

Bibliothèque numérique

medic @

Marey, Etienne-Jules. - Histoire naturelle des corps organisés. Cours de M. Marey. Du vol chez les oiseaux

In : Revue des cours scientifiques de la France et de l'étranger, 1870, VII, 571-576; 601-605; 626-630; 725-729; 748-752.



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey186>

M. Darwin et ses partisans le simple effet d'une sélection naturelle longtemps prolongée.

Que M. Wallace soit au moins conséquent dans la question de la chute des poils. Si l'intervention d'une force supérieure lui semble nécessaire pour épiler le dos de l'homme, qu'il sache se résoudre à la faire agir de même sur l'échine de l'éléphant, du rhinocéros, de l'hippopotame ou du chamois.

M. Wallace remarque que le cerveau du sauvage, — et il aurait pu ajouter de certains idiots, — peut être aussi développé que celui d'un homme de génie. Logiquement, il aurait dû en inférer, comme l'ont fait depuis longtemps les physiologistes, que les dimensions du cerveau ne donnent point la mesure du degré de développement intellectuel, et que le volume n'est que l'un des nombreux facteurs de la constitution du cerveau dont le résultat est l'intelligence. M. Wallace a préféré en conclure qu'une force supérieure a doté le sauvage d'un organe inutile à ce dernier, mais destiné à être utilisé par ses descendants devenus des hommes civilisés. Je m'abstiens de combattre ici cette opinion, puisque mon objet n'est point pour le moment une apologie du darwinisme. En revanche, je me demande pourquoi M. Wallace n'applique pas le même mode de raisonnement à une foule d'autres cas. Ainsi, par exemple, une grande partie des passereaux offrent, comme on sait, un larynx très-complexe, muni d'un grand nombre de muscles. Cette complexité du larynx est évidemment en relation intime avec le fait que tous les oiseaux bons chanteurs appartiennent à ce groupe. Toutefois, beaucoup de ces passereaux munis d'un appareil vocal complexe ne se distinguent nullement par la beauté de leur voix. On peut expliquer cette contradiction apparente par le fait qu'il s'agirait d'espèces autrefois chanteuses, mais ayant depuis lors, pour une raison ou pour l'autre, perdu l'habitude de chanter. Cependant il me semble que le raisonnement imaginé par M. Wallace dans sa phase anti-darwinienne serait ici parfaitement applicable. Ces oiseaux possèdent dans leur larynx un organe beaucoup trop bien conformé pour l'usage qu'ils en font. Il est donc nécessaire d'admettre l'intervention d'une force supérieure pour façonner cet appareil, inutile aux oiseaux qui le possèdent, mais calculé en vue de générations nouvelles qui, dans un avenir plus ou moins éloigné et dans des conditions déterminées, apprendront à chanter. Que M. Wallace aurait-il à répondre à une semblable argumentation ?

Il est inutile de poursuivre plus loin cette discussion. Je crois avoir amplement prouvé que M. Wallace s'est placé successivement à deux points de vue entièrement inconciliables. Son livre semble écrit par deux auteurs, l'un darwiniste audacieux, l'autre anti-darwiniste aveugle. J'ai cherché, dans ces pages, à faire abstraction autant que possible de mes sympathies personnelles en faveur de la théorie du transformisme, et je crois pouvoir poser les conclusions suivantes en dehors de toute préoccupation de parti pris :

Ou bien M. Wallace a eu raison de faire intervenir une force supérieure pour expliquer la formation des races humaines et guider l'homme dans la voie de la civilisation, et alors il a eu tort de ne pas faire agir cette même force pour produire toutes les autres races et espèces animales ou végétales ; ou bien il a eu raison d'expliquer la formation des espèces végétales et animales par la seule voie de la sélection naturelle, et alors il a eu tort de recourir à l'intervention

d'une force supérieure pour rendre compte de la formation des races humaines.

ÉDOUARD CLAPARÈDE,
Professeur à l'Académie de Genève.

COLLÈGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol chez les oiseaux.

I

SOMMAIRE. — I. Parallèle du vol des insectes et des oiseaux au point de vue du mécanisme. — Différence de la trajectoire de l'aile dans ces deux types — Différences anatomiques en rapport avec les différences de fonctions de l'aile chez l'insecte et chez l'oiseau. — Inégale utilisation de la résistance de l'air ; supériorité du type de l'oiseau à cet égard. — II. Du passage de la force musculaire entre leur résistance de l'air et la masse du corps de l'oiseau. — Loi du partage des forces entre deux résistances inégales.

I. — COMPARAISON DE L'INSECTE ET DE L'OISEAU AU POINT DE VUE DU MÉCANISME DU VOL.

Nous connaissons assez les mouvements qu'exécutent dans le vol l'insecte et l'oiseau, pour pouvoir établir entre leurs façons de voler des différences bien tranchées. Toutefois, la classe des insectes présente de telles variétés dans la structure des ailes et dans le fonctionnement de ces organes qu'il est indispensable de bien préciser l'espèce que l'on prendra pour type dans la comparaison qui va être faite. Les Diptères nous fourniront ce type, c'est chez eux, en effet, que le vol semble, par son mécanisme, s'éloigner le plus de celui de l'oiseau, tandis que les Lépidoptères, par la direction presque verticale de leur coup d'aile, par leur faculté de planer dans l'air sans effectuer de mouvements, quelquefois par le parcours de leurs ailes, semblent se rapprocher du type du vol que présente l'oiseau.

Une mouche et un oiseau nous offrent, au contraire, deux modes bien tranchés de locomotion aérienne ; les différences portent sur plusieurs points. Sur la forme de la trajectoire de l'aile dans l'espace ; sur l'inclinaison du plan dans lequel battent les ailes ; sur le rôle de chacun des deux mouvements alternatifs et de sens inverse que ces ailes exécutent, enfin sur la façon dont la résistance de l'air se décompose dans ces différents mouvements.

A. Différence des trajectoires de l'aile chez l'insecte et chez l'oiseau.

On a vu que si l'aile d'un insecte est munie d'une paillette brillante, on peut suivre la trajectoire qu'elle décrit dans l'espace ; le parcours de cet organe se traduit alors par la forme d'un 8 plus ou moins allongé (2). Chez l'oiseau la méthode optique est inapplicable, mais des appareils enregistreurs spé-

(1) Voyez notre tome VI, pages 578, 601, 646 et 700, année 1869.

(2) Je croyais avoir signalé le premier cet aspect de l'aile de l'insecte pendant le vol ; une réclamation de M. J. Bell Pettigrew d'Edimbourg m'a appris que cet auteur avait déjà décrit cette forme du mouvement. Mais on peut voir, dans le travail du physiologiste écossais, que l'interprétation qu'il a donnée de la cause de cette figure optique et de la nature des mouvements auxquels il l'attribue est tout à fait différente de la théorie que j'ai cherché à établir (voy. *Comptes rendus*, n° 16 (18 avril 1870).

ciaux m'ont fourni la forme du parcours de l'aile ; cette trajectoire présente une sorte d'ellipse à sommet aigu dont la figure ci-dessous fournit la reproduction exacte.

Si maintenant nous tenons compte de la direction générale dans laquelle s'exécutent les mouvements de l'aile chez les deux types que nous comparons, une nouvelle différence se présente : l'insecte bat des ailes dans un plan sensiblement horizontal et l'oiseau dans un plan presque vertical.

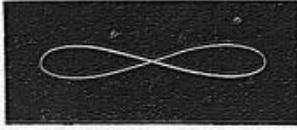


FIG. 157. — Trajectoire de l'aile d'une mouche.

De sorte que si nous supposons chacun de ces animaux immobiles dans l'espace, les trajectoires décrites par leurs ailes seraient pour leur forme et leur orientation représentées par les figures 157 et 158.



FIG. 158. — Trajectoire de l'aile d'une Buse.

La structure de l'aile chez l'insecte et chez l'oiseau faisait déjà prévoir que l'action de cet organe sur l'air ne devait pas être la même. Une aile d'insecte est également imperméable à l'air quelle que soit celle de ses faces qui frappe ce fluide ; chez l'oiseau, au contraire, le mode d'imbrication des plumes ne permet à l'aile d'offrir à l'air un plan résistant que par sa face inférieure.

De là, deux effets distincts dans le va-et-vient de l'aile : chez l'insecte, ces deux temps sont actifs l'un et l'autre ; chez l'oiseau, l'abaissement de l'aile est le seul temps actif. Je ne veux pas dire que pendant sa remontée, l'aile ne serve à rien pour soutenir l'oiseau, mais, ainsi qu'on l'a vu, dans ce deuxième temps du vol, ce n'est plus l'aile qui agit contre l'air mais c'est l'air qui agit contre l'aile. L'oiseau, animé d'une vitesse horizontale acquise dans le temps d'abaissement de son aile, présente celle-ci en un plan incliné au moment de sa remontée ; il passe alors à l'état de projectile empenné et monte sur l'air par l'effet des surfaces inclinées qu'il offre passivement à la résistance de ce fluide.

Si, pour rendre plus saisissante la différence de ces deux façons de voler, nous figurions la trajectoire de l'aile de l'insecte et celle de l'oiseau lorsqu'ils se meuvent dans l'espace, et si de plus nous représentions l'orientation du plan de leurs ailes à différents instants de ce parcours, on obtiendrait les figures suivantes :

Les différences des deux types de vol me semblent nettement définies par la comparaison de ces deux figures. Cette différence consiste essentiellement en ceci :

Chez l'insecte, un mouvement énergique est également nécessaire pour frapper l'air dans ses deux temps. Chez l'oiseau, au contraire, un seul temps actif est nécessaire, c'est le

temps d'abaissement ; il crée, à lui seul, toute la force motrice qui sera dépensée pendant la révolution entière de l'aile.



FIG. 159. — Trajectoire de l'aile d'un insecte qui se transporte de droite à gauche.

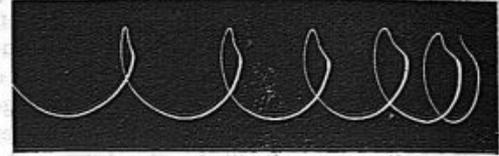


FIG. 160. — Trajectoire de l'aile d'un oiseau qui se transporte horizontalement de droite à gauche (1).

Cette différence dans l'action entraîne une différence dans la forme de l'aile ainsi qu'on va le voir.

B. Différences anatomiques en rapport avec les différences de fonction de l'aile chez l'insecte et chez l'oiseau.

Quand une surface frappe l'air, il faut, pour qu'elle y trouve quelque résistance, que cette surface se meuve avec rapidité. Or, une aile qui se meut autour de son point d'attache au corps de l'animal, présente des vitesses inégales et graduellement croissantes pour les points qui s'éloignent de plus en plus du corps, de sorte que, presque nulle au niveau de point d'attache de l'aile, la vitesse sera très-grande à l'extrémité libre.

Qu'on se figure une aile d'insecte aussi large à sa base qu'à son extrémité ; cette largeur serait inutile dans la partie la plus voisine du corps, car l'aile, en ce point, a trop peu de vitesse pour frapper l'air utilement.

Aussi voit-on chez les insectes appartenant au groupe que nous étudions en ce moment, l'aile réduite, vers sa base, à une forte nervure. Le voile membraneux ne commence que dans les points où la vitesse du mouvement commence elle-même à prendre quelque valeur et le voile gagne en largeur jusque dans le voisinage de l'extrémité. Tel est

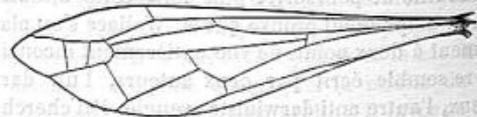


FIG. 161. — Aile d'un insecte.

le type de l'aile (fig. 161) essentiellement active, c'est-à-dire destinée seulement à frapper l'air.

(1) Cette figure est celle que laisserait dans l'espace l'aile d'un oiseau si elle pouvait tracer dans l'air une traînée lumineuse. Elle diffère de celle qui est représentée (fig. 106, année 1869-1870). Cette dernière est obtenue sur une surface qui se mouvait de droite à gauche, c'est-à-dire dans le sens même de la translation de l'oiseau. Or, il est plus naturel, pour l'intelligence du mouvement, d'imiter ce qui arriverait si l'oiseau frôlait de son aile un plan qui garderait la trace de ses mouvements. Le tracé obtenu fuirait derrière l'oiseau comme fuit le rivage derrière une barque qui descend le cours d'une rivière.

Mais, chez l'oiseau, nous l'avons vu, l'aile a aussi un rôle passif, c'est-à-dire qu'elle subit la pression de l'air sur sa face inférieure, lorsque l'oiseau est projeté rapidement en avant par sa vitesse acquise. Dans ces conditions, l'animal tout entier étant transporté dans l'espace, tous les points de son aile sont animés de la même vitesse; les régions voisines du corps sont aussi utilisables que les autres pour subir la poussée de l'air qui agit comme sur un *cerf-volant*.



FIG. 162.

Aussi la base de l'aile, chez l'oiseau, loin de se réduire comme chez l'insecte à une tige rigide mais nue, est-elle très-large et munie de *pennes* et de *couvertures* qui constituent une grande surface sous laquelle l'air presse avec force et d'une manière très-efficace pour soutenir l'oiseau. La figure 162 donne une idée de cette disposition de l'aile à la fois active et passive d'un oiseau.

La moitié interne, dépourvue de vitesse suffisante, doit être considérée comme la partie passive de l'organe, tandis que la moitié externe est la partie active, celle qui frappe sur l'air.

On comprend ainsi que, par sa vitesse très-grande, la pointe de l'aile doit rencontrer dans l'air plus de résistance que toute autre partie de cet organe; de là, l'extrême rigidité des pennés dont elle est formée, de là, aussi la faiblesse de plus en plus grande de ces pennés dans les parties de l'aile plus voisines du corps; et enfin la minceur très-grande des plumes de la base, ou partie passive de l'aile.

Enfin, en observant l'inclinaison que doit présenter l'aile d'un oiseau dans le temps actif et dans le temps passif, on voit que cette inclinaison doit être inverse dans l'un ou l'autre temps. Dans le temps actif ou d'abaissement, la face supérieure de l'aile doit regarder en avant; dans le temps passif ou de remontée, cette même face doit regarder en arrière; or, les deux moitiés de l'aile présentent anatomiquement une différence d'inclinaison qui s'accorde avec le rôle particulier de chacune d'elles. La partie passive tourne naturellement sa face inférieure en avant; elle se trouve orientée favorablement pour subir l'action de l'air par sa face inférieure, soit sous l'influence du vent, soit par l'effet de la vitesse de translation de l'oiseau (1). La partie active, au contraire, présente naturellement une orientation différente. Son plan est presque horizontal et pour peu que la résistance de l'air se produise au-dessous de ce point, le bord postérieur se soulève et la face inférieure regarde en arrière.

Cet effet donne à l'aile une surface gauche qui semble faire partie d'une hélice sans que rien dans le mode d'action de l'aile permette de l'assimiler à l'hélice au point de vue du mécanisme de la propulsion (2).

(1) Tout porte à croire que la partie interne de l'aile de l'oiseau doit garder son rôle passif, même pendant le moment de l'abaissement de l'aile.

(2) M. Pettigrew, d'Edimbourg, frappé de cette apparence de l'aile,

Les différentes espèces d'oiseaux n'offrent pas au même degré cette torsion du plan de l'aile. Ainsi, les oiseaux qu'on nomme *voiliers*, parce que, plus que les autres, ils utilisent l'action du vent, n'ont pas une aile aussi tordue en spirale que les oiseaux dits *rameurs* qui frappent l'air d'une manière presque continue.

Enfin, cette torsion, d'après M. Pettigrew, serait à son maximum dans les espèces aquatiques qui volent sous l'eau comme le *Pingouin*. Chez cette espèce d'oiseau, la torsion complète de l'aile se trouve en rapport avec la condition toute particulière dans laquelle le vol s'exécute.

Plus léger que le fluide dans lequel il vole, le *Pingouin* doit trouver dans l'inclinaison de son aile une force qui le fasse plonger malgré l'effet de sa légèreté spécifique, tandis que les autres oiseaux doivent par une inclinaison de sens inverse s'élever, malgré leur poids, au-dessus d'un fluide beaucoup moins dense que leur corps.

C. De l'utilisation inégale de la résistance de l'air par l'insecte et par l'oiseau.

Sans prétendre aborder l'équation du travail développé par l'oiseau ou par l'insecte, nous pouvons faire entre leur façon de voler une comparaison intéressante. Nous pouvons chercher quel est celui de ces deux types du vol qui utilise le mieux le point d'appui que l'air lui offre. A ce point de vue, je crois qu'on peut démontrer que l'avantage appartient à l'oiseau.

En effet, reportons-nous aux figures 159 et 160 qui représentent la trajectoire de l'aile chez l'insecte et chez l'oiseau.

Nous voyons que dans sa position ordinaire de vol, l'insecte bat des ailes dans un plan presque horizontal et que la composante qui le soutient et le propulse est une partie seulement de la résistance de l'air. Or, que devient l'autre partie? Cette seconde composante, dirigée contrairement au sens du mouvement de l'aile, aura pour effet de fournir à cet organe un point d'appui pour déplacer latéralement le corps de l'insecte. Dans le coup d'aile suivant, le même phénomène va se reproduire, la composante verticale sera seule utilisée pour la translation de l'insecte, tandis que la composante horizontale tendra à déplacer latéralement le corps de l'animal. Mais, cette fois, le déplacement devrait être en sens inverse du déplacement précédent.

On voit déjà que sur les deux composantes que chacun des coups d'aile de l'insecte emprunte à la résistance de l'air, il n'y en a qu'une qui soit utilisée, l'autre tend seulement à produire des vibrations latérales du corps de l'animal. Mais ces vibrations n'existent même pas en réalité; en effet, quand on observe, planant sur une fleur, certaines mouches à corps brillant, on voit que tandis que leurs ailes s'agitent avec une extrême rapidité, leur corps reste parfaitement immobile. L'œil peut saisir les moindres détails de la structure de l'insecte, tandis qu'il ne le verrait que d'une manière confuse

a pensé que le rôle de cet organe n'est autre que celui d'une hélice qui agirait sur l'air comme agit sur l'eau l'hélice d'un bateau à vapeur. Mais on comprend que le type alternatif qui appartient aux mouvements musculaires ne saurait se prêter à produire l'action propulsive d'une hélice; car s'il est vrai que l'aile pivote sur son axe et change de plan pendant son parcours, cette rotation se borne à une fraction de tour et est suivie d'une rotation de sens inverse qui, dans le cas du mouvement d'une hélice, détruirait complètement l'effet produit par le mouvement précédent.

et avec des contours vagues s'il était animé de vibrations latérales.

Il est facile de comprendre pourquoi ces vibrations n'existent pas. Cela tient à l'extrême rapidité des battements d'ailes, à la flexibilité de ces organes, et à l'inertie de la petite masse que représente le corps de l'insecte.

L'aile d'une mouche qui fait 330 révolutions par seconde, exécute par conséquent 660 oscillations simples; elle devrait, à chaque fois, imprimer une déviation latérale au corps de l'insecte et détruire la vitesse acquise que l'oscillation précédente lui avait donnée en sens contraire. Or, toutes les fois qu'une tige flexible, chargée d'une masse à son extrémité, est sollicitée à exécuter des oscillations, on voit que ces oscillations perdent de leur amplitude à mesure que leur fréquence augmente, et qu'à un moment donné, il ne se produit plus que des flexions alternatives de la tige, la masse restant immobile. Le même phénomène se produit chez l'insecte pour éteindre les oscillations latérales auxquelles son corps serait soumis.

Quelle est la valeur de la composante empruntée à la résistance de l'air et utilisée pour la locomotion de l'insecte ?

Cela dépend évidemment de l'angle que fait le plan de l'aile, à chaque instant, avec la direction de son parcours. Cette question est donc une de celles dont les éléments sont beaucoup trop complexes pour qu'on puisse en chercher la solution. Nous serons donc obligé de faire une hypothèse et d'admettre que les deux composantes empruntées à la résistance de l'air, sont égales entre elles. Dès lors, nous caractériserons le type du vol employé par l'insecte en disant qu'il n'utilise que 50 pour 100 de la résistance que l'air lui fournit.

Voyons maintenant ce qui se passe chez l'oiseau. Les figures 163 et 164 indiquent les positions successives que prend le plan de son aile.



FIG. 163. — Représentant la position de l'aile au moment de l'abaissement (temps actif). La ligne oblique tracée sur cette figure indique l'inclinaison du plan de l'aile pendant la descente.



FIG. 164. — Représentant l'inclinaison de l'aile dans le temps passif ou de remontée.

Un seul temps est actif dans la révolution de son aile; c'est le temps d'abaissement. Nous n'aurons donc que celui-là à considérer. Dans l'abaissement de l'aile, le plan oblique qui frappe l'air en décompose la résistance, de façon qu'il se pro-

duise une composante verticale qui lutte contre la pesanteur et une composante horizontale qui imprime la vitesse au corps de l'oiseau.

Or, il est clair que la composante verticale est utilisée, puisqu'elle sert à soutenir l'oiseau contre la pesanteur. Il n'est pas moins évident que la composante horizontale n'est pas perdue, mais qu'elle est emmagasinée sous forme de force vive dans la masse de l'oiseau, pour être utilisée, à son tour, pendant la remontée de l'aile, par l'effet de *cerf-volant*.

Si la composante horizontale était restituée tout entière, on comprend que le type de l'oiseau serait deux fois plus avantageux que celui de l'insecte et qu'il utiliserait toute la résistance de l'air. Mais cette composante horizontale qui donne à l'oiseau la vitesse, subit à son tour une décomposition et cette fois ne s'utilise pas tout entière pour devenir force ascensionnelle.

La résistance de l'air devant l'aile inclinée en *cerf-volant* (fig. 164), donne une composante verticale qui lutte contre la pesanteur, celle-là est utilisée; et une composante horizontale directement opposée à la translation de l'oiseau et entièrement inutile.

On voit que le coup actif de l'aile utilise une de ses composantes empruntées à la résistance de l'air, au moment même où ce coup se produit, et qu'il emmagasine la deuxième composante dont une partie seulement sera utilisée plus tard. Admettons pour le partage des forces ce que nous avons admis pour l'insecte, à savoir que dans toute décomposition les composantes seront égales entre elles et nous verrons que l'oiseau utilise contre la pesanteur 75 pour 100 de sa résistance que lui fournit l'air, tandis que l'insecte n'en utiliserait que 50 pour 100. Le type du vol effectué par l'oiseau est donc théoriquement préférable à celui de l'insecte, puisqu'il présente deux fois moins de déchet de la résistance de l'air.

Mais n'oublions pas que tout le raisonnement qui conduit à cette conclusion repose sur une hypothèse, à savoir, que devant un plan incliné, la résistance de l'air se décompose également en deux forces perpendiculaires l'une à l'autre.

Il est clair que devant certaine inclinaison du plan qui frappe l'air, la décomposition de la résistance peut se faire ainsi en deux forces égales, mais comme on ne peut savoir quel est précisément l'angle sous lequel l'aile se présente à chaque instant à la résistance de l'air, il s'ensuit que l'appréciation que nous venons de tenter est purement approximative. Jusqu'à ce que, pour lui donner plus de rigueur, on soit arrivé à connaître plus exactement l'angle formé à chaque instant par le plan de l'aile.

II. — DU PARTAGE DE LA FORCE MUSCULAIRE ENTRE LA RÉSISTANCE DE L'AIR ET LA MASSE DU CORPS DE L'OISEAU.

Lorsqu'en physiologie on cherche à estimer le travail d'un muscle, on le considère comme fixé à l'une de ses attaches d'une façon absolue et l'on apprécie l'étendue du parcours de l'extrémité mobile de ce muscle. Si l'on connaît le poids que ce muscle soulève ainsi, en se contractant, et le parcours qu'il imprime à ce poids, on a les éléments de la mesure du travail effectif. Mais ce sont là des conditions idéales que la locomotion terrestre présente à peine; on ne les observe plus chez les animaux qui se meuvent dans l'eau et surtout chez ceux qui volent dans l'air.

Que l'on compare seulement l'effort nécessaire pour mar-

cher sur un sol meuble, sur le sable des dunes, par exemple, avec celui qu'exige la marche sur un plan résistant. On verra que la mobilité du point d'appui fourni par le sable, détruit une partie de l'effet utile de la contraction de nos muscles; en d'autres termes, qu'il faut un effort absolument plus grand pour produire le même travail utile, quand le point d'appui n'est pas résistant.

Cette consommation de travail est facile à comprendre et même à mesurer.

Lorsqu'un marcheur appuie l'un des pieds sur le sol, la jambe correspondante, un peu fléchie, se redresse bientôt et repousse à la fois le sol par en bas et la masse du corps par en haut. Si le sol résiste entièrement à cette pression, tout le mouvement produit se fera du côté du tronc qui sera soulevé à une certaine hauteur, à 15 centimètres par exemple. Mais si le sol s'enfonce de 5 centimètres sous la pression du pied, il est clair que le corps ne sera plus soulevé qu'à une hauteur de 10 centimètres, et que le travail utile subira par ce fait un déchet d'un tiers.

L'enfoncement du sol sous le pied constitue bien certainement un travail, d'après la définition mécanique de ce mot. En effet, le sol, en cédant, présente une certaine résistance. C'est cette résistance qui doit être multipliée par l'étendue dont le sol s'est affaissé pour donner la valeur du travail accompli en ce sens. Mais c'est un travail tout à fait inutile pour la locomotion que celui-là; c'est un déchet de la force motrice dépensée.

Lorsqu'un poisson frappe l'eau de sa queue pour se propulser en avant, il exécute un double travail : une partie a pour effet de chasser derrière lui une certaine masse d'eau avec une certaine vitesse, et l'autre pousse son corps malgré les résistances du fluide environnant. Ce dernier travail est seul utilisé; il serait bien plus considérable si la queue de l'animal rencontrait, au lieu de l'eau qui fuit devant elle, un point d'appui solide.

Presque tous les propulseurs employés par la navigation subissent ce déchet de travail qui tient à la mobilité du point d'appui. C'est ce déchet que l'on évite avec grand profit, dans le *touage*, en faisant agir la machine motrice sur une chaîne qui est immergée dans le canal et fournit un point d'appui d'une fixité absolue.

L'oiseau se trouve dans des conditions particulièrement défavorables : son aile qui, si elle agissait sur un point d'appui solide, soulèverait, en se raccourcissant, la masse du corps à une grande hauteur, n'imprime à celle-ci qu'une légère ascension, ainsi qu'on l'a vu dans des expériences précédemment exposées.

D. Loi du partage de la force motrice entre deux résistances inégales.

Peut-on mesurer le déchet de la force motrice par la mobilité du point d'appui, et prévoir la quantité de travail utile que donnera un moteur s'appuyant sur l'air? C'est ce qu'il s'agit maintenant d'examiner.

Il est un principe établi par Newton et qui domine, pour ainsi dire, toute la mécanique; c'est que l'action est égale à la réaction.

Dans le cas qui nous occupe, la force motrice de l'oiseau produit, par chacun des tendons d'insertions des muscles grands pectoraux, deux actions égales : l'une a pour effet de

déplacer en arrière une certaine masse d'air avec une certaine vitesse, l'autre pousse en sens contraire le corps de l'oiseau, avec une autre vitesse. Est-ce à dire, que dans ces deux actions, il y ait une même quantité de travail produit? Nous essayerons d'examiner cette question.

Dégageons-la tout d'abord d'une influence qui la complique et sur laquelle nous reviendrons plus tard : l'inégale longueur du bras de levier sur lequel agissent la force motrice et la résistance de l'air, et supposons que la force musculaire s'applique directement à soulever la masse du corps et à repousser celle de l'air.

La physique nous fournit des exemples bien étudiés de semblables partages de force. Ainsi, dans la balistique, la force motrice de la poudre, c'est-à-dire la pression des gaz, agit à la fois sur le projectile et sur la pièce, imprimant à ces deux masses des vitesses de sens contraire. Or, il se fait un partage égal de la quantité de mouvement entre les deux projectiles, de sorte que la masse du canon et de son affût multipliée par la vitesse de recul qui lui est communiquée, est égale à la masse du projectile multipliée par la vitesse de propulsion qu'il reçoit. Comme le canon pèse beaucoup plus que le boulet, la vitesse de recul du canon est beaucoup plus faible que la vitesse imprimée au projectile (1).

Quant au travail développé par la poudre contre la pièce et contre le boulet, il se partage très-inégalement entre ces deux masses.

En effet, le travail engendré par une force vive étant proportionnel au carré de la vitesse de la masse en mouvement (sa formule est $\frac{mv^2}{2}$), le calcul montre que ce travail, dans le cas où la pièce pèserait 300 fois plus que le boulet, serait 300 fois plus grand pour le boulet que pour la pièce.

Dans ce calcul, il faut encore admettre que la déflagration de la poudre soit très-rapide et qu'elle se passe d'une manière parfaitement régulière, ce qui n'est pas démontré.

Acceptons comme inattaquables les résultats de l'expérience de balistique et des calculs qui ont été faits à ce sujet et cherchons si l'on peut transporter ces calculs au partage de l'action musculaire dans le cas du vol.

Il semble, que dans le cas où le moment d'action du muscle sur le corps serait le même que celui de la résistance de l'air,

(1) Voici la solution de ce problème donnée par Poncelet : *Introduction à la mécanique industrielle*, page 175.

Soit F , à un instant donné, la force motrice qui pousse en avant le boulet et qui est censée presser, en sens contraire et avec une intensité égale, le fond de l'âme de la pièce; soient P et P' , les poids du boulet et de la pièce y compris son affût, etc.; soient V et V' respectivement les petits degrés de vitesse qui leur sont imprimés à un instant quelconque et dans la durée de l'élément de temps t , on aura la proportion.

$$F : P :: v : gt \text{ ou } Pv = F \times gt.$$

On aura de même, pour la pièce et son affût :

$$F : P' :: v' : gt \text{ ou } P'v' = F \times gt.$$

Ainsi :

$$Pv = P'v' \text{ ou } v : v' :: P' : P.$$

... Par conséquent, les degrés de vitesse imprimés au boulet et à la pièce, dans un temps infiniment petit, sont réciproquement proportionnels aux poids de ce boulet et de cette pièce.

... De même, les vitesses finies imprimées à la pièce et au boulet à l'instant où celui-ci a acquis tout son mouvement, sont réciproquement entre elles comme le poids de cette pièce et de ce boulet.

l'action du muscle devrait agir également sur la masse du corps et sur celle de l'air. Que, par exemple, au moment où la masse du corps est soulevée avec une certaine vitesse, la masse de l'air déplacé devrait recevoir une quantité de mouvement égale à celle de l'oiseau, mais de sens contraire. Enfin, que le calcul permettrait d'estimer quelle est la masse d'air qui a été mise en mouvement au moyen de l'équation qui a été employée dans le problème de balistique.

En effet, nous savons que les quantités du mouvement imprimées à la masse du corps et à celle de l'air sont égales.

La pesée peut nous faire connaître la masse de l'oiseau, nous pouvons obtenir, d'après les traces de l'oscillation de l'oiseau, la courbe des vitesses qui lui sont communiquées à chaque coup d'aile; nous connaissons de même la vitesse avec laquelle s'abaisse l'aile, c'est-à-dire la vitesse même de l'air. Il resterait à déterminer la masse de cet air qui serait la seule inconnue de cette équation.

Le problème réduit ainsi à son plus haut degré de simplicité présenterait cependant encore une complication extrême à cause de la nature du mouvement imprimé à la masse du corps et à celle de l'air, qui sont soumises toutes deux à des mouvements variés.

MAREY.

VARIÉTÉS

Nous extrayons de la *Gazette hebdomadaire* les détails suivants sur l'organisation des ambulances volontaires dont nous avons déjà parlé la semaine dernière :

« Quatre ambulances volontaires ont été créées. Le personnel de chacune d'elles se compose de : 1 chirurgien en chef, 4 chirurgiens, 10 aide-chirurgiens, 12 sous-aides, 60 infirmiers, dont 8 sont des ouvriers de divers corps d'état, charpentiers, forgerons, etc. Nous avons fait connaître la composition de la première ambulance. La deuxième, dont le chirurgien en chef est notre collaborateur, M. Sée, portera le nom spécial d'*Ambulance de la presse française*, sur la demande de la presse elle-même, qui vient de verser 300 000 francs dans la caisse de la Société. La troisième a pour chirurgien en chef M. Ledentu, et la quatrième M. Pamard fils (d'Avignon). En outre, on organise une ambulance maritime, dont M. Trélat est le chirurgien en chef désigné : un navire a été loué par la Société.

» Un aumônier catholique et un ministre protestant sont attachés à chaque ambulance, ainsi qu'un comptable chargé de la subsistance et assisté de deux aides comptables. L'ambulance se nourrit elle-même ; mais les blessés reçoivent leurs vivres de l'intendance.

» Chaque ambulance est munie de : 1° 51 petites tentes susceptibles de se réunir trois à trois, de manière à former 17 grandes tentes pouvant contenir chacune 24 malades ; 2° 300 brancards-lits avec sacs de toile destinés à être remplis pour former des paillasses, qui seront munies de toiles imperméables ; 3° 100 civières, modèle de l'armée ; 4° 10 brancards à roues, 10 fourgons ; 5° 20 chevaux de trait et une trentaine de chevaux de selle (tous les chirurgiens, excepté les sous-aides, sont montés). »

Souscription Sars

TREIZIEME LISTE

La Société des sciences naturelles à la Rochelle..	50 fr.
La Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux	50
MM. le baron Adelsward, ambassadeur de Suède et Norvège à Paris.....	100
Deux Français habitant la Belgique.....	5
De Dumast.....	7
D ^r Læwenberg.....	10
D ^r Davaine.....	20

Souscriptions recueillies à Rouen par le docteur F. Pouchet, directeur du Muséum d'histoire naturelle, professeur à l'École de médecine :

D ^r F. Pouchet.....	20
D ^r Georges Pouchet.....	5
Rondeaux-Buchet.....	20
Emile Rondeaux.....	20
Gidde, professeur à l'École de droit.....	10
Davey.....	20
Raoul Duval, avocat général.....	20
D ^r Leudet, directeur de l'École de médecine.....	5
D ^r Levesque, professeur à l'École de médecine.....	5
D ^r Pennefier, professeur à l'École de médecine.....	5
D ^r Duprey, professeur à l'École de médecine.....	5
D ^r Hélot, professeur à l'École de médecine.....	10
D ^r Godefroy, professeur à l'École de médecine.....	5
J. Clouet, professeur à l'École de médecine.....	5
D ^r Gressent, professeur à l'École de médecine.....	10
D ^r L. Duménil, professeur à l'École de médecine.....	10
D ^r Caneaux, professeur à l'École de médecine.....	10
D ^r Delabost, professeur à l'École de médecine.....	5
D ^r A. Flaubert, professeur à l'École de médecine.....	10
D ^r C. Tinel, professeur à l'École de médecine.....	5
D ^r Blanche, professeur à l'École de médecine.....	5
Th. Bachelet, professeur à l'École des sciences et des lettres.....	5
Laurens, prof. à l'École des sciences et des lettres.....	5
A. Vincent, directeur de l'Ec. des sc. et des lettres.....	5
Sinoquet, prof. à l'École des sciences et des lettres.....	5
Houzeau, prof. à l'École des sciences et des lettres.....	5
Renier fils.....	5
Baron père.....	5
C. Esprit, pharmacien.....	5
Rullière, pharmacien.....	5
Béchon, naturaliste.....	5
Tholomé, pharmacien.....	10
Desbois, directeur du mont-de-piété.....	5
Ch. Dumas.....	5
Jules Godefroy.....	5
Eugène Viénot, avocat.....	5
Henri Viénot, avocat.....	5
D ^r Alfred Vy.....	5
M ^{me} Henri Rondeaux.....	10
D ^r Louis Levasseur.....	10
D ^r Bottentuit.....	5
D ^r Delarocque.....	5
D ^r Le Brument.....	5
D ^r Manoury.....	5
Narcisse Beaurain.....	5
Baudry.....	10
Houdard.....	5
Michel Durand.....	5
Debonnex.....	5
Béchon aîné.....	5

Total de la 13^e liste..... 617 fr.

Total des douze premières listes..... 41 666 fr. 88

Total des treize premières listes..... 42 283 fr. 88

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

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

donnera le plus grand avantage à des défenseurs alertes, comme le sont nos volontaires, connaissant bien le pays et sachant profiter de chaque mur, de chaque maison, de chaque haie.

Mais les armes nouvelles n'ont été essayées encore que d'une manière incomplète : tantôt les nouveaux fusils, et pas même les meilleurs; tantôt, mais rarement, l'artillerie nouvelle, sans être soutenue par les fusils perfectionnés.

Et nous sommes encore bien loin d'avoir épuisé ce que la science peut être pour les armes nouvelles. Mon ami sir Joseph Whitworth ne mourra pas content avant d'avoir trouvé le moyen de tuer et de détruire à plus de 11 kilomètres: « alors, dit-il, la paix sera assurée entre les nations civilisées, car les hommes ne voudront pas se décider à aller combattre des ennemis qu'ils ne pourraient pas voir. » On dit que la grosse artillerie porte maintenant à 7 ou 8 kilomètres. Mais le canon Whitworth de neuf pouces porte à 10 ou 11 kilomètres. Whitworth peut, dit-il, lancer à plus de 10 kilomètres une bombe de 1500 livres, de manière à lui faire traverser une armure d'un pied d'épaisseur.

Les expériences d'artillerie, faites récemment près de Portsmouth, sont toutes en faveur de l'avantage que les armes nouvelles donnent à la défense. Un général américain expérimenté, qui a pris part à la dernière guerre de son pays, passant dernièrement en Angleterre, nous a dit qu'il regardait comme une folie l'idée de songer à envahir notre pays, avec ses fossés, ses haies, ses murs et tous les abris qu'il offre à l'infanterie. Il s'appuie sur l'expérience de la dernière guerre d'Amérique, où aucun des deux partis n'a jamais pu l'emporter sur l'autre dans les endroits cultivés, et cela avec des armes inférieures à celles que nous avons maintenant. Dans les pays cultivés, l'assaillant est inévitablement défait. Je ne connais qu'un cas où l'attaque ait semblé l'emporter sur la défense; c'est sur la côte et avec le gros canon Whitworth. S'il peut lancer une bombe du poids énorme de 15 quintaux à plus de 10 kilomètres, le bateau qui portera ce canon ne sera qu'un point à cette distance, et ce point mobile pourra plus facilement atteindre une grande forteresse, Portsmouth ou Cherbourg, que la forteresse n'atteindra le point mobile. Selon moi, les côtes devront être défendues non plus par de grandes fortifications, mais par des bateaux rapides, de grandes canonnières, qui iront soutenir le combat au large pour écarter l'ennemi.

Certains se récrient sur la dépense de nos expériences et des essais d'armes nouvelles. Je suis d'avis qu'il faut encourager ces expériences, les faire sur une grande échelle; elles nous vaudront des économies énormes de frais militaires. J'ai assisté l'automne dernier, à la Haye, à un congrès de statistique et d'économie politique, où se trouvaient représentés les principaux États de l'Europe et les États-Unis. J'ai pu y déclarer, d'après des témoignages recueillis en France, que la Belgique, ou la Hollande seule, pourrait maintenant, toute petite qu'elle est, résister, si elle le voulait, à la puissance de la France. *La France, avec 100 000 hommes pourrait arrêter toutes les forces qu'une puissance comme la Prusse mettrait en campagne pour l'envahir.* Et, dans ce cas, les contribuables français ne seraient-ils pas en droit de demander pourquoi on leur impose le fardeau d'une armée de 4 ou 500 000 hommes, quand, après tout, la Prusse, ou même la Belgique ou la Hollande, résisterait facilement à une pareille armée?

H. SHAW,

Professeur de fortification et d'artillerie à l'école d'état-major de Sandhurst.

COLLÈGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol chez les oiseaux.

II

SOMMAIRE : De la résistance de l'air. — I. Conditions qui font varier cette résistance. Influences de la vitesse des mobiles, de l'étendue et de la forme de leurs surfaces. — II. Mouvements imprimés à l'air par les mobiles : remous et tourbillons. Pression positive ou négative sur les différents points du corps en mouvement. — III. Décomposition de la résistance de l'air par les plans inclinés; construction du parallélogramme des forces; influence de l'angle que fait le plan avec la direction de son mouvement; applications à la théorie du vol. — IV. Résistance de l'air dans les mouvements rotatifs; applications à la théorie du vol.

Nous avons vu, dans la leçon dernière, qu'une force élastique, celle des gaz de la poudre, par exemple, agissant en même temps sur deux masses : le boulet et la pièce, se partage également entre elles; de sorte que les deux masses, quelle que soit l'inégalité qu'elles présentent, reçoivent la même quantité de mouvement. C'est là une confirmation expérimentale de ce principe bien connu que l'action est égale à la réaction.

Nous pouvons donc admettre que dans le mécanisme du vol, les muscles pectoraux partagent leur effort d'une manière égale entre leurs deux attaches, et que la traction exercée sur leurs insertions sternales est égale à celle qui se produit sur l'attache de ces muscles aux humérus.

N'allons pas plus loin dans la comparaison des deux phénomènes. Car dans la considération du travail accompli, le problème de balistique nous a présenté des conditions qui ne se retrouvent plus dans l'action des muscles de l'oiseau. Un boulet chassé par les gaz de la poudre avec une grande vitesse et cheminant dans un fluide beaucoup moins dense que lui, peut acquérir une force vive considérable, et lors de son arrêt développer du travail. Mais quand l'aile de l'oiseau, sous l'impulsion du muscle, pousse l'air au devant d'elle, cet air ne saurait être comparé à un projectile; retenu de proche en proche par les couches atmosphériques voisines, il ne peut les traverser, ayant la même densité qu'elles, et tend seulement à les repousser. Mais l'air est compressible, et comme l'inertie des couches environnantes empêche le mouvement de se propager bien loin au milieu d'elles, il s'ensuit que, à quelque distance du point frappé, l'air reste immobile. De sorte que l'abaissement de l'aile a eu pour effet de comprimer de proche en proche les couches d'air les plus voisines.

Mais entre la paroi inférieure de l'aile et les couches d'air immobiles, la portion d'air qui s'est comprimée prend une force élastique qui repousse l'aile de bas en haut, luttant contre la pesanteur et tendant à soulever l'oiseau.

Essayons de nous représenter ce qui se passe à chaque coup d'aile.

La figure 165 représente d'une manière schématique, le sternum d'un oiseau, les différentes pièces du squelette de son aile et les faisceaux musculaires du grand pectoral qui, du sternum, se portent à l'humérus. Après le raccourcissement du muscle pectoral, les différentes pièces de ce système auront changé de rapports et se trouveront dans les positions figurées

(1) Voyez ci-dessus page 571, 6 août 1870, et notre tome VI, pages 578, 601, 616 et 700, année 1869.

par les lignes ponctuées. Le corps de l'oiseau se sera élevé, tandis que les ailes se seront abaissées.

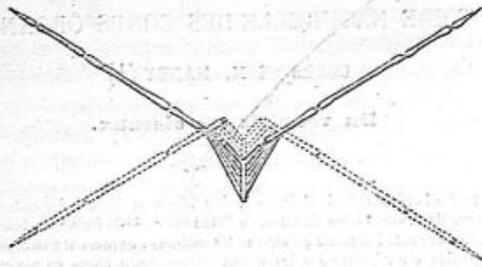


FIG. 165. — Représentant la position des ailes et du corps de l'oiseau avant et après le temps d'abaissement dans le vol.

Ce n'est pas là une hypothèse : l'expérience nous a montré que, pendant le temps d'abaissement de l'aile, le corps de l'oiseau se soulève. La figure schématique ci-dessus n'est donc que la représentation d'un fait expérimental bien établi.

Or, pour que le corps de l'oiseau s'élève de quelques centimètres, tandis que la pesanteur tendrait à le faire tomber, il faut que la pression qui s'exerce à la face inférieure des deux ailes soit un peu supérieure au poids de l'oiseau. De sorte que, chez un milan qui pèse 800 grammes, chacune des deux ailes doit supporter une pression de plus de 400 grammes.

Il n'est plus besoin de combattre aujourd'hui l'ancienne théorie qui admettait que les animaux qui volent s'élèvent, par leur légèreté spécifique, au-dessus du fluide ambiant. Tout le monde tend à admettre que l'ascension de ces animaux dans l'air est l'effet plus ou moins complexe de la réaction de leurs coups d'aile qui frappent l'air et y trouvent un point d'appui.

La résistance de l'air contre un plan qui le déplace est connue de tout le monde ; il suffit d'agiter vivement un éventail pour avoir la sensation de cette résistance ; mais il est moins facile d'en bien comprendre la nature.

I. — CONDITIONS QUI FONT VARIER LA RÉSISTANCE DE L'AIR.

Newton considère les molécules de l'air comme agissant par leur inertie ou leur force vive suivant qu'elles sont frappées par les plans solides ou qu'elles vont se heurter contre eux ; dans les deux cas il n'est besoin de faire aucune hypothèse, puisqu'il est démontré que l'air est pesant.

Influence de la vitesse des mobiles. — On sait que la résistance que présente un corps à une force qui tend à le déplacer est proportionnelle au carré de la vitesse avec laquelle le corps est heurté. On sait aussi que ce corps, s'il est en mouvement, développe à son tour contre les surfaces qu'il vient choquer un effort proportionnel au carré de sa propre vitesse. Newton put donc conclure que si l'air se comporte comme tous les autres corps, les résistances qu'il présente, ou les efforts qu'il développe, sont proportionnels aux carrés des vitesses.

Mais cette loi si simple ne répond pas aux résultats de l'expérience.

La résistance de l'air devant les corps animés d'une translation très-rapide croît beaucoup plus vite que le carré de la vitesse. La formule adoptée aujourd'hui pour les grandes vitesses, en balistique, par exemple, contient deux termes dont

l'un croît en effet comme les carrés, mais dont l'autre croît comme les cubes des vitesses. Pour les mouvements très-rapides comme ceux des projectiles de guerre qui ont une vitesse de 400 à 500 mètres par seconde, le terme qui varie en raison du cube des vitesses prend une valeur beaucoup plus grande que l'autre. Il semble toutefois que pour les vitesses bornées à quelques mètres seulement par seconde, la formule de Newton s'éloigne beaucoup de la vérité.

Influence de l'étendue des surfaces. — Dans l'hypothèse où la résistance de l'air est produite par la somme des effets d'inertie des molécules de l'air, il est clair que plus ces molécules seront nombreuses, plus la résistance sera grande. Elle variera donc en raison de la surface que le corps en mouvement présente à l'air, c'est-à-dire en raison de la section maximum de ce corps perpendiculaire à la direction du mouvement. Cette estimation a été adoptée par Navier dans ses calculs sur le travail développé par un oiseau qui vole.

Mais, ici encore, la loi est moins simple qu'on ne l'avait cru d'abord. S'il est vrai que pour des corps géométriquement semblables, des sphères, des boulets par exemple, la résistance soit proportionnelle à la section de ces sphères, on s'aperçoit bien vite que pour des corps de formes différentes ce rapport n'existe plus.

Influence de la forme des surfaces. — Une surface convexe trouve dans l'air moins de résistance qu'une surface plane ; et une surface plane à son tour moins qu'une surface concave. En somme, dans les fluides comme dans les solides, les corps pénètrent en déplaçant latéralement les molécules qui se trouvent devant eux. De sorte qu'un mobile qui présente à son avant une pointe aiguë pénètre plus facilement dans l'air qu'un mobile obtus qui aurait cependant la même section transversale (1).

En vertu de cette influence de la forme des mobiles sur la résistance que l'air leur fournit, on comprend que le corps d'un oiseau présentant, en quelque sorte, en avant, une pointe allongée, éprouvera une résistance moindre que celle que lui assignait Navier en estimant cette résistance d'après la section transversale du corps de l'oiseau.

Au contraire, la face inférieure de l'aile de l'oiseau, grâce à sa forme concave, éprouvera plus de résistance que n'en trouverait sur l'air un plan de même étendue. Ces deux conditions sont favorables au vol, car l'une diminue la résistance que l'oiseau éprouve dans sa translation, tandis que l'autre augmente la résistance du point d'appui.

II. — MOUVEMENTS IMPRIMÉS A L'AIR PAR LES MOBILES QUI LE TRAVERSENT.

Ce fait de la pénétration plus ou moins facile des corps en mouvement dans l'air doit s'expliquer par l'entraînement de quantités variables de ce fluide. Certains auteurs admettent avec d'Alembert qu'il existe au devant des mobiles une proue d'air immobile qui est poussée devant eux et sur laquelle glissent les couches d'air dans lesquelles la pénétration s'effectue. Derrière le mobile serait également une poupe d'air qui accompagnerait le corps, et dans laquelle se feraient des re-

(1) Il y a toutefois une limite à l'acuité de l'angle favorable à la pénétration du mobile dans l'air, car, en augmentant cette acuité indéfiniment, on augmenterait aussi la longueur du mobile et il se produirait de nouvelles résistances par les frottements de l'air sur les parties latérales.

mous ou tourbillons pareils à ceux qu'on voit, dans les rivières, se former derrière un bateau. Enfin, sur les côtés, le glissement de l'air se ferait en offrant certaines résistances dites de frottement et dont l'intensité croît en raison de la longueur du mobile et de l'étendue de ses surfaces latérales.

La théorie indique en outre que derrière un corps animé de vitesse l'air se précipite, à mesure que ce corps se déplace, mais pas assez vite, cependant, pour qu'il n'y ait pas en ce point une diminution de pression qui varie avec la vitesse elle-même.

On voit déjà combien le problème se complique, bien que nous ne soyons pas sortis du cas, d'une simplicité idéale, où un corps suivrait un trajet rectiligne en vertu d'un mouvement uniforme. Mais, dans l'étude qui nous occupe, il s'agit de plans inclinés qui, sous des angles variables, parcourent des trajectoires curvilignes avec une vitesse à chaque instant changeante en chacun de leurs points.

Sans nous effrayer de cette complication nouvelle, cherchons comment se comporte la résistance de l'air au devant d'un plan incliné, c'est-à-dire d'un plan qui fait un certain angle avec la direction de son parcours.

III. — DÉCOMPOSITION DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR PAR LES PLANS INCLINÉS.

Nous avons déjà dit maintes fois que la résistance de l'air se décompose contre un plan incliné, mais sans spécifier comment se fait cette décomposition. L'expérience a fait voir que ce plan sera d'une part retardé dans son transport par la résistance de l'air, et d'autre part, dévié de la route qu'il tend à suivre d'après la direction de la force motrice. Ces deux influences de l'air sur le plan incliné résultent, avons-nous dit, de la décomposition de cette résistance de l'air comme on le voit dans la figure.

Soit a (fig. 166) la section d'un plan incliné. Pour rendre le

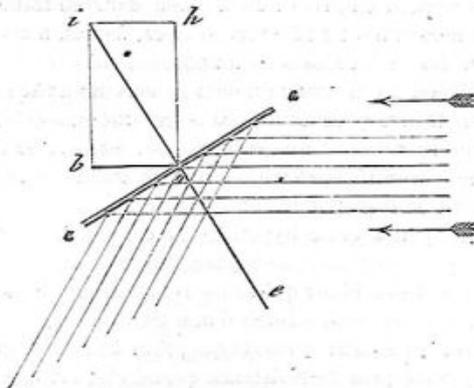


FIG. 166.

problème plus simple, supposons qu'un vent venant de droite dans la direction des deux flèches et soufflant horizontalement, rencontre ce plan sous un certain angle ; on admet qu'il se fait sur la surface du plan une poussée qui peut être représentée par la ligne oe normale à la surface. Cette force se décomposera en deux autres, dont l'une entrainera le plan dans la direction du vent, et dont l'autre soulèvera ce plan à une certaine hauteur. Pour obtenir la valeur de ces deux forces, construisons le parallélogramme dans lequel oi représente, en grandeur et en direction, la poussée du vent contre

le plan. Nous trouverons ob pour la valeur de la composante horizontale qui entrainera le mobile dans la direction du vent et oh pour la composante qui se traduira par une force ascensionnelle.

Ces deux composantes varieront inversement l'une par rapport à l'autre dans les rapports des sinus ou des cosinus de l'angle que forme le plan incliné avec l'horizon.

Mais, dira-t-on, pourquoi admettre que la force du vent qui souffle obliquement sur le plan incliné constitue une pression que nous représentons en direction par la ligne oe normale à la surface ? A ce sujet, on a invoqué autrefois une considération théorique introduite je crois par Newton et que voici :

Si l'on considère les molécules d'air animées de vitesse comme douées d'une élasticité parfaite, on suppose que chacune d'elles, lancée contre le plan, sous un certain angle, rebondira en faisant avec ce plan un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. Or, ces molécules étant élastiques, se déforment au moment du choc dont elles atténuent partiellement l'effet, mais aussitôt après, reviennent à leur forme primitive et restituent au plan sur lequel elles rebondissent la force empruntée pour leur déformation. Ce plan aurait donc reçu deux poussées presque simultanées et d'intensités égales, l'une dans le sens de l'incidence, l'autre dans le sens de la réflexion des molécules. La résultante de ces deux poussées se fera nécessairement suivant la bissectrice de l'angle qu'elles font entre elles, c'est-à-dire suivant la normale à la surface.

Cette théorie autoriserait l'adoption de la ligne oe pour représenter la direction de la poussée produite contre le plan ab (fig. 166). Toutefois, elle a été abandonnée en présence des résultats de certaines expériences. On peut voir, en effet, si l'on dirige contre un plan incliné un jet d'air chargé de fumée pour le rendre visible, que cet air ne rebondit pas contre le plan, mais s'étale le long de sa surface et s'échappe en rasant ce plan.

Du reste, l'hypothèse de Newton est rendue fort invraisemblable *a priori*, quand on pense que les molécules d'air qui frappent le plan incliné et tendraient à rebondir, rencontreraient aussitôt la résistance des autres molécules qui les suivent et qui, elles-mêmes, sont animées d'une vitesse de translation plus grande que ne serait celle du rebondissement. Ainsi étreintes entre le plan incliné qu'elles ont frappé et l'air qui vient derrière elles, les molécules qui sont arrivées au contact du plan ne peuvent s'en séparer et doivent s'écouler le long de ce plan avec une vitesse variable, suivant que l'inclinaison existe dans le sens où les porte leur propre vitesse, ou qu'elle a lieu en sens contraire.

Pour estimer la poussée de l'air contre le plan et pour connaître la direction dans laquelle cette poussée s'effectue, il faut donc considérer l'air pressé contre le plan comme acquérant une tension élastique qui s'exerce également dans tous les sens et qui, par conséquent, produit, sur la surface pressée, une poussée perpendiculaire à son plan.

Quant à l'intensité de cette poussée, elle varie suivant l'angle que le plan forme avec la direction du vent. Sa variation ne se produit pas suivant le rapport des sinus de l'angle que fait ce plan avec la direction du vent, mais suivant des lois plus compliquées, si l'on en juge par les expériences qui ont été faites sur ce sujet.

Ainsi, Thibault et le colonel Duchemin ont donné des tables qui indiquent la valeur de la résistance horizontale de l'air

contre des plans d'inclinaisons variées. La résistance horizontale dont il est ici question correspond dans la figure 166 à la composante *od*. De la valeur de cette composante, on peut tirer celle de la pression *P*, qui s'exercerait normalement à la surface. En effet, si nous appelons *E* cette composante *od* et α l'angle d'inclinaison du plan, nous aurons la relation :

$$E = P \sin \alpha.$$

d'où l'on tire :

$$P = \frac{E}{\sin \alpha}.$$

Pour toute inclinaison du plan qui frappe l'air, nous pouvons tirer des tableaux de Thibault, de Duchemin ou de Hutton, la valeur de la pression normale au plan. Il suffit de diviser la composante horizontale, seule indiquée dans ces tableaux, par le sinus de l'angle que le plan fait avec la direction du vent.

En faisant cette opération, on arrive à ce résultat singulier : que, depuis 90 degrés (c'est-à-dire la position où le plan est perpendiculaire à la direction du vent) jusqu'à 50 degrés, la pression *P* reste constante; et que, si nous prenons pour unité cette pression *P* invariable de 90 à 50 degrés, on la voit ensuite décroître à mesure que l'angle diminue. Le tableau suivant donne les valeurs de cette pression pour des angles compris entre 45 et 5 degrés.

ANGLE.	D'APRÈS DUCHEMIN		D'APRÈS THIBAUT	
	VALEUR DE E	VALEUR DE P	VALEUR DE E	VALEUR DE P
45°	0,64	0,96	0,68	0,96
30	0,40	0,80	0,38	0,76
20	0,20	0,48	0,18	0,52
10	0,058	0,33	0,057	0,33
5	0,014	0,16	0,018	0,17

D'après ces tableaux, la résistance de l'air qui tend à soulever un oiseau, soit dans le temps passif du vol, soit dans le cas où cet oiseau se présente, le bec au vent, sans agiter ses ailes, resterait considérable encore, si l'aile faisait avec l'horizon un angle de 30 degrés. La poussée perpendiculaire au plan de l'aile serait peu inférieure à ce qu'elle serait si l'aile se présentait perpendiculairement à la direction du vent. Or, pour un angle de 30 degrés avec l'horizon, la composante horizontale, c'est-à-dire celle qui tend à entraîner l'oiseau en arrière, serait seulement moitié de celle qui tend à le soulever.

L'angle de 30 degrés est précisément celui que la plupart des observateurs attribuent à l'acte de l'oiseau au moment de sa remontée ou lorsqu'il se lance contre le vent.

On comprendrait dès lors comment les espèces voilières peuvent utiliser le vent pour se soutenir et s'élever dans l'air sans subir, par l'effet de ce vent, un entraînement qui les empêche de cheminer contre sa direction.

Mais, pour avoir le droit de conclure à une pareille utilisation de la force du vent, il faudrait que des expériences directes eussent été tentées pour mesurer simultanément les deux forces, verticale et horizontale, produites sur le plan incliné par la poussée du vent; c'est ce qui n'a pas encore été fait; la force horizontale a été seule mesurée jusqu'ici.

La théorie que je viens d'émettre avec réserves a été soutenue toutefois avec une grande autorité par M. de Louvrié. Pour en tirer toutes les applications possibles au mécanisme du vol, il faudrait encore savoir si les choses se passent de la même façon, soit lorsque le vent souffle avec une certaine vitesse contre un plan incliné, soit lorsque c'est le plan qui se transporte avec cette même vitesse dans l'air immobile.

Certains physiiciens affirment que la somme des résistances n'est pas la même dans les deux cas, tandis que d'autres, avec le colonel Duchemin, croient que les résistances restent les mêmes, que ce soit l'air ou le plan qui se meuve avec une vitesse donnée.

IV. — RÉSISTANCE DE L'AIR AUX MOUVEMENTS ROTATIFS.

Toutes ces incertitudes sur les conditions physiques de la résistance de l'air ne donnent cependant qu'une idée incomplète de la difficulté du problème. Il est encore un élément nouveau dont il faudrait tenir compte, c'est la direction dans laquelle le mouvement s'effectue. La translation d'un plan incliné, suivant qu'elle se fait en ligne droite ou qu'elle décrit une courbe, ne rencontre pas dans l'air la même résistance.

Pour comprendre l'importance de ce fait dans le mécanisme du vol, il faut se rappeler que tous les mouvements actifs de l'aile de l'oiseau sont précisément des mouvements tournants qui s'effectuent autour de l'articulation de l'épaule. Quelque faible que soit l'angle dans lequel se meut une aile d'oiseau, chaque point de celle-ci décrit nécessairement un arc de cercle, d'où résulte une force centrifuge qui agit à la fois sur les différentes parties de l'aile, et sur l'air qu'elles entraînent dans leur mouvement.

Voyons quelle peut être l'influence de la nature de ce parcours circulaire de l'aile de l'oiseau; est-elle favorable ou défavorable à l'acte du vol? L'idée qui se présente le plus naturellement serait celle-ci. Dans un appareil rotatif, il se produit un entraînement circulaire de la masse d'air au milieu de laquelle le mouvement s'effectue. Dès lors, le plan n'ayant plus à choquer des molécules d'air immobiles, mais des molécules animées déjà d'un mouvement dans le sens même de sa translation, ne trouve plus au devant de lui une résistance égale à celle que lui offrirait un air immobile. Dans cette théorie, les appareils rotatifs éprouveraient donc moins de résistance que ceux qui se transportent en ligne droite.

Contrairement à cette hypothèse, le colonel Duchemin signale, dans certains cas, une augmentation de la résistance de l'air au devant des plans qui se meuvent circulairement par rapport à ceux qui sont animés d'une translation rectiligne.

En outre, cet auteur a trouvé que, sous le même angle, la surface éprouve plus de résistance quand elle est tournée en dehors que lorsqu'elle regarde en dedans du cercle parcouru. C'est à la force centrifuge qu'il attribue cet effet.

Pour qu'une aile d'oiseau, dans son temps d'abaissement, éprouvât cet accroissement de résistance signalé dans les expériences de Duchemin, il faudrait que sa courbure changeât et que sa face inférieure se tournât plus ou moins du côté de la convexité de la courbure parcourue. Toute flexion du rayon de l'aile sous l'influence de la résistance de l'air produirait un effet de ce genre. Mais, bien qu'il soit assez naturel d'admettre qu'une pareille flexion de l'aile puisse se produire, ce serait trop donner à l'hypothèse que de lui assigner un rôle important dans le mécanisme du vol et de la considérer

comme une condition d'accroissement de la résistance de l'air.

J'ai passé rapidement sur les travaux des physiiciens relativement à la résistance de l'air, ce qu'on vient de voir suffit néanmoins pour montrer la difficulté de résoudre par le calcul l'équation du travail développé dans le vol. En effet, les expériences qui viennent d'être citées se rapportent à des cas simples où des surfaces, rigides et planes, se meuvent, sous des angles constants, avec une vitesse uniforme.

Comment prétendre calculer les résistances, dans les cas si compliqués, où la vitesse, la forme et l'inclinaison des surfaces changent à chaque instant ?

Mais cette détermination numérique n'est pas le but que nous poursuivons. En physiologie, une pareille recherche serait toujours impossible à cause des conditions trop compliquées des phénomènes de la vie. Ce que nous cherchons à déterminer, c'est le mécanisme du vol ; c'est l'influence favorable ou défavorable qu'exercent sur lui telle ou telle disposition anatomique, telle ou telle condition dynamique, telle ou telle circonstance extérieure. La physique nous renseignera donc sur la nature de ces influences bien plus que sur l'intensité de leurs effets. C'est à ce titre seulement que nous lui demandons son concours.

Maintenant que nous avons constaté l'insuffisance des expériences faites jusqu'ici relativement à la résistance de l'air, faut-il s'en prendre à la difficulté spéciale du problème ? Il me semble bien plutôt que cette lacune, en physique, tient à l'absence d'un stimulant qui préside en général à toute recherche aride et de longue haleine, je veux parler de l'application immédiate, de l'intérêt pratique des résultats que ces recherches pourraient fournir.

En montrant les applications nombreuses que la physiologie pourrait faire, j'espère stimuler le zèle des physiiciens et provoquer de nouvelles recherches sur la résistance de l'air au devant des surfaces inclinées et animées de mouvements de diverses natures.

MAREY.

BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

M. A. R. WALLACE,
de la Société royale de Londres

L'origine des espèces. — L'intelligence dans la nature. — Classification des sciences (1)

Le flot de lumière que les recherches de ces dernières années ont répandu tout à coup sur les formes et les forces de la nature les plus cachées et les plus obscures, a fait croire à des esprits profonds et spéculatifs que le temps était venu, où les problèmes autrefois insolubles de l'origine de la vie et de l'intelligence allaient recevoir une solution, sinon complètement démontrée, au moins possible et compréhensible. La grande doctrine de la conservation de la force, la théorie si vaste de l'évolution, la vue plus nette des rapports de la force et de la matière, d'une part les immenses résultats de l'analyse spectrale, qui nous montre l'anatomie de l'univers jusque dans ses dernières parties, d'autre part la puissance toujours croissante du microscope moderne, qui nous permet de déterminer avec certitude la struc-

ture des êtres, ou l'absence de structure, même dans les formes de la vie les plus humbles et les plus infimes, tant de découvertes sont pour nous comme une batterie convergente d'armes scientifiques, grâce à quoi nous pouvons espérer qu'aucun secret de la nature ne nous résistera longtemps. En même temps, notre littérature abonde en essais plus ou moins sérieux sur le développement des êtres, la nature et l'origine de la vie, l'unité de toute force physique et intellectuelle, et des sujets analogues.

Le livre dont je me propose de rendre compte est un bel exemple de cette sorte d'essais, bien que, jusqu'à un certain point, il ne paraisse pas sortir de recherches originales ; mais l'auteur a étudié avec grand soin, et a presque toujours parfaitement compris les meilleurs ouvrages écrits sur les nombreux sujets auxquels il touche, et il a lui-même apporté à son travail des idées originales et un criticisme ingénieux. Aussi son livre ne présente-t-il nullement l'aspect d'une compilation, qu'il eût eu sans doute, sorti de mains moins habiles.

Il s'occupe dans l'introduction des caractères de l'esprit scientifique moderne, et s'efforce de montrer « que le caractère distinctif de notre siècle, au point de vue intellectuel, est avant tout l'importance donnée aux méthodes de recherche historique et générique, qui ont rendu l'histoire scientifique, et la science historique : c'est de là que nous est venue cette conviction, que nous ne pouvons vraiment bien connaître quelque chose, sans en connaître l'origine ; de là aussi une critique plus intelligente, une défiance plus grande, le dégoût, la crainte même des méthodes révolutionnaires, un amour plus réfléchi et plus profond de la liberté intellectuelle et de la liberté politique ». Les six premiers chapitres sont consacrés à une recherche sérieuse des grandes puissances motrices de l'univers, des lois du mouvement, de la conservation des forces. L'auteur y propose l'introduction d'un nouveau mot, *radiance*, pour exprimer la lumière, la chaleur rayonnante et l'actinisme du soleil — trois modifications de la même espèce de force — et une définition plus précise des mots force (*force*) et énergie (*strength*), le premier réservé pour les forces qui peuvent produire du mouvement, le second pour les forces purement de résistance, comme la cohésion.

Il énumère les forces primitives de la nature, comme la pesanteur, l'attraction capillaire, l'affinité chimique, et fait remarquer comme une généralisation importante « que toutes les forces primitives de la nature sont attractives, qu'il n'y a dans la nature aucune force primitive répulsive (p. 43) ». Il me paraît ici commettre deux erreurs. La cohésion, dont l'auteur ne parle pas, est assurément une force primitive tout autant que l'attraction capillaire, et, en réalité, c'est probablement la force plus générale dont l'attraction capillaire n'est qu'un cas particulier ; l'élasticité est l'effet d'une force primitive répulsive. L'auteur nous dit (p. 26), que toute matière est parfaitement élastique, car quand deux billes se rencontrent, la force qui se perd par suite de l'élasticité incomplète de la masse passe dans les molécules, et se transforme en chaleur. Mais la chaleur implique certainement une répulsion des molécules ; et M. Rayma a montré, dans sa *Mécanique moléculaire*, que la répulsion est une propriété de la matière, aussi nécessairement que l'attraction.

Le huitième chapitre traite du phénomène de la cristallisation ; et les deux suivants de la chimie et de la dynamique de la vie. L'existence d'un « principe vital » y est maintenu comme « quelque chose d'inconnu et d'indémontrable que les propriétés de la matière pure et simple ne peuvent expliquer, et qui constitue les différences des êtres vivants ». A part la formation des composés organiques, nous avons les fonctions de l'organisme, l'instinct, la sensibilité et l'intelligence qui ne peuvent se concevoir comme résultant des propriétés ordinaires de la matière. En même temps l'auteur admet que l'intelligibilité n'est pas une garantie de vérité, et que toutes les questions concernant l'origine de la vie sont des questions de fait, qui doivent être résolues, non par le raisonnement, mais par l'observation et l'expérimentation ; et il soutient que par les faits on arrive à

(1) *Habit and intelligence in their connection with the laws of matter and force*, a series of scientific essays, by John Murphy (2 vol. London, 1869 ; Macmillan and Co.).

COLLÈGE DE FRANCE
HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol chez les oiseaux.

III

DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR.

SOMMAIRE. — De la résistance de l'air étudiée dans les conditions les plus rapprochées de celles du vol de l'oiseau. — I. Plan de deux séries d'expériences : 1° Détermination de la pression de l'air en avant et en arrière d'un plan animé d'un mouvement circulaire ; 2° de la résultante des pressions qui s'exercent sur l'aile et de son point d'application.

Messieurs,

J'ai rassemblé, dans une exposition rapide des lois de la résistance de l'air, ce qui me semblait devoir éclairer les conditions mécaniques du vol des oiseaux. De l'aveu même des physiiciens, les expériences faites sur cette matière sont encore insuffisantes. Vous avez pu juger, par le désaccord des différents expérimentateurs, que bien des doutes planent encore sur ce sujet. Ai-je besoin d'ajouter que, pour élucider la question physiologique qui nous occupe, il serait important d'instituer de nouvelles expériences dans des conditions nouvelles, et de chercher d'une manière plus directe la solution expérimentale de notre problème ?

L'exposé qui précède ne me semble pas toutefois sans utilité ; lui seul permettait d'apprécier l'importance de certaines conditions de forme, de courbure, d'élasticité et d'inclinaison des surfaces que l'oiseau met en mouvement pour frapper l'air.

Il faudrait, autant que possible, reproduire, dans des expériences nouvelles, les conditions anatomiques de l'aile de l'oiseau, et imprimer à ces ailes un mouvement exactement semblable à celui qui se produit dans les conditions naturelles du vol.

Mais nous savons, d'autre part, que l'oiseau exécute des mouvements de différents ordres ; les uns peuvent être définis : des mouvements des ailes autour de leurs articulations ; les autres : des mouvements de totalité de l'animal, ou mouvement de translation dans l'air. Il faut donc scinder encore la question et à notre grand regret, instituer des expériences séparées pour étudier les effets de ces deux ordres de mouvements.

Une première série d'expériences devra être dirigée vers l'étude des mouvements rotatifs de l'aile, et servira à déterminer les points suivants :

1° La pression positive ou négative qui s'exerce sur les différents points d'une surface tournante présentant différents angles d'inclinaison avec son plan de rotation ; la somme de ces pressions devant constituer la résistance totale que l'air offre à ce mouvement tournant ;

2° La résistance de l'air contre une surface triangulaire, concave et partiellement élastique, tournant autour de son petit côté avec la vitesse indiquée par les expériences directement faites sur l'aile de l'oiseau ;

3° La réaction qu'un mouvement d'une aile ainsi établie exerce sur une masse qui représenterait le corps de l'oiseau.

(1) Voyez ci-dessus pages 571 et 601, 6 et 20 août 1870, et notre tome VI, pages 578, 601, 646 et 700, année 1869.

A ce sujet, devront être étudiées les influences de l'étendue et de la forme des surfaces des ailes, ainsi que les effets de l'énergie plus ou moins grande du moteur employé.

La seconde série d'expériences aura pour but d'étudier la condition dans laquelle la résistance de l'air s'exerce dans les temps passifs du vol, c'est-à-dire dans la translation, sensiblement rectiligne, de l'oiseau qui a acquis une impulsion en avant. — Les cercles décrits dans le planement de certains oiseaux ont un rayon généralement assez grand pour qu'on puisse négliger l'influence de l'inégale vitesse des deux ailes de l'oiseau.

Dans ces expériences il faudra rechercher :

1° Le meilleur angle sous lequel l'aile devra se présenter à la résistance de l'air pour soutenir le mieux possible le corps de l'oiseau, tout en ralentissant le moins possible la vitesse de translation dont il est animé ;

2° La position que doit occuper le centre de gravité de l'oiseau pour que la résistance de l'air contre ses ailes ne modifie pas la direction de sa trajectoire.

Tel est le plan des expériences que nous aurons à faire, je m'en écarterai le moins possible, à moins d'absolue nécessité. Je ne parlerai pas des difficultés que nous rencontrons dans ces recherches ; le besoin incessant de créer de nouveaux appareils, l'absence de toutes ressources de laboratoires lorsqu'il nous faudrait des appareils délicats, des moteurs puissants et réguliers, etc., nous aurons trop tôt l'occasion de rencontrer ces difficultés matérielles.

I. — EXPÉRIENCES SUR LES MOUVEMENTS ROTATIFS D'UN PLAN.

1° Détermination de la pression de l'air contre ce plan.

La figure 167 représente l'appareil que j'ai établi dans le but d'estimer la pression de l'air en différents points des surfaces d'un plan tournant. Il se compose de pièces diverses à savoir : *H* un moteur à poids muni d'un régulateur Foucault *r* ; ce dernier a pour objet d'assurer l'uniformité de la vitesse avec laquelle le moteur fera tourner le plan soumis à la résistance de l'air. *P*, représente l'appareil rotatif muni d'un plan qui refoule l'air. Ce plan circulaire, de 10 centimètres de diamètre, est adapté sur la branche verticale d'un cadre métallique qui tourne dans une chape autour d'un axe creux. Une articulation permet de donner au plan tournant des inclinaisons variées. Enfin, un contrepoids placé sur une tige perpendiculaire à l'axe de rotation équilibre le cadre métallique et empêche les secousses de se produire pendant la rotation de l'appareil. Une courroie transmet le mouvement de l'appareil *H* à l'axe du plan tournant.

Vu d'en haut, l'appareil offre la disposition représentée figure 168. *P*, est le disque dont il a été parlé et qui se trouve orienté dans le sens du rayon de son parcours circulaire ; celui-ci s'effectue dans la direction de la flèche. *p*, est la poulie par laquelle une courroie imprimant la rotation à tout le système. *C* est le contrepoids du plan *P* et des pièces qui le supportent. *m* est un tube ouvert à son extrémité libre et communiquant par l'autre bout avec l'intérieur de l'axe creux. Ce tube sert à explorer la pression de l'air ; soit en avant, soit en arrière du plan *P* et à transmettre cette pression au manomètre qui sera décrit tout à l'heure. Le tube *m* peut s'allonger ou se raccourcir à volonté, pour prendre la pression dans les différents points de la surface *P* ; il peut aussi s'élever ou s'abaisser. Enfin, il peut, tournant sur l'axe qui le porte, se pla-

cer au contact ou à toute distance du plan P, soit en avant, soit en arrière de ce plan.

La pression de l'air dans lequel plonge l'extrémité *m* du tube explorateur doit se transmettre, par une série de conduits, jusqu'au manomètre *M* (dans la figure d'ensemble). Pour cela, ce tube, avons-nous dit, communique avec l'intérieur de l'axe tournant qui est creux. Celui-ci est fermé par en haut, du côté de la poulie motrice; tandis que, par en bas, il plonge et tourne dans un godet plein de mercure. Mais, du centre du mercure s'élève un autre tube qui s'ouvre au-dessus du niveau du liquide, à l'intérieur de l'axe. Ce tube intérieur se rend par le pied de l'appareil à un conduit de caoutchouc long de 2 ou 3 mètres, qui aboutit finalement au manomètre indicateur de la pression.

La pression s'établit donc nécessairement entre le manomètre et l'air dans lequel plonge l'extrémité du tube explorateur. A moins d'avoir à sa disposition un moteur d'une grande puissance, il faut employer un manomètre d'une extrême sensibilité, car les variations de pression auxquelles nous aurons affaire seront peu considérables. A cet effet, j'ai choisi le manomètre de Kretz, à deux liquides; cet instrument amplifie environ trente fois les indications du manomètre à eau, soit plus de quatre cents fois celles du manomètre à mercure.

Dans la figure 169, on voit avec tous ses détails le manomètre de Kretz déjà représenté en *M* dans la figure 167.

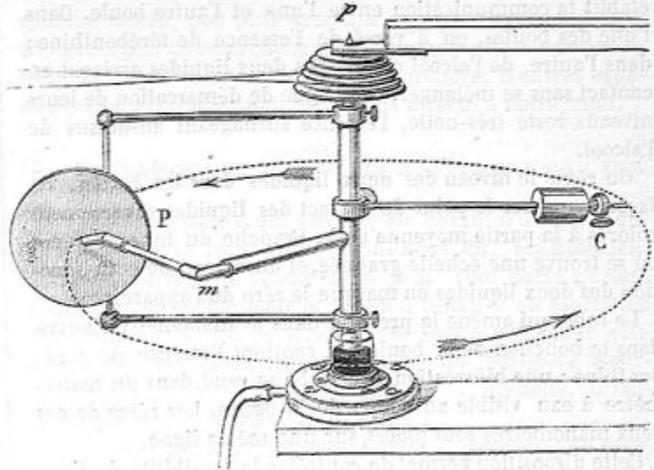


FIG. 168.

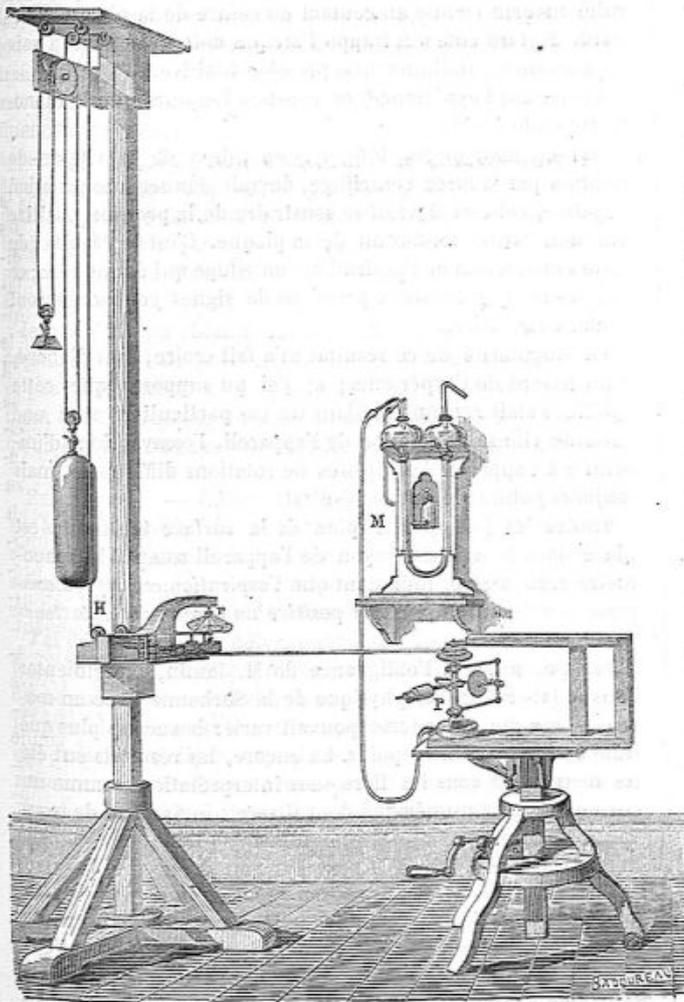


FIG. 167.

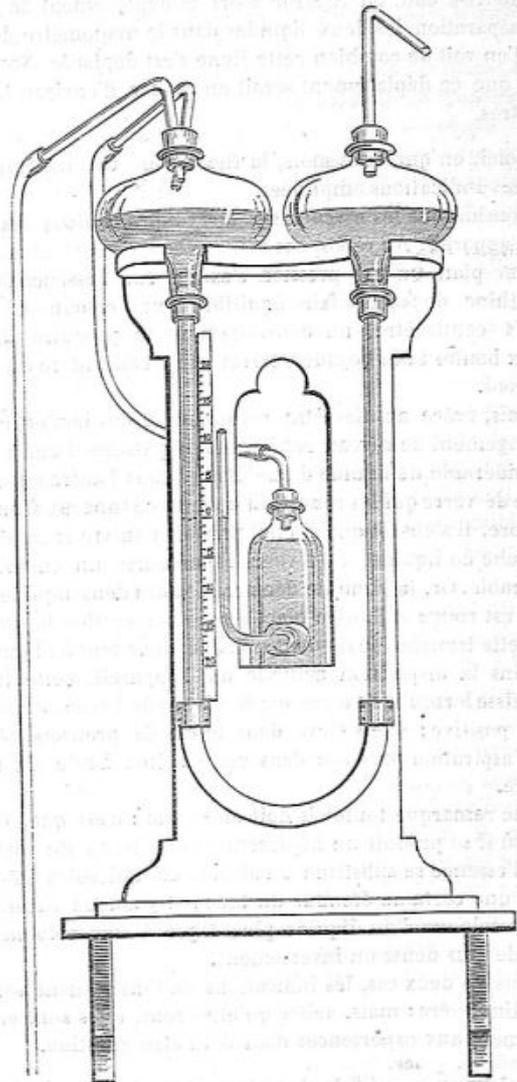


FIG. 169.

Deux boules de grand diamètre, cylindriques à leur partie moyenne, au point d'affleurement des liquides de l'appareil, sont réunies en bas par un long tube en U, qui établit la communication entre l'une et l'autre boule. Dans l'une des boules, on a versé de l'essence de térébenthine; dans l'autre, de l'alcool coloré. Ces deux liquides arrivent au contact sans se mélanger, et la ligne de démarcation de leurs niveaux reste très-nette, l'essence surnageant au-dessus de l'alcool.

On règle le niveau des deux liquides dans les boules, de façon à amener le point de contact des liquides diversement colorés à la partie moyenne de la branche du tube de verre où se trouve une échelle graduée, et au niveau de cette jonction des deux liquides on marque le zéro de l'appareil.

Le tube qui amène la pression dans le manomètre s'ouvre dans le bouchon de la boule qui contient l'essence de térébenthine; une bifurcation de ce tube se rend dans un manomètre à eau visible au centre de la figure. Les zéros de ces deux manomètres sont placés sur une même ligne.

Cette disposition permet de contrôler la sensibilité de l'appareil. En effet, supposons qu'en soufflant dans le tube de transmission, on ait élevé d'un centimètre le niveau du manomètre à eau, on regarde alors le déplacement de la ligne de séparation des deux liquides dans le manomètre de Kretz, et l'on voit de combien cette ligne s'est déplacée. Nous avons dit que ce déplacement serait en ce cas d'environ 30 centimètres.

Voici, en quelques mots, la théorie de cet instrument et de ses indications amplifiées.

Considérons les niveaux des deux liquides dans les boules de l'appareil. Au repos, ces niveaux sont sensiblement sur un même plan. Qu'une pression s'exerce sur l'essence de térébenthine, de façon à faire équilibre à une colonne de liquide de 1 centimètre, un dénivellement se produira dans les deux boules et le liquide s'élèvera de 1 centimètre du côté de l'alcool.

Mais, grâce au diamètre considérable des boules, ce léger changement de niveau représente le passage d'une quantité considérable de liquide d'une boule dans l'autre à travers le tube de verre qui les réunit. Et comme ce tube est d'un faible calibre, il s'ensuit que si l'œil pouvait y suivre le trajet d'une tranche de liquide, il la verrait parcourir un chemin considérable. Or, la ligne de démarcation des deux liquides, dont l'un est rouge et l'autre blanc, rend perceptible le parcours de cette tranche idéale dont nous parlions tout à l'heure.

Dans la disposition actuelle de l'appareil, cette tranche s'abaisse lorsqu'il s'exerce sur le niveau de l'essence une pression positive; elle s'élève dans le cas de pression négative ou d'aspiration produite dans cette même boule du manomètre.

Une remarque toutefois doit être faite: c'est que, dans le cas où il se produit un déplacement de niveau du manomètre, l'essence se substitue à l'alcool, ou l'alcool à l'essence, dans une certaine étendue du tube; il y a donc substitution d'une colonne d'un liquide plus léger à une colonne d'un liquide plus dense ou inversement.

Dans les deux cas, les indications de l'instrument sont un peu diminuées; mais, telles qu'elles sont, elles suffisent entièrement aux expériences dont il va être question.

EXPÉRIENCE I. — *Effets de la force centrifuge sur la pression*

de l'air dans le mouvement rotatif. — Le tube manométrique m étant disposé comme on le voit figure 167, c'est-à-dire assez loin du plan tournant pour ne pas être influencé par ce plan, on fait tourner le système avec une vitesse quelconque: soit un mètre par seconde. Aussitôt le manomètre se met en marche et s'arrête bientôt en indiquant une pression négative de 10 centimètres (soit $1/3$ de centimètre d'eau).

Que s'est-il passé? Il est vraisemblable que la force centrifuge, qui tend à expulser du tube tournant m l'air qui y était contenu, a produit cette aspiration. En effet, nous voyons que cette aspiration augmente ou diminue suivant que la vitesse de rotation augmente ou diminue elle-même; le même effet se produit si l'on augmente ou si l'on diminue la longueur du tube m , sans changer la vitesse de rotation de l'appareil. Nous appellerons donc cette dépression *aspiration par force centrifuge*, et nous la considérerons comme existant toujours, au même degré, pour une même vitesse de rotation de l'appareil.

Des expériences nombreuses m'ont démontré que cette aspiration existe au même degré, quelle que soit la position occupée par le tube m , pourvu qu'il ne se trouve pas trop rapproché du plan tournant.

EXPÉRIENCE II. — *De la pression positive au-devant du plan tournant.* — Si l'on place le tube m de façon que son extrémité ouverte vienne au contact du centre de la plaque tournante P et du côté qui frappe l'air, on doit s'attendre à voir le manomètre indiquer une pression positive.

En faisant l'expérience, on constate toujours que le manomètre reste à zéro.

Mais ce manomètre, influencé en raison de sa vitesse de rotation par la force centrifuge, devrait donner une pression négative; celle-ci devrait se soustraire de la pression positive qui doit exister au-devant de la plaque. C'est le résultat de cette soustraction de l'aspiration centrifuge qui donne zéro; ce qui prouve que ces deux pressions de signes contraires sont égales entre elles.

La singularité de ce résultat m'a fait croire, tout d'abord, à un hasard de l'expérience, et j'ai pu supposer que cette égalité s'était rencontrée dans un cas particulier, avec une certaine vitesse de rotation de l'appareil. J'essayai donc d'imprimer à l'appareil des vitesses de rotations différentes, mais toujours j'obtins le même résultat.

Toutes les fois que le plan de la surface tournante est placé dans le sens du rayon de l'appareil rotatif, le manomètre reste à zéro, indiquant que l'*aspiration centrifuge compense exactement la pression positive au devant du plan tournant.*

J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Jamin, expérimenter dans le laboratoire de physique de la Sorbonne avec un moteur à gaz dont la vitesse pouvait varier beaucoup plus que celle de ma machine à poids. Là encore, les résultats ont été les mêmes. Je vous les livre sans interprétation, comme un curieux rapport numérique dont il serait intéressant de trouver la théorie.

EXPÉRIENCE III. — *De la pression négative en arrière du plan tournant.* — S'il est vrai que derrière un mobile animé de translation, il existe une pression diminuée; en plaçant l'extrémité du tube explorateur m en arrière du plan P on en doit obtenir l'indication, sous forme d'aspiration signalée par

le manomètre. Cette fois, l'effet produit par le plan étant de même sens que celui de la force centrifuge, c'est-à-dire assistant, comme lui, en une aspiration, on devra voir le niveau du manomètre s'élever plus haut que sous l'influence de la force centrifuge toute seule.

C'est, en effet, ce qui arrive. Dans une série d'expériences, j'ai vu que l'aspiration signalée dans ces conditions est sensiblement double de celle que la force centrifuge toute seule fournissait, avec la même vitesse de rotation, bien entendu. L'égalité de ces deux aspirations entre elles ne m'a pas toujours paru absolue; mais cela tient peut-être à la difficulté de placer dans mon appareil, l'extrémité du tube explorateur au centre de la face postérieure du plan *P*. Toutefois dans un certain nombre d'expériences faites dans le laboratoire de M. Jamin, où je pouvais renverser le sens de la rotation de la plaque, j'ai constaté que, très-sensiblement, l'aspiration de la force centrifuge et celle qui se produisait derrière la plaque tournante étaient égales entre elles.

On voit par là, que dans la production du point d'appui que l'aile trouve dans l'air, il faut tenir compte, à la fois, de la pression positive qui se produit au-dessous de l'aile et de la pression négative, égale à la première, qui existe au-dessus.

EXPÉRIENCE IV. — *De la proue et de la poupe d'air qui accompagnent les mobiles.* — On prévoit de suite qu'en explorant les différents points des deux faces du plan *P* tournant toujours avec une vitesse constante, et en explorant ainsi des tranches d'air plus ou moins éloignées de ce plan, on pourrait déterminer les limites de la région de l'air qui est influencée, le degré de pression positive ou négative qui lui appartient. Mais on pressent aussi qu'il faudrait, pour arriver à ce résultat, une très-longue série d'expériences; qu'il faudrait disposer d'un moteur régulier et travaillant sans cesse, tandis que je n'ai pu me servir que d'une machine à gaz fort peu régulière ou d'un moteur à poids qu'il fallait remonter à tout instant.

Je n'ai donc pu obtenir aucune évaluation numérique des pressions que l'air présente, à différentes distances du plan, et pour des vitesses de rotations variées; j'ai constaté seulement que l'influence du plan diminue peu à peu, à mesure qu'on éloigne de sa surface le tube explorateur des pressions.

EXPÉRIENCE V. — *Influence de l'orientation du plan tournant sur la résistance de l'air.* — On se souvient que dans les expériences de Duchemin, la résistance de l'air a été très-modifiée, suivant que la plaque tournante orientait sa face antérieure en dehors ou en dedans du cercle parcouru.

J'ai donc cherché à déterminer l'état de la pression sur les faces du plan *P*, sous ces différentes inclinaisons. Il est facile de constater, qu'en somme, la résistance de l'air est augmentée quand le plan est tourné un peu en dehors. On s'en aperçoit dans l'appareil, en ce que le régulateur Foucault *r* (fig. 167) resserre ses ailes dans ce cas, ce qui correspond toujours à une augmentation de résistance de l'air sur la plaque tournante. Mais, quand j'ai voulu déterminer la pression de l'air sur ces deux faces, une nouvelle difficulté s'est présentée. L'appareil qui tourne avec uniformité tant qu'il est placé dans des conditions semblables de résistance de l'air, perd son uniformité quand la résistance varie en raison des changements d'inclinaison du plan. Cela m'a paru tenir au glissement de la courroie dans les gorges de ses poulies. Dès lors,

j'ai dû renoncer à de longues expériences dont les résultats seraient d'avance plus que suspects. Il faudrait pour les exécuter avec chance de succès, transmettre le mouvement au système rotatif, non plus avec une courroie, mais au moyen d'engrenages. Ce serait donc toute une nouvelle construction d'appareil que nous aurions à entreprendre. D'autres expériences seront d'une application plus directe à notre sujet.

II. — DE LA RÉSULTANTE DES PRESSIONS QUI S'EXERCENT SUR L'AILE.

La pression positive qui s'exerce au devant d'un plan qui se déplace dans l'air, croît, avons-nous dit, sensiblement comme le carré de la vitesse de ce plan. Tout porte à croire qu'il en est de même pour la pression négative ou aspiration qui s'exerce à la face postérieure. De sorte que, pour estimer la résistance totale qui s'exerce sur une partie de la surface du plan, sur un centimètre carré par exemple, il faudrait procéder de la manière suivante :

Supposons que le manomètre accuse 12 degrés (1) de pression positive au niveau exploré de la face antérieure, et 12 degrés de pression négative en arrière du même point, il faudrait multiplier la surface d'un centimètre carré par 24 degrés de pression pour avoir la résistance totale supportée par cet élément de surface.

Si le plan tout entier était animé d'un mouvement de translation uniforme, il suffirait, pour mesurer la résistance qu'il éprouve, de multiplier la surface tout entière par les 24 degrés de pression qui s'exercent uniformément sur tous ses points; mais le mouvement rotatif que l'aile exécute à chacun de ses battements complique les conditions du problème.

Chaque point de la surface de l'aile est animé d'une vitesse qui croît en raison de la distance qui le sépare de l'axe du mouvement; en d'autres termes, chaque point présente une vitesse proportionnelle au rayon de l'arc qu'il décrit.

Très-faible dans le voisinage du corps, cette vitesse sera donc considérable au voisinage de la pointe de l'aile, surtout chez les oiseaux d'une grande envergure. Or, comme la résistance de l'air croît sensiblement comme le carré des vitesses en chaque point de l'aile, on conçoit qu'elle doit atteindre une valeur considérable précisément à l'extrémité de l'aile, dans les points où se trouvent les plumes les plus fortes.

Considérons la résistance de l'air comme agissant contre l'effort du muscle, et figurons-nous que l'aile constitue un levier du premier genre dans lequel le point d'appui sera à l'articulation scapulo-humérale; la résistance au point d'attache du grand pectoral à l'humérus; et la puissance au point où s'applique la somme des résistances de l'air. Cette manière d'envisager les conditions dynamiques du phénomène montre qu'il est indispensable de déterminer le point d'application de la résultante des résistances de l'air. En effet, il n'est pas indifférent que cette pression s'exerce sur tel ou tel point du levier représenté par la longueur de l'aile. L'effort développé par le muscle étant limité, sera tantôt supérieur et tantôt inférieur à l'effort de sens inverse que la somme des résistances de l'air représente, suivant que cette somme de

(1) Ces degrés de l'échelle arbitraire du manomètre devront être réduits en centimètres ou millimètres d'eau ou de mercure pour être rapportés à l'unité usuelle des pressions.

résistances s'appliquera au bout d'un bras du levier plus ou moins long.

Des expériences sur ce sujet ne sont pas indispensables ; la géométrie indique, en effet, quel doit être le point d'application de la résultante des pressions qui agirait sur une surface de forme sensiblement semblable à celle d'une aile d'oiseau, tournant autour du petit côté du triangle qu'elle représente.

Prechl a calculé pour différentes surfaces le point d'application de cette résistance. Il faudrait, pour déterminer avec rigueur ce point d'application de la résistance de l'air, faire un calcul spécial pour chaque espèce d'oiseau, car la variété de la forme de leurs ailes ne permet pas d'établir une position identique pour le point d'application de la résistance chez tous les oiseaux. Nous ne chercherons pas cette rigueur, d'autant plus que la flexibilité des ailes leur fait prendre des inclinaisons variées que nous ne connaissons pas et qui modifient la composante verticale de la pression de l'air, ainsi que la position de sa résultante.

Contentons-nous de cette détermination approximative qui placerait le centre de pression de l'air : *sur la ligne qui partage la surface de l'aile en deux moitiés suivant sa longueur, et à la réunion du tiers externe avec les deux tiers internes de cette ligne.*

Le bras de levier de la pression de l'air sera donc les deux tiers de la longueur de l'aile.

Cette importante notion va nous fournir le moyen d'aborder la troisième question relative à la résistance de l'air et d'estimer l'intensité de la réaction du coup d'aile sur la masse du corps de l'oiseau.

MAREY.

SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE PARIS

SÉANCES DES 19 MAI, 2 ET 16 JUIN, 7 ET 21 JUILLET 1870

Le cerveau de l'homme et des primates. — Ostéologie pathologique des nouveau-nés. — Acclimatement des Européens en Afrique. — Discussion sur le transformisme (suite et fin) (1).

Non contente d'avoir eu ses assises périodiques et internationales successivement à la Spezzia, à Paris, à Norwich, à Copenhague et bientôt à Bologne, l'anthropologie, déjà brillamment représentée en France et en Angleterre par deux sociétés qui comptent leurs membres par centaines dans toutes les parties du monde, l'anthropologie, née d'hier, a maintenant dans les principales villes d'Europe des adeptes réunis en corps et rivalisant de zèle pour assurer les progrès de la science. Après Madrid, c'a été Moscou, tout récemment Berlin suivait ce noble exemple, et aujourd'hui Vienne, à son tour, se félicite d'avoir, elle aussi, une société d'anthropologie présidée par le professeur Rokitsansky, et composée d'un premier groupe des principaux savants de l'Autriche. Saluons en passant ces nouveaux confrères, et portons ensuite notre attention au delà de l'Océan, vers l'Association smithsonienne de Washington. Tout le monde connaît cette puissante société, dont les commencements ne sont pas moins remarquables que son prodigieux développement, et nous n'avons pas ici à en faire l'histoire, mais elle publie chaque année un volume compacte, le *Report*, et M. Boggs a bien voulu parcou-

rir celui de 1868 et en extraire ce qui a plus particulièrement trait aux études anthropologiques. C'est ce qui nous a valu l'analyse d'un très-intéressant mémoire de sir Burnet Tylor sur les traces de l'état mental de l'homme dans les temps primitifs (1).

Partant de cette idée que si les progrès de la civilisation sont indiqués par le perfectionnement des outils employés aux diverses phases de l'évolution humaine, ils le sont également par l'élévation progressive de l'intelligence, M. Taylor s'attache, pour le démontrer, à deux des principales et des plus anciennes créations de l'esprit humain : l'art de calculer et les diverses conceptions de la divinité. Or, si l'on songe à la distance qui sépare nos algébristes du sauvage réduit à faire les calculs les plus élémentaires avec ses doigts, et de certaines tribus dont le vocabulaire arithmétique ne dépasse pas le nombre deux, on comprendra facilement que l'auteur établit sans peine la première partie de son raisonnement. Et quant au second point, bien que les hommes civilisés du XIX^e siècle donnent encore une trop large part à la superstition, ils sont cependant bien loin des Dyaks de Bornéo qui, après avoir tué leurs ennemis, en rapportent chez eux les têtes pour s'assurer des esclaves dans l'autre monde, des Groënlandais qui enterrent un chien avec leurs enfants afin que l'instinct de cet animal guide le petit défunt vers le pays des esprits, et des Gètes qui, d'après Hérodote, tuaient tous les cinq ans un homme pour l'envoyer en ambassade auprès de leur dieu Zamolxis.

Dans son beau mémoire sur les plis cérébraux de l'homme et des primates, Gratiolet, tout en reconnaissant les analogies frappantes qui existent entre le cerveau de l'homme et celui des anthropoïdes, a signalé cependant un caractère qui serait spécial à l'homme : c'est l'existence de deux ponts ou *plis de passage*, qui chez l'homme sont grands, superficiels et interrompant la scissure perpendiculaire servent ainsi de transition entre les lobes pariétaux et les lobes occipitaux. Suivant le regrettable anatomiste, le premier de ces plis existerait chez l'orang, le second serait trop profondément situé pour être apparent ; chez le chimpanzé, le premier manquerait et le second, caché au fond de la scissure, serait à peine visible.

Ce caractère, auquel Gratiolet ajoutait beaucoup d'importance et qui lui semblait séparer nettement l'homme des anthropoïdes, n'a pas en réalité autant de valeur qu'il le pensait. Déjà l'année dernière, dans son mémoire sur les primates (2), M. Broca avait montré sur le cerveau d'un jeune chimpanzé l'existence du premier pli de passage, et rappelé l'opinion du professeur Turner, qui contredit les assertions de Gratiolet. Aujourd'hui, il a présenté deux cerveaux humains qui sont également en opposition avec les faits énoncés plus haut. C'est d'abord le cerveau d'une jeune femme assez intelligente et morte d'affection chronique, sur lequel le premier pli de passage n'est pas apparent ; c'est, en second lieu, le cerveau d'un homme atteint de folie-suicide, chez lequel le deuxième pli seul est visible, tandis que le premier est trop profondément situé pour être apparent, comme il devrait l'être suivant la loi de Gratiolet.

M. Broca entretient ensuite la Société d'une femme qui est morte récemment à l'hôpital Saint-Antoine, après avoir mené pendant plusieurs mois dans les fossés des fortifications et dans le bois de Vincennes une vie misérable, voisine de l'état sauvage. L'autopsie a montré que le cerveau de cette femme se rapprochait par la simplicité de ses circonvolutions de celui de la Vénus hottentote. Bien que sachant parler et se faire comprendre, elle était cependant dans un état voisin de l'idiotie ; et la teinte foncée de sa peau, due probablement à sa nudité presque complète, l'avait d'abord fait passer pour une négresse ; mais ses yeux bleus, ses traits caucasiens et ses cheveux lisses réfutent cette opinion : on ne sait pas d'ailleurs quelle était son origine, et les renseignements manquent sur son âge et sur les circonstances qui l'ont réduite à ce degré d'abaissement.

(1) Voyez notre numéro précédent, page 619.

(1) Voyez notre tome IV, page 705, 5 octobre 1867.

(2) *Bulletins de la Société d'anthropologie*, t. IV (2^e série), p. 339.

cier en petite quantité à une forte proportion de riz ou d'autres aliments végétaux.

Nous sommes loin, vous le voyez, d'être réduits à ce régime sommaire du pain, du vin, du thé et du café, et nous ne serons jamais forcés d'y recourir, grâce aux produits que je viens de signaler : à la chair du cheval, aux divers légumes frais ou conservés, et à beaucoup d'autres matières alimentaires, jambons, poissons, volailles, œufs, fromages, confitures, qui sont dans les magasins de l'État ou dans les maisons particulières. Mais tout le monde n'a pas pu faire des provisions, tout le monde ne peut pas acheter ces divers produits. La misère est grande, et elle croît chaque jour. C'est pourquoi il est du devoir de celui qui possède de donner son superflu, de toucher même à ce qu'il considérait comme nécessaire avant les tristes circonstances que nous traversons. Je vais plus loin : il ne suffit pas de donner, il faut économiser ses propres provisions dans l'intérêt de tous, et je considère comme une obligation pour l'homme et la femme, bien portants, de supprimer de leur table le *rôti* qui consomme une grande quantité de viande et n'invite pas à manger du pain, et de le remplacer par une proportion moindre de viande bouillie, ou cuite avec du riz, avec des pommes de terre ou avec des légumes soit frais, soit conservés. Ils auront sous cette forme un aliment réparateur, car les matières végétales, associées à la graisse, renferment les trois principes nécessaires à l'homme, les principes féculents, gras et albumineux. La portion du pauvre, du convalescent, de l'enfant, du vieillard, en deviendra plus forte, et, s'il était nécessaire d'attendrir vos cœurs, je vous dirais, en terminant, qu'il est à ma connaissance que des vieillards, réunis dans une maison hospitalière, n'ont eu pendant quelques jours que de l'eau, du pain et un peu de riz, et qu'ils ne sont guère mieux partagés aujourd'hui.

A. RICHE.

COLLÈGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol chez les oiseaux

IV

SYNTHÈSE DU COUP D'AILE DESCENDANT

SOMMAIRE. — Réaction de la résistance de l'air sur la masse du corps de l'oiseau. — Appareil schématique reproduisant le soulèvement du corps de l'oiseau au moment de l'abaissement de l'aile. — *Première expérience* : Influence du poids à soulever sur l'amplitude du mouvement ascensionnel. — *Deuxième expérience* : Influence de la force motrice sur la hauteur à laquelle se soulève l'appareil. — *Troisième expérience* : Influence de l'étendue des surfaces des ailes sur la hauteur du soulèvement. — Effets de l'inertie de l'aile.

Nous nous rapprochons de plus en plus des conditions réelles du problème du vol ; aussi, dans les expériences que nous avons à entreprendre, aurons-nous, pour ainsi dire, à aborder la reproduction synthétique du temps actif du vol de l'oiseau. Il s'agit de reproduire un coup d'aile descendant avec l'effet de soulèvement qu'il produit sur la masse

du corps de l'animal, ainsi que nous l'avons constaté par des expériences directes sur différentes espèces d'oiseaux.

Mes premières tentatives de synthèse du vol de l'oiseau ne furent pas heureuses ; j'avais pris d'abord un moteur d'horlogerie dont la force me semblait devoir fournir à une trentaine de coups d'aile, des rouages peu nombreux aboutissant à une sorte de bielle faisaient agir deux ailes d'assez grande surface. Or, le mouvement communiqué à ces dernières n'était probablement ni assez rapide ni assez étendu pour soulever la machine, on n'obtenait qu'un allègement du système, mais non une suppression complète des effets de la pesanteur.

Il fallait, dès lors, modifier toute la série des rouages et recommencer de nouveaux tâtonnements pour aboutir à des mouvements d'ailes peut-être aussi défectueux que les premiers. J'ai préféré changer complètement la marche de mes tâtonnements.

Vous connaissez le procédé des géomètres qui, dans certains problèmes d'une solution embarrassante, supposent le problème résolu et remontent ensuite la série des propositions qui s'enchaînent jusqu'au point de départ. C'est justement cette méthode que je vais essayer de suivre, elle me semble de beaucoup la plus sûre et la plus rapide.

Supposons donc le problème résolu, et admettons que les coups d'aile de notre machine soulèvent sa masse comme les coups d'aile de l'oiseau soulèvent la masse de son corps. Si la machine pèse autant qu'un oiseau d'espèce déterminée, une Buse par exemple, si les ailes ont la même étendue que celle de la Buse, il semble bien admissible que la même force motrice devra être dépensée, de part et d'autre, pour produire, dans la machine et chez l'oiseau, des ascensions de même hauteur. On cherchera ensuite quels effets se produisent suivant qu'on fait varier dans tel ou tel sens le poids de la machine, la surface des ailes ou la force motrice.

Or, pour ce genre d'études il n'est pas besoin d'observer une longue série de coups d'aile. Un seul coup d'aile suffit, s'il soulève l'oiseau ; à plus forte raison, le soulèvement se produira-t-il sous l'influence d'une série de coups d'aile donnés dans des conditions semblables. Le docteur Hureau de Villeneuve a essayé déjà, il y a quelques années, de construire des ailes artificielles qu'il adaptait à une monture légère, et qui, par la détente d'un ressort, s'abaissaient brusquement. On voyait, au moment du coup d'aile, le système tout entier sauter en l'air à une certaine hauteur.

C'est à une disposition de ce genre que nous aurons recours, et de plus, dans la série d'expériences que nous allons exécuter, nous aurons soin de tenir un compte exact des surfaces qui agiront sur l'air ; des forces qui mettront ces surfaces en mouvement ; des poids qui seront soulevés ; enfin, des hauteurs auxquelles ce soulèvement se fera. Pour ce dernier résultat, la méthode graphique nous sera d'une très-grande utilité.

La fig. 170 représente la disposition que j'ai adoptée pour reproduire grossièrement les conditions du phénomène qu'il s'agit de reproduire.

De chaque côté se voient des ailes *aa* formées d'une nervure antérieure de bois, sur laquelle s'implantent des tiges d'acier destinées à former une carcasse élastique que l'on recouvre de papier mince et résistant.

Ces ailes possèdent deux qualités importantes : la légèreté et la solidité. Elles ont aussi une flexibilité qui permet à la partie postérieure de se relever légèrement par l'effet de la

(1) Voyez ci-dessus pages 571, 601 et 626, 6, 20 août et 3 septembre 1870, et notre tome VI, pages 578, 601, 646 et 700, année 1869.

résistance de l'air, ainsi que cela se produit dans le vol de l'oiseau.

La charpente sur laquelle ces ailes s'articulent est ainsi disposée. Une forte traverse de cuivre carrée est mortaisée à ses deux extrémités et reçoit une pièce métallique qui constitue la base de l'aile, la partie qui correspond à la tête humérale. Toutefois, au lieu des mouvements en tous sens qu'exécute chez l'oiseau la tête de l'humérus, nous n'aurons ici que l'élévation et l'abaissement que permet une simple charnière. La pièce de cuivre horizontale qui porte les deux ailes, est traversée dans sa longueur par une tige verticale sur laquelle sont fixés deux cordons de caoutchouc *m*, qui correspondent aux muscles pectoraux et vont, comme eux, se porter en divergeant jusqu'aux nervures des ailes, sur lesquelles ils se

façon, l'effort du fil de caoutchouc se partage très-également entre les deux ailes qu'il doit mouvoir.

Le poids des pièces qui viennent d'être décrites n'est pas très-considérable; aussi, pour soumettre l'appareil à des charges croissantes, ai-je adapté une tige verticale articulée qui pend au-dessous du système, portant à son extrémité un godet *P* dans lequel on jette des poids additionnels.

L'intérêt des expériences que l'on peut faire avec cet appareil consiste, tout entier, dans l'appréciation exacte des différentes hauteurs auxquelles le soulèvement se fera, suivant les charges, les surfaces d'aile, les degrés de tension du ressort, etc. J'ai disposé le schéma de façon qu'il pût tracer sur une surface enfumée les indications de ses soulèvements;

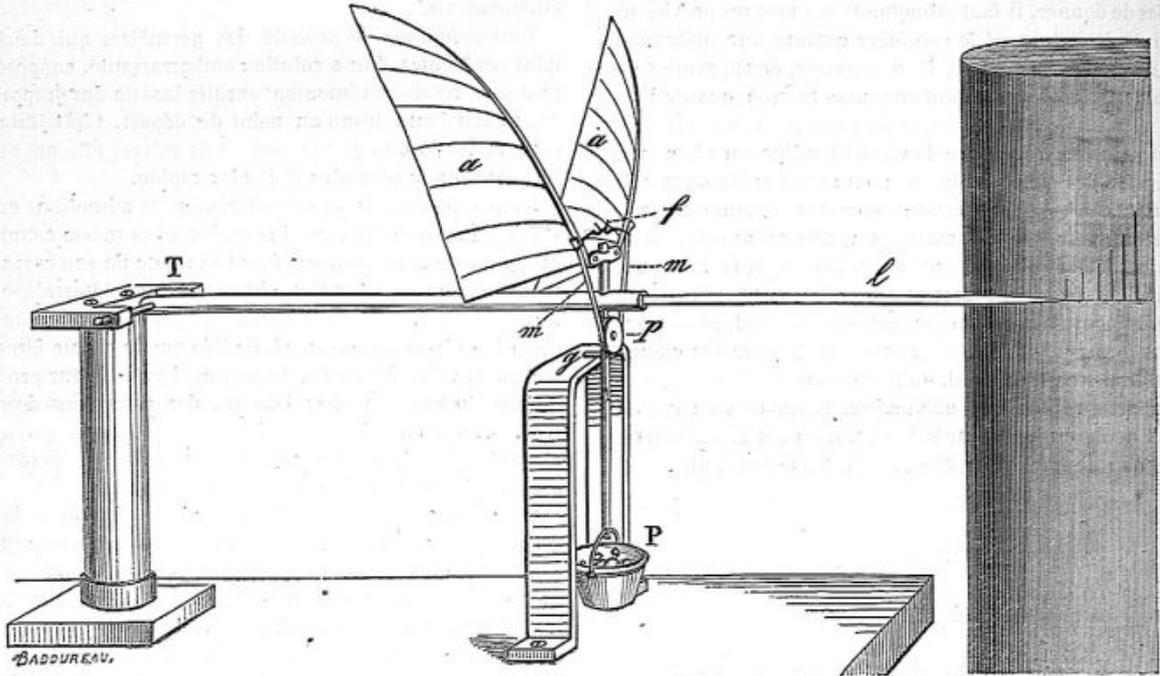


FIG. 170. — Appareil destiné à reproduire le soulèvement du corps de l'oiseau au moment de l'abaissement de son aile.

fixent dans le voisinage des articulations. L'élasticité de ces fils de caoutchouc servira à abattre les deux ailes à la fois. En remontant les ailes, on surmonte la résistance du caoutchouc qui se tend, et quand les ailes sont ainsi remontées, on les maintient dans cette position dans laquelle les ressorts de caoutchouc sont tendus. Pour cela, deux crochets d'acier sont implantés perpendiculairement à la nervure des ailes; quand ces crochets sont amenés presque au contact l'un de l'autre, on les y maintient au moyen d'un fil de lin *f*. Il suffit de brûler le fil pour que les ailes, obéissant toutes deux aux ressorts de caoutchouc qui les tirent, s'abattent brusquement.

Mais il est difficile de donner au deux caoutchoucs le même degré de tension; de là résulte une prédominance de l'action d'un des ressorts, et conséquemment, de l'action d'une des ailes. Pour obvier à cet inconvénient, j'ai pris un fil unique de caoutchouc attaché par chacun de ses bouts à l'une de ces ailes, et l'ai fait reposer à la partie moyenne dans la gorge d'une poulie verticale *p* qui tourne librement. De cette

pour cela, je l'ai asservi à se mouvoir dans un plan vertical.

Une tige creuse, longue et légère, traverse d'arrière en avant la monture métallique qui représente le squelette de l'oiseau. Cette tige se termine en arrière par une traverse horizontale *T* dont les deux extrémités pivotent librement dans une chape vissée sur une forte colonne. La tige rigide impose donc à l'appareil des oscillations verticales. En avant de l'oiseau, et sur le prolongement de cette même tige qui dirige ses mouvements, s'en trouve une autre, *l*, mince et légère, terminée par une pointe écrivante. C'est cette pointe qu'on amène au contact, soit d'un cylindre tournant, soit d'une simple plaque de verre enfumée sur laquelle se trace un trait dont la longueur exprime la hauteur à laquelle la machine s'est élevée à chaque coup d'aile.

Enfin le schéma, au repos, est soutenu par un solide arceau de fer sur la plate-forme duquel s'appuie une goupille *g* horizontale, courte et forte, implantée dans la tige verticale de l'appareil.

Il s'agit de faire des séries d'expériences, en variant gra-

duellement une seule des conditions dont j'ai parlé plus haut : poids, surface d'aile ou force du ressort.

Une précaution est nécessaire pour que les ailes soient toujours également élevées et les ressorts également tendus, elle consiste à faire, sur un mandrin de bois, les anneaux de fil qui relieront ces crochets et tiendront l'appareil armé jusqu'à ce qu'on les brûle. Ces anneaux, ayant un diamètre constant, amèneront les deux crochets toujours à la même distance l'un de l'autre, et par conséquent tendront toujours également les ressorts de caoutchouc.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE : Influence du poids à soulever sur l'amplitude du mouvement ascensionnel. — Après avoir, par le tâtonnement, établi des surfaces d'ailes assez grandes et employé un ressort assez fort pour que l'abaissement des ailes soulève tout le système à quelques centimètres de hauteur, on détermine le poids total de la machine en glissant le fléau d'une balance au-dessous du poids *P*. L'appareil, pesé ainsi avec la tige qui sert à le diriger, représente un poids de 195 grammes environ.

On constate que le coup d'aile élève le schéma à 7 centimètres, par exemple. Alors, on ajoute un poids additionnel de 10 grammes et l'on voit qu'il ne s'élève plus qu'à 6 centimètres et demi. Une nouvelle addition de 10 grammes réduit encore la hauteur à laquelle la machine s'élève. On procède ainsi, par additions successives de poids constants, jusqu'à ce que le coup d'aile ne soulève plus du tout l'appareil, et l'on obtient ainsi la courbe des hauteurs auxquelles un même effort soulève des poids graduellement croissants (fig. 171).

Les hauteurs du saut de l'appareil décroissent visiblement en raison de l'accroissement de la charge ; il semble même, au premier abord, que la diminution de l'amplitude soit proportionnelle à l'accroissement du poids, mais il n'en est rien :

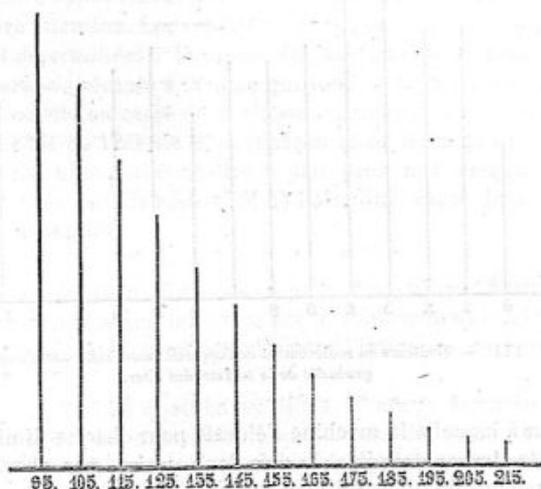


FIG. 171. — Hauteurs auxquelles s'élève l'appareil portant des charges croissantes.

le rapport est plus complexe. Si la hauteur du saut était inversement proportionnelle à la charge, on verrait les sommets de toutes les lignes tracées par la machine situés sur une même ligne droite, ce qui n'a pas lieu, ainsi qu'on peut s'en assurer dans la figure suivante.

L'appareil, non chargé, pesait 95 grammes, il a été porté successivement à 195 par augmentation de 10 en 10 grammes.

Dans cette figure, comme dans la précédente, les lignes

tracées sont plus longues que la hauteur réelle de l'ascension de la machine, parce que le prolongement du bras de levier qui supporte la plume amplifie, d'un tiers environ, le mouvement produit. Toutefois, les tracés sont exactement proportionnels aux amplitudes des mouvements de la machine, cela suffit pour toutes les expériences que nous aurons à faire.

La figure 171 permet déjà de bien saisir la courbe suivant laquelle varient les amplitudes des sauts de l'appareil, selon le poids dont il est chargé. Je n'ai pas encore tenté de déterminer à quel genre de courbe géométrique appartenait celle que forment entre eux les sommets de toutes ces lignes.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE : De l'influence de la force motrice sur la hauteur à laquelle se soulève l'appareil. — Jusqu'ici, c'est un ressort de force quelconque qui a servi à mettre en mouvement l'appareil schématique. Le tâtonnement seul avait présidé au choix de ce ressort dont j'ai graduellement augmenté la tension, jusqu'à ce qu'il produisit le soulèvement désiré.

La série suivante d'expériences a été faite avec des ressorts de forces décroissantes.

Un tube de caoutchouc bien homogène développe toujours la même traction, lorsqu'on en prend un tronçon quelconque, d'une longueur donnée, soumis à une même élongation. J'ai donc pris trois morceaux de ce tube, semblables en longueur, et j'en ai employé d'abord un seul, puis deux à la fois, puis trois.

Pour relever les ailes, il fallait des efforts croissant régulièrement avec le nombre des tubes employés comme ressort ; chaque tube développait environ un effort statique de 900 grammes.

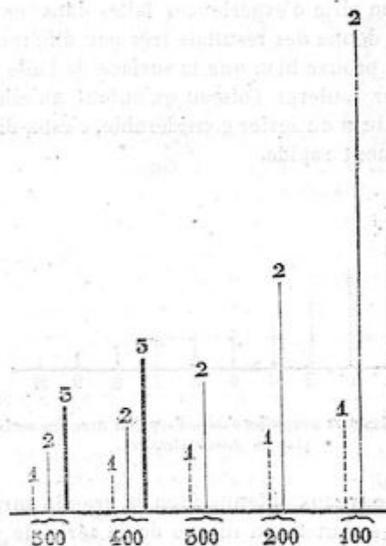


FIG. 172. — Hauteurs auxquelles s'élève l'appareil sous l'influence de ressorts de forces différentes.

La figure 172 montre trois séries d'expériences comparatives. Chaque série est faite avec une même force de ressort, mais des poids variés graduellement décroissants.

Pour distinguer ces trois séries entre elles, on a donné aux traits des aspects différents.

La série première, formée de tous les tracés qui sont ponctués et portent le n° 1, a été obtenue avec un ressort de 900 grammes de force ; les charges successivement em-

ployées allaient en décroissant, à partir de 500 grammes jusqu'à 100.

La deuxième série, reconnaissable aux numéros d'ordre de chacun de ses tracés, a été obtenue avec un ressort de 1800 grammes de force ; les mêmes variations de poids ont été employées.

En comparant cette deuxième série à la première, on voit qu'à mesure que la machine s'allège, l'effet du ressort plus puissant se prononce davantage.

Une troisième série a été entreprise avec un ressort de 2700 grammes de traction, mais elle a été interrompue dès la troisième expérience ; l'un des tubes de caoutchouc a présenté un commencement de déchirure. L'appareil ne pouvait, après cela, donner des résultats comparables à ceux qu'il avait fournis précédemment ; de là, interruption forcée de la série commencée.

TROISIÈME EXPÉRIENCE : Influence de l'étendue des surfaces des ailes sur la hauteur de soulèvement. — Les expériences précédentes étaient faites avec des surfaces d'ailes constantes pour chaque série.

L'aile employée pour les expériences représentées figure 172 était de grande dimension ; la surface totale était 1092 centimètres carrés.

Pendant la construction de l'appareil, alors qu'il n'y avait encore que la partie externe des ailes qui fût garnie de papier, je fis une série d'expériences avec charges croissantes. La surface qui agissait sur l'air n'était que de 700 centimètres carrés. Après avoir obtenu la série de tracés représentés figure 173 par des lignes pleines, je continuai à couvrir de papier la charpente de l'aile et j'augmentai ainsi de 392 centimètres la surface résistante. Une série d'expériences faites dans ces conditions nouvelles me donna des résultats très-peu différents des premiers, ce qui prouve bien que la surface de l'aile n'agit efficacement pour soulever l'oiseau qu'autant qu'elle est située au bout d'un bras du levier considérable, c'est-à-dire soumise à un mouvement rapide.

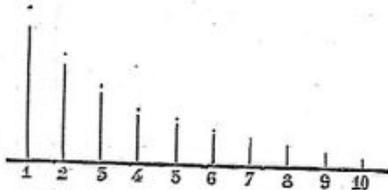


FIG. 173. — Hauteurs auxquelles s'élève l'appareil avec des surfaces d'ailes plus ou moins étendues.

Les tracés nouveaux obtenus avec la grande surface d'aile avaient leurs sommets au niveau de la série de points qui surmontent les traits pleins dans la figure 173. La différence des seconds tracés avec les premiers portait principalement sur les expériences faites avec le minimum de charge ; cette différence diminuait graduellement à mesure que l'appareil était plus chargé ; elle a disparu complètement après la septième expérience. Les nouveaux tracés se confondent alors avec les anciens et la série des points arrive au contact des traits dont elle ne se distingue plus.

Bien que ces résultats fussent conformes aux prévisions et confirmassent la théorie qui attribue à chaque élément de la surface de l'aile une résistance proportionnelle à la vitesse

dont il est animé, j'ai voulu rendre la démonstration plus rigoureuse en faisant une série d'expériences dans laquelle on diminuerait graduellement la surface d'aile employée.

Le plan de cette nouvelle série d'expériences était difficile à tracer.

En effet, pour obtenir des élévations de la machine régulièrement décroissantes, il fallait enlever à chaque fois, de la surface de l'aile, des parties de résistance égale. Comme il ne me semblait pas possible *a priori* de déterminer ces surfaces équivalentes au point de vue de la résistance qu'elles trouvent sur l'air, je me suis borné à enlever à la surface de l'aile, en allant de la pointe à la base, des zones parallèles et de même largeur.

Chaque aile fut divisée en treize bandes par des lignes parallèles à l'axe de la machine, c'est-à-dire à l'axe autour duquel les ailes se mouvaient. Ces bandes avaient 4 centimètres de largeur. Je fis une première expérience en chargeant la machine au minimum, afin d'obtenir des élévations le plus étendues possible et plus facilement comparables entre elles. Après une première expérience dans laquelle j'avais laissé les ailes intactes, j'en fis une seconde dans laquelle j'ai enlevé la zone de papier qui recouvrait la pointe de l'aile. Cette zone se réduisait à un petit triangle de 16 centimètres de surface environ. Dans une troisième expérience, j'enlevai la deuxième zone, puis la troisième, et ainsi de suite, jusqu'à ce que j'aie réduit les deux ailes de l'appareil à leur squelette, c'est-à-dire à une nervure de bois et des fils de métal dont la résistance contre l'air était insignifiante.

La série des tracés obtenus est représentée figure 174.

L'incohérence de ces résultats peut sembler suspecte au premier abord, mais j'ai éliminé les causes d'erreur en répétant plusieurs fois chacune des déterminations de la hau-

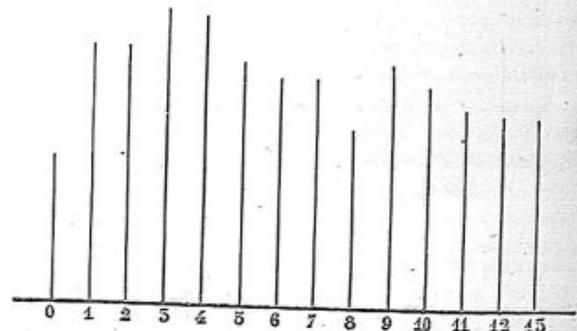


FIG. 174. — Hauteurs du soulèvement de l'appareil sous l'influence d'une réduction graduelle de la surface des ailes.

teur à laquelle la machine s'élevait pour chaque diminution de la surface des ailes. Je dois donc croire que chacune de ces déterminations est bien exacte.

Dans les variations singulières de la hauteur à laquelle la machine s'élevait avec une charge constante et une force motrice invariable, l'étendue des ailes était seule modifiée.

La double inflexion de la courbe fait reconnaître tout de suite l'intervention de deux influences dont l'une apparaît lorsque l'autre diminue.

Ces deux influences sont : l'une, la résistance de l'air contre la surface de l'aile ; l'autre, l'inertie de la masse de l'aile, qui augmente en raison de la vitesse qui lui est imprimée.

De sorte que, dans la théorie que je propose, la première

diminution des élévations de l'aile tient à la diminution de l'étendue des surfaces qui subissent la pression de l'air qui s'exerce au-dessous d'elles.

Le deuxième maximum se produit au moment où la résistance de l'air étant très-diminuée, l'aile tend à s'abaisser avec une rapidité très-grande. Alors la résistance d'inertie présentée par la masse de l'aile s'accroît en raison même de cette augmentation de vitesse, et fournit un véritable point d'appui à l'appareil. La force élastique du ressort s'exerce à ce moment entre deux inerties : celle de l'aile et celle du reste de la machine.

Pour contrôler cette théorie, j'ai fait l'expérience suivante :

Après avoir complètement enlevé le papier qui couvrait les ailes et les avoir réduites au squelette, que je considère comme incapable de prendre sur l'air un point d'appui, j'ai augmenté l'inertie de ces ailes en les chargeant toutes deux de masses égales, formées de greuelles de plomb empâtées dans de la cire à modeler.

Dans ces conditions je devais nécessairement augmenter le point d'appui fourni à la machine par l'inertie de ses ailes, puisque j'augmentais leur masse; c'est ce qui est arrivé. Dans cette expérience nouvelle, malgré l'augmentation réelle du poids total de l'appareil par l'addition des deux masses de cire et de plomb, le tracé m'a montré que l'élévation était très-sensiblement plus grande que dans le cas où le squelette de l'aile n'était pas chargé. Cette augmentation de la hauteur de soulèvement était d'un cinquième environ.

J'ai donc été autorisé à conclure que c'était bien l'inertie de l'aile qui produisait le deuxième maximum d'élévation dans la figure 174, puisque ce deuxième maximum ne pouvait être expliqué par l'étendue de surface qui pouvait encore subir la résistance de l'air.

Le point d'appui fourni par l'inertie des ailes mérite d'attirer notre attention. Les conditions dans lesquelles il se produit sont déterminées à l'avance. On sait que la résistance qu'une masse présente à la force qui tend à la déplacer est proportionnelle au carré de la vitesse du mouvement qu'elle reçoit. L'effet de l'inertie d'un appareil aussi léger que l'aile de notre machine doit donc être à peu près nul lorsque la surface trouve dans la résistance de l'air une cause de sensible ralentissement.

Effets de l'inertie de l'aile. — Ce point d'appui que fournit l'inertie a-t-il quelque influence sur le soulèvement total de l'appareil? peut-il neutraliser en partie l'influence de la pesanteur?

La réponse à cette question est facile. L'inertie des masses restituée à la fin du mouvement, sous forme de force vive, tout ce qu'elle avait emprunté à la force motrice, au commencement du mouvement. Dans le cas présent, au moment où les ailes s'abattent, elles tendent à entraîner en bas la masse de la machine, et cette force qui agit de haut en bas est exactement égale à celle qui, au début de l'abaissement de l'aile, tendait à élever l'appareil tout entier.

Il n'y a donc aucun effet utile à attendre de l'intervention de l'inertie de l'aile, son intervention ne saurait qu'être nuisible en augmentant l'effort musculaire qui doit être produit à chaque coup d'aile.

Du reste, dans la nature, les conditions de structure de l'aile ne permettent guère aux effets de l'inertie de se mani-

fester. Le squelette de l'aile est d'une légèreté admirable, les muscles qui servent à la ployer ou à la déployer sont situés à la base de l'organe, c'est-à-dire dans les points où leur masse sera animée de la vitesse minimum.

D'autre part, l'extrémité de l'aile, réduite à des pennes fortes et légères à la fois, réalise l'idéal de la réduction des masses dans les points où la vitesse est au maximum.

Enfin, la surface qui éprouve la résistance de l'air est assez étendue pour réduire considérablement la vitesse de la descente de l'aile.

Il serait intéressant de chercher quelle est la durée de l'abaissement de l'aile dans l'appareil schématique dont nous nous sommes servi pour les expériences ci-dessus, et de comparer cette durée à celle de la descente de l'aile d'un oiseau qui aurait une surface résistante semblable à celle de l'appareil schématique. Je ne fais qu'ajourner cet ordre d'expériences, mais il en est d'autres dont l'importance est plus grande en ce moment.

Elles auront pour but de déterminer la force musculaire nécessaire pour soulever une certaine masse, étant données une certaine forme des ailes et une certaine étendue de leur surface.

MAREY.

VARIÉTÉS

L'assistance publique (1)

APERÇU HISTORIQUE DE LA QUESTION DES NOURRICES.

Le premier règlement sur ce sujet remonte au roi Jean (1350); il indique les devoirs des nourrices et des meneuses ou recommanderesses. Un arrêt de 1611 (Louis XIII), un autre de 1715 (Louis XIV), confirment et perfectionnent les règlements antérieurs. Nouveaux arrêts en 1727, 1740, 1747, 1749, 1753, réglant les formalités à remplir et les garanties exigibles. En 1757, une sentence prononçait des peines graves contre les nourrices qui, étant enceintes, prenaient des nourrissons. En 1762, il fut déclaré qu'une nourrice ne pourrait allaiter plus de deux ans. En 1769, une grande réforme fut opérée; il fut fondé un *bureau central* unique pour les nourrices, à Paris, avec vingt préposés chargés du recouvrement du mois de nourrices. En 1805, ce service est rétabli et réorganisé. En 1821, une enquête générale fut ordonnée par suite des plaintes du public. On nomme des médecins inspecteurs dans les provinces. En 1828 parut une ordonnance de police contre les abus des bureaux de nourrices. En 1833, nouvelle ordonnance, et organisation du service médical. Enfin, les abus sont devenus si criants à notre époque, qu'ils ont atteint les proportions du scandale et de la honte. Les médecins n'ont pas failli à leur devoir, qui est d'éclairer la société sur ces questions qui mettent son honneur et ses intérêts les plus chers en péril. M. Boudet, le 25 septembre 1866, faisait entendre, devant l'Académie de médecine, ces généreuses paroles :

« Lorsque, dans une de nos dernières séances, j'ai cru devoir insister pour que l'Académie reconnût qu'elle était saisie par le ministre de l'instruction publique de la

(1) Fin. — Voyez le numéro précédent.

Les semences oléagineuses, telles que les amandes douces, dont je vous entretiendrai dans la prochaine séance, se rapprochent du lait des carnivores par le rôle que jouent dans l'alimentation les principes immédiats qui les constituent. Or, en associant les amandes douces au riz, on ajoute un excès de matières grasses et de substances azotées, précisément ce qui manque au riz pour constituer l'aliment normal de l'homme. Voici comment on opère, pardonnez-moi ces détails : On fait crever dans une suffisante quantité d'eau du riz, deux mesures; on le sucre; on prive les amandes douces de leur enveloppe à l'aide de l'eau bouillante. On les réduit en pâte très-fine au moyen d'un peu d'eau et de sucre. On mélange cette pâte au riz crevé, et l'on achève, si l'on veut, de transformer le mélange en gâteau à l'aide d'un four de campagne, ou en le plaçant dans le four d'un fourneau de cuisine.

Il semble au goût que ce gâteau contient du beurre et des œufs; les chats, qui dédaignent le riz, s'y trompent eux-mêmes.

Il est indispensable que les amandes soient réduites en pâte des plus fines, ne donnant aux doigts la sensation d'aucune aspérité, car leur tissu compact résisterait sans cette parfaite division à l'action des sucs digestifs.

Au lieu d'amandes, on peut ajouter dans le riz crevé et sucré du chocolat cuit avec très-peu d'eau, en ayant soin de remuer continuellement pendant la cuisson du chocolat avec l'eau.

Le cacao du chocolat ajouté au riz les deux matières qui lui manquent pour en faire un aliment complet pour l'homme, le beurre de cacao et les matières azotées.

Il renferme de plus une matière spéciale, la théobromine, qui agit comme la caféine du café dont je vais vous parler.

Ajouter à du riz crevé et sucré une forte infusion de café, cela constitue un mélange qui plaît à plusieurs personnes. Cette addition ne rapproche pas le riz de l'aliment normal; mais la caféine modère la dépense des matériaux ou des tissus de l'économie. Si la dépense est moins grande, les besoins pour la réparation diminueront. C'est ainsi que cette association peut se justifier au point de vue de l'hygiène.

On ajoute encore au riz crevé et sucré des raisins de Corinthe et du rhum. L'alcool est à la fois un aliment de calorification et un modérateur de la dépense, le raisin contient plusieurs principes immédiats utiles à la nutrition.

Emploi de l'avoine. — Le gruau d'avoine, connu chez nous sous le nom de *gruau de Bretagne*, est un aliment usuel en Écosse et en Irlande, on en prépare des bouillies et des gâteaux très-nourrissants, qui à eux seuls pourraient suffire à réparer les pertes de l'économie. Il faut pour cela décortiquer l'avoine et la concasser. Cette opération très-simple peut, selon M. Wilson, être organisée sur une grande échelle. (*Compt. rend. Ac. sc.*, 13 oct. 1870.) Je dois ajouter qu'il existe dans les laboratoires de Saint-Denis de la Pharmacie centrale de France, dirigée par M. Dorvault, des appareils de décortication qui peuvent opérer chaque jour sur 1000 kilogrammes d'avoine.

— La fin très-prochainement. —

BOUCHARDAT.

COLLÈGE DE FRANCE

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS

COURS DE M. MAREY (1)

Du vol chez les oiseaux

V

SOMMAIRE : Exposé des conditions mécaniques réalisées dans le schéma avec celles que présente le vol de l'oiseau : 1° De la masse qui doit être soulevée. 2° De la force élastique du muscle ou du ressort qui abaisse les ailes. 3° De la résistance de l'air. 4° Du moment d'action de la force motrice et de la résistance de l'air. — Rapport nécessaire entre le moment d'action de la force motrice et celui de la résistance de l'air. — Théories contradictoires : l'expérimentation expérimentale de ce rapport. — Application à la mesure du travail musculaire de l'oiseau; vérification expérimentale. — Du travail proprement dit du vol. — Temps d'abaissement de l'aile. — Déchet et travail utile.

APPLICATIONS PHYSIOLOGIQUES DES EXPÉRIENCES SCHEMATIQUES FAITES SUR LE COUP D'AILE DESCENDANT.

Les expériences que vous avez vues dans la séance dernière sont destinées à éclairer les conditions dynamiques dans lesquelles l'oiseau, frappant l'air de son aile, se soulève un instant. Laissons de côté, pour le moment, la pulsion horizontale qui se produit dans ce mouvement; il est inutile le schéma que vous avez vu fonctionner ne peut le mouvement de se manifester. Mais si nous bornons notre étude au mouvement ascensionnel, dans l'oiseau et dans le schéma, nous trouvons, de part et d'autre, une parfaite identité. Les éléments du problème mécanique sont les suivants : 1° La masse qui doit être soulevée; 2° la force élastique du muscle ou du ressort qui abaissera les ailes; 3° la résistance de l'air; 4° le moment d'action de la résistance de l'air et la force musculaire. Ces diverses données nous fourniront le sujet d'une utile comparaison entre le mécanisme du coup d'aile de l'oiseau et celui du schéma.

Avec ces éléments, il deviendra possible de déterminer le travail total déployé par le ressort moteur ou par le muscle chez l'oiseau; enfin, on pourra faire la part du travail inutile et de celui qui est utilisé.

1° *De la masse à mouvoir.* — Dans les expériences dont nous avons été témoins, l'appareil pouvait être soumis à des charges variées qui le portaient au poids de 500 grammes dans le schéma à petites ailes et de 8 ou 900 grammes dans le schéma à grandes ailes.

Ces poids étaient souvent supérieurs à ceux des oiseaux; le faucon et la buse par exemple, dont les ailes présentent à peu près les dimensions de celles que nous avons construites. On ne peut donc pas dire qu'au point de vue de la masse à soulever, les expériences schématiques aient été faites dans des conditions de travail moindre que celui qui se produit à chaque coup d'aile de l'oiseau.

2° *De la force élastique du muscle et de celle du ressort qui abaisse les ailes.* — Ces deux forces sont parfaitement comparables entre elles. J'ai montré ailleurs (*Du mouvement dans les fonctions dans la vie*, page 285) combien Weber avait raison

(1) Voyez ci-dessus pages 574, 604, 626 et 752, 6, 20 août, 3 septembre et 15 octobre 1870, et notre tome VI, pages 578, 646 et 700, année 1869.

d'assimiler les muscles à des ressorts et de définir leur force motrice : « l'effet d'une force élastique considérable acquise par le muscle au moment de l'excitation nerveuse. »

Une objection, cependant, pourrait être faite à cette comparaison : c'est que, dans un ressort, la force élastique a été emmagasinée au moment où l'on a bandé ce ressort, et que cette force, si elle ne trouve pas de résistance, peut se dépenser en un instant extrêmement court.

Dans le muscle, au contraire, la force élastique qui produira le mouvement s'engendre pendant l'acte même dans lequel elle se dépense, ce qui limite beaucoup, dans certains cas, la rapidité du mouvement que produit un muscle. L'exemple des muscles de la tortue est un des meilleurs que l'on puisse citer.

Les muscles de cet animal mettant en général plus de temps à engendrer la force élastique qu'ils auront à en faire exécuter un acte musculaire complet en un temps qui n'est qu'une seconde.

Le fait est, si la différence qui existe entre un muscle et un ressort peut être très-grande, dans certaines conditions dynamiques et chez certains animaux, cette différence n'existe pas pour ainsi dire dans les conditions qui nous occupent.

La production de la force élastique des muscles est si rapide, que le temps nécessaire à la produire est si négligeable. J'ai montré, en effet, que la secousse musculaire d'un oiseau dure à peine 2 ou 3 centièmes de seconde, et que, par conséquent, la période d'accroissement de sa force élastique dépasse à peine 1 centième de seconde.

D'autre part, un ressort tendu, bien qu'il possède toute la force motrice qu'il devra dépenser, est limité, en général, par la vitesse avec laquelle il dépensera cette force. Ce qui limite la vitesse avec laquelle ce ressort revient sur lui-même, c'est la résistance qu'il doit vaincre. Or, dans le coup d'aile descendant d'un oiseau, ou dans la descente de l'aile du schéma, la résistance de l'air intervient pour réduire la vitesse de raccourcissement du muscle aussi bien que celle du ressort. Le temps d'abaissement de l'aile d'une buse est parfois d'environ 13 centièmes de seconde, on voit que, par rapport à cette durée, le temps de production de la force élastique du muscle est négligeable, et qu'on peut légitimement assimiler l'effet de ce muscle à celui du ressort préalablement tendu qui sert de moteur dans le schéma.

On peut mesurer sur l'oiseau la force élastique du muscle grand pectoral, en déterminant le poids qui fait équilibre à sa contraction. Nous avons vu autrefois que sur la buse adulte, cette force est d'environ 12^{kg},600 pour chaque des pectoraux.

Dans le schéma, on évalue la force élastique du ressort en mesurant quel est le poids dont on doit le charger pour lui donner le degré de tension avec lequel il fonctionnera. Ainsi, on chargera de poids ce ressort jusqu'à ce qu'il ait acquis la force élastique qui représente celle du muscle grand pectoral de l'oiseau. Il faut, pendant cette évaluation de la force élastique du ressort, que les ailes aient été préalablement placées dans l'élévation, afin d'avoir la mesure de la force élastique du ressort lorsque celui-ci est tendu au maximum.

3° De la résistance de l'air et de son point d'application. — Puisque nous n'avons pas mesuré la durée d'abaissement de l'aile dans le schéma, nous ne pouvons calculer la résis-

tance que l'air doit exercer au-dessous de l'aile. Mais l'expérience nous ayant démontré que la masse du corps est soulevée par l'abaissement de cette aile, nous sommes autorisé à conclure que la somme des pressions de l'air contre les deux ailes est un peu supérieure au poids du corps. Si nous chargeons graduellement le corps de la machine de manière à réduire à son minimum le soulèvement qui se produit à chaque coup d'aile, nous pouvons admettre qu'au moment où ce minimum est atteint, la résistance de l'air fait exactement équilibre au poids de la machine.

Ainsi, étant donné un oiseau ou un schéma du poids de 600 grammes, il faut, pour qu'il se soulève, que la résistance verticale éprouvée de bas en haut excède 300 grammes pour chaque aile ; si cette résistance égale seulement 300 grammes, le corps de l'oiseau sera soutenu mais non soulevé pendant que les ailes s'abaisseront.

4° Du moment d'action de la force motrice et de la résistance de l'air. — Cette poussée de 300 grammes qui représente la somme des résistances éprouvées par l'aile agit en un point que nous avons dit être situé à la réunion du tiers externe avec les deux tiers internes de chaque aile. Cette considération du point d'application de la résistance de l'air est de la plus grande importance ; elle permet en effet de déterminer quelle doit être, au minimum, la force élastique du ressort moteur.

En effet, essayons d'appliquer sous les ailes du schéma une force qui soulève l'appareil. Plaçons, par exemple, un doigt sous chacune des ailes, il est clair que nous soulèverons la machine avec un effort total de 600 grammes, quel que soit le point de chaque aile sous lequel le doigt sera placé. Mais il faut pour cela que les ailes restent rigides et que le ressort qui les tire en bas ne subisse pas d'élongation ; sans quoi, les ailes s'élèveraient seules et la masse de l'appareil ne se soulèverait pas.

Or, la force qui tend à allonger le ressort de caoutchouc varie, non pas avec l'intensité de la poussée ascendante que les doigts exercent sous les ailes, celle-ci ne saurait excéder le poids de la machine, mais avec le bras de levier au bout duquel cette poussée s'exerce. Si ce bras est très-court, on peut soulever la machine sans que les ressorts fléchissent. Mais si l'on applique les doigts sous des points de l'aile de plus en plus éloignés de l'articulation, il arrive un moment où le ressort cède et où l'aile s'élève, en tendant le ressort, sans que la machine puisse être soulevée. C'est qu'alors l'effort exercé sous l'aile, multiplié par le bras de levier au bout duquel cet effort s'exerce, surpasse la force élastique du ressort multipliée par le bras très-court au bout duquel elle est appliquée.

Rapport entre le moment d'action de la force motrice et celui de la résistance de l'air.

Le point d'application de la résistance de l'air se trouve, avons-nous dit, à l'extrémité d'un levier dont la longueur serait environ les deux tiers de la longueur totale de l'aile. L'attache du ressort à la nervure de l'aile n'a pour bras de levier que le vingtième, peut-être, de la longueur totale (nous déterminerons plus tard ces longueurs véritables). Il faut donc que la force élastique du ressort excède la poussée de l'air en raison inverse de la longueur de ces bras inégaux.

Fixons les idées provisoirement par des chiffres arbitraires. Le corps de la machine pèse 600 grammes ; la poussée ascendante excédant 300 grammes pour chacune des ailes s'exerce à 40 centimètres de l'articulation ; l'attache du ressort qui abaisse l'aile est située à 2 centimètres de cette même articulation. Il faudra pour que la machine se soulève que la force du ressort, multipliée par son bras de levier très-court, excède la poussée de 300 grammes multipliée par son long bras de levier.

On aura donc le rapport suivant : $300^{\text{gr}} \times 40 < F \times 2$.

F représentant la force élastique du ressort d'une des ailes, d'où :

$$F > \frac{12^{\text{k}},000}{2}, \text{ ou } 6 \text{ kil.}$$

Si F n'excédait pas 6 kilogrammes elle ne pourrait surmonter la poussée de l'air qui est nécessaire à soulever la machine. Ou, pour mieux dire, la force du ressort ne saurait imprimer à l'aile une vitesse capable de lui faire éprouver sur l'air la résistance nécessaire au soulèvement du corps de l'oiseau.

Tous les auteurs ne s'accordent pas pour admettre que dans le mécanisme du vol les choses doivent se passer ainsi. Le colonel Devèze est l'auteur d'une théorie très-séduisante, au premier abord, et qui tendrait à faire croire qu'on peut soulever une masse quelconque en prenant sur l'air un point d'appui, 10, 20, 100 fois, etc., plus faible que le poids soulevé.

Je crois pouvoir vous donner une idée de la théorie de M. Devèze au moyen de la figure que vous connaissez déjà.

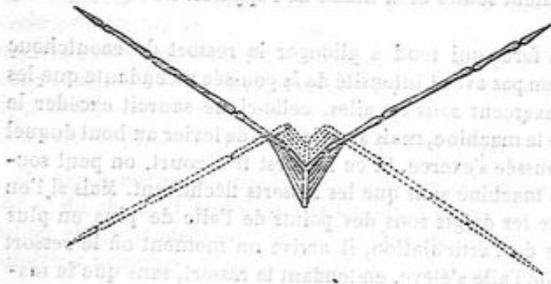


FIG. 175. — Représentant la position des ailes et du corps de l'oiseau avant et après le temps d'abaissement dans le vol.

Soit, dans cette figure, les deux positions de l'oiseau avant et après le coup d'aile descendant. Le corps de l'oiseau s'est élevé quand l'aile s'est abaissée. Mais il est facile de remarquer que la direction de l'aile abaissée coupe celle qu'elle avait primitivement en un point, et que ce point seul est resté immobile pendant le déplacement de tous les autres. Ce point immobile partage l'aile en deux leviers qui se sont déplacés en sens inverse l'un de l'autre. Le bras de levier qui touche au corps de l'oiseau s'est élevé tandis que celui qui agit sur la résistance de l'air s'est abaissé.

Considérons le point fixe, c'est-à-dire l'intersection des deux positions de l'aile, comme un point d'appui autour duquel ont tourné ces deux bras inégaux comme feraient les deux bras inégaux d'une balance romaine, il est clair que pour produire

le soulèvement du corps de l'oiseau au bout de son court bras de levier, il faudrait, au bout du bras le plus long, un effort bien inférieur au poids soulevé. En raisonnant au point de vue du travail accompli et en supposant qu'un même travail soit exercé, d'une part, pour soulever l'oiseau, et, d'autre part, pour vaincre la résistance de l'air, on devra obtenir l'équation suivante : $Me = rE$.

M, la masse considérable de l'oiseau, multipliée par le petit espace e qu'elle aura parcouru, c'est-à-dire le travail de soulèvement de l'oiseau, devra être égal à r , la résistance de l'air multipliée par E , l'espace considérable qu'elle aura parcouru. Ce dernier produit représente le travail que l'aile effectue sur l'air.

L'auteur accorde que dans ces conditions, l'oiseau serait simplement soutenu, mais que, pour le soulever, il faudrait supposer la résistance de l'air un peu plus considérable.

On saisit facilement la différence qui sépare l'hypothèse de M. Devèze de celle que nous émettions tout à l'heure. Il est évident que la théorie de cet auteur serait très-encourageante pour tous ceux qui voudraient tenter la construction d'appareils volants, car elle admet que la force du moteur à employer n'a pas besoin d'être considérable.

Malheureusement, l'expérience prouve que cette théorie ne saurait être admise. Je ne suivrai pas l'auteur à travers les nombreux calculs sur lesquels il appuie sa démonstration. Ici, comme dans la thèse inverse soutenue par Navier, c'est au point de départ qu'il me semble qu'on doit trouver l'erreur. M. Devèze raisonne sur le point fixe de l'aile de l'oiseau, comme on pourrait le faire sur un véritable point d'appui. Or ce n'est pas un point d'appui.

En outre, l'auteur admet en principe qu'il doit y avoir égalité de travail du côté de la masse à soulever et du côté de l'air repoussé par l'aile. Cette égalité de travail n'est aucunement démontrée ; bien plus, nous avons vu, dans les expériences citées par Poncelet relativement à des problèmes de balistique, qu'il n'y a pas nécessairement égalité de travail entre les deux masses qui reçoivent leur mouvement d'une même force.

Quelle que soit la valeur des calculs dont les conclusions nous semblent erronées, c'est dans l'expérience seule que nous chercherons le moyen de les combattre ou de les vérifier.

Il s'agit de savoir si la pression que l'air exerce au-dessous de l'aile qui s'abat peut être inférieure, pour chaque aile, à la moitié du poids de la machine, tout en soutenant le poids de celle-ci.

Soit, fig. 176, M, la masse à soulever dans le schéma ; nous

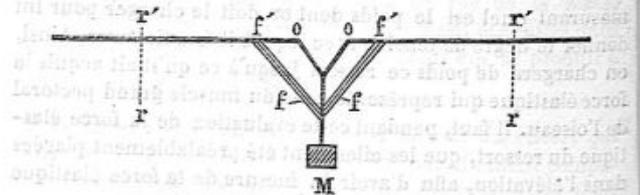


FIG. 176.

négligerons la masse des autres parties de l'appareil. Soit ff , les ressorts qui abaissent l'aile et leur force motrice qui

s'applique en $f'f'$, soit rr la résistance de l'air contre chaque aile et $r'r'$ les points d'application de ces résistances aux ailes dont les centres de mouvement sont en oo .

Quelle que soit la valeur de r , nous connaissons son point d'application r' . On peut établir que le moment de la résistance r ($r'o$) est sensiblement égal à celui de la puissance f ($f'o$). En effet, si le moment de la résistance excédait celui de la puissance, le mouvement ne pourrait avoir lieu; d'autre part, si le moment de la résistance était sensiblement plus faible que celui de la puissance, le mouvement de l'aile s'accélérait jusqu'à ce que l'égalité s'établît.

Or, nous soutenons que sous chaque aile, la pression r est égale à $1/2 M$, tandis que M. Devèze assigne à r une valeur beaucoup moindre. Examinons ces deux cas.

Dans l'hypothèse où $r = 1/2 M$, comme nous sommes conduits à admettre que le moment de la force motrice est au moins égal à celui de la résistance, nous aurons cette égalité : $1/2 M (r'o) = f (f'o)$. D'où l'on peut conclure que si l'on appuyait deux doigts sous les ailes au niveau des points $r'r'$, on souleverait la masse de l'oiseau sans faire céder l'élasticité des ressorts ff .

L'expérience montre que toutes les fois que le schéma pouvait s'enlever par un coup d'aile, on pouvait aussi le soulever en le soutenant au-dessous des points $r'r'$ et que les ressorts ne fléchissaient pas.

Dans l'hypothèse où r peut être beaucoup plus petit que $1/2 M$, le moment de la puissance du ressort est nécessairement moins grand que dans le cas précédent. Dès lors, en appuyant sous les ailes aux points $r'r'$ on fera céder l'élasticité des ressorts sans soulever l'appareil, et les ailes seules s'élèveront.

L'expérience montre que dans ces conditions, le schéma ne se soulève point par l'effet du coup d'aile.

Elle montre, en outre, que la machine cesse précisément de se soulever par l'action de son ressort, au moment où la force de ce ressort, graduellement diminuée, ne lui permet plus de résister à un effort ascendant égal à la moitié du poids de l'oiseau et appliqué au même point que la résistance de l'air.

Pour ne laisser aucun doute sur la réalité du principe qui établit que la résistance de l'air doit toujours être égale au poids de l'oiseau, reprenons l'expérience dans des conditions nouvelles.

Sans changer la force du ressort, faisons, cette fois, varier le poids dont nous chargerons l'appareil. Les tracés représentés fig. 171, montrent que, sous des charges croissantes de 95 grammes à 215, la hauteur à laquelle la machine se soulevait allait toujours en décroissant. Nous avons estimé qu'à 225 grammes de charge, l'appareil cessait de se soulever (le faible tracé que l'on obtient alors, et qui persiste même pour des charges beaucoup plus fortes, m'a semblé tenir à un ébranlement vibratoire communiqué au style comme à toute la machine).

Dans notre hypothèse, tant que l'appareil a sauté en abattant ses ailes, il devait aussi pouvoir être soulevé par une pression exercée sous ses ailes, au point où s'applique la résistance de l'air. Quand il a cessé de pouvoir être soulevé ainsi, sans que ses ressorts fléchissent, il a dû aussi cesser de sauter à chaque coup d'aile.

C'est précisément ce qui a lieu dans l'expérience. Arrivé à

la charge de 215 grammes à 225, l'appareil ne sautait plus, et, d'autre part, ses ailes s'élevaient seules sous la pression des doigts qui, placés aux points d'application de la résistance de l'air, tendaient à soulever tout l'appareil.

S'il reste un certain vague dans la détermination du poids nécessaire pour empêcher le fonctionnement du schéma, cela tient, d'une part, à la difficulté d'établir le moment où l'appareil cesse entièrement de s'élever, et, d'autre part, à la difficulté de déterminer avec une grande précision le point d'application de la pression de l'air sur l'aile.

Mais ces résultats sont bien suffisamment nets pour établir ce principe très-important :

Que la résistance que les ailes rencontrent sur l'air doit être au moins égale au poids de l'oiseau.

Cette égalité étant admise, il serait intéressant de rechercher si la force maximum des muscles d'un oiseau répond à ce que la théorie lui assigne.

Évaluation théorique de la force musculaire de l'oiseau.

Contrôle expérimental.

Nous avons essayé autrefois (leçons faites en 1869, *Revue des cours scientifiques*, n° 37, p. 578) de faire cette détermination et nous avons trouvé dans une expérience faite sur la buse que l'effort total développé par chacun des muscles grands pectoraux était de 12^{kil.}600. Dans la même expérience, nous avons évalué à 17 millimètres le bras de levier au bout duquel cette force est appliquée.

D'après les dimensions ordinaires et la forme de l'aile de la buse, il semble qu'on puisse placer le point d'application de la pression de l'air au bout d'un bras de levier de 40 centimètres de longueur. Enfin, d'après un tableau dans lequel j'avais réuni le poids de différents oiseaux tués au fusil, le poids de la buse est de 785 grammes.

S'il est vrai que la pression de l'air sous chaque aile soit égale à la moitié du poids du corps, cette pression sera d'environ 392 grammes.

Pour que le vol s'effectue, il faut que le moment de la force motrice soit au moins égal à celui de la pression de l'air; nous devons même nous attendre à le trouver un peu supérieur de façon à obtenir le rapport :

$$\begin{aligned} F \times 17^{\text{mm}} &> 392 \times 400^{\text{mm}} \\ \text{ou } 12\ 600 \text{ gr.} \times 17 &> 392 \text{ gr.} \times 400, \\ &\text{ou } 214\ 200 > 156\ 800. \end{aligned}$$

L'excès du moment de la force motrice sur celui de la résistance de l'air devait exister, avons-nous dit; l'estimation ci-dessus nous montre qu'il est environ de 51 à 43/5 dans un cas particulier.

Une plus grande rigueur n'est pas de mise dans des expériences de ce genre; en effet, on ne sait pas si la force que la volonté de l'oiseau engendre dans ses muscles, à chaque coup d'aile, est bien égale à celle que nous y développons par des excitations électriques; joignez à cela la difficulté de déterminer avec précision le bras de levier de la force musculaire et celui de la pression de l'air, et vous aurez la conviction que nous avons obtenu tout le degré de précision que comporte une estimation dans un acte physiologique.

Toutefois, pour ne pas conclure d'un seul fait, dans une circonstance si importante, j'ai répété sur un pigeon adulte la détermination de la force musculaire; voici les résultats de cette détermination.

Poids du pigeon, 375 grammes. La moitié de ce poids sera égale à la pression de l'air sous chaque aile; soit, pour cette résistance, 187 grammes.

Le point d'application de cette pression de l'air sur l'aile serait situé environ à 23 centimètres de l'articulation humérale. Le moment de la résistance de l'air sera donc $187 \times 230^{\text{mm}} = 43\ 010$.

Pour déterminer le moment de la force musculaire, j'ai constaté d'abord que le grand pectoral électrisé développait un effort total de 5860 grammes, l'attache de ce muscle se fait environ à 12 millimètres de l'articulation, le moment de la puissance sera donc $5860 \times 12 = 70\ 320$.

Le rapport de 70 à 43 est ici plus favorable à la puissance que dans l'expérience ci-dessus. Peut-être cela tenait-il à la faiblesse du poids du pigeon, qui nous a fait estimer très-bas la valeur de la résistance de l'air. C'était une femelle adulte qui venait de couvrir pendant plusieurs jours; elle était très-maigre et avait sans doute subi plus de déchet dans son poids que dans sa force musculaire.

Il ressort de ces deux déterminations expérimentales que les muscles de l'oiseau ont toujours plus de force qu'il n'en faut pour faire équilibre à une résistance, celle de l'air, qui serait égale au poids du corps de l'oiseau multiplié par le bras de levier au bout duquel agit cette résistance.

Toute cette force n'est sans doute pas nécessaire dans le vol ordinaire, mais elle peut servir en certaines circonstances. Sans parler de oiseaux rapaces auxquels les fabulistes font enlever des animaux de grande taille; on peut citer des exemples authentiques de poids considérables enlevés par des oiseaux. Silberschlag avait un aigle apprivoisé qui volait en enlevant une boule de cuivre du poids de 4 livres. J'ai fait enlever par un pigeon un poids de plus de 100 grammes; une buse en enlevait 300, un canard sauvage en soutenait à peine 60.

MAREY.

BULLETIN

Piles mobiles de Bunsen

L'installation d'une pile de Bunsen ou de tout autre système analogue à deux liquides, demande du temps et des précautions, surtout lorsqu'il s'agit de batteries de 64 éléments, par exemple, telles que celles qui fournissent l'électricité aux appareils de signaux ou d'investigation, chaque élément ordinaire se composant d'un vase de verre ou de porcelaine, d'un diaphragme poreux de terre cuite, séparant l'acide nitrique de l'acide sulfurique, d'un cylindre de charbon et d'un manchon de zinc plongeant, l'un dans l'acide nitrique, l'autre dans l'acide sulfurique.

On voit ce qu'il faut de temps pour mettre la batterie en activité, et surtout pour la démonter, la transporter sur un autre point du fort ou du rempart, et la réinstaller. M. Jamin a présenté, au nom de M. d'Almeda, une disposition très-

ingénieuse qui permet de transporter facilement une batterie de 64 éléments Bunsen, et quatre caisses de 16 éléments chacune. Les caisses sont carrées, en bois doublé de gutta-percha; elles sont divisées en 16 compartiments munis de leur cadre poreux. Deux réservoirs contenant, l'un l'acide nitrique, l'autre l'acide sulfurique, amènent les liquides au moyen de tubes qui se divisent chacun en 16 rameaux dans la caisse. Il suffit donc d'élever les deux vases pour que les acides arrivent respectivement aux éléments. On n'a qu'à les abaisser pour enlever les acides. Le rebord de la caisse porte une rainure dans laquelle s'engage le couvercle; un petit cylindre de caoutchouc ferme le joint. Au moyen d'une petite voiture, on peut donc transporter l'appareil où l'on veut, et le mettre instantanément en activité.

Une éclipse totale de soleil a eu lieu le 18 décembre. Elle a dû être visible dans le sud de l'Europe et en Algérie. Ce phénomène astronomique est de la plus haute importance, parce qu'il permettra de perfectionner l'observation des protubérances et d'arriver à des notions plus complètes sur la constitution physique du soleil.

M. Janssen, l'éminent physicien, qui a fait faire tant de progrès à l'analyse spectrale des astres, avait proposé, à l'une des dernières séances de l'Académie des sciences, d'aller observer l'éclipse en quittant Paris en ballon. L'Institut avait accepté cette offre avec empressement. L'honorable ministre de l'instruction publique a accueilli favorablement la proposition de M. Janssen et a fourni à ce savant les moyens d'accomplir cette excursion scientifique si intéressante.

Vendredi soir, 2 décembre, M. Janssen est parti en ballon, emportant les appareils les plus indispensables et les moins fragiles. Il se propose de se rendre à Marseille, pour compléter à l'observatoire de cette ville sa collection d'instruments. De là il gagnera la Sicile, où il fixera son poste d'observation.

Ainsi nous fournirons à M. de Bismarck une preuve frappante de l'énergique vitalité de cette France qu'il compte anéantir. Nous lui montrerons ainsi que, si nous savons nous consacrer à l'œuvre sainte de la défense nationale, nous savons aussi nous livrer à l'œuvre non moins sacrée du perfectionnement de la science humaine.

M. Aug. Duméril, membre libre de l'Académie des sciences, professeur de zoologie au Muséum d'histoire naturelle, agrégé libre de la Faculté de médecine, vient de mourir à Paris. C'est M. le baron H. Larrey qui, au nom de l'Institut, a prononcé un discours sur la tombe de cet honorable savant.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

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