

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

**Marey, Etienne-Jules. - Physiologie du  
vol des oiseaux**

*In : Revue scientifique, 1887,  
XL, n° 3, p. 65-70*



**(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)**  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey056>

# REVUE SCIENTIFIQUE

(REVUE ROSE)

DIRECTEUR : M. CHARLES RICHTER

2<sup>e</sup> SEMESTRE 1887 (3<sup>e</sup> SÉRIE).

NUMÉRO 3.

(24<sup>e</sup> ANNÉE) 16 JUILLET 1887.

## PHYSIOLOGIE

COURS D'HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS  
AU COLLÈGE DE FRANCE

M. MAREY

### Physiologie du vol des oiseaux.

Le vol des oiseaux a toujours vivement excité la curiosité; l'homme a souvent rêvé de se créer des ailes et de se frayer dans les airs une route libre que n'arrêtent ni fleuve ni montagne; maintes fois il a cherché à saisir le mécanisme de l'aile afin de l'imiter, mais la rapidité et la complexité de ses mouvements a toujours déconcerté les observateurs. L'invention des aérostats a fait concevoir l'espérance d'un moyen plus simple de locomotion aérienne. Dans ces derniers temps, d'éminents aéronautes ont montré que, dans un air assez calme, on peut gouverner un ballon à la façon d'un navire; aussi l'attention du public s'est-elle détournée de ce qui le passionnait autrefois. On ne cherche plus avec la même ardeur à construire des appareils « plus lourds que l'air » se soutenant et se dirigeant, à la façon des oiseaux, par les seules forces mécaniques.

Il est toutefois évident que le vol de l'oiseau est la solution la plus parfaite du problème de la locomotion aérienne, et la physiologie, en cherchant à en comprendre le mécanisme, hâtera certainement la découverte des machines par lesquelles l'homme se dirigera dans les airs. Les méthodes nouvelles qui permettent de saisir des mouvements qui échappent à nos sens

peuvent, dès maintenant, s'appliquer à l'analyse des mouvements de l'aile d'un oiseau. En déterminant la nature de ces actes si rapides et si compliqués, nous espérons réveiller le zèle des chercheurs et ramener leurs efforts vers le but véritable auquel ils doivent tendre.

D'autre part, l'observation des oiseaux, si elle a été incapable de révéler le mécanisme du coup d'aile, a donné toutefois de précieux renseignements sur les conditions qui modifient les caractères du vol. Elle a fait voir que, suivant maintes circonstances, la vitesse du vol change d'une façon frappante; elle a montré les efforts énergiques au moment de l'essor, les adroites manœuvres de l'atterrissage, les coups d'ailes fréquents de l'oiseau qui s'élève, ses glissements faciles sur l'air quand il se laisse descendre et s'avance, les ailes étendues et immobiles sans un seul battement.

L'anatomie et la zoologie apportent leur concours pour éclairer le mécanisme du vol. Dans la structure d'une aile, dans le jeu de ses articulations, dans la disposition de ses muscles, on trouve l'explication de bien des détails de sa fonction.

On comprend, en maniant les ailes d'un oiseau mort, comment elles s'étendent et se plient; on peut mesurer la limite que les surfaces articulaires imposent à ces mouvements. La dissection, d'après le développement énorme de certains muscles et l'atrophie de certains autres, montre dans quel sens s'exercent les puissants efforts et quels sont, au contraire, les mouvements faibles et pour ainsi dire accessoires dans son vol.

Quant à la zoologie, en classant les êtres vivants en séries naturelles d'après leurs analogies morphologi-



ques, elle a préparé la découverte d'analogies fonctionnelles très importantes à connaître. Ainsi, en prouvant que, dans l'ordre des vertébrés, les oiseaux doivent être rapprochés des reptiles, la zoologie autorise à comparer aux battements rapides des ailes de l'oiseau les mouvements de certaines tortues marines qui reproduisent dans l'eau tous les actes du vol, avec une lenteur qui les rend très faciles à observer.

Enfin, les progrès de la physique et de la mécanique ont fait disparaître maintes théories fausses et ont déjà conduit les expérimentateurs à d'importants résultats dans la reproduction mécanique du vol.

Ainsi, les données fournies par l'observation, les connaissances anatomiques, les notions de physique et de mécanique, tous ces éléments concourent pour expliquer le vol des oiseaux. Ces notions sont le point de départ nécessaire des études expérimentales dont nous parlerons en temps et lieu. Quand nous aurons exposé sommairement les connaissances déjà acquises, la marche à suivre dans l'expérimentation se trouvera naturellement tracée.

### I.

#### DES CONNAISSANCES ACQUISES PAR L'OBSERVATION DU VOL DES OISEAUX (1).

Aristote représente la plus haute antiquité dans les sciences naturelles ; il nous a légué peu de choses relativement à la question qui nous occupe.

Le vol, dit-il, se fait par le mouvement de l'aile qui s'ouvre et se ferme tour à tour ; la queue de l'oiseau agit à la façon d'un gouvernail ; enfin, chez les espèces dont la queue est peu développée, le rôle du gouvernail est rempli par les jambes qui sont fortement étendues en arrière, comme cela se voit chez les cigognes.

Aujourd'hui on n'accepte plus sans réserves ces appréciations d'Aristote ; les alternatives d'ouverture et de fermeture des ailes ne semblent nécessaires que dans le vol de départ. Quant au rôle de la queue, si c'est un gouvernail, il agit moins pour imprimer au vol une déviation latérale que pour lui donner une direction ascendante ou descendante, suivant que le plan de la queue se relève ou s'abaisse ; enfin les pattes, en se portant plus ou moins en arrière, de même que le cou en s'allongeant plus ou moins, déplacent notablement le centre de gravité de l'oiseau par rapport à la surface alaire qui le soutient et modifient ainsi la direction du vol par rapport à un plan horizontal.

Pline l'Ancien fut un observateur attentif ; il nota les

différents caractères de la marche des oiseaux sur le sol et fit cette remarque importante, que l'oiseau, avant de s'envoler, cherche toujours à acquérir une vitesse préalable, soit en sautant, soit en courant, soit en se laissant tomber d'un lieu élevé. Le canard seul, d'après Pline, ferait exception à cette règle, car il s'envole en s'élevant directement de la surface des eaux. Cette particularité a été signalée par les observateurs modernes pour presque tous les oiseaux plongeurs.

Galien a indiqué, le premier, que les oiseaux se maintiennent parfois dans les airs sans battements d'ailes. Mais, sentant bien que pour neutraliser l'action de la pesanteur, il faut qu'une force égale et contraire soutienne le poids de l'animal, il attribue cet effet à une *tension psychique*. On retrouve au début de toute science ces simulacres d'explication qui ont le grave inconvénient de satisfaire les esprits peu exigeants et de paralyser les recherches. L'horreur de la nature pour le vide a retardé sans doute de plusieurs siècles la découverte de la pesanteur de l'air. Ces forces imaginaires changeant maintes fois de nom avant de s'évanouir, Belin expliquera la surtension de l'oiseau par la *répugnance de l'air à la légèreté de la plume*. Aldrovande, voyant l'aigle planer sans agiter ses ailes, lui attribuera une *force tonique* en lutte contre la pesanteur.

L'art de la fauconnerie, bien que fort ancien, prit au moyen âge une grande faveur chez toutes les nations de l'Europe et donna lieu à de curieuses observations sur les caractères du vol et même sur l'anatomie des oiseaux. Au <sup>xiii</sup> siècle, Frédéric II, empereur d'Allemagne, écrivit un livre de *Arte venandi*, où l'on trouve mentionnée pour la première fois la présence de l'air dans les os des oiseaux. Cet auteur attachait une grande importance, pour diriger le vol à droite et à gauche, aux ailes bâtarde, c'est-à-dire aux pouces qui sont garnis de petits groupes de plumes. Ces organes, doués de mobilité, agiraient en présentant à l'air une surface résistante plus grande d'un côté que de l'autre ; l'aile qui trouverait le plus de résistance dans l'air cheminerait moins vite et la direction du vol s'infléchirait de son côté.

C'est encore aux fauconniers que revient la découverte de cet acte curieux qu'ils ont appelé la *ressource*, du latin *resurgere*, et par lequel l'oiseau qui s'est laissé tomber d'une grande hauteur ouvre soudainement ses ailes et, les inclinant de certaine façon, glisse sur l'air et remonte à peu près au niveau d'où il était parti. Belon, le premier, mentionna la *ressource* ; mais Huber, deux siècles plus tard, la décrit d'une manière saisissante, avec toutes les évolutions des oiseaux chasseurs.

Sans cesse appliqués à perfectionner leur art, les

(1) Un historique assez complet de la question a été savamment exposé par le D<sup>r</sup> Allix dans son ouvrage : *L'Appareil locomoteur des oiseaux* ; Paris, G. Masson, 1875.



fauconniers ont acquis et se sont transmis d'âge en âge d'importantes notions sur les caractères du vol des différentes espèces d'oiseaux; sur les manœuvres que les uns emploient pour atteindre leur proie, les autres pour échapper à l'ennemi.

Ils ont distingué, chez les oiseaux de proie, deux genres de vol très différents : l'un à coups d'ailes, ou *vol ramé*, l'autre sans coups d'ailes, ou *vol à voile*. Les oiseaux nobles ou de haute volerie, dont le faucon est le type, pratiquent le vol ramé; leurs ailes sont de forme aiguë, concaves en dessous; leurs pennes rigides, leurs muscles puissants. Les faucons s'élèvent rapidement à de grandes hauteurs, puis fondent sur leur proie, la frappent de leurs serres, la *lient*, et, s'ils la manquent, s'élèvent de nouveau, par une *ressource* soudaine, et recommencent une nouvelle *passade*.

Les oiseaux de basse volerie, comme le milan et l'autour, ont les ailes plus larges et plus plates, émoussées à leurs bouts qui paraissent souvent déchiquetés par suite du rétrécissement de l'extrémité des grandes pennes. Le vent commande les évolutions de ces oiseaux qui se laissent enlever à une grande hauteur, d'où ils tombent rapidement, comme ceux de haut vol.

Une science progresse plus vite quand elle a des applications pratiques; c'est ainsi que la médecine, cherchant dans l'expérimentation sur les animaux la connaissance des fonctions de la vie, recrute de nombreux adeptes à la physiologie expérimentale. De même, la fauconnerie a vivement stimulé l'observation du vol. Depuis le moyen âge jusqu'à la Révolution française, cet art fut en grand honneur dans toutes les cours de l'Europe. L'histoire a conservé le nom des maîtres fauconniers, dont plusieurs ont consigné dans leurs écrits la manière d'apprivoiser les oiseaux de proie, et de les exercer graduellement à différentes sortes de chasses.

Lorsqu'un faucon *entreprend* contre un oiseau qui fuit, il ne le poursuit pas directement à tire d'aile, mais tend à s'élever le plus haut possible, et, quand il a gagné assez de hauteur, se laisse glisser sur l'air avec une extrême rapidité. La chute du faucon du haut des airs est extrêmement rapide, surtout quand l'oiseau tombe presque verticalement, *chute foudroyante*. Huber estime que si un faucon emploie un certain temps pour s'élever, par un vol oblique et ascendant qu'on nomme une *carrière*, il met cent fois moins de temps pour effectuer sa descente, à peine davantage pour pratiquer sa ressource. L'oiseau paraît se jouer sans fatigue dans ces passades successives, tandis que le vol ascendant ne saurait être longtemps soutenu. Si l'ascension doit être de longue durée, le faucon la fractionne et fait plusieurs *carrières*, séparées par des temps de vol horizontal ou *degrés*, pendant lesquels il cède au vent sans perdre de sa hauteur. De degrés en *carrières*, l'oiseau chasseur s'élève jusqu'au niveau convenable pour faire une *passade*. De son côté, l'oiseau chassé tente d'échapper au faucon par une *esqui-*

*vade*, abaissement soudain ou mouvement de côté. Mais la précision avec laquelle le faucon dirige son attaque est si grande, qu'il manque rarement son but. Cette adresse merveilleuse se montre surtout quand un fauconnier exerce un oiseau à voler au *leurre*, c'est-à-dire quand il le dresse à saisir une proie morte liée à un cordeau et qu'il fait tourner rapidement d'un mouvement de fronde. A la vue du leurre, l'oiseau, qui volait en rond à quelque cent mètres de hauteur, se laisse tomber et calcule si bien le lieu où son but mouvant devra se trouver au bas de la passade, qu'il l'atteint presque à coup sûr. Et si le fauconnier veut esquiver cette atteinte en tirant brusquement sur la corde, il lui faut une grande prestesse pour déjouer l'adresse du faucon.

C'est encore dans les traités de fauconnerie qu'on trouve mentionnées les différentes manœuvres des oiseaux, suivant l'animal qu'ils poursuivent; les combats aériens que se livrent entre eux faucons et milans, combats dans lesquels la force du vent décide, en général, de la victoire : le vent étant favorable à l'oiseau voilier, l'air calme à l'oiseau rameur.

Les fauconniers ont enseigné l'art de maîtriser les oiseaux au moyen du chapeau, celui de remettre à neuf leur plumage lacéré dans la bataille, en y entant les plumes d'un autre oiseau. Ils ont appris à discerner les aptitudes d'un faucon à la fermeté de ses muscles, à la rigidité de ses pennes, à la densité de son corps. C'est, en effet, la pesanteur de l'oiseau qui, au moment de la passade, lui donne l'extrême rapidité de sa chute. On lit dans la *Fauconnerie de Sainte-Aulaire* (1617) : « Faut avoir égard aux poids et pesanteur de l'oiseau, d'autant qu'étant pesant sur le poing, selon sa grandeur et espèce, signifie que l'oiseau sera fort et léger. » Comme la finesse de l'aile et le poids de l'oiseau étaient des qualités recherchées, les fauconniers tentèrent parfois de les donner artificiellement à leurs faucons de chasse. « Quand l'oiseau est trop léger, on donne à son vol de la force et de la vitesse en raccourcissant sa voilure et lui donnant du poids, à l'aide de lourdes sonnettes. » (*Fauconnerie de d'Arcussia*.)

Les fauconniers avaient tous observé que les oiseaux rameurs *piquent dans le vent* quand ils veulent gagner en hauteur. Cette observation est capitale pour la théorie du vol; elle se relie à cet autre fait que l'oiseau, avant de s'envoler, imprime à son corps une vitesse préalable et crée ainsi un *vent relatif* sous ses ailes. On verra, en effet, à propos du mécanisme du vol, que l'aile trouve un appui plus ferme lorsque, dans son abaissement, elle rencontre successivement des masses d'air nouvelles.

Quant au vol à voile, aucun fauconnier n'en contestait l'existence; ils l'observaient chaque jour et savaient que le vent est la condition nécessaire de ce genre de vol. Ils avaient vu qu'au moment du départ, et pour s'élever au-dessus des couches d'air calme qui



avoisinent le sol, les oiseaux voiliers rament comme les autres et qu'ils ne commencent à planer qu'après avoir atteint les régions supérieures où l'air est presque toujours agité. De la théorie, on ne s'inquiétait guère alors. Mais plus tard, lorsque les physiiciens tentèrent d'expliquer le mécanisme du vol et qu'ils parvinrent à concevoir l'action du coup d'aile et les effets de la résistance de l'air, le vol à la voile leur apparut comme une impossibilité physique. Admettre qu'un oiseau immobile trouve dans l'action du vent la force capable de remonter contre le vent lui-même, ce serait, disaient-ils, comme si l'on prétendait qu'en jetant un corps inerte dans une rivière, ce corps trouverait dans le courant une force capable de lui faire remonter ce courant même.

Toutefois, les observateurs modernes en appelèrent de ce verdict : M. d'Esterno et M. Mouillard montrèrent qu'à moins de fermer les yeux à l'évidence, il faut accepter la réalité du vol à voile, sauf à convenir que nos connaissances actuelles en mécanique n'en donnent pas une explication satisfaisante.

Dans son remarquable travail sur le vol des oiseaux, M. d'Esterno (1) commence par dissiper une équivoque :

« On a confondu, dit-il, avec le vol à voile, tous les accidents du vol ramé qui présentent momentanément l'appareil immobile et rigide comme le vol à voile le présente constamment. Il arrive, après exemple, que l'oiseau, ayant acquis de la hauteur qu'il ne veut pas conserver, la transforme en translation et se laisse glisser en descendant sur l'air qu'il ne frappe plus. D'autres fois, il frappe quelques coups d'aile après lesquels il continue sa marche horizontalement, en tenant les ailes étendues et en parcourant sans ramer un espace qui va facilement jusqu'à 40 mètres et plus.

« Dans ces deux cas et dans d'autres semblables, l'oiseau n'obtient aucune production de force ; il ne fait que consommer la force qu'il a précédemment acquise ; il la consomme, dans le premier cas, en perdant sa hauteur, dans le second, en perdant sa vitesse. »

Les glissements de l'oiseau sur l'air, si bien décrits par Huber, sous le nom de ressource, n'ont donc pas besoin du vent pour se produire. Les ailes étendues et inclinées sous un certain angle supportent le poids du corps par un mécanisme pareil à celui d'un cerf-volant qui, dans un axe calme, s'élève et se soutient sur l'air quand la traction d'une corde lui imprime une vitesse suffisante. Toute la différence consiste en ce que la vitesse du cerf-volant est produite par traction, celle de l'oiseau par impulsion préalable.

Au sujet du vol à voile, d'Esterno rappelle à ceux qui en contestent l'existence, qu'il suffit, pour n'en plus douter, de regarder, par un temps de vent, un milan

ou une buse qui plane dans les airs. Qu'on s'arme, au besoin, d'une puissante lunette, on verra que l'aile de l'oiseau n'exécute pas le moindre mouvement.

Pour d'Esterno, lorsqu'un oiseau, en se laissant descendre, veut se diriger dans un certain sens, c'est en déplaçant son centre de gravité de ce côté qu'il y parvient. Un allongement du cou, une inflexion de la tête vers la droite ou vers la gauche, suffisent pour imprimer au vol la direction voulue.

Mouillard (1), comme d'Esterno, affirme de visu l'existence du vol à voile ; mais il reconnaît que, dans nos pays, les occasions d'observer ce vol curieux sont fort rares, tandis qu'on le voit à chaque instant dans les pays qu'habitent les aigles, les vautours, les condors et les pélicans. Observateur passionné du vol, M. Mouillard a fait souvent de longues excursions pour contempler son spectacle favori. On partage son émotion en lisant les récits colorés où il décrit l'arrivée des oiseaux à leur campement de nuit quand vient l'heure du crépuscule. Embusqué près d'un de ces grands perchoirs, on peut, dit M. Mouillard, « voir le gyps vulturus à cinq mètres en plein vol ».

« Quand ces énormes oiseaux passent aussi près de vous, on entend un frémissement étonnant ; leurs vigoureuses rémiges vibrent comme des languettes ; elles sont retournées par les 14 livres qu'elles supportent, au point de décrire un quart de cercle.

« Les gyps arrivent au-dessus du perchoir à 500 ou 600 mètres au moins et se laissent descendre perpendiculairement, les ailes à peine repliées ; l'aigle fond souvent comme un corps grave qui tombe ; ses muscles sont si puissants qu'il peut maîtriser une vitesse de 50 mètres à la seconde. Mouillard admet que le voilier, en décrivant ses orbes, trouve dans la vitesse de sa translation circulaire le moyen d'utiliser des vents trop faibles pour le soutenir autrement ; mais il a vu, par une bonne brise, un aigle s'élever en avançant contre le vent sans donner un coup d'aile. « L'oiseau s'élança du sommet d'un frêne où il était perché, s'abaissa au vent de 2 ou 3 mètres, fut relevé par une rafale et s'éleva ainsi, directement, lentement, à une centaine de mètres en l'air, ayant gagné au vent au moins 50 mètres, et cela sans un seul battement.

« De pareilles démonstrations ne se voient pas tous les jours, il faut les chercher avec persistance ; il faut avoir le feu sacré de cette étude, il faut y être attiré par je ne sais quoi qui fait que certaines évolutions vous font battre le cœur. »

Sans sortir de notre pays, on peut voir, en temps de brise, les crécerelles se tenir immobiles le bec au vent pendant des minutes entières. J'ai contemplé ce spectacle plusieurs fois dans le même lieu ; l'oiseau, vu à l'aide d'une lunette, apparaissait parfaitement immobile à quelques mètres au-dessus de la cime de peu-

(1) D'Esterno, *Du vol des oiseaux*. — 2<sup>e</sup> édit. ; Paris, à la Librairie nouvelle, 1865.

(1) Mouillard, *l'Empire de l'air*. — Paris, G. Masson, 1881.



pliers. Je note ce dernier point, car il se pourrait que le vent, réfléchi sur un rideau d'arbres, ait pris une direction ascendante capable de soutenir l'oiseau (1).

Les mouvements d'ensemble exécutés par les oiseaux réunis en bande ont été observés de tout temps. Les grues, les oies, les canards sauvages affectent, dans leurs migrations, certaines dispositions en ligne ou en triangle et les conservent indéfiniment.

Dans un vol de canards, les oiseaux sont ordinairement disposés sur deux lignes convergentes dans la forme d'un V dont la pointe serait tournée en avant. On admettait autrefois que le premier canard fendait l'air au profit des autres et leur frayait ainsi le passage.

Pour d'Esterno, l'explication est tout autre. L'ordre que suivent ces oiseaux varierait suivant la direction du vent par rapport à l'axe du vol, et cet ordre serait tel que chacun des canards se trouve toujours en dehors du sillage de ceux qui sont devant lui.

D'après d'Esterno, si chaque oiseau évite de se placer dans le sillage des autres, c'est que l'air agité par les battements d'ailes lui fournirait moins d'appui que l'air calme.

Si donc une bande de canards est disposée dans la forme d'un V dont la pointe progresse contre le vent, cet arrangement empêchera chacun des oiseaux de passer dans le sillage de ceux qui le précèdent. Mais si le vent vient par le travers, et que les canards conservent le même ordre, il pourrait se faire que la branche du V sous le vent reçût le sillage de la branche qui se trouve au vent. Or, d'après d'Esterno, les canards ont quatre manières d'échapper à cet inconvénient. L'une consiste à superposer les branches du V dans un plan vertical ou tout au moins à la faire sortir du plan du vent; une autre consiste à éloigner la branche du V, sise sous le vent, de manière que le sillage s'éteigne avant de l'atteindre; une autre fois la position du canard sera telle, que le sillage de la branche d'amont passe entre les oiseaux de la branche d'aval; parfois enfin les canards se placeront sur une seule ligne que le vent frappe par le côté.

Cette théorie ingénieuse est difficile à justifier par l'observation; en effet, on apprécie mal, d'en bas, le plan dans lequel sont placés les deux branches d'un vol de canard; en outre, on ne peut guère être sûr de l'angle que fait le vent avec la direction de leur vol.

(1) Il faut bien distinguer ce planement avec immobilité du vol sur place que les mêmes espèces d'oiseaux pratiquent fréquemment. Pour peu qu'il souffle de brise, les oiseaux de proie se tiennent longtemps le bec au vent, battant rapidement des ailes et semblent en observation, car ils ne quittent guère cette attitude que pour se laisser descendre à terre sur quelque proie.

D'autres espèces, l'alouette elle-même, volent sur place de la même façon; dans tous les cas, l'oiseau tourne le bec au vent; son orientation permet de déterminer la direction du vent, même quand elle serait inappréciable autrement.

attendu que les couches atmosphériques sont le siège de courants de sens divers, comme le montre souvent le désaccord des girouettes avec le mouvement des nuages.

Du reste, aux conjectures de d'Esterno on peut opposer celles de Mouillard. Cet observateur admet que les oiseaux qui volent en troupes ont plus de puissance de pénétration dans l'air que s'ils étaient isolés. Sans donner d'explication satisfaisante de ces effets de l'agglomération, Mouillard fait observer que les moineaux, les alouettes et la plupart des passereaux se rassemblent en troupes pour voler; il croit avoir constaté que, sous l'influence du groupement, le vol s'accélère et qu'une bande d'étourneaux, par exemple, vole plus vite qu'un étourneau seul.

Le vol en troupe montre encore certains détails curieux. Dans les évolutions d'une bande d'oiseaux, la concordance des mouvements est quelquefois si parfaite que toutes les ailes s'élèvent et s'abaissent ensemble. Une bande de vanneaux qui volent paraît tour à tour blanche et noire suivant que les mouvements des ailes sombres cachent ou démasquent les ventres blancs des oiseaux.

Qui n'a été frappé de l'ensemble étonnant du départ d'une compagnie de perdrix grises?

On voit fréquemment une bande d'étourneaux s'établir en une nappe dont le plan s'élève ou s'abaisse, s'incline diversement comme sous l'ordre d'un chef, s'allonge comme un ruban immense, puis se rassemble encore, rase le sol, se relève et tournoie longtemps avant de se reposer sur la prairie.

Mouillard décrit ainsi un vol de cigognes: « Je me souviendrai toute ma vie, dit-il, d'une bande de cigognes, vue à 700 ou 800 mètres en l'air, se détachant sur un de ces ciels de l'Orient tout or et azur. On voyait avancer lentement cette masse; de temps en temps, un battement partait du sommet de ce triangle irrégulier et se propageait le long de ces immenses lignes. Ces oiseaux avançaient lentement; la masse se divisa en deux parties qui prirent chacune la disposition angulaire. »

De l'aveu de tous les observateurs, la vitesse du vol est difficile à estimer. On en apprécie toutefois assez bien la valeur moyenne dans certaines circonstances. Ainsi, pour les pigeons voyageurs, on note exactement le moment du lâcher et celui de l'arrivée au colombier. Or, en supposant, ce qui est très vraisemblable, que le vol ait été rectiligne et sans arrêt, le rapport du chemin parcouru au temps employé à le parcourir donne la vitesse moyenne de l'oiseau, 20 mètres environ par seconde.

Pour les autres espèces, les documents sont plus rares. Dans une étude comparative des vitesses de différents oiseaux, J. Jackson attribue au vol de la caille une vitesse de 17 mètres à la seconde; le pigeon



franchirait 27 mètres, le faucon 28, l'aigle 31, l'hirondelle 67 et le martinet 88. Certains observateurs ont cru pouvoir assigner à la frégate une vitesse de 600 lieues par jour. Cet oiseau, dit-on, ne vole pas pendant la nuit et ne se repose pas sur la mer. Si donc les marins ont signalé sa présence à 300 ou 400 lieues des terres les plus voisines, c'est que la frégate signalée a dû faire, au minimum, dans l'espace d'un jour, 600 lieues, dont 300 pour gagner le large et 300 pour retourner à terre avant la nuit.

Mouillard indique un moyen qui lui aurait bien réussi pour estimer la vitesse du vol. Comme on n'a pas de point de repère pour évaluer cette vitesse sur un oiseau qui traverse l'espace, c'est son ombre qu'il faut chercher à voir, et quand cette ombre se projette au voisinage de l'observateur, celui-ci peut se rendre compte de la rapidité de son mouvement sur le sol et la comparer à celle d'un cheval au trot ou au galop, à celle d'un train express, etc. ; il pourrait même compter le nombre de secondes qui s'écoulent pendant le passage de l'ombre de l'oiseau entre deux points de repère sur le sol, et mesurer ensuite la distance qui sépare ces deux points.

Une observation, toutefois, doit être faite au sujet de cette sorte de mesure. Elle est peut-être parfaite dans les régions tropicales, quand le soleil passe près du zénith. Mais si l'astre est à son déclin, ou bien si l'on observe dans un pays où ses rayons sont généralement assez obliques, les ombres sont fortement déviées de la verticale, et cette déviation varie avec les changements de hauteur de l'oiseau. La méthode d'examen des ombres n'est alors applicable qu'avec certaines corrections.

Les voyages en chemin de fer fournissent parfois l'occasion d'apprécier la vitesse du vol des oiseaux, quand ceux-ci vont parallèlement à la marche du train et dans le même sens. On voit alors que les passereaux sont fortement distancés par les trains express dont la vitesse normale est de 18 mètres par seconde ; les corneilles aussi ont une vitesse inférieure à celle des wagons ; mais les pigeons les accompagnent et les dépassent parfois ; les hirondelles ont un vol encore plus rapide.

Quand un oiseau a pris son essor, sa vitesse augmente graduellement jusqu'à une certaine limite. Or cette accélération de la vitesse s'accompagne d'un curieux phénomène : l'amplitude des coups d'aile diminue à mesure que la vitesse augmente. Il semble que, sous l'influence de l'accélération du vol, l'air acquière plus de résistance et fournisse à l'aile un appui plus solide.

Ainsi l'observation du vol des oiseaux pose déjà aux expérimentateurs un certain nombre de problèmes.

Outre la nature des mouvements qui constituent le coup d'aile proprement dit, il faudra chercher à comprendre les curieuses évolutions que l'observation a

révélées, et pour cela déterminer la position que doit prendre l'aile pour soutenir le corps de l'oiseau aux dépens de la vitesse acquise ; chercher sous quel angle un oiseau voilier doit présenter son aile au vent pour s'élever en subissant le moins d'entraînement possible. Il faudra connaître les effets des déplacements du centre de gravité du corps sur la direction du vol, estimer la vitesse du vent et celle de l'oiseau, mesurer enfin la résistance que l'aile rencontre en s'abaissant suivant que l'air est calme ou agité, suivant que l'oiseau est animé d'une translation plus ou moins rapide.

Mais avant d'aborder la solution de ces problèmes, il faut examiner ce que l'anatomie et la zoologie ont appris sur les conditions mécaniques du vol des oiseaux.

MAREY,

de l'Institut.

## PSYCHOLOGIE

### L'évolution mentale dans la série organique (1).

#### L'ORGANE.

Nous avons étudié les fonctions mentales, les conditions de leur évolution, leurs éléments constants ou variables ; nous allons maintenant jeter un coup d'œil rapide sur les phases évolutives de l'organe. Nous constaterons également, entre des parties morphologiquement variables, la constance de leurs connexions.

Chez les animaux supérieurs, tout au moins, les fonctions psychiques sont en corrélation avec l'existence d'un système nerveux qui en est l'agent.

Ce système est constitué d'après deux plans bien distincts. Ou plutôt, tandis que, chez les articulés, n'existe qu'un système ganglionnaire ventral, chez les vertébrés, ce même système coexiste avec un système nerveux dorsal, pourvu d'un cerveau.

C'est surtout celui-ci que nous étudierons soit dans son développement embryonnaire, soit chez les adultes qui en reproduisent les phases principales.

La figure ci-jointe représente un embryon de vertébré qui peut aussi bien être celui d'un oiseau que d'un poisson, d'un lion que d'une grenouille, mais à une phase de son développement très différente, selon le type adulte qu'il doit réaliser (fig. 2).

Au fond de la fente primitive, ou gouttière dorsale une strie indique seulement la présence d'un filet nerveux formé d'un chapelet de cellules.

Cette phase embryonnaire correspond à l'état du

(1) Voir *Revue* du 11 juin dernier, page 749.