

membres, nageoires, ailes ou pattes. Car l'air et l'eau opposent aussi de la résistance aux corps qui cherchent à les déplacer, et la force qui tend à les refouler, réagit proportionnellement à cet obstacle sur le corps de l'animal, auquel elle imprime une projection dans un sens déterminé. Les lois du levier jouent ici un grand rôle. Quelque diversement que les leviers soient appliqués chez les animaux pourvus de pattes, ils le sont presque toujours d'une manière désavantageuse, car les muscles exercent généralement sur eux une action fort oblique, outre que leur insertion est fréquemment très-rapprochée du point d'appui. Des considérations d'un intérêt majeur ont commandé cette disposition, dont la beauté des formes n'est pas le but unique. Si la nature avait disposé les leviers de tous les membres de la manière la plus favorable, il serait résulté de là que le corps aurait eu une forme complexe, anguleuse, gênante, et que, malgré toutes les précautions prises en apparence pour économiser la force, la dépense, sous ce rapport, eût été plus considérable, en dernière analyse, à cause de la multiplication des obstacles au concours harmonique des actions (4).

I. Natation.

La locomotion dans l'eau et celle dans l'air ont cela de commun ensemble, que le milieu qui oppose la résistance est celui-là même dans lequel vit l'animal. Pendant la marche et la reptation, soit dans l'eau, soit dans l'air, l'eau et l'air sont coupés, mais c'est un corps solide, la terre, qui offre l'appui pour la projection du point de sustentation : pendant le vol et la natation, au contraire, l'eau et l'air soutiennent le corps, en même temps qu'ils lui fournissent un appui. Dans les deux

(4) BORELLI, *De motu animalium*, Leyde, 1685. — BARTHEZ, *Nouvelle mécanique des mouvemens de l'homme et des animaux*, Carcassonne, 1798, in-4.

cas, le milieu servant d'appui au mouvement est susceptible de céder, tandis que, dans la marche et le saut, il est solide : le mouvement a d'autant plus d'étendue que la force avec laquelle l'organe locomoteur presse l'eau ou l'air est plus considérable, proportionnellement à la masse qui doit être mue et à la résistance que le fluide oppose au corps qui cherche à le pénétrer. Par résistance, on entend ici la perte de force motrice qu'un corps qui se meut dans un milieu fluide éprouve en raison des parties de ce fluide qu'il chasse devant lui : car il perd autant de son propre mouvement qu'il en communique à d'autres corps.

Chez les nageurs, le principal temps du mouvement est celui pendant lequel un arc que le corps avait décrit, refoule l'eau en se débandant. Supposons plongée dans l'eau une verge flexible, élastique, et de même masse partout, qui soit courbée au milieu, et qui s'étende; ses deux extrémités frappent l'eau obliquement avec une égale force, et la verge n'avance point dans le sens de sa longueur. Il en est de même quand deux branches de masse égale, mues par une charnière, se ploient l'une sur l'autre, puis s'étendent. L'égalité de la masse des deux branches et celle de la résistance font que la force qui agit dans le milieu rapproche ou éloigne également les branches l'une de l'autre, suivant qu'elle opère ou la flexion ou l'extension. Mais, si la masse principale du corps constitue l'une des deux branches, la force agissant sur le point de flexion meut plus facilement la branche la plus légère vers la plus lourde, que celle-ci vers l'autre : tandis que la masse principale conserve la même situation dans l'eau, l'autre portion en change par rapport à elle, tant dans la flexion que dans l'extension. Tel est le cas du bateau armé d'un gouvernail; tel est aussi celui du poisson. Dans l'un et l'autre, la force qui change la situation du gouvernail ou de la queue par rapport à la masse principale, imprime à la partie la moins considérable du corps un mouvement qui la

rapproche de l'autre. Mais le gouvernail, qui se trouve ainsi tourné vers le bateau, venant à être reporté dans une direction droite, il presse l'eau située derrière lui. Si l'eau ainsi refoulée était un corps solide, non susceptible de se déplacer, le bateau serait poussé obliquement en avant, c'est-à-dire en sens inverse, avec toute la force du mouvement du gouvernail; mais celui-ci communique à l'eau une partie de sa propre force motrice, et le liquide se déplace proportionnellement à la quantité qu'il en reçoit; tout le reste de la force du gouvernail sert à éloigner l'une de l'autre l'eau refoulée et la masse du bateau, et celui-ci se porte obliquement en avant. Le coup en sens inverse du gouvernail imprime au bateau la projection dans une direction oblique opposée à la précédente, et une succession rapide de coups du gouvernail fait prendre au bateau une direction moyenne, c'est-à-dire droite. Comme, après chaque coup, le gouvernail est obligé, pour en donner un nouveau, de se replacer à angle par rapport à l'axe du bateau, cet indispensable mouvement préliminaire, qui a lieu en sens inverse du coup précédent, s'opposerait à la projection du bateau, s'il avait la même intensité, et, en effet, un gouvernail auquel on se contente d'imprimer des mouvemens alternatifs d'une égale force, ne communique point d'impulsion au bateau. Le mouvement du Poisson qui nage ressemble parfaitement à celui du bateau qui n'est poussé en avant que par le jeu du gouvernail. La queue représente le gouvernail. Deux coups de queue alternatifs, qui se succèdent rapidement, suffisent chez les Poissons qui ont cet organe court, comme les Carpes, pour pousser l'animal dans une direction moyenne; néanmoins, il arrive souvent, dans la natation lente, que ces coups alternatifs, à droite et à gauche, le projettent plutôt obliquement qu'en ligne droite. Les Poissons à queue longue peuvent faire décrire simultanément, à celle-ci deux arcs en sens inverse, qu'ils débandent à la fois, ce qui pousse de suite leur corps dans la direction moyenne.

Les Pleuronectes et les Cétacés frappent l'eau perpendiculairement. La natation des Raies s'opère en partie par des coups de leur queue, qui agit de même que chez la plupart des Poissons; mais comme leurs nageoires pectorales sont étalées en façon d'ailes, la progression de l'animal dépend surtout du mouvement de ces appendices, dont l'action ressemble à celle des ailes des Oiseaux. Chez les autres Poissons, les nageoires ne prennent qu'une part subordonnée aux principaux mouvemens de la natation, ainsi que Borelli (4) l'a démontré: elles ne leur servent qu'à se maintenir droits dans l'eau, et à corriger les vacillations du corps. Cuvier pense qu'elles contribuent aussi aux mouvemens de côté; mais il est facile de voir, chez les Carpes, que la flexion unilatérale de la queue est bien plus efficace pour cela.

Les Quadrupèdes nagent au moyen de leurs pattes, qui font office de rames. La résistance de l'eau pressée par ces appendices est la cause qui fait que le corps se trouve projeté en avant. Si le mouvement des membres avait lieu avec la même force et suivant la même direction, en avant et en arrière, l'animal ne changerait pas de place. Le mouvement dans une direction donnée dépend de ce que la rame est reportée dans l'air et non dans l'eau, ou, si elle rentre dans le liquide, de ce qu'elle s'y introduit par son tranchant. La natation avec les pieds est dans le même cas. La reposition des mains et des pieds a lieu de telle sorte qu'ils pressent l'eau par une moindre surface que pendant le mouvement de translation. L'homme met ses bras en place par le bord tranchant des mains, et il agit sur l'eau par le plat de celles-ci. Dans la natation même des Quadrupèdes sans large main, comme le Cheval, l'action des pattes est plus grande au moment de frapper l'eau que quand il s'agit de les remettre en place, et de là vient que le corps avance; la surface avec laquelle ils

(4) *De motu animalium*, Leyde, 1685, p. 257.

choquent l'eau est plus étendue quand ils jettent leurs membres en arrière que quand ils les ramènent en avant. La plupart des Quadrupèdes sont naturellement nageurs, parce qu'ils emploient leurs pattes de la même manière en nageant qu'en marchant, et parce que la longueur de leur face, jointe à la petitesse de leur crâne, fait qu'ils peuvent, en relevant la tête, maintenir le trou respiratoire hors de l'eau. Chez l'homme, l'entrée des organes de la respiration n'est placée en haut que lorsqu'il se tient dans l'eau sur le dos; il est obligé, en outre, d'apprendre une chose dont il n'a pas l'habitude, c'est-à-dire à disposer ses membres de manière qu'ils présentent moins de surface à l'eau quand ils n'agissent pas sur elle que quand ils la frappent. Le nageur exercé n'a besoin que d'un faible mouvement pour rester à la surface; il y demeure tant que ses poumons distendus par l'air le rendent plus léger que l'eau. L'homme est, comme les animaux, plus pesant que l'eau, et, s'il ne fait aucun mouvement, il s'y enfonce dès qu'il expire; mais, tant que sa poitrine est remplie d'air, il demeure en place, après s'être étendu sur le dos. Si nous n'éprouvions pas le besoin d'expirer, et que nous pussions tenir nos poumons constamment pleins d'air, nous n'enfoncerions pas dans l'eau, ne fissions-nous même aucun mouvement; mais nous sommes obligés de corriger, par des chocs imprimés de haut en bas à l'eau, l'affaissement qui résulte nécessairement de l'expiration. Les Oiseaux sont maintenus sur l'eau par l'air contenu dans leurs cellules abdominales et leurs os, qui communiquent avec les poumons; ils ont besoin d'expirer fortement pour plonger. Les Palmipèdes emploient leurs pattes en guise de gouvernail; les Cygnes se servent aussi de leurs ailes étendues comme d'une voile.

La vessie natatoire des Poissons se développe du pharynx, comme les poumons, d'après les recherches de Baer (1). Chez

(1) MULLER, *Archiv*, 1835, p. 234.

beaucoup de ces animaux, elle facilite la natation dans les hautes régions de l'eau, et la faculté qu'ils ont d'en comprimer plus ou moins l'air au moyen des muscles latéraux, leur permet de se tenir à des hauteurs diverses. Comme cet organe est situé à la partie supérieure de la cavité abdominale, où le centre de gravité correspondrait, à cause du volume des muscles dorsaux et latéraux, il sert aussi à maintenir les Poissons droits dans l'eau, quoiqu'il ne soit pas absolument nécessaire pour cela. Les Poissons dont la vessie natatoire est crevée, ne viennent plus à la surface de l'eau, et sont exposés à tomber de côté.

II. Vol (1).

Le vol tient à ce que les extrémités antérieures d'un animal, étendues en forme de lames, frappent l'air par la plus grande surface possible. Leur résistance et la réaction que l'air oppose, en vertu de son élasticité, au mouvement qu'elles lui communiquent, sont la cause qui fait que le corps de l'Oiseau est soulevé. L'accomplissement d'un pareil mouvement exige une force considérable dans les muscles pectoraux, et une conformation particulière de la poitrine. En effet, celle-ci est immobile dans sa partie dorsale, la crête du sternum offre un large espace à l'attache des muscles pectoraux, et les articulations scapulo-humérales sont consolidées non seulement par de fortes clavicules, mais encore par l'os furculaire, qui les unit l'une avec l'autre. Si l'animal, en ramenant ses ailes, leur laissait occuper autant de surface qu'elles en présentent au moment du choc, l'effet de celui-ci serait détruit; mais, aussitôt après chaque choc, il les replie, puis les étale de nouveau, ce qui rend

(1) BORELLI, *loc. cit.*—CUVIER, *Anat. comp.*, t. I. — FUSS, dans *Nov. act. soc. sc. Petrop.* XV, 1806.—SILBERSCHLAG, dans *Schriften der Berl. Gesellsch. naturf. Freunde*, 1784, t. III.—HORNER, dans GEHLER, *Physik. Wörterbuch*, t. IV, p. 477.

possible la projection dans un sens déterminé. Pour que l'aile, en frappant l'air, ne cède point à la résistance que ce dernier lui oppose, il est nécessaire que la main ne puisse ni se fléchir, ni s'étendre sur l'avant-bras ; en effet, elle n'est susceptible que de mouvemens d'abduction et d'adduction, qui la ramènent vers l'avant-bras, ou la déploient. Une suite de battemens d'ailes, celles-ci étant tenues horizontalement, fait monter l'Oiseau en ligne verticale, comme il arrive aux Alouettes. Les ailes étant inclinées, de manière que leur face inférieure regarde en arrière, l'animal doit monter obliquement, suivre la ligne de projection, et retomber avec la même obliquité qu'il s'est élevé. En répétant d'une manière régulière les battemens de ses ailes, il décrit une ligne horizontale ondulée. Cependant il ne faut pas, pour le mouvement horizontal, que les ailes aient beaucoup d'inclinaison ; car, même lorsqu'elles frappent horizontalement l'air, la flexibilité des rectrices fait qu'elles cèdent à la résistance de l'air, et présentent de suite un plan oblique par rapport au bord antérieur non mobile de l'aile. Borelli avait déjà démontré cette influence. Les flexions de l'aile sur le côté sont le résultat d'oscillations inégales des deux membres, et non d'une inflexion latérale de la queue ; car des Pigeons auxquels on a enlevé les plumes caudales, n'en tournent pas moins bien qu'auparavant. La flexion de la queue soulève la partie postérieure du corps, et abaisse l'antérieure.

L'immobilité du dos des Oiseaux procure au tronc, dans la partie inférieure duquel se trouve le centre de gravité, la solidité nécessaire pour exécuter le battement des ailes. L'allongement en pointe de la tête la rend propre à couper l'air, et la longueur du cou procure à l'animal un moyen de changer le centre de gravité, en repliant ou allongeant cette partie de son corps. L'accroissement de la surface de l'aile tient non seulement aux plumes rémiges, mais encore à la peau qu'un muscle particulier tend dans l'angle compris entre le

bord antérieur du bras et celui de l'avant-bras, de manière à produire un pli dont le bord renferme un ligament élastique qui, dans l'état de repos, rapproche l'avant-bras du bras. Le muscle tenseur de ce repli cutané se termine par deux tendons ; l'un, de nature fibreuse, fait corps avec le muscle long radial externe et l'aponévrose antibrachiale ; l'autre est le ligament élastique précité, qui s'attache au carpe et à la main (4). L'Autruche, la *Rhea americana*, le Casoar des Indes, le *Dromaius* de la Nouvelle-Hollande, et quelques Oiseaux aquatiques, comme les Manchots et les Alques, ne peuvent point voler, à cause de la petitesse de leurs ailes.

L'air contenu dans les os des Oiseaux a évidemment pour but de rendre ces parties plus légères qu'elles ne le seraient si elles renfermaient de la moelle. Du reste, celui qui remplit les sacs aériens communiquant avec les poumons, ne saurait diminuer la pesanteur spécifique de l'animal, puisqu'il a presque la même densité que l'air atmosphérique. Chez beaucoup d'Insectes, l'air contenu dans les trachées que renferment leurs ailes paraît contribuer à la rigidité de ces organes.

Outre les Oiseaux, il y a aussi, dans les autres classes de Vertébrés, quelques animaux qui volent, ou qui du moins peuvent rester suspendus dans l'air au moyen de membranes ou de longues nageoires. Parmi les Mammifères, les Chauve-Souris ont leurs extrémités antérieures parfaitement organisées pour le vol. La surface destinée à frapper l'air est formée ici par une membrane tendue entre les quatre doigts et les os du métacarpe allongés outre mesure ; cette membrane remplit l'angle compris entre le bras et l'avant-bras ; elle se prolonge aussi entre les humérus et les côtés du corps, jusqu'aux pattes de derrière, de même qu'entre celles-ci et la queue. La membrane avec laquelle les Chauve-Souris volent

(4) Lauth, dans les *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*, t. I.

contient également du tissu élastique. Parmi les Reptiles, les Ptérodactyles de l'ancien monde étaient des animaux volans; mais le doigt externe seul s'allongeait en support de la membrane, et les quatre autres, réduits aux dimensions ordinaires, portaient des ongles, comme le pouce des Chéiroptères.

D'autres animaux de différentes classes ont bien une membrane volitante tendue soit entre les doigts courts, et tous armés de griffes, soit entre le bras et l'avant-bras, ou entre les bras et les jambes; mais cette membrane ne fait l'office que d'une espèce de parachute, comme chez les Galéopithèques. On peut en rapprocher la membrane étalée entre les membres antérieurs et postérieurs des *Pteromys* et des *Petaurus*, ainsi que celle qui couvre les côtes postérieures allongées des Dragons.

Certains Poissons (*Dactylopterus*, *Exocoetus*) peuvent se soutenir quelque temps au dessus de l'eau à l'aide de leurs nageoires pectorales, qui ont une grande longueur.

III. Reptation.

Dans la reptation et la marche, c'est un corps solide qui oppose la résistance. Ces deux mouvemens ne diffèrent pas essentiellement l'un de l'autre; seulement, dans le second, des membres spéciaux servent à l'appui et à la projection du corps, tandis que, dans le premier, ces deux effets dépendent de parties aliquotes d'un corps allongé en forme de ver. Pendant la marche, les angles des jambes sont alternativement étendus et fermés; pendant la reptation, c'est le corps même qui s'arque et se détend. Les deux mouvemens peuvent avoir lieu ou dans l'eau ou dans l'air. La manière de ramper varie beaucoup. Le mode qui se rapproche le plus de la marche, est celui dans lequel il n'y a que deux points du corps qui touchent au sol, tous les autres étant soulevés. Les Sangsues,

par exemple, fixent la partie postérieure de leur corps au sol à l'aide de la ventouse, allongent le corps, fixent de même l'extrémité antérieure, attirent à elles l'arrière-train, le fixent à son tour, et reportent le corps en avant. Chez d'autres Vers, tels que celui de terre, ce jeu se répète plusieurs fois dans la longueur du corps, et la Sangsue peut aussi ramper de même; il y a là beaucoup de parties qui s'appuyent, tandis que d'autres sont poussées en avant du point d'appui. Les moyens de fixation sont ou des anneaux, ou des soies, ou des moignons de pattes couverts d'aspérités, comme chez les Chenilles. Ce qu'il y a de plus remarquable et de plus énigmatique, c'est la reptation des Limaçons sur la surface de leur pied. En plaçant un de ces Mollusques sur une plaque de verre, on voit le corps s'avancer d'une manière parfaitement uniforme, et l'on n'aperçoit qu'un mouvement ondulatoire à la surface du pied. Comme il n'y a pas d'autres appareils pour procurer l'appui nécessaire au mouvement dans une direction, on doit présumer que certaines parties du pied s'élèvent ou agissent en manière de ventouse, et opèrent ainsi une fixation momentanée, qui est bientôt transmise à d'autres parties.

La reptation des Serpens s'opère d'une manière toute spéciale, le corps s'avancant continuellement et rapidement dans la direction d'une ligne horizontale onduleuse, par laquelle toutes ses parties passent l'une après l'autre. L'appui a lieu au moyen de l'extrémité des côtes et des écailles; l'animal tire à lui les parties situées en arrière, et projette les antérieures en avant.

IV. Marche et course.

Dans la natation, le corps est porté par l'eau, ou en totalité, ou en partie, et sa force ne sert guère qu'à la projection de la masse. Dans le vol, le milieu ne porte pas le corps, et l'animal est obligé d'employer assez de force pour compenser la chute