

Bibliothèque numérique

medic@

**Marey, Etienne-Jules. - Physiologie du
vol des oiseaux : Du point d'appui de
l'aile sur l'air**

*In : Comptes rendus
hebdomadaires des séances de
l'Académie des Sciences, 1874,
78 : 117-121*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey129>

opposée est de plus en plus couverte par l'écran. Cette disparition d'une portion efficace de l'onde se traduit par la limitation de l'arc de spirale à un point qui s'écarte de plus en plus du point asymptotique J' correspondant à la demi-onde opposée à N.

» Le rayon vecteur subit des variations périodiques; par suite, l'intensité lumineuse passe par des maxima et des minima. Ces variations augmentent d'amplitude à mesure que N se rapproche de l'ombre géométrique, car les tours de spire décrits par l'extrémité mobile du rayon vecteur deviennent de plus en plus grands. Après un dernier minimum et un dernier maximum, les plus grands de tous, le rayon vecteur décroît d'une manière continue. A la limite de l'ombre géométrique, quand le rayon vecteur arrive au point μ , l'intensité est réduite au quart de sa valeur primitive, et au delà la décroissance s'effectue sans maxima ni minima.

» On reconnaît, dans cette analyse symbolique du phénomène, l'explication des franges extérieures et la diminution continue de la lumière dans l'ombre géométrique.

» Pour achever de préciser l'usage de cette courbe et l'employer à la détermination de la valeur numérique de l'intensité de la lumière en chaque point de l'écran, il suffit de représenter par Z la distance de ce point à l'ombre géométrique; des triangles semblables permettent d'écrire

$$\frac{Z}{s} = \frac{r+d}{r}, \text{ d'où } Z = \nu \sqrt{\frac{(r+d)\lambda d}{2r}}.$$

» On calcule ainsi la valeur de ν qui définit l'extrémité de l'arc utile de la courbe représentative à joindre au point asymptotique. La distance de ces deux points donne la racine carrée de l'intensité lumineuse.

» On discuterait et l'on calculerait de la même manière toutes les circonstances que présente l'ombre d'une fente, d'un fil, etc. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Physiologie du vol des oiseaux; du point d'appui de l'aile sur l'air.* Note de M. MAREY.

(Commissaires : MM. Bertrand, Tresca, Resal.)

« J'ai présenté à l'Académie les résultats d'une série d'expériences destinées à déterminer les différents mouvements de l'aile de l'oiseau, pendant le vol, et les réactions que ces mouvements impriment au corps de l'animal.

» Depuis cette époque, j'ai travaillé dans une direction nouvelle, cherchant, au moyen d'appareils mécaniques, à produire des coups d'aile ca-

pables de soulever des poids plus ou moins lourds. Après quelques tâtonnements, j'ai réussi à déterminer les conditions mécaniques dans lesquelles ces appareils peuvent se soulever par l'abaissement de leurs ailes. Il faut que le *moment* de la force motrice soit un peu supérieur à celui de la résistance de l'air, les ailes de l'appareil étant assez légères pour que l'influence de leur masse soit négligeable.

» La force qui abat l'aile est celle d'un ressort qui s'attache à sa nervure dans le voisinage de l'articulation. La résistance de l'air sous chaque aile doit être égale à la moitié du poids de la machine, puisqu'elle doit neutraliser les effets de la pesanteur. Si l'on suppose l'aile de forme triangulaire et la résistance de l'air proportionnelle au carré de la vitesse, le point d'application de la résultante de toutes les pressions de l'air sous l'aile sera situé sur le milieu de cette aile, et aux $\frac{3}{5}$ de sa longueur, en comptant à partir de l'articulation.

» D'après ces données, il est facile de construire un appareil capable de se soulever par l'abaissement de ses ailes. On reconnaîtra que les conditions nécessaires sont remplies lorsque, plaçant un doigt sous chacune des ailes, aux points où s'appliquent les résultantes des pressions de l'air, on pourra soulever la machine sans faire fléchir les ressorts abaisseurs des ailes.

» J'ai pu m'assurer que ces conditions dynamiques sont réalisées dans la nature. Pour cela, j'ai mesuré l'effort statique dont les muscles pectoraux sont capables, et j'ai déterminé le lieu d'insertion de ces muscles, la forme des ailes et le poids du corps des oiseaux.

» Mais, lorsque je comparai la vitesse du coup d'aile de mes appareils mécaniques à celle que j'avais constatée en enregistrant les mouvements de l'aile d'oiseaux véritables, je vis que, pour se soulever, la machine devait avoir un coup d'aile trois ou quatre fois plus rapide que l'oiseau. Or, à égale force motrice, ce qui règle la vitesse d'un pareil mouvement, c'est la résistance qui lui est opposée; il fallait donc admettre que l'air résistait de neuf à seize fois moins à mon appareil qu'il ne résiste à l'aile d'un oiseau qui vole.

» Je reculai d'abord devant l'absurdité apparente de cette conclusion, et pourtant, plus je mesurais la vitesse d'abaissement de l'aile des oiseaux, plus j'arrivais à me convaincre que cette vitesse est insuffisante à les soutenir sur l'air, si quelque condition, qui manque dans mes appareils, ne vient pas augmenter la résistance de l'air sous l'aile de l'oiseau. J'espère montrer que c'est la translation de l'oiseau qui produit cet accroissement de la résistance que rencontre l'abaissement de son aile.

» En effet, l'air, comme tous les corps pondérables, présente les effets de l'inertie, c'est-à-dire que, soumis à une force impulsive constante, il résiste fortement pendant les premiers instants, puis acquiert une vitesse, et enfin tend à garder cette vitesse quand la force impulsive vient à cesser.

» Si l'on prend un disque léger, auquel on imprime un mouvement uniforme, suivant une direction perpendiculaire à son plan, on peut, au moyen d'un dynamomètre inscripteur, placé en arrière du disque, constater la résistance de l'air aux différents instants de ce mouvement. On voit alors : 1^o une résistance considérable au début du mouvement : c'est l'effet de l'inertie de la colonne d'air que le disque tend à déplacer ; 2^o une pression plus faible, qui se maintient pendant la durée du mouvement ; 3^o une tendance à l'entraînement du disque, lorsque celui-ci s'arrête : cet entraînement est dû à la vitesse acquise de la colonne d'air en mouvement.

» Ainsi la résistance que l'air présente aux mouvements d'un corps se compose d'un régime régulier, précédé et suivi de deux états variables. Le régime régulier est ce que les différents expérimentateurs ont cherché à mesurer ; c'est à lui seul que s'appliquent les estimations qu'on a données de la résistance de l'air à un mobile animé de différentes vitesses.

» S'il est démontré que, pendant l'état variable initial, la résistance de l'air atteint son maximum, il est clair que l'aile d'un oiseau devra trouver sur l'air un appui plus solide si, pendant toute la durée de son abaissement, elle peut se placer dans ces conditions initiales. Or, par suite de la translation de l'oiseau, l'aile, à chaque instant de sa descente, vient agir sur une nouvelle colonne d'air qu'elle tend à abaisser ; mais, par suite de la faible durée de la pression qu'elle reçoit, chacune de ces colonnes d'air n'a pas le temps d'acquiescer la vitesse de l'aile ; elle se comprime donc et présente la résistance maximum de l'état variable initial.

» Pour démontrer l'exactitude de cette théorie, il fallait imprimer à mes appareils artificiels un mouvement de translation horizontale et constater, sous cette influence, un accroissement de la résistance de l'air aux mouvements de leurs ailes.

» J'ai varié l'expérience de diverses manières et j'ai toujours constaté cet accroissement de la résistance de l'air, se traduisant par un ralentissement des mouvements de l'aile.

» Ainsi j'ai construit un oiseau artificiel dont les ailes étaient actionnées par une pompe à air. Une machine à vapeur, travaillant d'une façon uniforme, commandait cette pompe et imprimait ainsi aux ailes des batte-

ments parfaitement réguliers. L'oiseau artificiel, placé à l'extrémité d'un long bras de manège, pouvait à volonté battre des ailes sur place ou recevoir, en même temps, un mouvement rapide de translation circulaire. Dans ces conditions, si je mesurais l'amplitude des battements des ailes pendant l'immobilité de l'appareil, je trouvais que, entre ses deux positions extrêmes, l'aile formait un angle d'environ 60 degrés. En faisant tourner le manège de manière à imprimer à l'oiseau factice une translation d'environ 10 mètres par seconde, on voyait l'amplitude des battements se réduire à 30 et même 20 degrés. Or rien n'était changé dans la force motrice, ni dans la fréquence des mouvements des ailes : il fallait donc admettre un accroissement de la résistance de l'air, pour expliquer cette diminution dans l'amplitude, c'est-à-dire dans la vitesse des coups d'ailes.

» Craignant que la force centrifuge produite par la rotation du manège pût être accusée de produire quelques perturbations dans les mouvements des ailes, je fis des expériences analogues en imprimant à l'appareil un mouvement de translation rectiligne; j'obtins le même ralentissement des coups d'ailes de la machine.

» Cette influence de la translation horizontale sur la résistance de l'air aux coups d'ailes des oiseaux me semble expliquer comment s'obtient le *point d'appui* dans le vol; elle rend compte de certains faits que l'observation ou l'expérience révèle. Voici quelques-uns de ces faits :

» 1° Quand un oiseau s'envole, les mouvements de ses ailes sont très-étendus; ils le sont moins quand le transport horizontal de l'oiseau est devenu rapide.

» 2° Quand un oiseau vole attaché par un fil, il tombe, malgré ses coups d'ailes, aussitôt que la tension du fil vient arrêter sa vitesse horizontale.

» 3° Un oiseau qui s'envole s'oriente autant que possible, le bec au vent (d'Esterno); c'est parce qu'alors le vent, apportant sans cesse de nouvelles couches d'air sous ses ailes, le place dans les mêmes conditions que la translation horizontale.

» 4° Quand on suspend un oiseau vivant au bras d'un manège qui lui permet d'exécuter les mouvements de ses ailes et de voler circulairement, on voit que, si l'on imprime au manège un rapide mouvement de rotation, les battements des ailes prennent une extrême lenteur. La révolution de l'aile d'un pigeon peut alors durer plus d'une seconde, au lieu d'un huitième de seconde, qui est sa durée normale. Comme tout mouvement musculaire se ralentit en raison des résistances qu'il éprouve, cette expérience

est une des meilleures preuves qu'on puisse donner, de l'accroissement de la résistance de l'air par la vitesse de translation de l'oiseau.

» L'espace seul me manque pour multiplier ici les preuves en faveur d'une théorie qui me semble éclairer le point le plus obscur de la théorie mécanique du vol. »

BOTANIQUE. — *Organogénie comparée de l'androcée dans ses rapports avec les affinités naturelles (Classes des Cruciférinées, Lirioidées, Bromélioidées et Joncinées)*. Note de M. AD. CHATIN.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

« I. La classe des Cruciférinées, composée des Crucifères et des Capparidées, est des plus naturelles; les Résédacées y sont accessoirement rattachées. L'organogénie est en rapport avec les affinités morphologiques admises.

» Avec Kranze et M. Duchartre, mais en désaccord avec les observations de M. Payer, d'après lesquelles les paires de grandes étamines des Crucifères naissent chacune par un mamelon unique qui se dédoublerait ensuite, j'ai constaté que ces étamines apparaissent d'abord distinctes et séparées, fort distantes même, pour ne se rapprocher deux à deux que consécutivement à leur naissance; ce sont donc des étamines qui, d'abord isolées, se conjuguent, nullement des éléments d'abord simples et plus tard dédoublés.

» Mes observations diffèrent, en outre, de celles de M. Payer sur ce point important (que j'ai surtout à relever ici) que les grandes étamines des Crucifères, qu'on peut dire opposées aux pétales, tant elles naissent rapprochées de l'axe de ceux-ci, notamment dans l'*Iberis*, l'*Alyssum*, l'*Aubrietia*, le *Cheiranthus* lui-même, apparaissent avant les petites étamines latérales et sur un cercle plus intérieur que celles-ci, dans lesquelles on doit voir un verticille externe manquant, par un avortement congénital, des étamines antérieure et postérieure. L'ordre d'évolution est donc centrifuge, quoique, en réalité, le verticille externe soit oppositisépale comme dans les Légumineuses.

» Il résulte de ce qui précède que si les étamines antérieure et postérieure des Crucifères n'avortaient pas, elles seraient placées exactement derrière les couples, à éléments rapprochés consécutivement à leur naissance, qui représentent le verticille oppositipétale.

» Les Capparidées, qu'elles aient six étamines comme le *Cleome* et le