto sottile, ma per quanto breve sia questa operazione converrà lasciar passare ancora uno o due giorni prima di poter pensare a colorire la nostra fotografia.

### Pittura.

Saremo ben impazienti, dopo questi quattro giorni di aspettativa, ma cercheremo di avere tutto il nostro sangue freddo pensando che

(1) Vi si può sostituire l'essenza di spigo mista ad olio e balsamo del Canada.

(2) Vi si può sostituire una vernice positiva qualunque.



L'illustre prof. Vidal, nome caro a quanti si occupano di fotografia per i molteplici ed indefessi studi a cui si è dedicato da moltissimi anni e che meritamente gode la stima universale per la sua dottrina e per la sua inesauribile attività, si è compiaciuto di inviarci con una dedica affettuosa la Sua interessantissima memoria *Procédé de projections polychromes à l'aide de dispositifs non colorés*.

L'egregio professore da lunghi anni combatte sempre per la stessa idea basata sui principii dati dal Ducos du Hauron (a torto dimenticato oggi) e dal Cros fino dal 1869 e ripresa oggi con molto interessamento in America dal professore Ives come cosa nuova, dallo Scott e da altri in Inghilterra, come pure dal celebre Lippmann in Francia.

Le esperienze pubbliche fatte dal prof. Vidal nel febbraio e nel marzo di questo stesso anno al Conservatorio delle arti e mestieri al *Photo Club* e alla Società francese di fotografia sono troppo recenti e riescono troppo concludenti per essere dimenticate. L'opuscolo ora edito però fa bene a ritornare sull'importante argomento, per tener desta l'attenzione dei cultori di fotografia, per spronarli alla ricerca delle perfezioni da arrecarsi ai futuri cromogrammi e per dimostrare anche ai profani che il metodo preconizzato da prima in Francia ed ora trasportato in America o altrove è il solo forse da cui si possa attendere qualche buon risultato pratico.

Come si sa il prof. Vidal fa tre fototipi negativi di un oggetto colorato con lastra usuale, il primo per le radiazioni azzurre e violette, su lastra resa ortocromatica al giallo e al verde e con uno schermo giallo il secondo, e su lastra sensibile al rosso e al giallo, e con uno schermo rosso aranciato per il terzo. Fatte le diapositive si introducono in tre apparecchi di proiezione diretti sopra uno stesso punto ma muniti di vetri colorati. Per il diapositivo ottenuto col 1° fototipo sopraindicato si userà un vetro azzurro-violetto, per il 2° un vetro verde, per il 3° un vetro giallo-aranciato. Queste tre proiezioni danno sullo schermo una immagine colorata di tutte le tinte dell'originale in modo meraviglioso.

L'opuscolo elegantemente stampato è ornato da tre tavole in fotocolografia ed in cromotipia rese stupendamente dal celebre Stabilimento Royer di

Nancy. E non si trattava certo di una tiratura qualunque dappoiché una tavola necessitò sei impressioni in colori di cui tre a punteggiatura.

All'illustre Vidal, al dotto direttore del *Moniteur de la photographie* desideriamo il sollecito raggiungimento dell'ideale a cui tanto nobilmente si è dedicato.

Dr L. G.

## LA CRONOFOTOGRAFIA <sup>(1)</sup>

CAP. VI.

### Locomozione terrestre

#### Movimenti dell'uomo e dei quadrupedi

1.° *Movimenti dell'uomo.* — Fino dal XVII secolo il Borelli dimostrò ai fisiologi che le leggi della meccanica da poco scoperte da Galileo, si applicavano agli esseri viventi; la sua analisi dei movimenti degli animali è molto sagace. Però la mancanza dei mezzi esatti per misurare il tempo, lo spazio e le forze non ha concesso al dotto professore di Napoli di risolvere i problemi molteplici della meccanica animale. Al principio del nostro secolo i fratelli Weber, potendo disporre di strumenti meno imperfetti, diedero alcune nozioni più esatte sulla locomozione dell'uomo; ma se si considera quanto complesso sia il soggetto si comprende la insufficienza dei mezzi di analisi adoperati fino ad ora. La cronofotografia traduce nel modo il più preciso ed in tutti i suoi dettagli i movimenti dell'uomo che cammina, corre, salta, o si dà a diversi esercizi corporali.

A. *Cinematica della locomozione dell'uomo.* — Riportiamoci alle figure che rappresentano su lastre fisse le immagini successive di un camminatore e quelle di un corridore. Su queste figure si possono seguire le principali fasi dei movimenti; essi esprimono, meglio di qualunque lingua, i caratteri propri ad ogni andatura. Così guidandosi sopra queste immagini è facile imitare il modo di camminare e di correre del soggetto che servi da modello, di riprodurre il suo modo di stendere o di ripiegare le gambe, di oscillare le braccia, di posare il piede sul suolo o di staccarlo. Sarebbe ben difficile imitare questi stessi atti cercando di prenderli dallo stesso modello perchè, specialmente se cammina ra-

(1) V. i numeri precedenti. Riproduzioni vietate.



pidamente, i movimenti sono troppo rapidi e sfuggono alla osservazione.

Questo insegnamento colle immagini si applicherebbe ottimamente ai diversi esercizi corporali; sotto tal punto di vista sarebbe utilissimo.

La figura 16 rappresenta un ginnasta che eseguisce un salto in lunghezza; il numero delle immagini non è che 5 per sec.; questo basta per definire la serie degli atti che devono compiersi in un salto di tal genere. Seguendo le immagini nel



Fig. 16. — Fasi successive di un salto in lunghezza. Cronofotografia su lastra fissa.

loro ordine di successione si vede che il saltatore acquista con una corsa preventiva la velocità che gli farà varcare un lungo spazio nel periodo in cui è sospeso. Al momento del salto la gamba in appoggio si stende vigorosamente ed imprime al corpo

una impulsione verticale; in pari tempo le braccia si innalzano, ciò che dà un aumento di energia allo sforzo impulsivo. Le immagini successive mostrano il saltatore staccato dal suolo, da prima colle braccia in alto e le gambe aperte, più tardi colle braccia

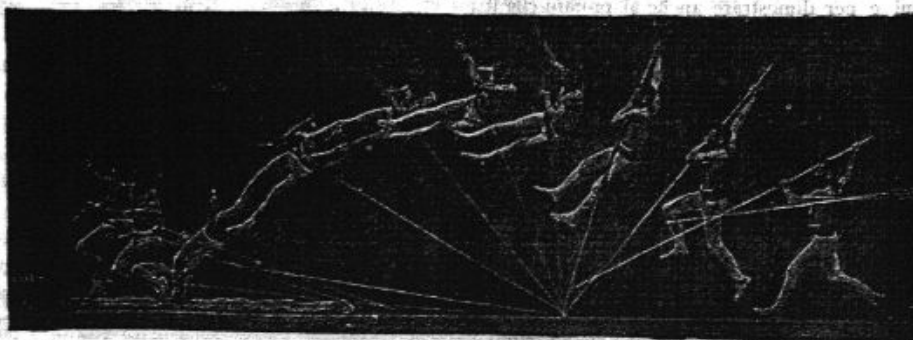


Fig. 17. — Fasi successive di un salto colla pertica. — Cronofotografia su lastra fissa.

in basso e le gambe riunite che si portano sempre più in avanti in modo che i piedi incontrano il suolo col tallone in avanti al centro di gravità del corpo, in modo da prevenire una caduta sulla faccia. Infine al momento della caduta le gambe si ripiegano resistendo per ammorzare la forza viva di cui il corpo è animato. Secondo che questa serie di atti è più o meno ben eseguita lo spazio percorso è

più o meno esteso ed il saltatore ricade più o meno bene sul suolo. Se ha calcolato male la sua velocità e se non ha portato i piedi abbastanza innanzi al momento della caduta, non potrà restare fermo sul posto ma dovrà correre per qualche passo fino a che sia smorzata questa velocità.

Per il salto colla pertica (fig. 17) è altrettanto facile il seguire le fasi successive. Il corridore pianta

in terra l'estremità della sua pertica nel mentre si innalza dal suolo con una vigorosa tensione della gamba. L'azione combinata di questa impulsione verticale e della velocità orizzontale fa sì che il corpo descrive un arco di cerchio il cui raggio è la pertica. Continuando a seguire questa curva il corpo cadrebbe al di là del centro del movimento ad una distanza eguale a quella del punto di partenza; ma con un artificio un buon saltatore sa aumentare di molto lo spazio percorso. Esso consiste, anzitutto, nell'allungare il raggio del cerchio percorso elevandosi verso l'alto della pertica al momento in cui essa passa per la verticale, quindi nell'inclinare il corpo in una direzione quasi orizzontale cioè normale al raggio del cerchio percorso. Il saltatore così cade naturalmente sui piedi ad una distanza molto più grande di quella da cui è partito.

Così nel salto alla pertica la impulsione iniziale non è come nel salto in lunghezza, la forza unica da cui dipende l'estensione del salto, ma questa distanza può essere aumentata dagli atti eseguiti dal saltatore prendendo il suo punto di appoggio sulla pertica mentre è in aria.

Per uno studio più dettagliato dei movimenti eseguiti in un esercizio corporale, bisognerebbe ricorrere a quelle fotografie parziali di cui abbiamo già dato un esempio parlando del cammino dell'uomo. Così, un uomo vestito in velluto nero con delle linee brillanti sulle braccia e sulle gambe dà la figura 18 per un salto in altezza preceduto da una corsa. Qui tutte le fasi del movimento si seguono senza brusche transizioni per il gran numero delle immagini (25 per secondo) prese durante la durata del salto.

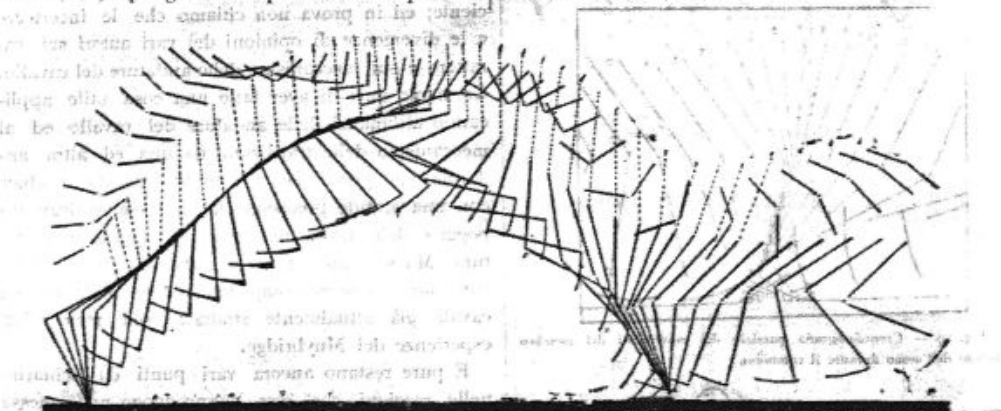


Fig. 18. — Analisi delle fasi di un salto in altezza preceduto da una corsa. Delle immagini parziali, linee brillanti sopra abito oscuro, sono riprodotte sopra lastra fissa. (25 per sec.)

Per rendere più istruttive le cronofotografie del movimento occorrerebbe che queste immagini fossero prese sopra soggetti forti ed abili, sopra i vincitori dei concorsi ginnastici, delle gare ad esempio. Questi soggetti scelti darebbero così il segreto della loro abilità conquistata incoscientemente e che essi sarebbero incapaci di definire.

Lo stesso metodo si presterebbe pure e bene all'insegnamento dei movimenti che si devono eseguire nei diversi lavori professionali; farebbero vedere in qual modo il colpo di martello di un fabbro abile differisca da quello di un principiante. Sarebbe lo stesso per tutti gli atti manuali, per tutti i generi di sport. Così con serie di figure raccolte su strisce pellicolari in movimento si segue perfettamente la serie dei movimenti di un uomo

che monta sul suo velocipede o che ne discende. Raccolte in quest'ultima forma le immagini cronofotografiche possono essere esaminate col zootropio, ciò che ne rende lo studio ancora più facile e più preciso.

#### B. Studio dinamico dei movimenti dell'uomo.

Sulla maggior parte delle figure che abbiamo presentato, le variazioni di velocità del corpo si traducono in differenze di spazio percorso fra due immagini consecutive, cioè in tempi eguali; si possono quindi apprezzare le accelerazioni ed i rallentamenti della massa del corpo. Ora siccome la bilancia ci dà questa massa, le cronofotografie su lastra fissa contengono gli elementi necessari per apprezzare le forze messe in opera nella locomozione dell'uomo poichè queste forze sono proporzionali alle masse



in movimento ed alle accelerazioni che esse loro imprimono. Ma in pratica è assai delicato il determinare la posizione della massa, cioè il centro di gravità del corpo, alle diverse fasi di un movimento; invece, in certi casi, è possibile ottenere una determinazione sperimentale delle forze messe in opera. Si avrà questo combinando le indicazioni di un dinamometro inscrivitore con quelle della cronofotografia.

L'esempio seguente farà comprendere tale combinazione.

Supponiamo di voler conoscere la forza colla quale il piede preme sul suolo ai diversi momenti del suo periodo di appoggio. Raccogliamo tanto le fotografie parziali della gamba durante un mezzo passo (fig. 19) quanto il tracciato del dinamometro registratore per la pressione del piede (fig. 20).

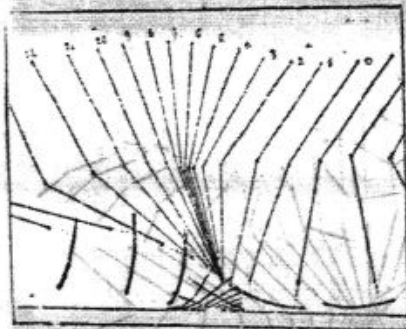


Fig. 19 — Cronofotografia parziale dei movimenti del membro inferiore dell'uomo durante il cammino.

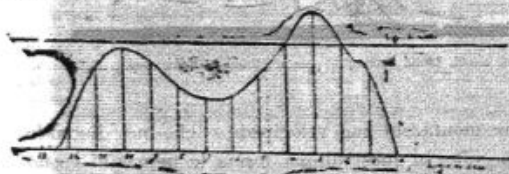


Fig. 20 — Tracciato del dinamografo esprime le fasi della pressione del piede sul suolo durante il cammino.

Per risolvere il problema bisogna stabilire le coincidenze fra ognuna delle immagini cronofotografiche e la ordinata che le corrisponderebbe nella curva del dinamografo. A tal uopo contiamo sulla fig. 19 quante immagini corrispondono al periodo di appoggio del piede; ne troveremo 12. È chiaro che il tracciato dinamografico preso in tutta la sua lunghezza corrisponde alla durata di 12 attitudinali della gamba in appoggio; se dividiamo l'ascissa di questa curva in 12 parti eguali e se tracciamo le ordinate corrispondenti a queste 12 divisioni, ognuna

di esse esprimerà lo sforzo verticale esercitato contro il suolo durante l'attitudine corrispondente della gamba in appoggio. Dei numeri segnati sulle due figure ne facilitano il confronto.

Non entreremo nel dettaglio dei diversi problemi di meccanica animale che si possono risolvere in tal modo. Abbiamo fatto in proposito moltissime esperienze col concorso del sig. Demeny, nostro preparatore alla Stazione fisiologica (1).

2.<sup>a</sup> *Locomozione dei quadrupedi.* — Di tutti i quadrupedi il cavallo è il più conosciuto dal punto di vista della locomozione. Da molto tempo dei specialisti hanno studiato le andature buone o difettose del cavallo, e a definire il carattere di ognuna di esse, hanno acquistato così una mirabile capacità di osservazione. Ma per quanto preciso sia il colpo d'occhio di un uomo esercitato è sempre insufficiente; ed in prova non citiamo che le incertezze e le divergenze di opinioni dei vari autori sul carattere e sul meccanismo delle andature del cavallo. Crediamo anzi di aver fatto una cosa utile applicando all'analisi delle andature del cavallo ed al meccanismo delle transizioni da una ed altra andatura, da prima la cronografia (2) che traduce con una grande precisione la successione degli appoggi e delle levate dei piedi in qualsiasi andatura. Ma si è alla cronofotografia (3) che si potevano far conoscere completamente le andature del cavallo già attualmente studiate colle memorabili esperienze del Muybridge.

E pure restano ancora vari punti da schiarire nelle reazioni che esse danno luogo nella messa nel meccanismo delle azioni del cavallo, nonché

(1) Questo stabilimento creato al *Parc des Princes* grazie al concorso dello Stato e del Consiglio Municipale di Parigi, si presta a tale genere di studi che non si potrebbero fare nei soliti Laboratori. È un campo di esperienze quale non esiste in alcuna nazione: vi si trova una lunga pista circolare, ben orizzontale, di 500 m. di circuito, sulla quale l'uomo ed i grandi animali possono essere studiati nelle loro andature normali. Un fondo scuro di 11 m. di lunghezza per quattro di altezza permette di applicare la cronofotografia su lastra fissa all'analisi dei movimenti molto estesi. Un fondo uniformemente illuminato e di pari superficie si presta alla cronofotografia su pellicola mobile; dei dinamometri inscrivitori, degli epirometri, dei podometri, degli apparecchi diversi per la misura dei soggetti sperimentati, sono destinati agli studi sulla locomozione dell'uomo. D'altra parte dei pneumografi, degli stigmografi e cardiografi permettono di afferrare gli effetti degli esercizi fisici sulle funzioni della vita organica e di seguire passo per passo i progressi del fenomeno nei soggetti. Infine alcuni spazi speciali servono per allevare in libertà gli animali di differente specie di cui si desidera studiare la locomozione normale o modificata.

(2) V. *Les allures du cheval étudiées par la Méthode graphique*. Resoconti dell'Accademia delle Scienze, 4 novembre 1872.

(3) V. *Analyse cinématique des allures du cheval*, Marey e Pages. Rev. 22 sett. 1885 *ibid.* 22 sett. 1888.



del corpo o in quella del cavaliere; infine, nella misura degli sforzi esercitati sul suolo nei diversi istanti. In tal caso si userà la cronofotografia su lastra fissa combinata coll'uso dei dinamometri in scrittori.

Per la locomozione umana abbiamo dimostrato (fig. 19 e 20) quali preziosi dati procura la combinazione di questi due metodi per studiare questa funzione dal punto di vista dinamico. Si giungerà certo a determinare il modo con cui le forze del cavallo debbano essere applicate per produrre il massimo di effetto utile, ciò che è lo scopo pratico di tale genere di studi.

*Continua).* E. J. MAREY  
dell'Accademia di Francia

## SVILUPPATORE IN POLVERE

(Per escursionisti e viaggiatori)

### Polvere A. (Inalterabile)

Bisolfito di potassa puro	Grammi 30
Acido bórico	3
Idrochinone puro	7

### Polvere B. (Inalterabile)

Litina caustica	Grammi 10
Zucchero di latte	5
Prussiato giallo polverizzato	5

Rendere finissime le polveri suddette e conservarle separatamente in vaso a tappo smerigliato.

La dose così preparata è per un litro di sviluppatore rapidissimo atto a sviluppare qualunque istantanea sia su lastra che pellicolare.

Per piccole dosi:

Si prendono quattro grammi della polvere A, e se ne fa la soluzione in un ettogrammo d'acqua pura. Si aggiungono poscia due grammi della polvere B, e dopo sciolto il tutto si decanta o si filtra per carta.

Il bagno così composto è per le istantanee rapidissime. Volendosene servire per i lavori con posa si allungherà con un terzo d'acqua. I detti bagni possono servire a sviluppare molte lastre.

Con questa semplice formula vengono annichiliti tutti gli intrugli che sotto nomi ampollosi trovansi in commercio.

N. B. La Litina caustica attualmente costa pochi centesimi al grammo.

## Sviluppatore all'Idrochinone

Per le carte al Bromuro d'Argento

	Grammi
Acqua di fonte	430
Solfito di soda puro	65
Idrochinone puro cristallizzato	3
Soda caustica a cannelli	2

Questo sviluppatore è il più economico e dà i migliori risultati.

## VIRAGGIO ARISTOTIPICO

Si otterranno intonazioni di bell'effetto usando il seguente bagno:

	Grammi
Acqua di fonte	100
Solfocianuro d'ammonio	2
Nitrato di stronziana	2

Sciogliere a freddo e aggiungere soluzione di cloruro d'oro in quantità a piacere.

G. BANI.

## NOVITÀ FOTOGRAFICHE

Asciugatoio Clement e Gilmer

Presentiamo ai nostri lettori una novità, un asciugatoio per negative col quale l'essiccamento si ottiene in pochi minuti e completo. Esso si compone di un piano orizzontale munito di grante per afferrare la negativa di qualunque dimensione, a cui si dà un movimento rapido di rotazione con una manovella laterale e con una corda senza fine. Un coprchio il cui disopra è in vetro e perciò lascia vedere tutto l'interno, è munito di sfatatoi



## LA CRONOFOTOGRAFIA (1)

3. *Locomozione comparata nei diversi mammiferi.* Si sa che l'uomo e gli altri mammiferi presentano delle analogie manifeste nella loro conformazione generale. Le membra inferiori dell'uomo corrispondono alle membra posteriori dei quadrupedi, ed in tutta la serie dei mammiferi, si possono in queste membra vedere delle parti omologhe, ossee o muscolari, che fra una specie e l'altra non differiscono se non che per le loro relative proporzioni, lo sviluppo ineguale, la fusione, l'atrofia o la deformazione di alcune di esse. Ora se l'anatomia comparata segnala tali analogie e differenze di struttura nella conformazione delle diverse specie di animali, la fisiologia comparata dovrà spiegarle.

La cronofotografia dimostra chiaramente come si comportino nel cammino i diversi segmenti delle membra analoghe dei vari animali. Le figure 21, 22 e 23, cronografie parziali su lastre fisse, ridotte circa alla stessa scala, rappresentano gli spostamenti dei vari segmenti della gamba, durante un mezzo passo nel cammino di un uomo, di un elefante e di un cavallo.

Essa mostra che uno stesso raggio osseo ha dei movimenti diversi presso due specie diverse, cioè che esso prende una parte ineguale alle flessioni ed estensioni alternative della gamba. Si comprende quindi, perchè i muscoli incaricati di muovere questi raggi ossei presentino presso i diversi animali delle

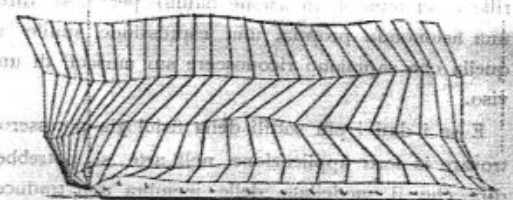


Fig. 23 — Movimento della gamba posteriore del cavallo.

differenze di lunghezza e di volume in rapporto coi movimenti che producono. Analizzando in tal modo i tipi di locomozione proprii di molte specie animali si avranno gli elementi necessari per riprodurre i rapporti che esistono fra la forma degli organi ed

(1) V. i numeri precedenti.

i caratteri della funzione che compiono (1). E se allora si ritorna allo studio dell'uomo quanto più chiara non si manifesta la spiegazione delle particolarità individuali nella conformazione del corpo!

Le varietà nella lunghezza dei raggi ossei delle membra o nello sviluppo di certi muscoli che tanto si accentuano quando si paragonino fra loro le diverse razze di uomini, ravvicinano ogni tipo umano a qualche specie animale che presenta rilevanti ed analoghi caratteri. Se, ad esempio, collo sviluppo dei muscoli estensori della coscia, un uomo si avvicina agli animali saltatori, si potrà verosimilmente concludere che esso presenta per il salto delle attitudini speciali. E così via. E qui pure si apre un vasto campo di esplorazione a cui invitiamo i zoologi i quali pensino che il confronto degli esseri viventi, dal punto di vista morfologico, deve prender luce da quello delle loro attitudini funzionali.

### CAP. VII.

#### Applicazioni alle belle arti.

Nelle arti il documento fotografico ha reso ben utili servizi; certi maestri l'accettano francamente; molti artisti l'utilizzano come si può vedere confrontando le opere più recenti con quelle di qualche anno appena. La fotografia istantanea, soprattutto, ha esercitato una influenza sensibile sulle arti giacchè permise di fissare in una immagine autentica le attitudini dell'uomo o dell'animale nei loro più rapidi movimenti. Non vogliamo parlare qui di estetica ed ancor meno discutere se l'arte ha il diritto di rappresentare le azioni violente o se deve limitarsi alle attitudini pacifiche di cui i caratteri e le espressioni sono più facili a prendersi sul modello vivente.

Ma se ci teniamo ai fatti è incontestabile che nell'antichità tale è quale come oggi gli artisti rappresentarono molte volte il movimento perfino nelle sue azioni più rapide come la corsa ed il combattimento. Ora se si paragonano le opere più antiche a quelle più recenti si è colpiti da questa differenza che presso i moderni le attitudini sono più calme, più equilibrate, per così dire, mentre nell'arte an-

(1) V. Marey Recherches expérimentales sur la morphologie des muscles, Résultats 12 septembre 1887.



tica le figure sono talora a strapiombo. La fig. 24 volta all'arte greca presenta chiaramente tale fatto.



Fig. 24 — Ocridomi o corridori di velocità, decorazione di un vaso greco.

Ognuno dei nostri lettori ricorda qualche opera moderna di pari soggetto. In scultura soprattutto i corridori sono ben diversamente rappresentati: la gamba che sostiene il corpo per solito è stesa verticalmente sotto il centro di gravità del corpo. Fra questi due modi di presentare lo stesso atto non sarebbe vietato di prendere per arbitra la stessa natura e chiedere alla fotografia istantanea di mostrare le vere attitudini di un corridore. La risposta non è dubbia: la fig. 25, ad esempio, mostra che un uomo che corre offre in certi momenti l'aspetto presentato in antiche pitture (1). Si potrebbe dimostrare che il corridore non si presenta mai nella posizione adottata da certi artisti moderni che paiono aver dimenticato che il carattere della corsa è quello dello stesso cammino e di una perpetua instabilità. Non ci fermeremo a queste riflessioni. Criticando in semplici dettagli delle opere che hanno un valore reale temiamo ci si dica:

*Ne sutor ultra crepidam.*

(1) Il gruppo rappresentato sul vaso greco offre per tuttora qualcosa di singolare nelle andature dei corridori. Si sa che in tutte le andature l'uomo sposta in senso inverso il braccio e la gamba da una stessa parte: i movimenti del braccio e della gamba corrispondenti sono per così dire associati diagonalmente. Ora sul vaso di cui riproduciamo la figura si vede sempre che il braccio e la gamba della stessa parte si muovono nello stesso senso; questa andatura che ricorda quella dell'ambulo dei quadrupedi era forse praticata nelle corse dello stadio? Oppure è dovuta ad un errore dell'artista decoratore? Non sapremo risolvere tale questione. Questo modo di correre si scosta completamente dalle nostre abitudini moderne; non sembra però impossibile dal punto di vista fisiologico: il soggetto merita di essere studiato.

Osserviamo soltanto che nella infinita varietà delle attitudini che mostra la cronofotografia secondo le fasi di un movimento ve ne sono certe



Fig. 25 — Fotografia istantanea di un corridore: la posizione delle gambe è la stessa di quella alla fig. 24.

molte che l'artista potrebbe accettare senza violare le leggi dell'estetica; questo darebbe alla rappresentazione di tali movimenti una varietà interessante (fig. 26). Troveranno pure in queste immagini la espressione fedele dell'azione dei muscoli i cui rilievi variabili sotto pelle traducono le contrazioni ed i rilassamenti. Ora, questi due stati opposti dei muscoli sono legati da rapporti necessari con ogni fase del movimento che producono. Questi rilievi dei muscoli in azione hanno per così dire una fisionomia propria, una espressione simile a quella che sappiamo riconoscere sui muscoli di un viso.

E se i dati i più sottili della fisiologia potessero trovare la loro applicazione nell'arte si potrebbe dire che il modellato delle membra non traduce soltanto l'atto che si eseguisce ma, fino ad un certo punto, permette di prevedere gli atti che seguiranno.

Alcune interessanti osservazioni del Demyer sulle immagini cronofotografiche mostrano che l'estensione di un braccio che colpisce se dovesse compiersi completamente è accompagnata da un rilassamento completo dei muscoli flessori; questi mu-



scoli invece entrano in giuoco durante la estensione stessa se tale movimento deve essere limitato: se, ad esempio, l'uomo che colpisce voglia trattenere istantaneamente il colpo che dà attualmente.

« Prendendo le immagini cronofotografiche dall'alto per un uomo in movimento (fig. 27) si ha la proiezione sopra un piano orizzontale dei contorni del corpo. Questo documento al pari di quelli che for-

malamente...  
E qui vediamo...  
tattati: Abbiamo...  
e non crediamo...  
invece ciò che si...  
Purtuttavia il...  
presentato dalla...  
fanno ed il vo...  
si distinguono...  
una...  
rigorosa...  
(Quindi...  
misurare...  
for il distacco...  
mandato in...  
conoscenza...  
sizione fra un sorriso appena percettibile e la grinta più franca. Alcune esperienze recenti del Demyer mostrano anzi che gli atti della parola sono tradotti tanto fedelmente che i sordomuti avvezzi con speciali esercizi a leggere sulle labbra le parole pronunciate, hanno potuto colle immagini cronofotografiche ricostruire le frasi che il modello aveva articolato mentre si prendevano tali immagini.



Fig. 27. — Esempio di un modello ottenuto su prova cronofotografica.  
con cui si ripeteranno nel senso non d'angolo, diversi sarebbe certo utile agli scultori (1). Infine i moti del viso studiati colla cronofotografia presentano un grande interesse perchè si possano



Fig. 28. — Cronofotografia di un corridore visto dall'alto corrispondente alla fig. 27, ed in proiezione sopra un piano orizzontale.

riprodurre le sfumature più delicate. In una serie di immagini raccolte su pellicola mobile si possono seguire tutte le sfumature che stabiliscono la transizione...

(1) Già da tempo col nome di fotoscultura si propone un processo per riprodurre meccanicamente le forme generali di un individuo. Si pone il soggetto al centro di un cerchio sulla cui circonferenza una serie di apparecchi fotografici è disposta in modo che ognuno di essi allo stesso istante prende una immagine del soggetto che si trova così riprodotto sotto diversi angoli. Ognuna di queste immagini ingrandita alla scala necessaria ed applicata sopra una lamina di metallo è trasformata in una specie di stampo a traforo. Facendo successivamente passare la materia plastica a traverso ognuno di questi stampi traforati presentati sotto l'angolo che gli corrisponde si ottiene un modello preciso dal punto di vista dell'attitudine, al quale poi la scultura darà la forma definitiva.

« Prendendo le immagini cronofotografiche dall'alto per un uomo in movimento (fig. 27) si ha la proiezione sopra un piano orizzontale dei contorni del corpo. Questo documento al pari di quelli che for-

(Continua)  
E. L. MAREY  
dell'Accademia delle scienze.

## Il tempo di posa in fotografia

Quando due dilettanti di fotografia si incontrano sul terreno, dicono invariabilmente: — « Quanto posa lei? » — « Io poso un secondo » — « E riesce a far qualcosa? » — « Sicuro » — « Ha della fortuna lei. » —

Ha pensato egli a dire quale lunghezza focale abbia il suo obiettivo, di quale diaframma sia munito, in quali condizioni di luce opera? Quali soggetti riproduca di preferenza? Non ci pensò nemmeno. E pure sono questi i dati del problema da risolvere: lunghezza focale,

poco prima: se si ha un obbiettivo che molli-diaframmato copra nettamente una lastra di  $18 \times 24$ , questo obbiettivo medesimo non darà che una prova di  $13 \times 18$  se si opera istantaneamente.

Crediamo inutile moltiplicare gli esempi.

Procedendo metodicamente ogni volta che si lavora succederà ben raramente di sbagliare una negativa soprattutto se lo sviluppo sarà ben condotto.

J. AUDOIN

(Notes proliques pour les amateurs et débutants)

## LA CRONOFOTOGRAFIA<sup>(1)</sup>

*Rappresentazione artistica del cavallo.* — Egli è studiando consciamente la natura che i nostri pittori o gli scultori raggiunsero una grande abilità nella rappresentazione del cavallo. Per non citare che uno fra i primissimi, il Meissonier non aveva indietreggiato di fronte agli studi più laboriosi. Seduto nel centro di un maneggio che faceva girare un cavallo ed avendo così sempre l'animale dinanzi agli occhi, egli disegnava ad una fase costante dell'andatura la posizione delle membra una ad una e poi nell'insieme.

Così egli raggiunse quella fedeltà perfetta del cavallo al passo, al trotto, e certe fasi del galoppo che si ammirano nelle sue produzioni. E fu con entusiasmo che il Meissonier scelse le belle serie di fotografie istantanee del Muybridge a cui i pittori si sono sì spesso ispirati. Sugli album del Muybridge il documento autentico è dato all'artista con singolare facilità; le immagini, sebbene ottenute con apparecchi multipli non sono semplicemente differenti in prospettiva perchè gli apparecchi potevano essere posti ad una grande distanza per render tale difetto poco sensibile.

La cronofotografia su lastra pellicolare in movimento dà delle immagini ancora più nette per la estrema brevità del tempo di posa che solo gli otturatori rotativi possono dare. La fig. 28 che rap-

(1) N. numeri precedenti. Riproduzione riservata al Dilettante di Fotografia.

presenta un cavallo al piccolo galoppo è stata presa davanti un fondo oscuro e sopra un cavallo bianco.



Fig. 28. — Cavallo al piccolo galoppo. L'evoluzione delle immagini si legge dal basso in alto.



Tali condizioni non erano indispensabili perchè si può operare egualmente sopra un fondo illuminato; ma esse modellano assai bene le immagini e fanno risaltare meglio i rilievi dei muscoli, dei tendini e persino delle vene della pelle. Fra le attitudini riprodotte ve n'è una, immagine inferiore, che si trova spesso nei fregi del Partenone; ma ve ne sono pure altre che non erano state finora riprodotte. Sarebbero desse difettose dal punto di vista artistico? Crediamo piuttosto che non siano state ancora percepite dagli artisti, e che se forse sembrano un po' strane, è perchè non siamo ancora abituati a vederle riprodotte.

#### CAP. VIII.

##### Locomozione acquatica.

Gli animali terrestri trovano sul suolo un punto solido di appoggio; in essi i diversi tipi di locomozione si avvicinano sempre al seguente meccanismo: Uno sforzo più o meno brusco delle membra tende a respingere il suolo in un senso ed il corpo dell'animale in un altro; ora siccome il suolo presenta una resistenza quasi assoluta, è sul corpo dell'animale che si presenta tutto l'effetto dell'azione muscolare.

Ben diversa è la locomozione degli animali acquatici. Per essi il punto di appoggio è un liquido

organizzata, vi si trovano almeno certi movimenti ondulatori del corpo o della coda nei pesci, che per le loro funzioni hanno certe analogie coll'azione dell'elice. Inoltre gli animali acquatici presentano molti mezzi di propulsione che l'uomo non ha mai adoperati e che potrebbero essere imitati con vantaggio.

Senza aver la pretesa di enumerare completamente i vari modi di progressione che si osservano negli esseri acquatici, si possono citare i seguenti:

Progressione per reazione, quando l'animale proietta un getto di liquido: polipo, medusa, larve di certi insetti, molluschi bivalvi;

Progressione per mezzo di organi che trovano una resistenza ineguale nelle due fasi del loro movimento: comatule, crostacei, ecc.;

Progressione per effetto di un'onda che si propaga lungo il corpo in senso inverso della traslazione dell'animale: anguilla e pesci allungati;

Progressione per urti alternativi di una palette flessibile: carinaria, natatoia caudale di molti pesci.

È l'acquario che permise di studiare i diversi tipi di locomozione acquatica. Ma qui, come per gli altri movimenti degli animali, l'occhio è spesso incapace di seguire le fasi di tali atti rapidi e complicati. Ecco i risultati dei primi tentativi di applicazione della cronofotografia a tale soggetto si può

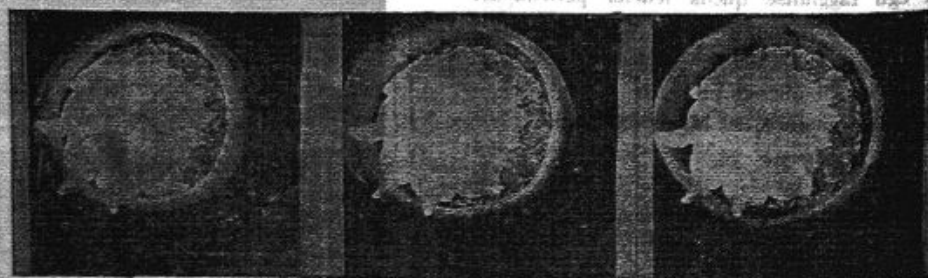


Fig. 46. — Medusa che cammina orizzontalmente allontanandosi dall'apparecchio.

che si sposta e consuma, a tutta perdita, una parte più o meno grande del lavoro muscolare speso. Tutti i generi di propulsori che l'uomo crede di aver immaginato per navigare: vele, remi, ecc., si trovano in grado perfetto negli organi locomotori degli animali acquatici, e se l'elice in quanto al movimento rotativo, non si osserva nella natura

conosciuto. I metodi di operare variano assai secondo le circostanze. Nei casi più semplici si dirige l'obiettivo verso un acquario trasparente incassato nella parete di una camera; un riflettore di tela bianca convenientemente inclinato riceve la luce solare e forma un fondo chiaro sul quale gli animali staccano in ombra. Si raccoglie una serie di



immagini su pellicola mobile e si ottiene il seguito delle attitudini che corrispondono alle fasi successive del movimento che si voleva conoscere. La più grande difficoltà consiste ad obbligare l'animale a muoversi in uno spazio ristretto perchè non sorta dal campo che proietta la sua immagine sulla lastra sensibile. Dopo avere segnato sulla parete dell'acquario 4 linee che limitano lo spazio visibile delle immagini si aspetta l'istante in cui l'animale attraversa questo campo. Per poco che tale passaggio duri non meno di un secondo è facile raccogliere una serie di 20 o 30 immagini; ciò basta in generale per riprodurre le fasi del movimento (1). La medusa (fig. 29) è facile a studiarsi; la trasparenza dei suoi organi fa sì che la *silhouette* mostra qualche dettaglio degli organi interni. Con una bacchetta immersa nell'acquario si conduce la medusa nel campo ove è diretto l'obiettivo; la si vede allora eseguire delle contrazioni e dei rilassamenti alternativi nel suo ombrello; questi movimenti respingono ogni volta un certo volume d'acqua e per reazione spingono l'animale in senso opposto. Se la medusa è orientata verticalmente la propulsione si fa da sotto in su e l'animale si alza; se è inclinata orizzontalmente la propulsione si fa nel senso orizzontale; è ciò che si vede nella fig. 29: la medusa navigava allontanandosi dall'osservatore. Tale disposizione fa vedere come le frangie che orlano l'ombrello si girano in dentro o in fuori di volta in volta secondo i movimenti dell'acqua aspirata o respinta alternativamente.

La comatula (fig. 30) presenta un sistema di locomozione ben curioso. Generalmente fissa sopra un appoggio solido, come un fiore sullo stelo che lo porta, essa fa colle braccia dei movimenti oscuri e lentissimi; ma se la si stacca dal suo punto di appoggio e la si irrita con una bacchetta la si vede dopo un certo tempo agitare le braccia con un movimento rapidissimo che serve a trasportare l'animale lungi da contatti importuni. Come per la medusa la traslazione ha luogo nel senso dell'asse del corpo; se la comatula inclina obliquamente il suo calice essa si trasporta obliquamente. Nel caso

indicato dalla fig. 30 l'animale cercava di sollevarsi dal fondo dell'acquario.

Ecco il meccanismo di propulsione. Le braccia della comatula sono 10 di cui 5 si alzano e 5 si abbassano. Due braccia consecutive sono animate

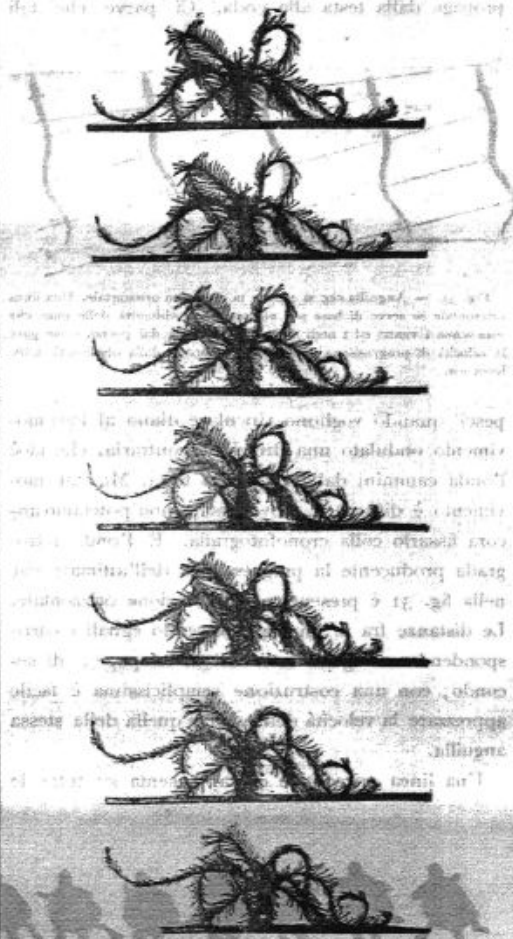


Fig. 30. — Comatula che esegue dei movimenti per sollevarsi dal fondo dell'acquario. La successione delle immagini si legge dal basso in alto.

da movimenti contrarii; quelli che si alzano si avvicinano all'asse del corpo quelli che scendono se ne allontanano. Infine, durante la fase di elevazione di ogni braccio i cirri sono invisibili perchè dalla resistenza dell'acqua sono riuniti al braccio a cui sono attaccati; nella fase discendente, invece, i

(1) Siccome le dimensioni della pagina non permettono di presentare la serie intera perchè troppo lunga, non potremo dare qui che alcuni esemplari incompleti di tali immagini.



cirri si allargano e trovano sull'acqua una resistenza che serve di punto di appoggio per la locomozione dell'animale.

L'anguilla (fig. 31) ed i pesci che hanno una struttura analoga progrediscono per effetto di un movimento di ondulazione del corpo; tale onda si propaga dalla testa alla coda. Ci parve che tali

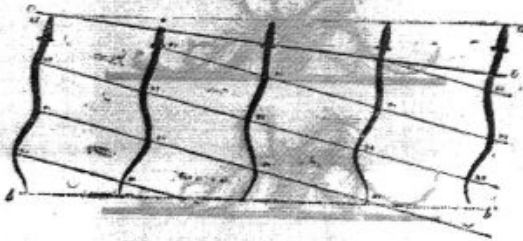


Fig. 31. — Anguilla che si sposta in un piano orizzontale. Una linea orizzontale *oo* serve di base per apprezzare la obliquità delle linee che riuniscono i ventri ed i nodi delle onde formate dal corpo, come pure la velocità di progressione dell'animale espressa dalla obliquità della linea *oo*.

pesci quando vogliono rinculare diano al loro movimento ondulato una direzione contraria, che cioè l'onda cammini dalla coda alla testa. Ma tal movimento è difficile a provocarsi e non potemmo ancora fissarlo colla cronofotografia. E l'onda retrograda producente la progressione dell'animale che nella fig. 31 è presentata in proiezione orizzontale. Le distanze fra le immagini essendo eguali e corrispondendo ad eguali intervalli di tempo,  $\frac{1}{10}$  di secondo; con una costruzione semplicissima è facile apprezzare la velocità dell'onda e quella della stessa anguilla.

Una linea orizzontale *oo* rappresenta su tutte le



Fig. 32. — Andatura quadrupede di una tartaruga d'acqua che nuota montando.

immagini la posizione in cui si troverebbe la estremità anteriore della testa se l'anguilla non avesse progredito; ora si vede che alla 3ª immagine contata da sinistra a destra, cioè dopo mezzo secondo l'anguilla ha progredito di più di un quarto della sua lunghezza, cioè circa mm. 0,75, ciò che darebbe

15 cm. per secondo. D'altra parte le linee *p*, *p'*, *n*, *n'*,... che riuniscono fra loro i ventri ed i nodi di una stessa onda nella serie delle immagini, in rapporto alla linea *oo* hanno una obliquità che esprime la velocità di tali onde e permette di misurarla. Da tal misura risulta che il cammino dell'onda da avanti a indietro è un po' più rapido che la progressione dell'animale; vi sarebbe dunque come nell'azione dell'elice in una nave, un leggero rinculo che dipende dalla mobilità del punto di appoggio.

Nello stesso modo studiamo lo strisciare delle diverse specie di serpenti sia in terra che in acqua; lo strisciare degli uni e la natazione degli altri presentano grandi analogie colla natazione dell'anguilla, ma non vi troviamo la stessa regolarità di movimenti.

Le tartarughe d'acqua offrono diversi modi di natazione: ora è una specie di andatura quadrupede con associazione diagonale del movimento delle membra, come nel trotto d'un animale (fig. 32). Nelle specie esclusivamente marine le zampe prendono la forma di natatoie, o meglio di ali rudimentarie ed i movimenti delle membra anteriori sono talora simmetrici come quelli delle ali di un uccello. Ne risulta una specie di volo nell'acqua analogo a quello dei pinguini. Tale genere di locomozione che non avevamo ancora agio di studiare colla cronofotografia, riunisce per le analogie funzionali i cheloniani cogli uccelli già tanto vicini per i loro caratteri morfologici.

I movimenti lentissimi di certi animali acquatici facili a studiarsi con immagini successive, presentano

una certa regolarità che si può apprezzare colla cronofotografia.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

La cronofotografia è un mezzo molto utile per lo studio dei movimenti degli animali.

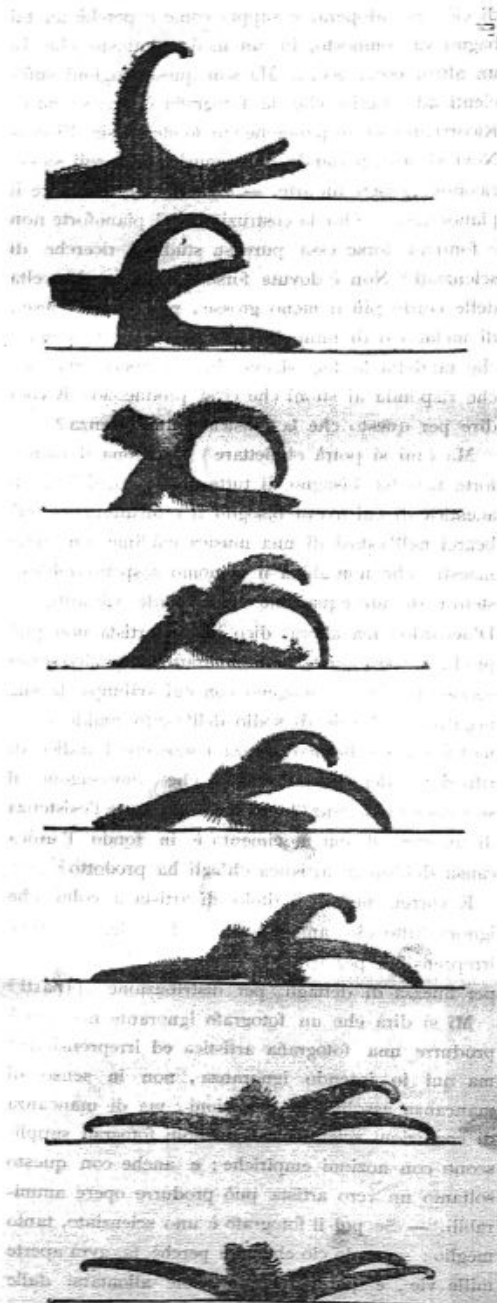


Fig. 33. - Fasi del movimento di una asteria che si rimette in piano.

fuori della base di sostegno. Allora, ad un tratto perdendo l'equilibrio ricade sul ventre; non ha che da stendere gradualmente i suoi raggi per essere nella sua attitudine normale e camminare sul fondo dell'acquario col metodo di strisciare che le è proprio.

Questo movimento di capitolombolo è lungo a prodursi; e richiede da 10 a 20 minuti di solito per rendere le fasi riproducibili, si lasciò circa un minuto di intervallo fra due immagini successive. Per i piccoli movimenti che si devono studiare da vicino bisogna ricorrere a una particolare disposizione.

Con due lastre di vetro riunite col mastice si forma un piccolo acquario di dimensioni uguali a quelle del campo che dovrà coprire l'immagine, e si pone l'animale (un granchiolino ad esempio, fig. 34) in questa piccola cassa piena d'acqua di mare.

Raccogliendo sopra una pellicola mobile le immagini successive che si staccano in ombra sopra un fondo chiaro si ottiene la serie dei movimenti delle membra, quelli, ad esempio, che fanno le zampe per secondare la respirazione. Descriveremo più innanzi una disposizione analoga per lo studio del volo degli insetti.



Fig. 34. - Movimento delle zampe di un granchiolino.

E. J. MAREY

dell'Accademia delle Scienze.

(Continua).



oscura quando si debba lavorare per largo o riprodurre cieli, nuvole, soffitti ecc.

Siccome l'obbiettivo si può capovolgere ed introdurre nell'apparecchio senza che dia risalto, tanto la camerina che i telai doppi in noce possono essere racchiusi in una borsa da portarsi a tracolla. Se il nome dell'inventore, universalmente noto, se il nome dell'ottico tanto stimato, se i risultati già conosciuti delle prove fatte con questo apparecchio non bastano a convincere il nostro lettore della bontà e della perfezione sua; valga a deciderlo il fatto che esso fu premiato con medaglia d'oro, e premi segnalati in tutte le principali esposizioni fotografiche.

F. R.

## LA CRONOFOTOGRAFIA <sup>(1)</sup>

### CAPITOLO XI.

#### Locomozione aerea.

1.° *Volo degli uccelli.* — Il movimento delle ali dell'uccello che vola, ben più rapido ancora di quello delle membra dei quadrupedi, sfugge quasi

delle altre: sono appunto queste fasi del colpo d'ala che rappresentano gli artisti: in Europa di solito, rappresentano l'uccello colle ali alzate; al Giappone, secondo la giusta osservazione del Muybridge, la fase di abbassamento delle ali è assai spesso rappresentata. Ma le attitudini intermedie delle ali sono rimaste sconosciute fino all'uso della cronofotografia che ne traduce esattamente la successione.

Nell'analisi del movimento del volo, secondo lo scopo proposto, si devono ricevere le immagini sia sopra una lastra fissa sia sopra una striscia pellicolare animata da un movimento di traslazione.

Il primo metodo si presta all'iscrizione della traiettoria della punta dell'ala di un uccello (fig. 35). Una cornacchia volava di fronte ad un fondo oscuro, e portava alla estremità di una delle remigatrici una paglietta metallica che brillava al sole. La traiettoria singolare descritta nello spazio rappresenta il movimento abbastanza complicato risultante dalla rotazione dell'ala intorno all'articolazione scapolo-omeroale e dalle flessioni ed estensioni delle diverse membra.

Questa traiettoria è stata ottenuta con una apertura continua dell'obbiettivo fotografico e perciò è permanente. Producendo delle ammissioni di luce intermittente, si sarebbe ottenuta la stessa traiettoria in forma di punti successivi la cui distanza, varia-

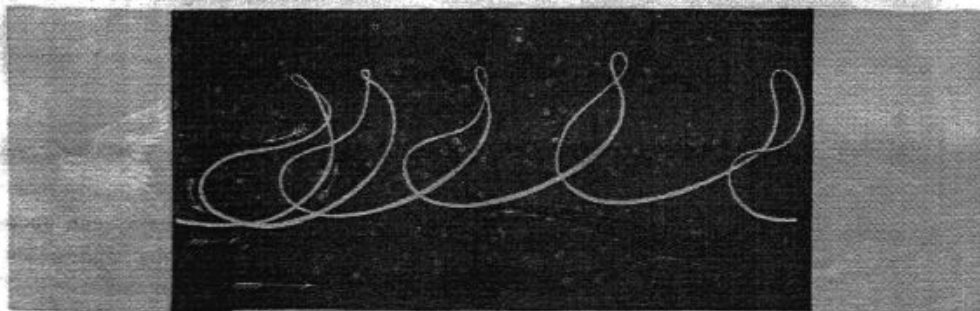


Fig. 35. — Traiettorie dell'estremità dell'ala di una cornacchia. Una paglietta brillante attaccata alla seconda remigatrice seguiva il percorso indicato dalle piccole frecce curve, la basso alla figura una freccia dritta ed orizzontale dà la direzione del volo.

totalmente all'osservazione. A mala pena l'occhio intravede certe attitudini che durano un po' più

bile ad ogni istante, avrebbe espresso le variazioni della velocità dell'ala nei diversi momenti del suo percorso.

Lo stesso metodo si adopera per prendere una serie di immagini complete di un uccello bianco

(1) Riproduzione riservata al Dilettante.  
V. i numeri precedenti.

che voli dinanzi ad un campo oscuro, purchè non si abbia bisogno di un gran numero di immagini in un tempo dato. Con cinque immagini per secondo si è ottenuta la fig. 36, cioè un airone che vola e le cui ali si mostrano alternativamente nelle loro posizioni di elevazione e di abbassamento estremo. Si scorge nettamente che l'ala, al momento della

ali quindi dei gradi sempre meno pronunciati in tale abbassamento fino all'ultima immagine che la mostra colle ali inalzate. L'ordine di successione dunque deve leggersi da destra a sinistra.

Per rendere più comprensibili i movimenti dell'ala di un uccello bisogna poterne prendere le immagini da un posto elevato come si è fatto per

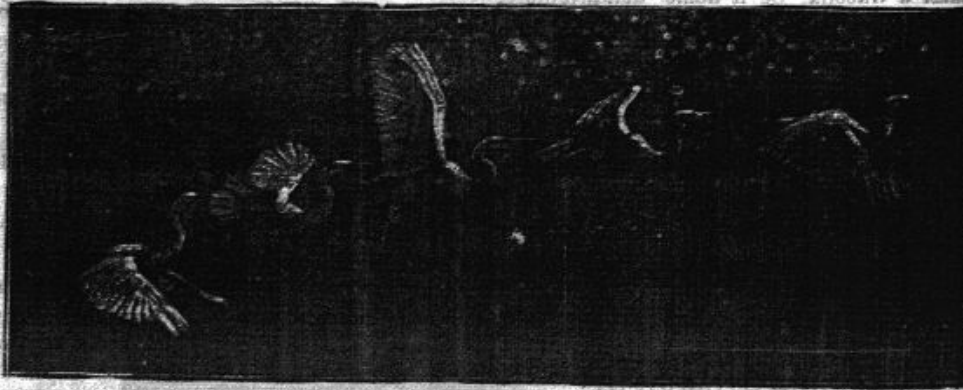


Fig. 36. — Volo di un airone. Una scala metrica al basso della figura permette di valutare la velocità dell'uccello (5 immagini per secondo).

sua elevazione maggiore, si trova portata fortemente indietro; essa invece è portata innanzi nella sua fase di abbassamento. In pari condizioni si è fotografato il volo di un'anitra (fig. 37). Qui il numero

l'uomo (fig. 30). Un piccione, le cui cronofotografie sono state prese dall'alto, ha dato la fig. 38 in cui, malgrado la sovrapposizione parziale delle immagini, si possono seguire le fasi del colpo d'ala secondo

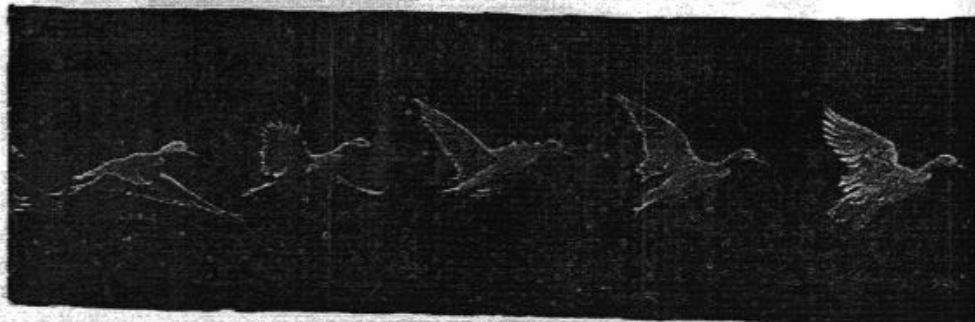


Fig. 37. — Volo nell'anitra. Dei fili verticali distanti ciascuno un metro permettono di valutare la velocità del volo. L'abbassamento dell'ala si accentua maggiormente nelle immagini seguite da destra a sinistra (5 immagini per secondo).

delle immagini è quasi eguale a quello dei colpi di ala in modo che l'uccello è rappresentato in una serie di attitudini molto vicine le une delle altre. Si osserva da prima l'abbassamento completo delle

le attitudini proiettate sopra un piano orizzontale. Si comprende che la combinazione di immagini di uno stesso uccello, proiettate sopra tre piani perpendicolari fra loro, danno dei documenti bastanti



a costruire delle figure in rilievo di questo uccello. Esse dimostrerebbero completamente le attitudini successive nei diversi momenti del volo. È quanto abbiamo fatto e descritto in un lavoro speciale sulla fisiologia del volo degli uccelli (1).

Se si trovasse insufficiente il numero delle immagini date dalla cronofotografia su lastra fissa, si potrebbe usare una pellicola moventesi, ciò che potrebbe darci fino a 60 immagini distinte per secondo.

Questi studi sul meccanismo del volo degli uccelli oltre all'interesse che presentano dal punto di vista fisiologico, condurranno a certe applicazioni pratiche. Esse mostrano come si potrebbero costruire degli apparecchi capaci di trasportarsi nell'aria. Si sa che in questi ultimi anni si è già riusciti a costruire delle piccole macchine che battono l'ali a guisa di uccelli eseguendo un percorso di 10 a 20 metri.

D'altra parte gli uccelli hanno un'altra forma di

le influenze combinate della gravità e della resistenza dell'aria. Questa traiettoria di cui l'occhio non potrebbe seguire le inflessioni né le variazioni di ve-

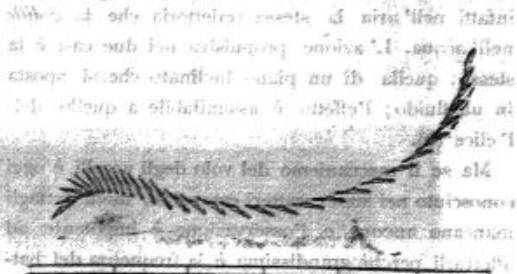


Fig. 39. — Riproduzione schematica della traiettoria cronofotografica d'un aeroplano che fa nell'aria una curva sinuosa (20 immagini distinte per secondo).

locità, è espressa in tutti i suoi dettagli nella figura in cui le immagini sono prese in ragione di 20 per

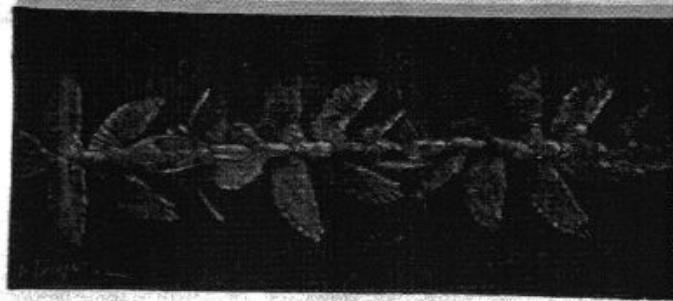


Fig. 38. — Piccone che vola; le immagini sono prese da un posto elevato. Cronofotografia su lastra fissa (25 immagini per secondo).

volo detta *volo piano* quando scivolano nell'aria senza dare un colpo d'ala. Degli apparecchi chiamati *aeroplani* imitano questo movimento nell'aria e percorrono in piano un discreto spazio.

Queste diverse specie di macchine quando si muovono nell'aria sono tanto difficili ad osservarsi come gli uccelli veri; è adunque utile ricorrere alla cronofotografia per apprezzare il modo con cui eseguono i loro battiti d'ala o i loro percorsi in piano. La fig. 39 rappresenta un piccolo aeroplano in cartone che cade da un posto elevato e descrive delle curve alternative mente concave e convexe sotto

secondo. La distanza variabile delle immagini successive permette di apprezzare la velocità del mobile e le sue variazioni, come pure le inclinazioni diverse dell'asse di questo mobile sulla sua traiettoria. Tutte queste riflessioni si spiegano abbastanza bene oggi colle leggi della resistenza dell'aria contro i piani inclinati (1).

2.° *Volo degli insetti*. — Il volo degli insetti differisce assai da quello degli uccelli dal punto di vista del suo meccanismo. Crediamo di aver dimostrato che questo volo presenta delle grandi analogie

(1). V. *Le vol des oiseaux*, Parigi, Masson, edit. 1889.

(1). V. *Le vol des oiseaux*, pag. 203 e seg.

colle funzioni di un propulsore che certi navigatori adoperano e che i francesi chiamano *godille* (1).

L'ala dell'insetto nel suo battere rapido descrive infatti nell'aria la stessa traiettoria che la *godille* nell'acqua. L'azione propulsiva nei due casi è la stessa: quella di un piano inclinato che si sposta in un fluido; l'effetto è assimilabile a quello dell'elice (2).

Ma se il meccanismo del volo degli uccelli è oggi conosciuto nei suoi caratteri essenziali, molti dettagli mancano ancora e l'osservazione è impotente ad afferrarli perchè grandissima è la frequenza dei battiti d'ala degli insetti. Con l'iscrizione diretta abbiamo potuto constatare che alcuni di essi danno fino a 300 colpi d'ala per secondo, e tale non è certo il limite di frequenza di questi movimenti.

dall'altra: anzitutto il fascio di luce parallelo che un eliostato dirige secondo l'asse principale del fotocronografo. Questo fascio è concentrato (1) da una lente C dietro la quale si vede l'insetto imprigionato alla estremità di una pinzetta. Il fascio di luce concentrata attraversa la prima lente dell'obiettivo ed i suoi raggi convergono sopra i dischi otturatori; attraversano questi dischi al momento della coincidenza delle finestre e vanno a formare sulla pellicola sensibile un campo luminoso nel mezzo del quale si stacca in ombra l'immagine dell'insetto.

Il volo prigioniero che si ottiene tenendo in questo modo l'insetto non riesce con tutte le specie; permette, è vero, di orientare a volontà l'animale e di riprodurre le attitudini delle sue ali sotto di-

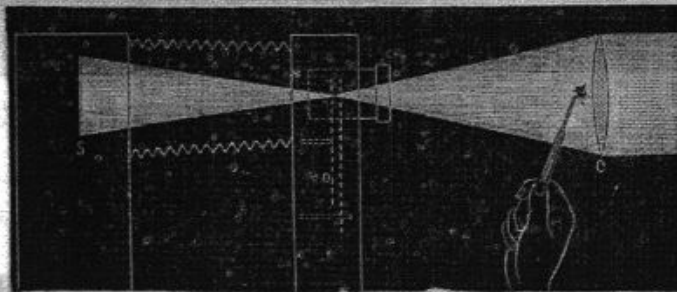


Fig. 40. — Disposizione teorica della illuminazione adoperata per studiare il volo degli insetti.

Magrado la difficoltà del problema si poteva sperare che la cronofotografia sarebbe giunta ad afferrare le fasi di un colpo d'ala d'un insetto; ma era probabile la forzata diminuzione nel tempo di posa, già ridotto ad  $\frac{1}{2.000}$  di secondo nelle esperienze sul volo degli uccelli. Ora siccome si poteva temere che con delle pose così brevi l'illuminazione fosse insufficiente, si doveva dirigere sull'insetto una luce immensamente concentrata.

La fig. 40 rappresenta teoricamente la disposizione che abbiamo adottata. Vi si scorge da una parte e

versi aspetti, ma dà luogo a dei movimenti di una ampiezza e di una rapidità esagerata.

Per studiare il volo normale, dinanzi all'obiettivo, si dispone una scatola di cartone chiusa davanti da una lastra che tocca la lente condensatrice. Introdotto in questa scatola l'insetto va tosto a volare contro il vetro che è stato messo precedentemente al fuoco dell'obiettivo. Del resto si sorveglia il modo con cui avviene il volo, ed al momento voluto si preme il bottone che fa partire la pellicola sensibile. È così che si è ottenuto la figura 41 che presentiamo.

(1) Saremo grati ad un *yachman* abbonato della descrizione di questo strumento. (N. del traduttore).

(2) V. MAYET. *La machine animale*.

(1) La lunghezza focale di questa lente deve essere almeno doppia di quella dell'obiettivo.



Era necessaria una grande brevità nei tempi di posa per ottenere delle immagini nette delle ali dell'insetto, per l'estrema rapidità dei loro movimenti. Con finestre di 2 centim. di larghezza le cui coincidenze danno delle illuminazioni di  $\frac{1}{5000}$  di secondo.

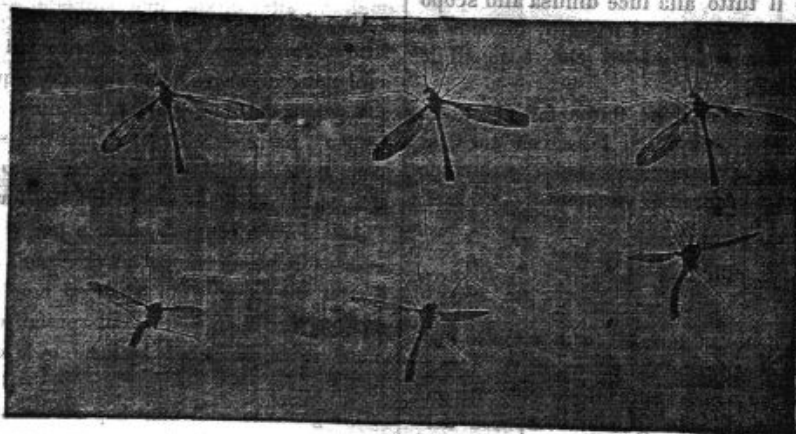


Fig. 47. — *Tipule* di cui una è immobile contro una lastra mentre l'altra vola al di sopra. Quando le zampe in varia guisa, e dando al suo corpo inclinazioni diverse. Questa fotografia è un esempio di una lunga striscia pellicolare.

condo le immagini non erano nette almeno per la estremità delle ali. Abbiamo gradualmente ridotto il diametro di queste finestre sostituendole con schemi metallici forati con strette fessure dirette secondo il raggio del disco. Quando la loro larghezza, la loro coincidenza ridusse la durata di illuminazione a  $\frac{1}{5000}$  di secondo.

L'insetto che vola contro il vetro occupa in pro-

fondità uno spazio molto grande; affinché tutte le parti del suo corpo siano nettamente riprodotte, bisogna che l'obiettivo abbia una grande profondità di fuoco. Ora avviene precisamente che la estremità strettezza delle fessure per le quali deve

Si espone il tutto alla luce diffusa allo scopo

passare la luce, al centro dell'obiettivo, costituisce un eccellente diaframma che dà al fuoco più di 2 cm. di profondità (1).

(Continua) E. J. MAREX

(1) Ci proponiamo di modificare le condizioni dell'esperienza e di studiare un sistema di illuminazione degli insetti che li renda luminosi durante un tempo oscuro. Ci troveremo così nelle condizioni della cronofotografia su lastra fissa e si potranno seguire così con maggior precisione le fasi, tutti i gesti d'un corpo d'alta di un insetto.

## I colori in fotografia

Di fronte all'interesse vivissimo suscitato dalle esperienze del prof. Lippmann per ottenere i colori in fotografia mi sia permesso dare qui alcune indicazioni per i dilettanti che volessero mettersi in questa via.

Ecco un processo che ho adoperato più volte e che mi diede delle riproduzioni dirette di vetrate colorate.

Occorre, anzitutto, procurarsi della carta un po' forte (Saxe da 12 chilogrammi ad esempio) e la si adagia per 4 o 5 minuti sopra una soluzione di 10 gr. di cloruro di sodio in 150 d'acqua; la si secca rapidamente e la si immerge per 5 minuti in una soluzione al 15 per 100 di azotato d'argento in acqua distillata. Sgocciolata, lavata con acqua distillata finché sia scomparsa ogni apparenza lattiginosa per eliminare ogni traccia d'argento libero, la si passa ancora in una soluzione di cloruro di

stanza una lastra di rame congiunta col polo negativo.

Non resta che pulire la lastra ed inargentarla.

Ed ora una parola sulla negativa. Io preferisco il processo a collodio umido con rinforzo al pirogallico, addizionato di acido acetico e con fissamento al cianuro di potassa. Però può adoperarsi anche il processo alla gelatina; purché si usino lastre che diano forti contrasti, sviluppo all'idrochinone vecchio, fissamento all'iposolfito a forte dose, immersione prolungata nel bagno di allume. Qualunque sia il processo, devono adoperarsi pose brevi e tutte le precauzioni che conducono alla massima intensità degli scuri e alla massima trasparenza dei chiari della negativa.

Le graduazioni ottenute con questo metodo riescono benissimo e in precisione e nettezza non la cedono a quelle costruite con la macchina a dividere.

Pisa, ottobre 1892.

AVV. SEVERINO SEVERINI.

Teniamo a disposizione di coloro che vogliono completare le loro raccolte del

## Dilettante

### di Fotografia

i Numeri:

dal 1 al 8 del 1890 a L. 0,75

» 9 al 20 » 1891 » 0,50

» 21 al 30 » 1892 » 0,40

» mese corrente » » 0,25

Rivolgere domande con invio dell'ammontare all'Amministrazione.

## LA CRONOFOTOGRAFIA <sup>(1)</sup>

### CAPITOLO X

#### Fotografia dei movimenti nel campo del microscopio.

Il movimento degli esseri microscopici sono specialmente difficili a seguire: la loro rapidità è in genere tanto grande che in molti casi gli organi motori sono affatto invisibili. Infatti la traslazione di certi infusorii ha qualche cosa di misterioso; solo ammazzando l'animale si scoprono i cigli vibratili od organi consimili che non si vedevano in causa della loro rapida agitazione.

Nel campo del microscopio avvengono molti movimenti curiosissimi la cui analisi colla cronofotografia era piuttosto difficile.

Anzitutto l'ingrandimento considerevole delle immagini trac seco una diminuzione proporzionale nella intensità della luce che agisce su ogni punto della lastra fotografica. Inoltre per ottenere immagini molto nette di movimenti molto rapidi si deve operare con una posa brevissima. Bisognava dunque illuminare assai fortemente il soggetto da fotografare.

Ma l'azione prolungata di una luce molto concentrata e soprattutto quella del calore che l'accompagna altererebbe tosto i piccoli esseri che si muovono nella preparazione microscopica. Per evitare tale pericolo abbiamo ricorso a questo espediente:

La luce molto concentrata non è proiettata sulla preparazione microscopica che in modo intermittente e durante tempi brevissimi, generalmente inferiori ad  $\frac{1}{1000}$  di secondo. Il cronofotografo si presta benissimo a tale disposizione: basta porre l'oggetto da fotografarsi dietro i dischi otturatori; questi hanno allora per funzione di tagliare il fascio di luce concentrata e di non lasciarlo giungere sulla preparazione che durante i brevi istanti della coincidenza delle finestre. La fig. 42 mostra nei suoi principali dettagli la parte speciale che si adatta al cronofotografo per l'analisi dei movimenti microscopici. Una cassa in legno aperta nella parte centrale si

(1) Riproduzione riservata al Dilettante per l'Italia. V. numeri precedenti.



adatta entro scanalature sul corpo anteriore del nostro apparecchio nella forma delle cassette da obbiettivi già descritte. Questa cassa ha dinanzi un obbiettivo C che serve a condensare la luce rinviata da un eliostato, il fuoco di questo condensatore va a fermarsi nel porta oggetti *p* al punto ove sarà posta la preparazione. Per la messa a fuoco si regola la posizione del porta oggetti prima col bottone B legato ad una cremagliera, poi coll'asta *m* che agisce sulla vite micrometrica.

bottone si avanza il prisma e si rimanda l'immagine della preparazione sul microscopio; tirando il bottone si allontana il prisma e l'immagine va a formarsi direttamente sul vetro spulito o sulla lastra sensibile.

Siccome sarebbe impossibile cercare i punti interessanti della preparazione quando si è posti dietro all'apparecchio per guardare l'immagine sul vetro spulito, questa ricerca si fa guardando nell'oculare del microscopio che una lente di correzione permette

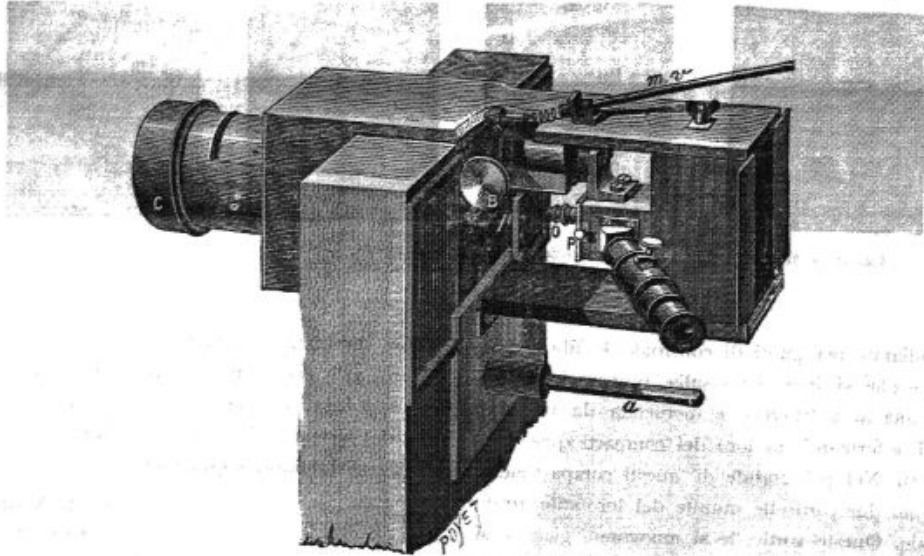


Fig. 42. — Aggiunta speciale al cronofotografo per studiare i movimenti degli esseri microscopici.

L'obbiettivo microscopico O è diretto sulla preparazione: dietro ad esso i raggi che portano la immagine attraversano una scatola cubica di metallo e continuando nella cassa di legno e nel soffietto che vi si adatta, giungono fino alla lastra spulita della camera ad immagini (1).

Sul lato della cassa metallica è fissato obliquamente un tubo di microscopio col suo oculare. Una disposizione introdotta dal Nachet permette di rimandare l'immagine sia sul vetro spulito sia sul microscopio; essa consiste nell'uso di un prisma a riflessione totale che si muove col bottone P. Premendo sul

di regolare in modo che le immagini siano esattamente a fuoco nel microscopio e sulla lastra sensibile.

Quando tutto è pronto per la fotografia sulla pellicola in movimento, si verifica coll'oculare del microscopio se la messa in fuoco è esatta e se i movimenti si producono al punto voluto. Si tira allora il bottone del prisma e si mette l'apparecchio in moto (1).

(1) Per poter operare senza bisogno di aiutante che giri la manovella del rotogio abbiamo messo questo in comunicazione con un rocchetto a molla ed un volante regolare. Si inizia il movimento del volante, si rimossa il rocchetto, e tutto è pronto perché l'apparecchio si metta in moto, appena il volante sia libero.

Dunque non appena guardando col microscopio si abbia constatato che la preparazione è bene in fuoco, non c'è più che da tirare il bottone del prisma e lasciare il volante perché l'apparecchio si metta in movimento e perché si possano riprodurre le immagini.

(1) Veggasi la descrizione di tale camera a pag. 394 del *Dilettante*.

La fig. 43 molto ingrandita mostra molte vorticelle attaccate a filamenti di confere (1). Durante la successione delle quattro immagini rappresentate nella figura molte vorticelle eseguono dei movimenti; il loro stile si ritrae e le tira obliquamente in basso e a destra. Tale movimento troppo brusco perché l'occhio possa afferrarlo, può essere seguito nelle sue fasi nel modo seguente:

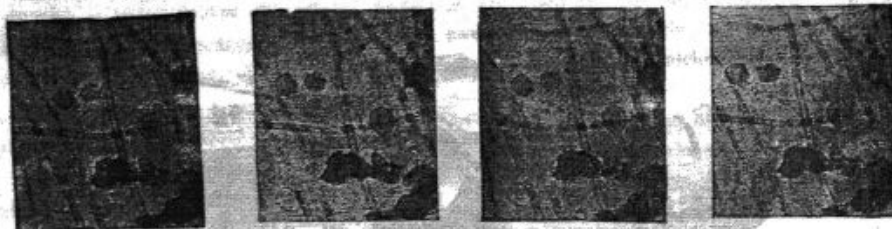


Fig. 43. — Movimenti delle vorticelle che ritirano il loro stile in spirale. — La successione dei movimenti si legge da sinistra a destra.

Prendiamo per punti di confronto le fibre delle confere che si incrociano sulla preparazione; vediamo una fibra trasversale incrociata da tre fibre verticali e formanti tra loro dei comparti quasi rettangolari. Nel più grande di questi compartimenti si vedono due vorticelle munite del loro stile girato a spirale. Queste vorticelle si muovono, giacché si può constatare che dalla prima all'ultima immagine esse si avvicinano gradatamente alla fibra trasversale e all'angolo inferiore destro del compartimento che le racchiude (2).

Questo esempio non è forse uno dei più interessanti che si possa scegliere per mostrare le applicazioni della cronofotografia al movimento degli

esseri microscopici (3). Ma questo non è che il principio delle nostre esperienze e ci proponiamo di seguirle. Speriamo di sorprendere anche i movimenti dei globuli del sangue nei vasi capillari; gli atti intimi della contrazione della fibra dei muscoli e delle onde che li percorrono; infine i movimenti dei cigli vibratili, ed in genere dei movimenti che servono alla locomozione degli infusori, ecc.

Non dubitiamo nemmeno che sia impossibile applicare agli esseri microscopici la cronofotografia su lastra fissa, servendosi di una illuminazione obliqua, del sistema immaginato dal Nachet che mostra gli oggetti luminosi sopra fondo oscuro.

(Continua).

E. J. MAREY

dell'Accademia delle Scienze.

(1) Sono alghe filamentose acquatiche alcune specie delle quali (*tricularia* e *stagnolia*) servono a fabbricare la carta. N. 2. 7.

(2) Il processo di incisione che servi a riprodurre queste immagini non si presta a rendere la purezza dei dettagli che presentava la preparazione e che si trovava sulle negative originali.

(3) Abbiamo pure ottenuto delle discrete immagini del movimento dei globuli del sangue nei vasi capillari e della formazione dei cristalli arborizzati nelle soluzioni sature.

## LE BOLLE D'ARIA NEGLI OBIETTIVI

(SCHOTT e GENOSSEN, JENA)

Gli sforzi degli Ottici circa il miglioramento dei sistemi di obiettivi fotografici in tutte le possibili migliori qualità ottiche, hanno condotto in questi ultimi anni, che per la costruzione di obiettivi applicabili ai diversi usi e casi che si presentano

nella pratica, a secondo delle loro proprietà, per preparare i vetri addatti all'infuori dei comuni Crown e Flint, si dovettero sorpassare delle serie difficoltà da parte dei fonditori di vetri simili.

Nel caso odierno di aver bisogno di tante qua-