

Bibliothèque numérique

medic@

Marey, Etienne-Jules. - Histoire naturelle des corps organisés. Cours de M. Marey. III. Mécanisme du vol chez les insectes. - Comment se fait la propulsion.

In : Revue des cours scientifiques de la France et de l'étranger, 1869, VI, n° 17, p. 252-256



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey053>

sur la lumière un effet équivalent à la rotation d'un Nicol de 90 degrés. Par certaines actions intimes très-curieuses, que je ne veux pas décrire ici, le nuage se divise quelquefois, dans notre tube à expériences, en plusieurs portions de textures différentes. Certaines de ces portions sont plus grossières que d'autres, et l'on peut souvent apercevoir à l'œil nu, dans les unes, des irisations qui n'existent pas dans les autres. Si on les regarde normalement à travers le Nicol et la sélénite, il arrive fréquemment qu'en passant d'une partie à une partie voisine, les caractères du système d'anneaux se modifient complètement. Vous voici d'abord sur une section qui vous donne un point central obscur et un système d'anneaux correspondant; puis vous passez, par un point neutre, dans une autre section, et vous y trouvez un centre brillant, et chacun de vos anneaux remplacé par un nouvel anneau de teinte complémentaire. Quelquefois il se présente jusqu'à quatre de ces transformations dans un tube de 90 centimètres de longueur. Ces changements indiquent qu'en passant d'une partie à une autre, le plan de vibration de la lumière polarisée tourne brusquement d'un angle de 90 degrés, modification qui est due entièrement à la différence de texture de ces deux parties du nuage.

Vous voilà maintenant en état de comprendre, autant qu'on peut le faire, un très-beau phénomène qui, dans des circonstances favorables, peut être observé dans notre atmosphère. Voici un tube à expériences dans lequel on a fait pénétrer de la vapeur d'iodure d'allyle jusqu'à une pression de 0^m,025; puis on a achevé de le remplir avec de l'air qui avait barboté dans de l'acide chlorhydrique étendu d'eau. Par conséquent, outre la vapeur d'iodure d'allyle, nous avons dans le tube de la vapeur d'eau et du gaz chlorhydrique. On a fait agir la lumière sur ce mélange pendant un moment; un magnifique nuage bleu s'est formé. Comme je l'ai déjà dit, notre *nuage naissant* diffère complètement, par sa texture et par ses propriétés optiques, d'un nuage ordinaire; mais on peut précipiter la vapeur d'eau que contient le tube, de manière à lui faire constituer un nuage semblable à ceux de notre atmosphère. Ce nouveau et vrai nuage se précipite au milieu de l'azur du *nuage naissant*. Nous mettons en communication avec le tube à expériences un vase qui a sensiblement le tiers de sa capacité, et dans lequel on a fait le vide. Aussitôt le robinet ouvert, le mélange d'air et de vapeur passera du tube à expériences dans le vase vide; et, par l'effet du refroidissement dû à la dilatation, la vapeur qui était dans le tube tombera en masse comme un véritable nuage. Nous voilà prêts à faire l'expérience. Je regarde d'abord la couleur bleue, de manière à obtenir un système d'anneaux brillants avec un centre obscur. J'ouvre le robinet; l'air se dilate et le nuage se précipite. Immédiatement, le centre de mon système devient blanc, et la série entière des couleurs des anneaux, complémentaire. Pendant que je continue à observer le nuage, il se fond peu à peu, comme pourrait le faire un nuage atmosphérique dans l'azur du ciel. Et voici de même notre azur qui a persisté et qui reste derrière lui. Le nuage grossier semble se retirer comme un voile, le bleu reparait; et notre premier système d'anneaux, avec son centre obscur, et ses cercles colorés correspondants, se montre une seconde fois.

Vous m'avez suivi avec patience et courage sur un terrain d'une extrême difficulté. Je crois, en guide prudent, qu'il sera bon de faire halte sur la hauteur à laquelle nous sommes maintenant parvenus. Nous pourrions monter encore,

mais les chemins commencent à devenir par trop peu praticables. Un jour, je n'en doute point, il nous sera donné de vaincre ces difficultés, et de nous élancer ensemble à la conquête de régions encore plus escarpées.

JOHN TYNDALL.

— Traduit de l'anglais par le D^r RENÉ BENOÎT. —

COLLÈGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

III

Mécanisme du vol chez les insectes. — Comment se fait la propulsion.

Les leçons précédentes ont été consacrées à l'étude de la fréquence et de la forme des battements de l'aile chez l'insecte. Vous avez vu que la fréquence était variable d'un animal à l'autre, et qu'en allant du papillon, par exemple, à la mouche ou au cousin, ces variations pouvaient être considérables. Le papillon vole lentement; ses coups d'aile, se succédant à longs intervalles, le font avancer par honds et secousses: telle est la raison de son vol irrégulier et capricieux. Le cousin, lui, s'élance avec rapidité, droit au but, laissant derrière lui une traînée sonore, un bruit net, aigu, strident. Entre ces deux extrêmes on trouve tous les intermédiaires.

Il y a plus: prenez un même insecte, placez-le dans des conditions différentes, et la rapidité de ses mouvements variera dans des limites étendues. Est-il libre de toute entrave, ses mouvements sont rapides, précipités. Est-il maintenu captif, ils se ralentissent immédiatement.

Mais si la fréquence des mouvements de l'aile varie, la forme ne varie pas. Elle est universellement la même; c'est toujours une double boucle, un huit de chiffre. Que cette figure soit plus ou moins apparente, que ses branches soient plus ou moins égales, peu importe; elle existe, et un examen attentif ne pourra manquer de le révéler.

Avant de tirer de ce fait les conclusions qu'il comporte, avant d'en faire sortir la solution du problème qui nous occupe, c'est-à-dire le mécanisme du vol, voyons rapidement quel est l'état de la question, et à quel point l'ont amenée les auteurs qui l'ont traitée avant nous.

Sans remonter plus haut, nous trouvons dans l'ouvrage de Borelli un chapitre consacré à l'étude du vol.

La première question qui le préoccupe est de savoir quelle force l'oiseau ou l'insecte doivent déployer pour se soutenir et se mouvoir dans l'espace. Il estime que cette force est énorme; qu'elle est, pour l'oiseau, plus de dix mille fois supérieure au poids de son corps. Nous retrouverons cette exagération dans des ouvrages plus récents; nous verrons, à propos du vol des oiseaux, l'académicien Navier tomber dans une erreur analogue, et, après lui, M. Babinet accorder, à son tour, aux habitants de l'air, une puissance bien supérieure à celle qu'ils tiennent de la nature.

Cependant, à côté de ces erreurs, on trouve un grand nom-

(1) Voyez ci-dessus, pages 61 et 171, 26 décembre 1868 et 13 février 1869.

bre d'idées justes, confirmées depuis lors. Borelli sait bien que le principal mouvement des ailes est un mouvement de haut en bas qui s'exécute dans un plan vertical, et il se demande comment ce mouvement, qui, semble-t-il, ne devrait servir qu'à élever l'animal ou à l'abaisser vers le sol, contribue néanmoins à la locomotion. Il faut pour cela que la pression verticale se change en une force horizontale, le soulèvement en une translation. Les exemples de ces transformations sont fréquents. Pressez contre un plan poli un corps taillé en biseau, un coin de fer, je suppose : le coin va s'échapper en avant. C'est encore ainsi que les enfants s'amuse à presser entre leurs doigts des corps glissants, des noyaux de fruits, pour les projeter par cette pression à des distances souvent considérables.

Nous voyons donc poindre ici l'idée de la décomposition des forces par un plan incliné, idée juste qui donne en partie l'explication du vol des insectes et des oiseaux rameurs.

Mais les insectes ont quatre ailes et non pas seulement deux. Le rôle de ces quatre organes est-il le même ? et, s'il ne l'est pas, en quoi diffère-t-il ? Borelli ne traite pas cette question. Je la trouve discutée, dans un cas particulier, par un auteur anonyme qui nous a laissé un manuscrit intéressant sur les mœurs des abeilles : cet ouvrage, destiné à compléter et à corriger les observations de Réaumur, provient de la bibliothèque de la Condamine, et appartient à M. Hamet. L'auteur a observé les abeilles au moment où elles bourdonnent à l'entrée de la ruche, essayant d'y pénétrer pour y déposer leur butin. En examinant les jeux de la lumière sur leurs ailes frémissantes, il a cru voir que la paire supérieure seule s'abaissait et s'élevait alternativement, tandis que la paire inférieure était animée d'un faible déplacement horizontal.

Ensuite, la question semble abandonnée ; et cependant l'intérêt qu'elle présente est considérable. Outre l'importance que peut offrir, au point de vue de la curiosité scientifique, le mécanisme d'une fonction aussi répandue que la locomotion aérienne, un autre intérêt encore se rattache à ces études. L'insecte et l'oiseau réalisent une des ambitions les plus anciennes et les plus inutilement poursuivies par l'homme : l'espace tout entier leur appartient ; ils vont et viennent dans l'océan aérien, tandis que la pesanteur l'enchaîne au sol. L'homme a cherché bien des moyens pour échapper à ce joug. La connaissance des procédés par lesquels la nature atteint le but qu'elle se propose eût peut-être épargné bien des fausses tentatives, beaucoup de temps et d'imagination dépensés en pure perte !

En 1823, paraît un ouvrage où cette question de la locomotion aérienne est traitée *ex professo*, et non plus d'une manière incidente.

L'auteur, le chevalier de Chabrier, étudie les conditions de mobilité de l'aile, et répond à une question importante. Comment l'action musculaire se transmet-elle à cet organe mobile ! Est-ce directement ou par des intermédiaires ? Le muscle, répond Chabrier, ne s'attache pas directement sur l'aile, sur le levier qu'il doit mouvoir, — fait rare dans le règne animal ; — il agit sur la cambrure du dorsum : lorsqu'il se contracte, cette cambrure se trouve augmentée ; lorsqu'il se relâche, le dorsum retourne à sa courbure première, comme l'arc qui se débande. Dans le mouvement de l'aile, il n'y aurait donc qu'un temps d'activité, le temps d'abaissement ; le temps d'élévation serait passif. L'élasticité jouerait donc un rôle important dans ce fonctionnement : ici, comme dans tous les

organes mécaniques, elle emmagasine, puis restitue la force ; elle règle la vitesse et donne au mouvement sa continuité.

Mais bientôt Chabrier se laisse entraîner à une exagération pareille à celle de Borelli et de Navier, quoique de sens contraire. D'après lui, il faudrait à l'insecte une force insignifiante pour se diriger dans l'espace : la plus minime propulsion y suffirait. Pour se soutenir dans le fluide aérien, aucun effort ne serait nécessaire ; l'animal y flotterait comme le ballon gonflé. Avant de prendre son essor, il remplit d'air la multitude de ses canaux respiratoires, et cet air, s'échauffant, enlève l'animal comme il enlève du sol une montgolfière.

Il n'est pas besoin de dire que cette conception de l'insecte-aérostat est une erreur. Sans doute, avant de s'essayer au vol, l'insecte fait provision d'air, le hannelon s'y prépare en respirant précipitamment ; mais cette provision d'air ne contribue que pour une part insignifiante au but que lui assigne Chabrier. La plus grande portion sert à mettre en état les organes du vol. Jurine (de Genève) en particulier, a montré que les nervures de ces membranes alaires, chez les insectes, sont des canalicules qui n'acquiescent leur rigidité et leur déploiement que par cette insufflation de gaz, préparation indispensable au vol.

Il faut arriver à un auteur contemporain, Strauss-Durckheim, pour trouver les éléments de la théorie à laquelle l'observation m'a conduit. Dans son livre de la *Théologie de la nature*, vaste chaos d'idées ingénieuses, profondes ou puériles, on trouve beaucoup de faits essentiels à la solution de ce problème.

Strauss-Durckheim a compris le type idéal de l'aile d'insecte, de l'aile schématique, c'est-à-dire réduite à ses parties essentielles.

Une nervure rigide en avant, un voile flexible en arrière, voilà tout l'appareil. Une membrane ainsi constituée sera propre au vol ; constituée différemment, elle y sera impropre, comme il arrive de cette fausse aile des phryganes qui a sa nervure en arrière. Il suffit qu'un voile pareil s'élève et s'abaisse successivement ; de lui-même il se dispose en plan incliné, et recevant obliquement la réaction de l'air, il transforme en force de translation une partie de l'impulsion verticale qu'il a reçue. Ces deux parties de l'aile sont d'ailleurs l'une et l'autre indispensables au même degré : leurs rôles respectifs se complètent pour aboutir à un résultat unique. Des expériences ingénieuses, dues à M. Girard, mirent ces faits en lumière. Détruisez la nervure antérieure en laissant subsister la membrane, l'insecte ne volera plus ; détruisez la flexibilité du voile en le couvrant d'un enduit gommeux, le vol cessera encore. Ici on ne peut objecter que la matière surajoutée agit par son poids, comme une charge qui alourdirait l'animal ; car, en suivant l'expérience, on verra bientôt l'enduit se dessécher, des craquelures s'y produiront, la flexibilité reparaitra, et avec elle la possibilité du vol. Ces observations vous aideront à comprendre le rôle que jouent les ailes antérieures des phryganes : celles-ci constitueraient l'analogue de la nervure rigide, tandis que les ailes postérieures seraient le voile flexible. Les deux ailes, chez un insecte, se complèteraient ainsi l'une par l'autre.

Je ne veux pas prolonger plus longtemps cette revue rétrospective. Je la borne aux notions essentielles obtenues par nos prédécesseurs, à celles dont nous allons avoir besoin. Les expériences antérieures, jointes à celles que vous avez vu effectuer sous vos yeux, me semblent établir les faits suivants :

Les mouvements exécutés par l'insecte pendant le vol se bornent à une élévation et à un abaissement de l'aile. Il est vrai que, chez la plupart des insectes, il existe d'autres mouvements possibles : on voit les ailes se porter en arrière, et au repos s'étendre parallèlement à l'axe du corps. On voit aussi les insectes ramener leurs ailes d'arrière en avant comme préparation au vol. Mais ce ne sont pas là des mouvements directement utiles à la locomotion aérienne. La libellule, qui vole si rapidement, ne possède aucun de ces mouvements de latéralité ; ses ailes se meuvent exclusivement dans un plan vertical, comme si elles tournaient autour d'une charnière.

Mais nous avons vu que, par la *méthode optique*, on peut suivre le parcours de l'aile dans l'espace, en dorant l'extrémité de l'aile et en plaçant l'insecte dans un rayon de soleil. Or, ce parcours nous fournit l'apparence d'un huit de chiffre, et nous savons de plus que, pendant chaque révolution, l'aile change deux fois d'inclinaison.

Tous ces mouvements ne sont pas commandés directement par les muscles ; ils sont l'effet de la résistance de l'air agissant tour à tour sur la face inférieure et sur la face supérieure de l'aile dans ses mouvements alternatifs.

L'aile part de sa position limite supérieure ; elle ne penche encore ni d'un côté ni de l'autre, son plan est parallèle à la longueur de l'animal. Elle s'abaisse : la poussée de l'air s'exerce aussitôt ; la partie rigide, la nervure de l'avant, résiste avec facilité ; le voile qui lui succède, flexible comme il est, va céder ; entraîné par la nervure qui s'abaisse, soulevé par l'air qui le redresse, ce voile prendra une position intermédiaire ; il s'incline environ à 45° , plus ou moins, suivant les cas. L'aile continue son mouvement d'abaissement inclinée ainsi sur l'horizon. Dès lors la poussée de l'air qui continue son effet, et agit normalement à la surface qu'elle frappe, pourra se décomposer en deux forces, une force verticale, une force horizontale : la première servira à l'élévation de l'animal, la seconde à sa translation.

Après ce premier temps, la membrane alaire sera arrivée au bas de sa course. Son mouvement va changer de direction, sa vitesse va changer de sens ; un moment de repos, moment infiniment court, séparera ces deux phases, pendant lequel l'aile reprendra sa position normale parallèle à l'axe du corps. La nervure va l'entraîner de nouveau, l'air résistera comme tout à l'heure, et de ce conflit résultera une position intermédiaire entre l'horizontale et la verticale, une position inclinée à 45° . Identique avec la première, elle la croise. Ce second temps contribue comme le premier à la locomotion.

Remarquez à combien peu de frais, et avec quelle simplicité d'appareils, le but est atteint.

La force horizontale qui s'engendre par l'inclinaison du plan alaire se transmet au corps de l'animal et contribue à le pousser en avant. Mais le corps de l'insecte ne prend pas instantanément le mouvement qui lui est imprimé, une partie de cette force a pour effet de courber la nervure de l'aile, qui, en même temps qu'elle s'abaisse, est poussée en avant. Voici une aile artificielle construite avec de grandes dimensions suivant le type que nous connaissons : une nervure antérieure, représentée par un bâton rigide ; un voile en arrière, constitué par un papier cartonné sur le bord. Essayez de l'abaisser droit devant vous, vous n'y parviendrez pas. Essayez de frapper perpendiculairement un objet à votre portée, vous allez être poussés par l'air et vous serez déviés bien loin du but que vous visez.

De ce mouvement de déviation de l'aile pendant qu'elle s'élève, du changement de plan qu'elle éprouve, résulte évidemment la figure en boucle qu'elle décrit. C'est la combinaison de ces mouvements qui engendre le huit de chiffre, comme, dans une verge de Wheatstone accordée à l'octave, la combinaison de deux vibrations latérales pour une vibration longitudinale engendre aussi un huit de chiffre. En résumé, les deux faits expérimentaux sont maintenant interprétés dans notre théorie.

On a observé une très-légère différence entre les deux faces de l'aile de certains insectes : la surface inférieure a moins de poli que l'autre ; elle est munie de rugosités, de poils, de piquants, qui, d'après Chabrier, donnent plus de prise à l'air et restreignent la perte de force due au glissement. Cette disposition peut contribuer à assurer la prédominance d'effet utile au premier temps sur le second, au mouvement d'abaissement sur le mouvement d'élévation. Du reste, cette prédominance de l'action de l'abaissement de l'aile n'existe pas chez tous les insectes, quelques-uns n'utilisent que la force qui tend à porter la nervure de l'aile du côté de la face antérieure du corps. Ceux-là, trouvant cette force aussi bien dans le temps d'élévation de l'aile que dans celui d'abaissement, orientent presque horizontalement le plan dans lequel leurs ailes se meuvent. Les nombreuses variétés que présente le mécanisme du vol suivant l'espèce d'insecte qu'on observe seront étudiées plus tard ; elles n'excluent pas les principes fondamentaux que je viens d'exposer.

Les conditions mécaniques que nous venons de passer en revue, je les ai réalisées dans un appareil schématique, et j'ai obtenu les mêmes effets que l'insecte en retire. J'ai construit un *insecte artificiel*, représenté fig. 49. Imaginons deux ailes artificielles aussi égales que possible, insérées l'une et l'autre sur un de ces petits tambours que je vous ai décrits bien souvent. Elles reçoivent par ce tambour des mouvements d'élévation et d'abaissement absolument synchrones. Cet ensemble est fixé à l'extrémité d'un rayon équilibré par un contre-poids et peut tourner autour d'un pivot. Ce rayon est creux intérieurement, et il fournit ainsi un canal par lequel l'effet d'une soufflerie pourra se transmettre au tambour moteur des ailes. Nous pourrions considérer le tambour comme représentant le corps de l'insecte, et rien ne m'aurait empêché de lui en donner réellement la forme. Les nervures rigides munies de membranes flexibles disposées à droite et à gauche seront les deux ailes, et l'animal, au lieu d'être libre, serait fixé à l'extrémité d'une baguette mobile : il n'aurait donc qu'un seul mouvement possible, ce serait de tourner autour du pivot entraînant la baguette qu'il y attache. Effectivement, si je mets la soufflerie en activité, mon insecte artificiel se déplacera, il agitera ses ailes et volera réellement. A chaque battement, il y aura un changement de plan de la membrane alaire ; à chaque battement, la pointe décrira un huit de chiffre, et, d'une façon générale, cet animal schématique, cet insecte artificiel reproduira toutes les particularités que l'observation des insectes véritables nous a dévoilées.

Cet appareil nous présentera encore bien d'autres avantages que celui de vérifier les idées théoriques : il nous permettra des expériences nouvelles auxquelles les êtres vivants ne sauraient se prêter. Nous pourrions changer une des conditions, par exemple la forme des ailes, ou leur étendue, ou la rapidité du battement, ou telle autre circonstance que ce soit,

en laissant toutes les autres constantes; nous connaissons ainsi l'influence que chacune d'elles isolément peut avoir sur le mécanisme du vol.

C'est par des expériences de ce genre que nous pourrions nous assurer du fait suivant :

Dans le parcours de l'aile, il n'y a qu'une région utile à la propulsion de l'insecte, c'est la région moyenne. Dans les deux parties extrêmes, l'aile n'a pas encore éprouvé le changement de plan qui rendra son action efficace. Aussi voit-on, si l'on diminue l'amplitude des mouvements de l'aile, que l'effort de traction produit par l'appareil diminue considérablement, et finit par cesser entièrement.

seraient les parties voisines sans compensation d'aucune sorte. La membrane ne doit apparaître que lorsque la vitesse elle-même apparaît à un degré suffisant. Enfin, on peut déterminer expérimentalement l'étendue que doivent avoir les surfaces alaires pour utiliser le mieux possible la force disponible.

M. de Lucy a comparé chez un certain nombre d'animaux les surfaces des ailes au poids du corps tout entier. Il trouve une étendue de 30 millimètres carrés chez un cousin pesant 3 milligrammes; 1663 millimètres carrés chez un papillon pesant 20 centigrammes; 750 centimètres carrés chez un pigeon pesant 290 grammes; 4506 centimètres carrés chez une

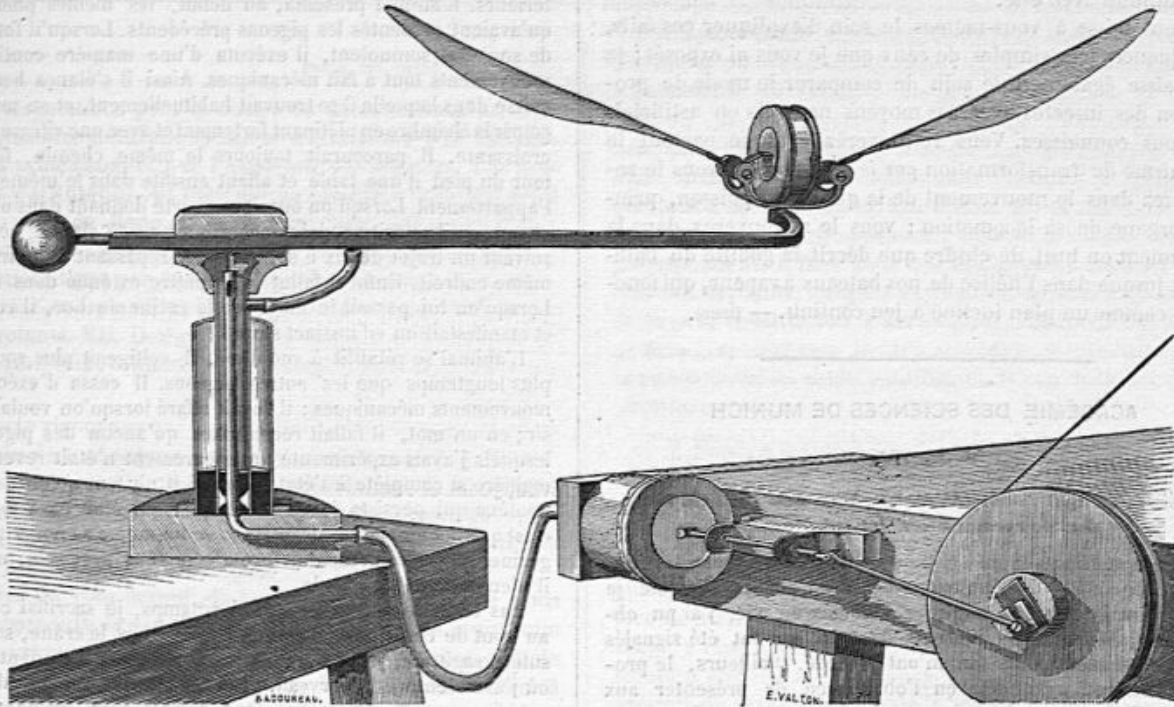


FIG. 19, représentant l'insecte artificiel ou schéma du vol des insectes.

Une pompe à air, mue par un appareil rotatif, foule et aspire alternativement l'air d'un tube qui traverse le pivot central de l'appareil, où une sorte de gazomètre à mercure forme une occlusion hermétique, tout en permettant la libre rotation du système équilibré. La branche horizontale est creuse et conduit l'air dans l'appareil, qui est fermé d'un tambour métallique creux, dont les deux faces circulaires sont fermées par deux membranes de caoutchouc. Par le jeu de la pompe, ces deux membranes se gonflent ou s'affaissent toutes deux ensemble; elles communiquent par deux leviers coudés des mouvements d'élévation et d'abaissement rapides aux deux ailes. Celles-ci, réalisant les conditions d'inégale flexibilité que présente une aile d'insecte, décomposent la résistance de l'air et impriment à l'appareil un mouvement rapide de rotation autour du pivot central.

Si le voile membraneux présente une trop grande largeur, on voit se produire un autre phénomène. Le bord postérieur de l'aile reste presque immobile dans l'espace, surtout dans les mouvements de faible amplitude; la nervure seule est animée de mouvements rapides. L'air se trouve alors frappé par des plans inclinés de sens contraire à ceux qui agissent dans le vol normal; aussi voit-on l'appareil rétrograder et tourner autour de son pivot, en sens inverse à celui de son mouvement ordinaire.

Le schéma du vol montre encore l'utilité de certaines formes d'ailes pour obtenir le mouvement de translation le plus rapide possible. Ce sont précisément les formes qu'on trouve dans la nature. La nervure, chez les insectes, ne porte pas dès son origine le voile membraneux. Les portions voisines de l'articulation ont une très-faible vitesse; elles contribueraient donc fort peu à un bon résultat, elles embarras-

cigogne pesant 2265 grammes; 8543 centimètres carrés chez une grue d'Australie pesant 9500 grammes. Mais, pour faciliter les comparaisons, il faut ramener ces chiffres à une commune mesure; et, malgré les locutions barbares auxquelles nous serons conduit, nous dirons :

	Mètres carrés.
Le kilogramme de cousin.....	représente 10
— papillon.....	8,3
— pigeon.....	2,586
— cigogne.....	1,988
— grue d'Australie.....	0,899

L'étendue des ailes n'est donc pas proportionnée à la taille de l'animal. Une aile étant donnée, une vitesse maximum de battement y correspond. Augmenter la rapidité du battement dans l'espoir d'accélérer indéfiniment la rapidité du vol, serait une illusion: cela est possible jusqu'à un certain degré; mais

au delà de cette limite maximum, ce deviendrait inutile. Augmentons progressivement la vitesse de la soufflerie, les battements d'ailes vont se précipiter, et d'abord la vitesse du vol sera augmentée. Continuons cette progression, la rapidité diminue, le mouvement se ralentit. L'amplitude du mouvement éprouve une réduction considérable, telle que, à la limite, les ailes paraissent immobiles, animées seulement d'un léger frémissement. Le mouvement, qui s'était ralenti, a maintenant cessé complètement. Dépassons cette limite extrême, l'appareil rétrograde. Une aile déterminée comporte donc une vitesse de battements fixée d'avance; car, par l'effet de l'inertie, la fréquence des battements ne s'exagère qu'aux dépens de son amplitude, et, lorsque l'amplitude diminue, la force d'impulsion diminue avec elle.

Je vous laisse à vous-mêmes le soin d'expliquer ces faits, conséquences très-simples de ceux que je vous ai exposés; je vous laisse également le soin de comparer le mode de progression des insectes avec les moyens naturels ou artificiels que vous connaissez. Vous retrouverez presque partout le mécanisme de transformation *par le plan incliné*: vous le retrouverez dans le mouvement de la queue du poisson, principal organe de sa locomotion; vous le retrouverez dans le mouvement en huit de chiffre que décrit la godille du batelier, et jusque dans l'hélice de nos bateaux à vapeur, qui fonctionne comme un plan incliné à jeu continu. — Dastre.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE MUNICH

M. C. VOIT

Phénomènes qui suivent l'ablation des hémisphères du cerveau chez les pigeons

Je pratique chaque année cette opération pour démontrer aux étudiants les effets de l'ablation des hémisphères. Comme je réussis à maintenir longtemps les animaux en vie, j'ai pu observer des phénomènes différents de ceux qui ont été signalés par les expérimentateurs qui m'ont précédé. D'ailleurs, le professeur Bischoff avait déjà eu l'obligeance de présenter aux membres de la classe des sciences physiques et mathématiques l'un des animaux en question, et avait rédigé une note à ce sujet.

Immédiatement après cette opération, les animaux tombent toujours dans un état somnolent; ils cachent la tête sous leurs ailes et demeurent immobiles, les yeux fermés. Ce n'est là, toutefois, que le premier effet de la profonde atteinte qui leur a été portée; car, au bout de quelques semaines, ils sortent de cet état de somnolence, relèvent la tête, ouvrent les yeux, marchent et voltigent même spontanément. Il est certain qu'à ce moment, ces animaux voient, entendent et perçoivent des sensations; aussi est-il difficile de les distinguer des animaux de la même espèce, apprivoisés et indemnes de toute lésion. La principale différence consiste en ce que les premiers ne mangent pas d'eux-mêmes et qu'ils se laisseraient mourir de faim sur un morceau d'aliments. Ils ne connaissent plus la peur, ils passent par-dessus des lapins qu'on met dans leur cage; tandis que les pigeons à l'état normal sont craintifs dans ces circonstances et restent blottis dans un coin. Ils peuvent, par leur roucoulement, manifester un vif instinct sexuel, mais ils ne le satisfont pas lorsqu'on les met en présence d'animaux d'un autre sexe.

On pourrait donc avancer, d'après ces observations, que les pigeons privés de cerveau conservent la perception, voient des images, entendent des sons, mais qu'ils ne s'en forment aucune idée. Toutefois, lorsqu'on voit un pigeon ainsi mutilé éviter soigneusement les obstacles, voler et se percher sur des supports étroits

ou sur d'autres objets sans les heurter, lorsqu'on les voit fuir la main qui veut les saisir, il faut bien voir dans tout cela une image de la perception (*sinneshwahrnehmung*) originelle.

Ces animaux présentent souvent des phénomènes tout à fait surprenants; s'ils viennent à exécuter un certain mouvement, ils le continuent mécaniquement pendant un temps prolongé. C'est ainsi que j'ai vu un de ces pigeons frapper par hasard avec son bec une bobine de bois suspendue au loquet d'une porte. Cette bobine exécutait un mouvement d'oscillation, et, en revenant, elle frappait le bec de l'animal, qui la remettait de nouveau en mouvement. Ce jeu durait depuis plus d'une heure, et je dus y mettre fin.

Au mois de décembre dernier, je fis l'ablation des deux hémisphères à un jeune pigeon. J'ai la certitude que l'opération avait été complète, que j'avais enlevé en totalité les lobes postérieurs. L'animal présenta, au début, les mêmes phénomènes qu'avaient présentés les pigeons précédents. Lorsqu'il fut réveillé de son état somnolent, il exécuta d'une manière continue des mouvements tout à fait mécaniques. Ainsi il s'élança hors de la caisse dans laquelle il se trouvait habituellement, et se mit à parcourir la chambre en piétinant fortement et avec une vitesse toujours croissante. Il parcourait toujours le même chemin, faisant le tour du pied d'une table et allant ensuite dans le même coin de l'appartement. Lorsqu'on ouvrit une porte donnant dans une autre chambre, il se mit soudain à courir avec une vitesse accélérée, suivant un trajet de six à dix pieds, et repassant toujours par le même endroit. Enfin il fallut le remettre exténué dans sa cage. Lorsqu'on lui passait le doigt sur la racine du bec, il roucoulait et manifestait un vif instinct sexuel.

L'animal se rétablit à vue d'œil. Il voltigeait plus souvent et plus longtemps que les autres pigeons. Il cessa d'exécuter des mouvements mécaniques; il fuyait effaré lorsqu'on voulait le saisir; en un mot, il fallait reconnaître qu'aucun des pigeons sur lesquels j'avais expérimenté antérieurement n'était revenu d'une manière si complète à l'état normal. Il n'y eut qu'un seul phénomène qui persista jusqu'à la fin, et qui était caractéristique, c'est que cet animal ne prenait pas de lui-même sa nourriture. Les graines qu'on lui présentait furent comptées avec soin, et jamais il n'en manqua une seule.

Las enfin de l'observer plus longtemps, je sacrifiai ce pigeon au bout de cinq mois. Lorsque j'eus ouvert le crâne, suivant la suture sagittale, je trouvai une masse blanche, occupant la place où j'avais enlevé le cerveau. Chez les pigeons que j'avais opérés antérieurement, cet espace était rempli d'un exsudat devenu fibreux, ou d'un liquide séreux, ou bien enfin le cervelet était passé en avant et la voûte du crâne s'était déprimée. Ici, les choses étaient toutes différentes. La masse blanche avait complètement l'aspect et la consistance de la substance blanche du cerveau; elle présentait une fusion continue et insensible avec les pédoncules cérébraux, qui n'avaient pas été enlevés. Cette même masse blanche présentait la forme de deux hémisphères, dans chacun desquels on voyait une petite cavité remplie d'un liquide, et entre eux se trouvait un septum. Mais ce qu'il y eut de plus remarquable, c'est que la masse tout entière consistait en fibres primitives parfaites à double contour, et qu'on y trouvait aussi, dans sa trame, des cellules ganglionnaires manifestes, ce dont on pu se convaincre également M. le docteur Kollmann.

Ce cas est le premier qui ait présenté une régénération de la masse cérébrale avec rétablissement de son activité; car je ne puis interpréter que de cette manière la guérison si surprenante de cet animal, tellement complète qu'il n'était guère possible de le distinguer d'un autre à l'état normal.

C. VOIT,

Professeur à l'université de Munich.

— Traduit de l'allemand par le D^r RABUTEAU. —

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.