

LE MOUVEMENT

I. Généralités

1. Les déplacements et les milieux de vie

Tout être vivant ne se déplace pas de la même manière dans l'eau, dans l'air ou sur le sol. Pour chacun de ces milieux, il existe aussi des variantes :

- dans l'air, certains oiseaux effectuent un vol plané, d'autres un vol battu ;
- sur le sol, des animaux marchent, d'autres sautent, d'autres courent.

En général, un animal donné n'évolue avec aisance que dans un seul milieu.

Certains animaux ne se déplacent que dans un seul milieu. Par exemple, la majorité des poissons effectuent seulement des déplacements dans l'eau.

Certains animaux sont capables d'explorer plusieurs milieux en se déplaçant d'une manière différente. Par exemple, la grenouille se déplace sur terre en sautant et progresse aisément dans l'eau en nageant.

2. Les déplacements et les « résistances » du milieu

Quand un animal se déplace, il prend toujours appui sur quelque chose de résistant :

- le sol dans la marche, la course, le saut, la reptation ;
- l'eau dans la nage ;
- l'air dans le vol.

Un animal se maintient dans l'eau sans effort, il n'a pas à vaincre la pesanteur, il utilise alors sa musculature pour accomplir son déplacement. Dans l'air, au contraire, l'animal utilise sa musculature, non seulement pour se déplacer, mais aussi pour éviter de tomber.

Le tableau ci-dessous met en parallèle les modes de déplacement des animaux, les forces exercées par le milieu dans lequel ils vivent et les « solutions » adoptées par l'animal pour les vaincre.

L'animal prend appui		Son mode de déplacement est...	Des forces s'opposent au déplacement	L'animal les réduit au maximum par...
sur...	par...			
une surface rigide : sol ou support solide quelconque	la majeure partie de la face ventrale de son corps	la reptation	<ul style="list-style-type: none"> Le frottement sur le sol (important en raison de la grande surface de contact) 	un contact intermittent de certaines parties du corps
	une surface de contact réduite : l'extrémité de béquilles articulées (2 ou 4 membres)	la marche, la course, le saut	<ul style="list-style-type: none"> le frottement sur le sol la pesanteur* la résistance de l'air (sensible seulement à grande vitesse) 	un contact non permanent avec le sol (l'animal propulse son corps en une série de « bonds » plus ou moins importants)
un fluide résistant : l'eau	des palettes soutenues par des baguettes rigides (membres aplatis ou palmés, nageoires)	la nage	<ul style="list-style-type: none"> la résistance de l'eau 	une forme hydrodynamique
un fluide peu résistant : l'air	de très larges palettes, légères, résistantes, imperméables à l'air (ailes)	le vol	<ul style="list-style-type: none"> la résistance de l'air la pesanteur 	une forme aérodynamique
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #e0e0e0; margin-right: 5px;"></div> exigences du milieu </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #cccccc; margin-right: 5px;"></div> réponses de l'animal </div>		* Un animal qui marche dans l'eau en prenant appui sur le fond ou sur un support n'a plus à vaincre la pesanteur, mais la résistance de l'eau à l'avancement est beaucoup plus importante que celle de l'air.		

3. Les organes du mouvement

Selon les modes de déplacement, les organes mis en jeu sont les membres ou l'ensemble du corps.

Chez les vertébrés, on constate que, si l'adaptation à un type de déplacement entraîne des modifications parfois très importantes des membres (la patte du cheval, l'aile de l'oiseau, la nageoire du dauphin, ...), ceux-ci ont tous la même organisation générale.

De plus, des animaux appartenant à des groupes différents et qui se déplacent dans le même milieu présentent des ressemblances : des ailes pour voler, des nageoires ou des palmures pour se déplacer dans l'eau. Ils montrent une convergence de forme.

4. Les déplacements et les stimuli déclenchants

Les animaux se déplacent pour :

- rechercher leur nourriture ;
- fuir un prédateur ou poursuivre une proie ;
- se défendre ou défendre son territoire ;
- trouver un partenaire sexuel

Les scientifiques ont essayé de mettre en relation le comportement des animaux et les stimulations en provenance de l'environnement. Ils ont ainsi montré que les comportements sont déclenchés soit par des stimuli externes

liés à des facteurs de l'environnement, soit par des stimuli internes (liés au fonctionnement des organes internes).

Les stimuli externes sont captés par des organes particuliers, les récepteurs sensoriels ou organes des sens.

II. Les déplacements sur terre

1. Le saut

Les animaux qui se déplacent en sautant sont souvent très performants. Par exemple, la grenouille est capable d'effectuer des sauts de 1,50 m de long.

- Le déplacement par bonds

Ce déplacement peut être décomposé en plusieurs étapes :

- la propulsion par poussée des deux membres postérieurs avec appui sur le sol (« sauts à pieds joints ») ;
- le déplacement, le corps en extension, sans aucun appui au sol ;
- la réception sur le sol, suivie d'une nouvelle propulsion.

- La propulsion

Les trois segments qui constituent les membres postérieurs, d'abord repliés en Z, se détendent comme un ressort et projettent l'animal en l'air.

- La réception

Il existe deux cas possibles.

- La réception est assurée par les membres postérieurs, chez le kangourou par exemple. La réception est immédiatement suivie d'une nouvelle poussée sur le sol, obtenue par la détente des membres postérieurs. Les membres antérieurs n'interviennent pas dans la propulsion, mais, avec la queue très développée, ils assurent l'équilibre du corps pendant le bond.
- La réception est assurée par les membres antérieurs. Chez le lapin et le lièvre, les pattes antérieures, qui touchent le sol l'une après l'autre, amortissent le choc en fléchissant légèrement puis, par une détente rapide, lancent le corps en avant. Pendant ce temps, les pattes postérieures sont ramenées devant les pattes antérieures. Elles touchent alors le sol et, par une brusque détente, provoquent un nouveau bond.

- Adaptation des membres des animaux sauteurs

Chez tous les animaux sauteurs, les muscles des membres postérieurs sont très développés. Ces membres sont également beaucoup plus longs que les membres antérieurs. Les trois segments, cuisse, jambe, pied, sont de longueur à peu près égale.

Les animaux qui se déplacent par bonds présentent donc un certain nombre de caractères communs :

- des membres postérieurs très longs, repliés en Z avant le saut ;
- des pieds très longs (cuisse, jambe et pied ont sensiblement la même longueur) ;
- une musculature de la cuisse et de la jambe très développée.

2. La marche et la course de l'homme

Pour bouger, l'homme a besoin :

- des muscles (structure contractile) ;
- des os (points d'appui) articulés formant le squelette ;
- d'organes des sens reliés à un centre de contrôle (le cerveau) par les nerfs qui sont aussi la voie de commande de la contraction des muscles.

L'homme utilise la force musculaire développée par ses muscles qui s'appuient sur un squelette pour réaliser des mouvements sous la commande et le contrôle du système nerveux et des organes de la perception. Il peut aussi utiliser les mouvements de ses membres s'appuyant sur le sol ou l'eau pour déplacer l'ensemble de son corps (marche, course, nage...).

L'étude comparée de la marche et de la course de l'homme permet de faire l'inventaire des différences entre ces deux modes de déplacement.

Elles portent essentiellement sur :

- la longueur du pas (plus grande dans la course que dans la marche) ;
- l'inclinaison du corps (le corps est penché en avant pendant la course) ;
- le mouvement des bras (bien que, dans les deux cas, ils participent à l'équilibre du corps) ;
- les positions successives du pied sur le sol (lors de la marche attaque par le talon, puis appui sur la plante du pied) ;
- le contact avec le sol (dans la marche un membre, au moins, est toujours en appui sur le sol alors que, dans la course, il existe une phase durant laquelle le corps est sans relation avec un support solide).

La course est un mode de déplacement accéléré dans lequel la poussée exercée par les membres sur le sol est plus forte que dans la marche : la course apparaît ainsi comme une succession de bonds.

3. La marche avec 4 pattes

Quand un animal quadrupède marche, il prend appui sur le sol tantôt sur trois pattes, tantôt sur deux.

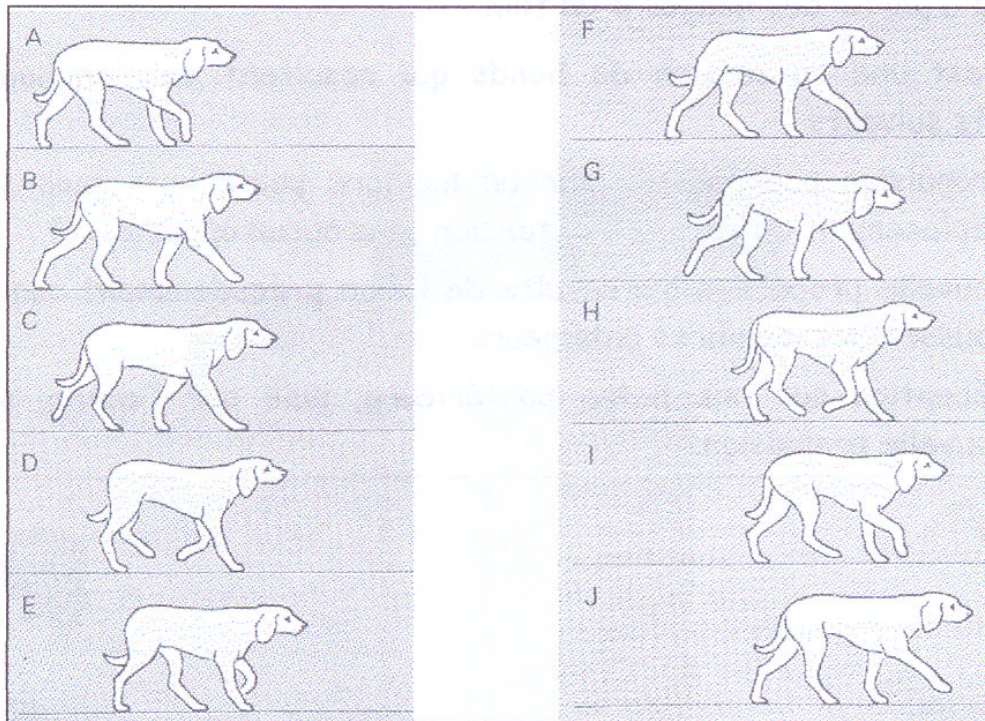


Figure 1

La marche du chien

Les pattes qui ne sont pas en contact avec le sol sont projetées en avant dans un mouvement de balancier. L'ordre dans lequel elles se déplacent est toujours le même : patte postérieure gauche, puis antérieure gauche, puis postérieure droite et enfin antérieure droite. L'appui est plus ou moins long selon la cadence du pas. On constate alors que, pendant de courts instants, le corps de l'animal se trouve en appui sur deux pattes situées du même côté, donc en équilibre instable.

Les pattes en appui ne sont pas immobiles : elles servent de pivot et permettent la progression de l'animal.

Certains animaux (l'ours, la girafe, l'éléphant, le chameau) marchent en avançant puis en posant en même temps les deux membres de droite, puis les deux membres de gauche (marche à l'amble).

Le chat et le chien touchent le sol par l'extrémité de leurs doigts : ils sont digitigrades. Pour le cheval, c'est seulement la dernière phalange des doigts, recouverte par un sabot, qui touche le sol : le cheval est un onguligrade. Quelques animaux, comme l'ours, marchent à la manière de l'homme. Toute la plante du pied repose sur le sol : ce sont des plantigrades.

4. La course avec 4 pattes

- La plupart des animaux peuvent courir de deux façons différentes : ils trottent ou ils galopent.

Le galop est une succession de bonds qui résultent de l'enchaînement des mouvements suivants :

- propulsion par poussée sur un membre postérieur, puis sur l'autre ; déplacement du corps en extension sans aucun appui sur le sol ;
 - nouvelle propulsion qui résulte de l'élan précédemment acquis et d'une poussée des membres antérieurs ;
 - réception sur une patte postérieure, puis sur l'autre, suivie d'une nouvelle propulsion.
- Une comparaison entre le galop et le déplacement par bonds fait apparaître un grand nombre de ressemblances. Il existe cependant des différences :
 - la poussée des membres postérieurs s'exerce successivement et non simultanément ;
 - les membres antérieurs ne sont uniquement des organes de réception ;
 - on ne note pas de différence de longueur entre les membres postérieurs et les membres antérieurs, cependant la musculature des membres postérieurs reste la plus importante.
 - Les animaux excellents coureurs présentent des caractères communs qui favorisent un déplacement rapide :
 - l'appui sur le sol est toujours réduit. Chez les digitigrades (chien, guépard) chaque membre touche le sol par toute la surface des doigts munis de griffes ; chez les onguligrades (sanglier, cheval) il ne prend plus appui que par la dernière phalange protégée par un sabot ;
 - le corps est supporté par des membres longs et grêles. Cette longueur du membre résulte de l'allongement du pied et de sa position redressée : ainsi, chez le cheval, le pied (ou la main), redressé presque verticalement, est plus long que la jambe (ou le bras) ;
 - la musculature est très développée.

5. La reptation

Les vertébrés terrestres dépourvus de pattes (couleuvres, vipères) se déplacent sur le sol en rampant. Il en est de même de ceux qui, comme les lézards, ont des pattes placées latéralement par rapport au corps.

La reptation est un déplacement obtenu par de rapides mouvements d'ondulation du corps, le ventre traînant sur le sol. L'accrochage aux aspérités du sol est assuré soit par les écailles portées par la peau du ventre (serpents), soit par les membres (lézards).

Les animaux dont la reptation est le mode habituel de déplacement présentent en commun des caractères qui favorisent ce type de locomotion :

- corps très allongé ;
- grande souplesse de la colonne vertébrale (qui permet aux serpents de s'enrouler sur eux-mêmes) ;
- présence d'écailles sur la peau ou de griffes aux doigts permettant de s'accrocher aux aspérités du sol.

Contrairement au serpent, le lombric ou ver de terre n'ondule pas mais avance en ligne droite. Son corps présente alors une alternance de tronçons courts, gonflés, et de tronçons allongés, étroits, chacun d'eux s'allongeant et se gonflant successivement. Chaque tronçon gonflé s'agrippe au sol par des sortes de petits crochets portés par la face ventrale pendant que les crochets du tronçon allongé ne s'agrippent pas.

III. Les déplacements dans l'eau

1. Nager avec des pattes

De nombreux animaux utilisent leurs membres pour progresser dans l'eau.

- La grenouille flotte sans faire aucun mouvement. Les mouvements de ses membres ne servent donc qu'à assurer la progression dans l'eau.

Il existe deux sortes de nage :

- une nage lente, due aux mouvements des quatre membres ;
 - une nage rapide, due aux seules pattes postérieures, les membres antérieurs sont alors rabattus le long du corps. Dans la nage rapide, la propulsion est assurée par une brusque détente des pattes postérieures fortement musclées ; la palmure, étalée entre les doigts écartés, exerce alors sur l'eau une poussée qui propulse l'animal.
- Le canard ressemble à une bouée munie de deux rames qui appuient sur l'eau alternativement au cours de la nage lente, ou simultanément lorsque l'animal se déplace rapidement.
 - Le manchot est un oiseau des régions polaires incapable de voler mais excellent nageur. Ses ailes courtes lui servent de rames et constituent les propulseurs essentiels du corps. Le rôle des pattes postérieures est très réduit : pendant la nage, elles s'orientent dans le prolongement du corps.
 - La tortue marine se déplace avec aisance dans l'eau. Ses membres larges sont de véritables rames. Les pattes antérieures, les plus longues, appuient sur l'eau simultanément et sont l'organe propulseur. Les pattes postérieures plus courtes servent de gouvernail.
 - La notonecte est un insecte des mares et des étangs. Elle nage grâce aux mouvements de ses deux longues pattes postérieures qu'elle actionne comme des avirons.

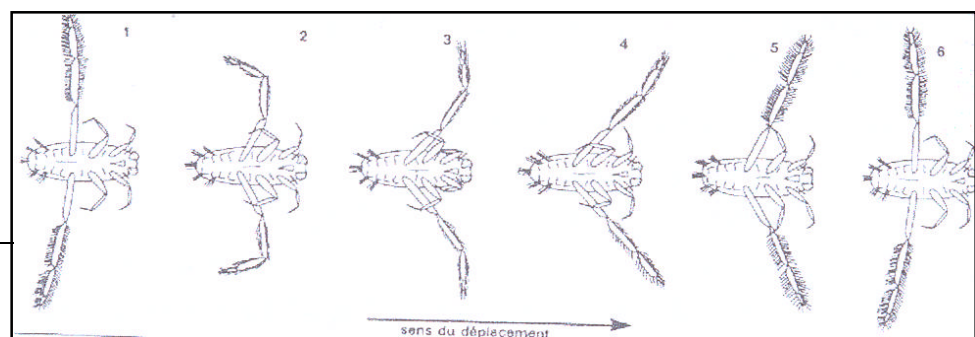


Figure 2

La notonecte

Tous ces animaux nagent grâce à des pattes qui présentent, selon les cas, les caractères suivants :

- des doigts réunis par une palmure (grenouille, canard) ;
- des membres courts et aplatis, transformés en rames (phoque, tortue) ;
- des pattes aux extrémités aplaties et à surface variable grâce à la présence de poils orientables (notonecte).

2. La nage des poissons

Les poissons ne sont pas propulsés par leurs nageoires. Celles-ci sont de plusieurs formes mais toutes sont des replis de peau soutenus par des rayons fixés sur le squelette de l'animal. Certaines, dites impaires, sont placées dans le plan de symétrie du corps (nageoires dorsale, caudale, anale). D'autres, dites paires, sont situées de chaque côté du corps (nageoires pectorales et abdominales ou pelviennes).

Chez beaucoup de poissons, le déplacement est assuré par la région postérieure du corps (ou queue) qui frappe l'eau alternativement à droite et à gauche. La nageoire caudale qui la termine, largement étalée, joue le rôle de godille.

Pendant le déplacement rapide, les nageoires pectorales et abdominales sont appliquées contre le tronc. L'importante musculature de la queue explique la rapidité et la puissance des mouvements.

Les nageoires pectorales et abdominales contrôlent l'équilibre en nage lente et suppriment roulis et tangage. Les nageoires dorsales et anales qui augmentent la surface verticale maintiennent l'animal sur sa trajectoire. Ces différentes nageoires jouent donc un rôle de stabilisateurs.

3. Autres façons de nager

Chez certains animaux (couleuvre, anguille, sangsue,...), le corps très allongé est dépourvu de membres. La nage est alors assurée par des mouvements d'ondulations de tout le corps.

IV. Les déplacements dans l'air

1. Le vol des oiseaux

Le vol des oiseaux comprend trois phases : l'envol ou décollage, le vol proprement dit, l'atterrissage.

- L'envol

L'oiseau à l'arrêt doit, pour s'élever dans l'air, quitter son support et vaincre la pesanteur. Les solutions adoptées varient selon les espèces :

- certains oiseaux ne peuvent s'élever qu'en prenant un élan important. Ils l'obtiennent en courant sur le sol ou sur l'eau, tout en battant énergiquement des ailes (cygne) ;
- le canard qui décolle de l'eau ne peut avec ses seules pattes (bien qu'elles soient palmées) se donner une impulsion suffisante. L'élan est fourni par un vigoureux battement des ailes dans l'eau ;
- la plupart des oiseaux s'élancent en prenant appui avec leurs pattes pliées en Z qui se détendent brusquement. Il en résulte un saut immédiatement suivi d'un battement rapide des ailes ;
- des oiseaux comme les martinets passent la plus grande partie de leur vie en vol. Ils ont des pattes si réduites qu'il leur est difficile de prendre leur envol à partir du sol. Ces oiseaux se posent donc toujours sur un support élevé qu'ils quittent en se jetant dans le vide.

- Le vol

Un oiseau qui vole doit non seulement assurer son déplacement mais aussi vaincre la pesanteur. Il existe différentes sortes de vol :

- Le vol ramé

Les ailes largement étalées qui se déplacent de haut en bas et de l'avant vers l'arrière prennent appui sur l'air. Puis elles sont relevées et ramenées en avant. L'aile fonctionne comme une rame.

- Le vol plané

L'oiseau peut aussi voler plus ou moins longtemps, les ailes immobiles et largement étalées, se laissant alors porter par les masses ascendantes d'air chaud.

L'allure prise par un oiseau en vol diffère d'une espèce à l'autre. Elle dépend de la forme du corps, de la forme et des dimensions des ailes et de la queue, de la longueur du cou. La position du corps est toujours celle qui lui permet de vaincre au maximum la résistance de l'air. En vol, l'oiseau prend une forme de fuseau.

- L'atterrissage

Au moment de l'atterrissage, l'oiseau doit, comme un avion, réduire sa vitesse :

- en modifiant la position des ailes et leurs mouvements ;
- en étalant les plumes de sa queue ;
- en amenant son corps en position verticale.

Au dernier moment, il tend ses pattes pour amortir le choc de l'atterrissage et se reçoit pattes fléchies.

2. Le vol des insectes

Les insectes adultes sont les seuls invertébrés capables de voler. Leurs ailes effectuent des mouvements combinés de battement et de rotation. Selon les espèces le vol peut avoir des allures différentes.

3. Les ailes

Les ailes sont des lames aplaties dont la surface portante peut se modifier et dont les battements sont assurés par des muscles puissants.

- Les ailes des insectes sont de simples expansions de la carapace, soutenues par des nervures.
- Les ailes d'oiseau sont constituées d'une vingtaine de plumes qui, fixées sur l'avant-bras et la main, constituent une surface portante de grande dimension, légère, à la fois flexible et imperméable à l'air, mobile, orientable et capable de se plier. Les petites plumes qui recouvrent le membre et cachent la base des grandes plumes, donnent à l'aile le profil aérodynamique d'une aile d'avion.

Dans le squelette de l'aile, on retrouve l'organisation générale d'un membre antérieur de vertébré mais avec les caractéristiques suivantes :

- l'épaule formée de trois os (omoplate, clavicule, os coracoïde) constitue pour l'aile une attache robuste sur la colonne vertébrale ;
- la main, longue et rigide, est réduite à trois doigts.

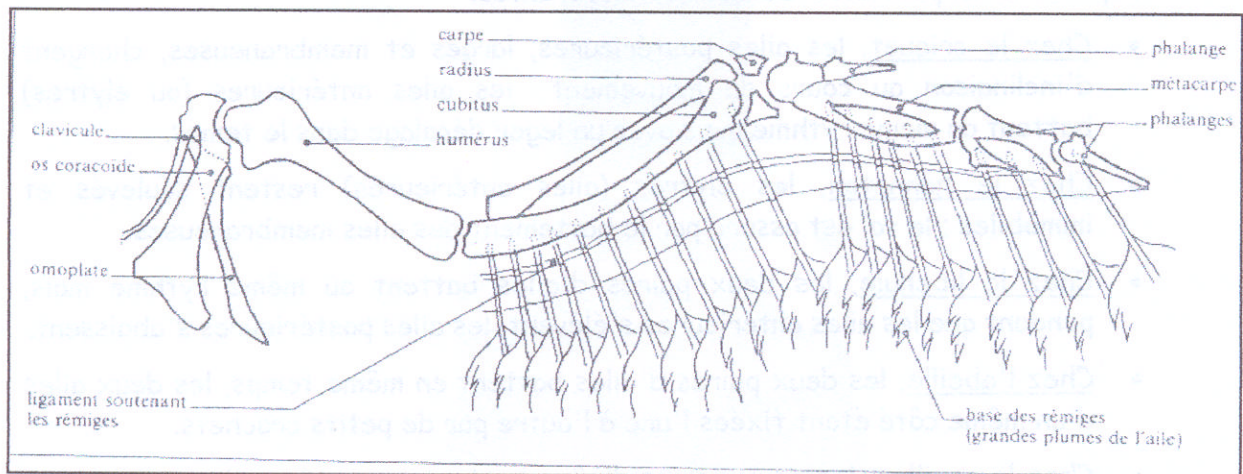


Figure 3

Une aile d'oiseau

Les ailes sont mises en mouvement par des muscles particulièrement développés attachés d'une part sur l'humérus, d'autre part sur une lame osseuse perpendiculaire au sternum, le bréchet.

Chez les oiseaux bons voiliers, les muscles du vol représentent près de la moitié du poids du corps. Une aile d'oiseau n'est pas charnue. En effet, chez ce dernier, presque tous les muscles sont situés dans le tronc à la base de l'aile.

4. Les plumes d'oiseau

- Le corps d'un oiseau porte trois types de plumes différentes :
 - les plumes de duvet qui servent d'isolant thermique ;
 - les grandes plumes ou pennes portées par les ailes (appelées encore rémiges) ou par la queue (appelées aussi rectrices) et qui servent pendant le vol ;
 - des plumes plus petites, très nombreuses, qui recouvrent tout le corps.

Le nombre total de plumes est très élevé. Les plumes représentent 3% du poids du corps chez le manchot, jusqu'à 12% chez la mésange.

- Les plumes se composent d'un axe ou hampe, portant de part et d'autre des sortes de poils appelés barbes. Dans le cas des grandes plumes, ces barbes forment une lame rigide imperméable à l'air. En effet, ces barbes s'accrochent les unes aux autres grâce à de petits poils appelés barbules. Au cours du vol ramé, les grandes plumes semblent s'écarter quand l'aile se relève. En réalité, elles pivotent, ce qui réduit la résistance offerte à l'air.

- Les plumes ne sont pas inusables, mais elles peuvent se renouveler une à une. Cette « mue » se fait progressivement, de manière symétrique sur les deux ailes, aussi l'activité de l'animal n'en est-elle généralement pas affectée.

5. Les caractéristiques de l'adaptation au vol chez les oiseaux

- Légèreté

Les organes sont allégés au maximum. Ainsi, la masse volumique du corps, qui est environ de 1 chez la plupart des vertébrés, n'est que de 0,6 chez le canard. Ainsi, le squelette d'une frégate de 2 kg ne pèse que 112 g, soit moins que le poids de ses plumes.

Les os sont très légers, creux (ce qui augmente leur rigidité) et remplis d'air. Ces sacs aériens sont en relation avec les poumons.

- Aérodynamisme

Le corps des bons voiliers a une forme aérodynamique. En plein vol, les pattes sont rétractées ou étalées dans le plan horizontal. Les yeux en position latérale évitent à l'oiseau de tourner la tête en vol.

- Puissance

Pour vaincre la pesanteur, l'oiseau a besoin d'une musculature puissante. Les muscles des ailes constituent une part importante du poids de l'animal (en moyenne 20% du poids du corps, mais jusqu'à 47% chez la frégate).

Les oiseaux disposent également d'appareils respiratoire, circulatoire, digestif, remarquablement développés. Certains sont capables de voler à de grandes altitudes (6 000 mètres et plus) et de supporter de très basses températures.