

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

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

*In : Le vol des insectes étudié  
par la chronophotographie,  
1892, 30 janvier, p. 135-38*



**(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)**  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey012>

le Sénégal jusque dans le Sennaar, l'Abyssinie, le Choa et le pays des Comalis, en passant par le Soudan; cependant un spécimen qui est originaire de cette dernière contrée et qui figure dans les galeries du Muséum d'histoire naturelle, tout en se rapprochant des Lions du Sénégal par l'absence de frange sous la région abdominale, en diffère assez nettement par la disposition et la couleur de sa crinière qui est hirsute entre les oreilles et fortement mélangée de poils noirs, dessinant une double bande foncée. Cet individu ressemble au contraire absolument aux *Lions du Sennaar* décrits et figurés par M. Paul Gervais dans son *Histoire naturelle des mammifères* et aux *Lions du Choa* dont la Ménagerie du Jardin des Plantes possède actuellement quatre individus. Deux de ces animaux, un mâle âgé de cinq ans, répondant au nom de Jean Bart, et une lionne appelée Fatma, ont été donnés il y a quelques années au Muséum d'histoire naturelle par feu M. Grévy; les deux autres, deux jeunes Lions âgés de deux ans environ, Larco et Desta, viennent d'être gracieusement offerts au même établissement par M. Carnot, Président de la République, qui les avait reçus en présent de S. M. Ménélik, roi du Choa (Voy. la gravure, p. 155).

Le lion Jean Bart est vraiment superbe; avec sa tête coiffée d'une sorte de perruque dont les mèches se relèvent fièrement sur le front, encadrent la face et retombent majestueusement sur la nuque, il a si grand air que nul ne serait tenté de se livrer à son égard à quelque familiarité intempestive. Fatma au contraire a la physionomie débonnaire et se laisse assez volontiers caresser par son gardien. Quant aux deux jeunes lions, ils ont l'air de gros dogues allemands avec leurs formes sveltes, leur tête à peine ornée d'un rudiment de crinière et leur cou enserré dans un collier de cuir; mais d'ici à quelque temps il ne faudra plus avoir en eux qu'une médiocre confiance, et au bout de deux ou trois ans ils pourront bien devenir des animaux dangereux à manier. On prétend cependant que l'ancien Négus Théodoros, lorsqu'il donnait audience à un ambassadeur étranger, avait toujours à ses côtés quelques Lions sur lesquels il s'appuyait négligemment et qui n'étaient maintenus par aucune chaîne. Ces Lions appartiennent à la même race ou plutôt à la même variété que ceux du Choa, variété qui se trouve déjà représentée dans diverses scènes de chasse qui décorent les parois d'anciens tombeaux égyptiens à Saqqarah et à Beni Hassan. Il me serait facile d'ailleurs de citer ici de nombreux exemples de Lions, asiatiques ou africains, qui ont vécu dans des palais ou même dans des maisons particulières aussi librement que des Chiens, qui se montraient parfaitement obéissants envers leurs maîtres et qui les suivaient même à la promenade; mais je crois inutile de rééditer des anecdotes qui ont été maintes et maintes fois reproduites et qui sont connues de la plupart de nos lecteurs.

E. OUSTALET.

## LE VOL DES INSECTES

ÉTUDIÉ PAR LA CHRONOPHOTOGRAPHIE

Le chronophotographe, dont on a vu la description dans ce journal<sup>1</sup>, se prête à l'analyse de toutes sortes de mouvements: nos lecteurs connaissent déjà ces séries d'images par lesquelles la photographie instantanée retrace toutes les allures de l'homme et des animaux. La marche, la course, le saut, les différentes sortes d'escrimes ont été ainsi étudiées; le vol des oiseaux a été analysé aussi par cette méthode, et chaque battement d'aile décomposé en ses phases successives.

Nous avons essayé d'étudier de la même façon le vol des insectes, mais ce problème présentait des difficultés particulières. En effet, plus l'objet dont la photographie doit saisir l'image se meut avec rapidité, plus le temps de pose doit être court. C'est ainsi que l'aile d'un Pigeon qui vole ne peut être nettement représentée que si l'on réduit la pose à

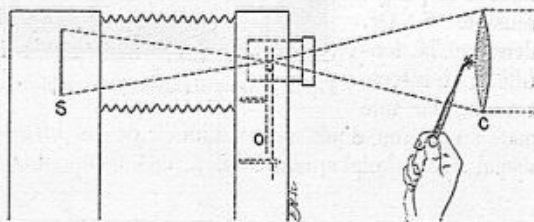


Fig. 1. — Disposition de l'appareil pour l'étude du vol d'un insecte.

1/1000 ou même à 1/2000 de seconde; mais le Pigeon ne donne pas plus de huit coups d'ailes par seconde, tandis que les insectes en donnent un bien plus grand nombre: la Guêpe, 110; le Bourdon, 240; la Mouche commune, 550. Pour saisir nettement l'image de ces organes en vibration, il faudrait abréger le temps de pose en raison même de la rapidité de leur mouvement, c'est-à-dire que les poses devraient être réduites à 1/20000, 1/30000, 1/40000 de seconde, en chiffres ronds.

La difficulté n'était pas d'obtenir ces courtes durées d'éclairement avec l'obturateur rotatif du *chronophotographe*; il suffisait pour cela de réduire à des fentes extrêmement étroites les ouvertures dont la coïncidence produit l'admission de la lumière. Mais avec une si courte impression lumineuse il était bien à craindre que, malgré la sensibilité des plaques, et malgré la puissance des agents révélateurs, aucune image ne se formât.

Pour avoir des chances de succès, il fallait recourir à un très puissant éclairage et racheter par son extrême intensité l'extrême brièveté de l'impression lumineuse. Or, comme la lumière solaire est la plus intense que l'on connaisse, nous avons disposé l'expérience de telle sorte qu'un insecte au vol se détachât en silhouette sur le disque même du soleil.

<sup>1</sup> Voy. n° 914, du 15 novembre 1890, p. 575.



La figure 1 représente les conditions essentielles de l'expérience; nous allons en suivre les détails en commençant par la droite.

Un faisceau de rayons solaires, réfléchis par le miroir d'un héliostat, tombe sur la lentille C qui les concentre à l'intérieur de l'objectif photographique, sur les disques de l'obturateur O. Quand les fenêtres de ces disques sont en coïncidence, le faisceau lumineux condensé traverse; puis, s'épanouissant de nouveau, s'étale sur la plaque sensible S. Or, derrière la lentille C, un insecte est tenu par une

silhouette où les plus fins détails des nervures des ailes sont parfaitement apparents.

Ce procédé, qui se prête à l'observation du *vol captif*, présente certains avantages; il permet d'orienter l'insecte de différentes manières, et d'observer ses ailes sous différents aspects. Toutefois, comme il donne naissance à des efforts exagérés de l'animal qui cherche à se dégager, il vaut mieux recourir à une autre méthode qui réalise les conditions du *vol naturel*.

A cet effet, on place au devant de l'objectif photographique

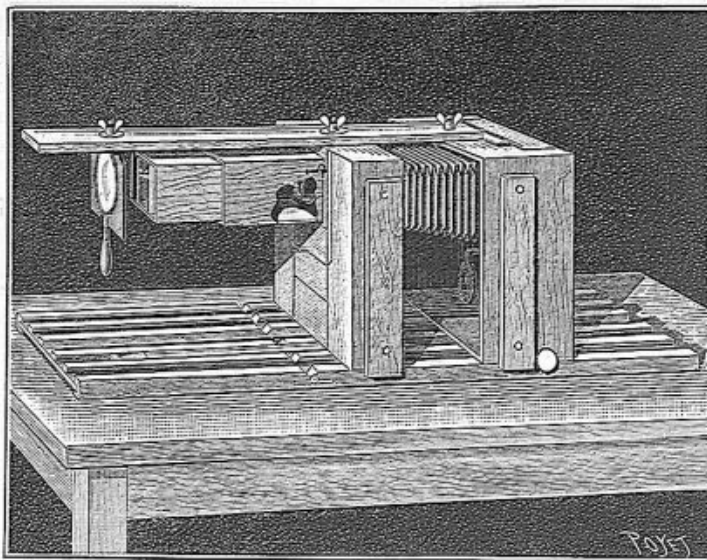


Fig. 2. — Appareil chronophotographique disposé pour étudier le vol naturel d'un insecte.

patte au moyen d'une pince; l'image de cet insecte se peint sur la plaque sensible, sous forme d'une

(fig. 2) une boîte formée de deux tubes rectangulaires qui glissent l'une dans l'autre, suivant

Cette figure est un fragment d'une longue bande pelliculaire.

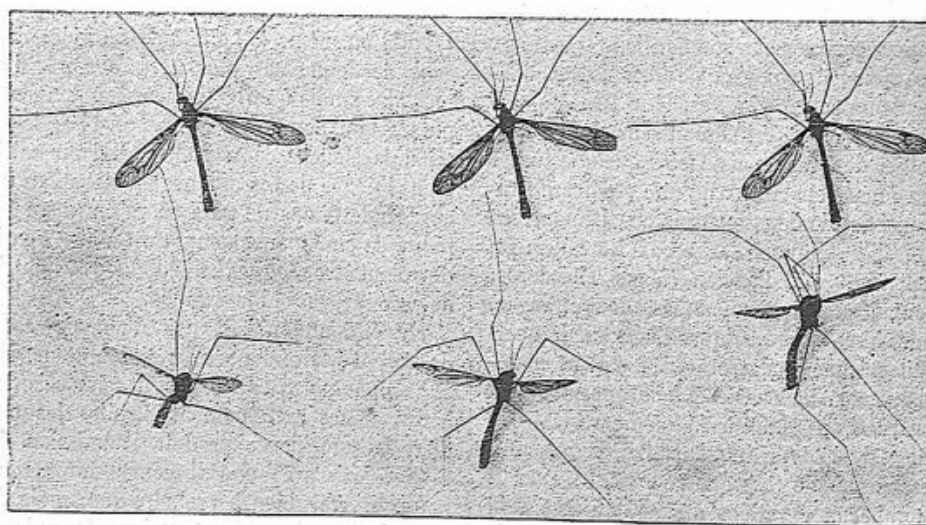


Fig. 3, montrant deux *Tipules*, dont l'une est immobile et posée contre une vitre, pendant que l'autre vole au-dessous d'elle, en agitant ses pattes de diverses manières et en donnant à son corps des inclinaisons variées.

que la boîte doit s'allonger ou se raccourcir pour les besoins de la mise au point. Cette boîte est fermée en avant par une glace contre laquelle on place la lentille condensante qui concentrera les rayons de l'héliostat comme dans l'expérience ci-dessus (un arrachement pratiqué dans la paroi de la boîte laisse voir, à son intérieur, l'objectif photographique). En

ce même endroit de la caisse se trouvait une ouverture par laquelle on introduit l'insecte en expérience. Un instinct naturel porte l'animal du côté de la lumière; il vole donc contre la vitre qui a été préalablement mise au foyer de l'appareil. Quand on constate que le vol de l'insecte s'effectue bien contre la vitre, on presse la détente qui met en marche



la pellicule sensible, et les images se forment aussitôt. C'est de cette manière qu'a été obtenue la figure 3 montrant deux *Tipules*, dont l'une est immobile et posée contre la vitre, tandis qu'au-dessous une seconde *Tipule* vole en agitant ses pattes de di-

verses manières, et en donnant à son corps des inclinaisons variées.

Or, si l'on compare l'aspect de ces deux insectes, on voit que celui qui ne vole pas tient ses ailes dans un plan vertical, de sorte qu'on en aperçoit l'extré-

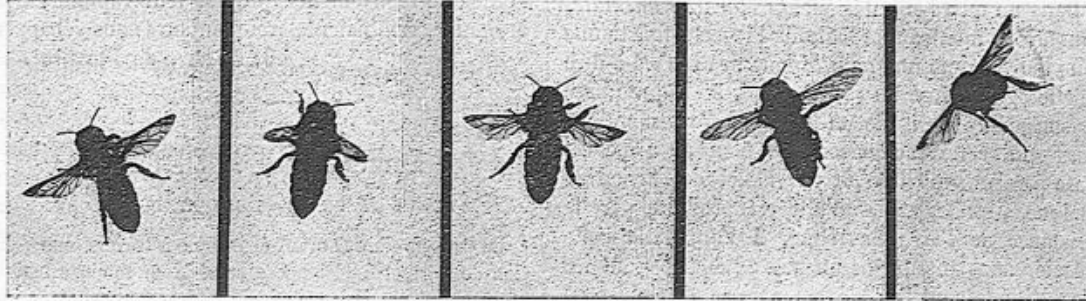


Fig. 4. — Vol de l'Abeille.

mité arrondie et que toutes les nervures en sont visibles. Sur l'insecte qui vole, il semble au contraire que l'aile soit pointue, ce qui tient à ce que le bord

postérieur en est soulevé, de sorte qu'il se présente obliquement; la même raison empêche de voir distinctement les nervures. On aperçoit également que



Fig. 5. — *Cerceris* battant des ailes sans se détacher du sol.

les ailes se meuvent dans un plan perpendiculaire à l'axe du corps, de sorte que, dans les mouvements du vol, elles ne se portent ni du côté de la tête, ni du

côté de l'abdomen. Le même fait s'observe aussi dans le vol de l'Abeille (fig. 4).

Sur un insecte du genre *Cerceris* (fig. 5), il semble

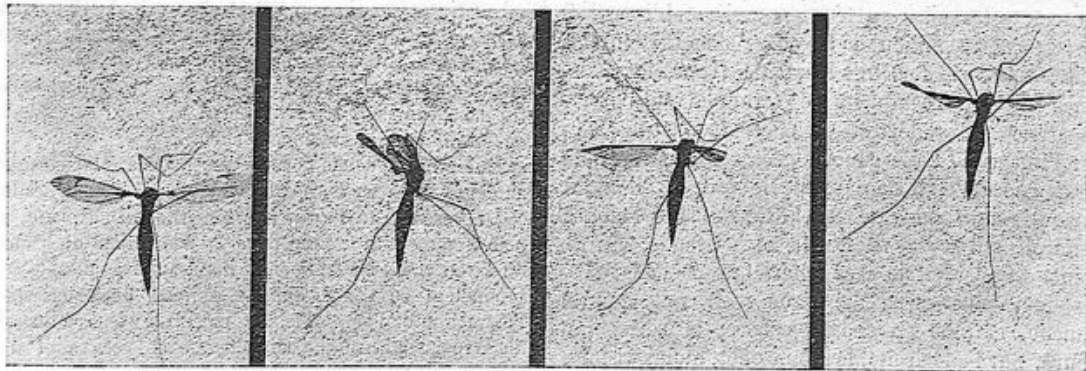


Fig. 6. — *Tipules* au vol présentant différentes attitudes des ailes.

(Reproductions directes par l'héliogravure des clichés photographiques de M. Marey.)

qu'il en soit autrement, mais nous avons pu nous assurer que ce n'est qu'une apparence. Le corps, en effet, n'était point vertical; l'insecte s'aidait de ses pattes pour se soulever, tout en battant des ailes; et sa tête touchait la vitre, tandis que son abdomen en était fort éloigné. Dans cette attitude, les ailes, se portant en arrière, semblaient s'élever; elles paraiss-

saient s'abaisser quand elles se portaient en avant.

Lorsqu'on tient l'insecte au bout d'une pince, on voit, en l'orientant convenablement, que le mouvement des ailes se passe, en grande partie, du côté dorsal, de sorte que les ailes se touchent presque à la fin de leur mouvement en arrière, tandis qu'elles forment entre elles un angle de plus de 100 degrés



du côté ventral. Il faudra multiplier beaucoup ces expériences pour arriver à déterminer complètement les caractères du vol dans les différentes espèces; mais déjà ce que montre la chronophotographie confirme et complète ce que nous avions appris d'autres méthodes, relativement au mécanisme du vol.

Dans un ouvrage antérieur, *la Machine animale*, nous avons montré que l'aile de l'insecte fonctionne dans l'air comme une *godille* dans l'eau, c'est-à-dire qu'elle agit comme un plan incliné, à chaque phase de son mouvement de va-et-vient. Nous ajoutons alors que cette inclinaison du plan de l'aile est toute passive, qu'elle n'est pas l'effet de l'action de quelque muscle, mais qu'elle est produite par la résistance de l'air elle-même. A l'appui de cette théorie, nous montrions un insecte factice dont les ailes, simplement flexibles en arrière et rigides en avant, s'inclinaient par la résistance de l'air dans leur mouvement de va-et-vient et produisaient la propulsion de la machine.

La chronophotographie vient prouver que, sur l'insecte véritable, la résistance de l'air produit réellement des effets semblables, sans qu'on puisse attribuer ces changements d'inclinaison à quelque action musculaire. La figure 6 donne, à cet égard, des renseignements instructifs. On y voit rassemblées une série d'attitudes assez curieuses des ailes.

L'image 1 (en partant de la gauche) montre une autre espèce de Tipule avec ses ailes verticalement étalées, c'est-à-dire dans le plan de l'axe du corps. L'insecte volait à ce moment, mais ses ailes se trouvent représentées à l'instant où elles changent de direction et où, ayant fini la phase de leur oscillation qui va du dos au ventre, elles vont se porter du ventre au dos. A cet instant l'aile n'est sollicitée, ni d'un côté ni de l'autre, par la résistance de l'air, aussi, sa surface est-elle plane. Sur l'image 2, l'insecte a les ailes portées en arrière. L'image 3 correspond au milieu de la phase d'oscillation des ailes; celles-ci, fortement inclinées par la résistance de l'air, semblent se terminer en pointe, apparence qui a déjà été signalée plus haut. Enfin sur l'image 4, l'aile gauche présente une véritable *torsion* par l'effet de laquelle le voile flexible est surtout relevé du côté de l'extrémité de l'aile, à l'endroit qui a la vitesse la plus grande. En ce point, on aperçoit la face inférieure de l'aile, tandis que, plus en dedans, on n'en voit que la tranche, et plus en dedans encore, la face supérieure. Sur l'aile droite, le même effet, moins visible, s'arrête au degré qui donne au bout de l'aile l'aspect d'une pointe. Cette dissymétrie apparente de l'action des deux ailes tient à l'orientation de l'animal.

Ajoutons que, dans ces photographies, on voit très bien la position des *balanciers*, ces petits organes formés d'une boule à l'extrémité d'un fil, qui chez les diptères correspondent à la seconde paire d'ailes avortée. Le rôle de ces organes, dont l'ablation abolit la fonction du vol, a été très controversé; on voit sur nos figures qu'ils participent aux mouve-

ments des ailes, et tout porte à croire qu'en étudiant un grand nombre de diptères convenablement orientés, on arrivera à déterminer la vraie nature des mouvements des balanciers.

Ces quelques exemples montrent tout le parti qu'on peut tirer de la chronophotographie dans l'étude de mouvements qui, par leur rapidité extraordinaire, semblaient devoir toujours nous échapper.

J. MAREY, de l'Institut.



## FABRICATION ÉLECTRIQUE

DE LA SOUDE CAUSTIQUE ET DU CHLORE

Le passage d'un courant électrique à travers une solution de sel marin décompose celui-ci en soude caustique et en chlore, mais la principale difficulté rencontrée jusqu'ici pour rendre le procédé industriel a été d'empêcher la recombinaison des éléments produits par l'électrolyse. Cette difficulté paraît aujourd'hui vaincue dans le procédé J. Greenwood, exploité par le *Caustic soda and chlorine Syndicate*.

Les cuves dans lesquelles s'effectue la décomposition de l'eau salée sont à circulation : les anodes sont formées de plaques de charbon avec noyau en cuivre, dans le but d'en accroître la conductibilité. Ce charbon est traité de façon à supprimer sa porosité et à le rendre inattaquable par le gaz chlore qui se dégage à sa surface pendant l'opération. Les cathodes, sur lesquelles se forment la soude caustique, sont des plaques de fer. Les cloisons poreuses sont formées par des plaques d'ardoises montées dans un châssis et inclinées à 45°. Les vides entre les plaques d'ardoises ainsi montées sont remplis d'amiante.

L'opération est des plus simples : les réservoirs étant remplis d'une solution de sel marin ordinaire, celui-ci est décomposé en ses éléments, chlore et sodium, mais ce dernier est aussitôt transformé en soude caustique. Après avoir traversé la série des cuves, les liquides sont remontés à l'aide de pompes dans des réservoirs. La solution de sel marin appauvrie par l'électrolyse est enrichie à nouveau. Le gaz chlore produit aux anodes arrive par des tuyaux dans des réservoirs renfermant de l'eau et de la chaux en état d'agitation : il y forme des hypochlorites. On peut d'ailleurs, en supprimant la chaux, se contenter de produire une solution de chlore.

La lessive de soude formée aux anodes est concentrée au degré exigé par les opérations auxquelles on la destine.

Le procédé est, d'après la compagnie qui l'exploite, appelé à un grand avenir dans la fabrication du papier, du savon et du blanchiment ; il est aussi applicable à la production de l'amalgame de sodium, du chlore pour l'extraction de l'or et d'autres métaux de leurs minerais, de la potasse caustique, du chlorate de potasse et d'un certain nombre d'autres produits chimiques.



## LES ARTS DESCRIPTIFS

ET LES SCIENCES EXACTES

L'artiste copie, exprime ou interprète la nature : ou bien aussi, il fait œuvre de pure fantaisie; le poète peut décrire, le peintre peut représenter des êtres qui n'ont jamais existé que dans leur