

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

**Marey, Etienne-Jules. - Le vol des  
insectes étudié par la  
photochronographie**

*In : Comptes rendus  
hebdomadaires des séances de  
l'Académie des Sciences, 1891,  
113 : 15-18*



**(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)**  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey167>

équation, le quotient, par  $\int_0^1 \psi_1^2 dx$ , de

$$\int_0^1 (-\varpi_0) \psi_1 dx = \int_0^1 (1 - 2x) \psi_1 dx = \int_0^1 \psi_1 dx - 2 \int_0^1 x \psi_1 dx = -2 \int_0^1 x \psi_1 dx.$$

Or cette dernière intégrale est, d'après (11),

$$(13) \quad -0,160 + \frac{2}{3} - 1 + \frac{4,444}{5} - \frac{1,778}{3} + \frac{2,204}{7} - \frac{0,561}{4} + \frac{0,484}{9} - \dots = 0,018,$$

valeur que fournit aussi le procédé de Thomas Simpson appliqué au moyen des nombres de la dernière colonne du Tableau ci-dessus. Ce procédé de quadrature donnant d'ailleurs, grâce à la colonne précédente du même

Tableau,  $\int_0^1 \psi_1^2 dx = 0,0022$ , il vient  $c_1 = 8,2$ ; et l'on a l'expression approximative cherchée de  $\varpi$ ,

$$(14) \quad \varpi = -8,2 e^{-\frac{16\pi x}{\rho UR^2}} \psi_1(x) = -8,2 e^{-\frac{16\pi x}{\rho UR^2}} \psi_1\left(\frac{x^2}{R^2}\right).$$

#### PHYSIOLOGIE. — *Le vol des insectes étudié par la Photochronographie.*

Note de M. MAREY.

« Il y a vingt-cinq ans environ que j'ai exposé devant l'Académie le résultat de mes premières expériences sur le vol des insectes. Je montrais alors comment l'inscription mécanique des mouvements du vol permet de compter les battements des ailes, de déterminer le sens de leur mouvement, les inflexions de leur surface, etc., et j'arrivais à cette conclusion : que l'aile de l'insecte, rencontrant obliquement la résistance de l'air dans ses mouvements de va-et-vient, agit par un mécanisme analogue à celui de la godille d'un bateau. Enfin, pour justifier cette théorie, je montrais de petits appareils se déplaçant dans l'air par la simple oscillation d'ailes formées, d'une nervure rigide, prolongée en arrière par un voile membraneux.

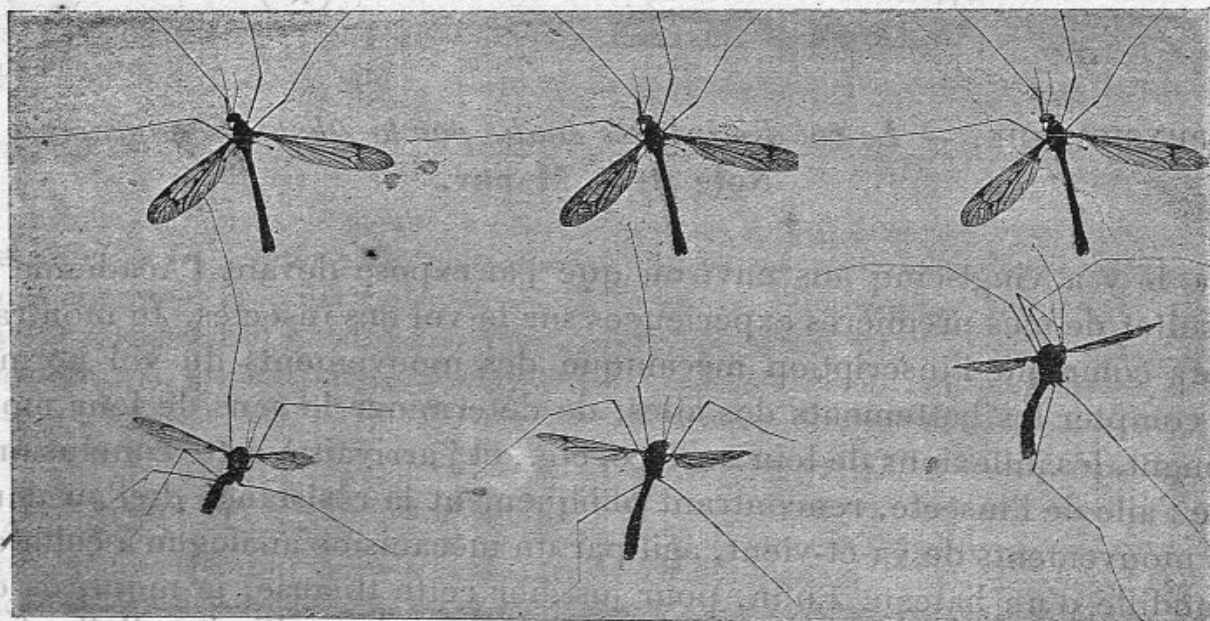
» Mais, si la théorie du vol de l'insecte pouvait dès lors être considérée comme établie dans ses caractères généraux, bien des particularités restaient encore à étudier. Ainsi, pour n'en citer que quelques-unes, le rôle des élytres dans le vol des coléoptères, celui des balanciers chez les di-

ptères, les positions que prennent les quatre ailes dans le vol des autres insectes.

» L'appareil que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie le 3 novembre dernier sous le nom de *photochronographe*, et qui saisit avec tant de facilité les phases des mouvements de l'homme et des animaux, devait se prêter également à l'analyse du vol des insectes. On devait toutefois prévoir que, en raison de l'extrême rapidité des mouvements des ailes, il faudrait diminuer encore la durée des éclaircissements et, comme conséquence de cette courte durée, soumettre l'animal en expérience à une lumière très concentrée.

» Ces conditions spéciales devaient être obtenues sans recourir à un instrument nouveau, mais en adaptant simplement au photochronographe quelques pièces accessoires.

» La présente Note a pour effet d'indiquer les dispositions qui m'ont permis de réduire les temps de pose à *un vingt-cinq millième* de seconde, et d'obtenir ainsi des images assez nettes d'insectes au vol.



» La figure ci-dessus montre deux tipules, dont l'une est immobile et posée contre une vitre, pendant que l'autre vole au-dessous d'elle, en agitant ses pattes de diverses manières et en donnant à son corps des inclinaisons variées. La justification de la page n'a permis de représenter ici que trois images successives; mais, en réalité, le photochronographe donne une longue série de ces images échelonnées sur la bande de pellicule sen-

sible. La longueur des bandes que livre le commerce varie de 1<sup>m</sup>, 25 à 4<sup>m</sup>, 40. Avec ces dernières, on aurait une centaine d'images du format de celles qui sont représentées ci-contre.

» J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques positives sur papier albuminé, tirées d'après les clichés originaux. Malgré la perfection de l'héliogravure exécutée par M. Ch. Petit, les figures originales feront voir mieux encore la netteté des images photochronographiques.

» Les conditions à réaliser dans ces expériences peuvent se résumer ainsi :

» 1° En raison de leur petite taille, les insectes devaient être étudiés de très près afin que leurs images ne fussent pas trop réduites.

» 2° L'extrême vitesse des mouvements de l'aile commandait une très grande brièveté du temps de pose.

» 3° Cette brièveté de l'éclairement exigeait, pour impressionner la plaque sensible, l'emploi d'une lumière très concentrée.

» 4° Les animaux devaient être maintenus pendant leur vol à une distance constante de l'objectif, afin que leur image se trouvât exactement au foyer et, pour plus de sûreté, il fallait donner à celui-ci le plus possible de profondeur.

» Voici comment ces différentes conditions ont été remplies :

» Pour opérer à courte distance et pour avoir des images de grandeur naturelle, on règle le tirage du soufflet de l'appareil de telle sorte que l'objet et la surface sensible occupent respectivement les deux foyers conjugués de l'objectif.

» Pour raccourcir les temps de pose, on a rétréci de la façon suivante les ouvertures des disques obturateurs qui laissent passer la lumière. Le diamètre de ces ouvertures, ainsi que la vitesse de rotation des disques, avaient été réglées pour l'analyse des mouvements de l'homme et des animaux : avec des fenêtres de 2<sup>cm</sup> de largeur, on avait des temps de pose de  $\frac{1}{2000}$  de seconde. J'ai muni ces fenêtres de petits rideaux d'acier mince percées chacun d'une fente étroite dirigée suivant le rayon des disques. Ces fenêtres n'ayant pas plus de 1<sup>mm</sup>, 5 de largeur et la vitesse de rotation des disques étant conservée, il s'ensuit que la durée de l'éclairement produit par la rencontre de deux fentes n'excède pas  $\frac{1}{25000}$  de seconde.

» Pour éclairer vivement le champ sur lequel se détachent les insectes, je me sers d'un condensateur, c'est-à-dire d'une lentille convergente qui, recevant d'un héliostat un faisceau de rayons parallèles, les fait converger à l'intérieur de l'objectif photographique. Or, en ce point se trouvent pré-

cisément les disques obturateurs dont les fentes, au moment de leurs rencontres, laissent passer presque entièrement le faisceau lumineux ; celui-ci, après son passage, se disperse de nouveau et va illuminer toute la surface sensible sur laquelle se forme l'image.

» La lentille condensante doit avoir une longueur focale au moins double de celle de l'objectif ; on la place en avant du point où se trouve l'insecte.

» Une planche à rainure fixée sur le photochronographe sert de banc d'optique pour porter la lentille condensante et en régler la position.

» Les moyens de contention de l'animal varient suivant le but qu'on se propose. Parfois on saisit l'insecte par une patte ou par l'extrémité de l'abdomen, au moyen d'une pince qu'on fixe sur la planchette à rainure à la distance voulue. Mais certains insectes seulement se prêtent à ce mode de contention, qui a l'avantage de permettre d'orienter l'animal de toutes sortes de manières. Le vol captif qui s'observe alors donne lieu à des mouvements d'une amplitude et d'une rapidité excessives.

» Pour étudier le vol normal, on fixe au banc d'optique une boîte fermée en avant par une glace. Introduit dans cette boîte, l'insecte va aussitôt voler contre la vitre qui a été mise préalablement au foyer de l'objectif. Du reste, on surveille la manière dont l'insecte vole, et, au moment voulu, on presse sur le bouton qui met en marche la pellicule sensible.

» Une grande profondeur de foyer est nécessaire, avons-nous dit, pour que les différentes parties de l'animal soient nettement visibles dans l'image. Or il arrive précisément que l'extrême étroitesse des fentes par lesquelles doit passer la lumière au centre de l'objectif constitue un excellent diaphragme qui donne au foyer plus de deux centimètres de profondeur.

» Cette disposition s'applique à tous les animaux de petite taille, dont les mouvements doivent être étudiés de très près dans la lumière concentrée. Elle ne donne, il est vrai, qu'une silhouette, mais avec ses détails les plus fins, tels que les poils dont sont couvertes les différentes parties du corps. Toutefois, pour peu que l'animal ait quelque transparence, on saisit tous les détails de sa structure et même certains mouvements des organes intérieurs.

» Dans de prochaines Communications j'indiquerai les dispositions qui permettent, avec un autre éclairage, d'obtenir des images par réflexion. J'exposerai également la manière d'analyser par la Photochronographie les mouvements d'animaux microscopiques. »