

**Tome 69**

**fascicule 7**

**Septembre 2000**

Abonnement 190 F — Le numéro 25 F

ISSN 0366-1326

**BULLETIN MENSUEL**  
**DE LA**  
**SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE LYON**

**Siège social : 33 rue Bossuet, F 69006 LYON**

**Rédaction : P. BERTHET**

---

## JARDINS ALPINS : mardi 26 septembre, à 20 h 30

Compte rendu de la sortie en Suisse ; projection de diapositives.  
Questions diverses.

## BIOLOGIE GENERALE, ANTHROPOLOGIE, ARCHEOLOGIE :

Pas de réunion en septembre.

## GROUPE DE ROANNE :

### PROGRAMME

#### CONFÉRENCES :

Le deuxième lundi de chaque mois à 18 h 30, Centre Pierre Mendès-France, salle Anatole France (rez de chaussée). Toutes les conférences sont gratuites.

*Lundi 11 septembre* : souvenirs de vacances.

*Lundi 9 octobre* : L'art préhistorique, par Paul PERRÈVE.

#### BIBLIOTHÈQUE :

Le deuxième lundi de chaque mois à 18 h 30, Centre Pierre Mendès-France, salle n° 27, deuxième étage.

#### SÉANCES MYCOLOGIQUES :

Tous les lundis sauf le 2<sup>e</sup>, à 18 h 30, Centre Pierre Mendès-France, salle n° 27, deuxième étage.

*Lundi 4 septembre* : exposé du Dr C. POPINET : les cigognes.

*Lundi 18 septembre* : exposé du Dr C. ROBIN : les réactifs chimiques en mycologie.

*Lundi 2 octobre* : présentation des espèces rares ou critiques de l'exposition 2000, par le Dr C.

ROBIN

#### SÉANCES ORNITHOLOGIQUES :

Le deuxième jeudi de chaque mois à 18 h 30, Centre Pierre Mendès-France, salle n° 27, deuxième étage.

*Jeudi 14 septembre* : exposé du Dr C. POPINET : les cigognes.

*Jeudi 12 octobre* : exposé du Dr C. POPINET : les oiseaux des montagnes françaises.

#### SORTIES MYCOLOGIQUES EN PROJET :

*Dimanche 10 septembre* : Les tourbières des Monts de la Madeleine. Rendez-vous à 9 heures à la Rivière Noire. Directeur technique : Christophe ROBIN.

*Dimanche 17 septembre* : Sortie commune avec Lyon. Région des Echarmeaux. Rendez-vous à Belleroche chez Louis BERTHOLLET.

*Dimanche 24 septembre* : Sortie de Saint-Just en Chevalet. Rendez-vous à 9 heures place de l'église à Saint-Just en Chevalet. Directeurs techniques : Jacques BLOIS et Bernard CHAPUT.

*Dimanche 22 octobre* : Forêt de Randan, près de Vichy. Rendez-vous à 9 heures. Le lieu de rendez-vous sera précisé ultérieurement. Directeurs techniques : Jacques BLOIS et Bernard CHAPUT.

#### EXPOSITION MYCOLOGIQUE :

Les 30 septembre, 1<sup>er</sup>, 2 et 3 octobre 2000, Centre Pierre Mendès-France : les champignons de la région.

Thème annexe : la haie.

## Compte rendu de la séance du 10 février 2000

### *Le vol chez les oiseaux par Jacques Popinet*

#### Introduction

Parmi les presque 9000 espèces d'oiseaux la plupart volent, et c'est même une de leur particularités essentielles par rapport aux autres êtres vivants. Cette aptitude particulière est à l'origine de contraintes importantes expliquant pour une grande part la grande uniformité morphologique des différentes espèces si on les compare aux autres grandes classes d'animaux et en particulier aux mammifères.

En effet leur structure générale, comme nous le verrons, est modelée par les impératifs physiques liés au vol.

Le premier est la diminution du poids au maximum, allègement du squelette, augmentation du rendement musculaire, adaptation du cycle et des organes de reproduction, optimisation du métabolisme impliquant toutes les fonctions : respiration, digestion, etc...

Le deuxième est l'aérodynamisme : évolution des formes générales de la tête et du corps, évolution du membre antérieur vers l'aile, plumage.

Le troisième est la nécessité de disposer d'un « propulseur » puissant (c'est cet impératif qui a limité pendant longtemps le vol humain) : évolution du système respiratoire et musculaire.

Nous le voyons, tout l'oiseau, ainsi que ses fonctions vitales, a évolué pour le vol.

Il s'agit de contraintes importantes mais le bénéfice est grand : une fois le vol acquis, l'oiseau s'est assuré un domaine particulier : le domaine aérien, où il est sans concurrence, les rares mammifères volants n'ayant pas acquis la même maîtrise, et les insectes représentant une source de subsistances et non une concurrence.

En même temps le vol leur a permis de conquérir des espaces difficilement accessibles ou aux ressources limitées dans le temps et nécessitant des déplacements rapides et importants, comme les zones polaires par exemple.

### Principes physiques fondamentaux du vol

Il est toujours impressionnant de voir décoller un gros avion, on a peine à croire que plusieurs tonnes puissent ainsi se détacher du sol. Pourquoi si un Airbus ou un Boeing peut voler, un voiture ne le peut pas ; elle est beaucoup plus légère, elle va aussi vite qu'un avion au décollage. La différence tient essentiellement à leur forme.

Que faut-il donc pour voler ? Si on est plus lourd que l'air, ce qui est le cas des oiseaux.

Le premier élément est l'air ; pas de vol possible dans le vide.

#### L'air

Il est difficile pour le profane d'appréhender l'air lorsqu'il est immobile ; lorsqu'il se déplace il commence à pouvoir comprendre ; en cas de tempête comme la dernière par exemple on voit toute la puissance que ces mouvements peuvent produire. Là est la solution : c'est le mouvement relatif entre l'air et l'oiseau qui permet le vol.

Même au repos, l'air exerce une pression, et, comme, il s'agit d'un fluide, cette pression s'exerce dans toutes les directions ; il suffit d'obtenir une différence de pression d'un côté pour obtenir un mouvement ; une baisse de pression d'un côté entraîne une aspiration : c'est le principe fondamental du vol ; l'oiseau ne repose pas sur un matelas d'air, il est aspiré vers le haut.

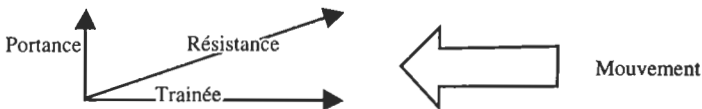
#### Résistance, portance et traînée.

Dès qu'il existe un déplacement de l'air, cela crée une *résistance* : on la sent très bien en mettant la main à la fenêtre d'une voiture qui roule. On sent également très bien que cette résistance varie avec la position de la main.

Cette résistance du point de vue physique se manifeste de deux façons :

**La traînée** qui agit dans le sens opposé au mouvement.

**La portance** qui s'exerce perpendiculairement au mouvement.



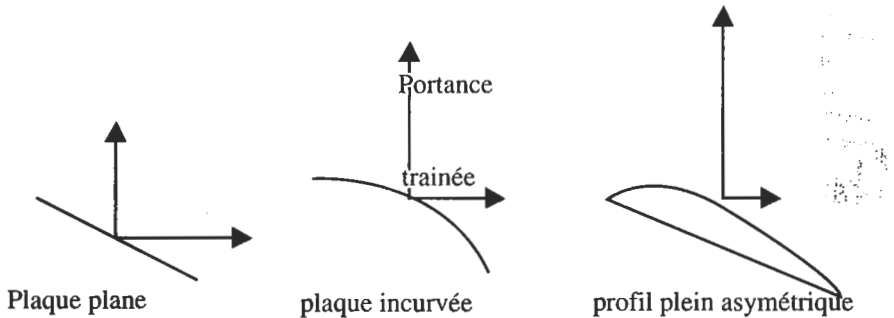
La force résultante peut être très variable en fonction :

- de la densité de l'air : force proportionnelle à la densité
- de la vitesse de l'air : force proportionnelle au carré de la vitesse
- de la forme en mouvement : coefficient complexe :  $C_x$
- de la surface et de l'angle d'attaque du plan exposé à l'air

On peut schématiser en disant que la résistance sera d'autant plus grande que la déviation du courant d'air initial sera importante, mais on voit sur le diagramme des forces qu'il existe deux composantes à la résistance : une favorable au vol, la portance, une néfaste, la traînée. La meilleure surface possible sera théoriquement, du moins pendant le vol plané, celle qui créera le plus de portance et réduira la traînée.

L'évolution qui a conduit du membre antérieur du reptile à l'aile de l'oiseau montre que la nature a trouvé des solutions à l'ensemble des problèmes aérodynamiques posés par les différentes phases du vol et par les contraintes biologiques. Ces impératifs physiques expliquent aussi d'autres caractères des oiseaux, comme nous le verrons plus loin.

### Profil de l'aile



On le voit sur ces trois exemples, la plaque incurvée a un meilleur rendement que la plaque plane, et, comme vous l'avez sûrement remarqué, ce profil est exactement celui d'une plume d'oiseau, et aussi celui de l'aile en général. Vous le voyez aussi, le rendement est moins bon que celui du profil plein qui est celui d'une aile classique d'avion.

Pourquoi ce profil est-il meilleur ? Parce que l'air qui s'écoule sur la partie supérieure courbe a plus de distance à parcourir que sur la face intérieure ou il peut aller en ligne droite et le principe de BERNOULLI nous apprend que la pression exercée diminue lorsque la vitesse augmente. Cette diminution de pression entraîne une aspiration de l'aile vers le haut.

Un autre phénomène très important est l'écoulement de l'air sur la surface ; il doit la suivre et non s'en éloigner brutalement et de façon irrégulière ; ce qu'on appelle une turbulence. Dès qu'il existe une turbulence l'aile perd ses propriétés, on dit qu'elle décroche, ce qui se traduit par la chute ; la portance disparaissant brutalement ne compense plus la pesanteur ; la forme courbe entraîne un meilleur écoulement de l'air dès que le plan est un peu incliné par rapport à l'écoulement des filets d'air (*incidence*).

Une autre façon de réduire la traînée à basse vitesse est d'augmenter la surface de l'aile par rapport au poids. Le rapport surface-poids peut être défini comme la *charge alaire*, qui comme nous le verrons est très différente suivant les espèces et permet de deviner qu'elle est la façon de voler et parfois aussi de se nourrir de l'espèce même si celle-ci a disparu depuis longtemps.

Il existe aussi d'autres caractères que le profil pour caractériser une aile.

L'*envergure* (longueur) et la *corde* (largeur) qui, combinées entre elles, définissent l'*allongement* de l'aile.

D'autres comme les caractères du bord d'attaque, du bord de fuite ont aussi une importance.

Il existe chez les oiseaux tous les types d'ailes : ailes de planeur à fort allongement demandant peu de puissance mais demandant en revanche un squelette plus lourd en étant beaucoup moins manœuvrantes que des ailes courtes et larges, qui, elles, demandent plus d'énergie. Toute aile est donc un compromis qui sera adapté en fonction des besoins.

En faisant varier tous ces paramètres, on obtient des performances très différentes. Ceci va expliquer une grande partie des différences morphologiques de l'aile des diverses espèces d'oiseaux suivant leur milieu, leur mode de vie et essentiellement leur façon de se nourrir, mais aussi en fonction de leur poids, de leur taille.

Toutes ses notions sont valables dans le vol plané. Dans le vol ramé, dans le vol en formation et surtout dans le vol sur place d'autres facteurs moins bien connus et plus complexes entrent en jeu.

### **Evolution de oiseaux et adaptation au vol**

De tous les vertébrés, seuls les oiseaux, si l'on excepte les chauve-souris, sont capables de voler, et cette faculté est sûrement à l'origine de leur réussite. En effet il existe actuellement environ 8500 espèces d'oiseaux (pour mémoire il n'existe que 4000 espèces de mammifères).

Il est maintenant acquis que les oiseaux descendent des dinosaures, mais, alors qu'il y a seulement quelques années on pensait que tous les dinosaures, comme les reptiles actuels, étaient des animaux à sang froid, beaucoup d'indices chez les fossiles récemment découverts notamment en Chine, orientent vers la possibilité qu'au moins une famille de dinosaures de petite taille, les *thécodontes*, assez grêles, aient été des animaux à sang chaud, et, plus extraordinaire encore, certains étaient manifestement couverts de plumes, qui servaient, à ce moment de l'évolution, d'isolation thermique. Il s'agit là de deux conditions essentielles à l'acquisition du vol.

Le premier ancêtre découvert fut l'archéopteryx, qui vivait il y a 150 millions d'années ; c'est encore le plus connu, mais de nombreux autres ont été découverts depuis et permettent de se faire une idée des transformations survenues depuis plus de 200 millions d'années et qui ont conduit aux oiseaux actuels.

### **Architecture générale de l'oiseau**

Les impératifs physiques du vol ont modelé la structure de l'oiseau et chaque organe a dû s'adapter en imposant à tous une grande unicité ; il n'y a pas entre le colibri et l'autruche de différences fondamentale de la structure.

#### **Le squelette**

Il est à la fois très résistant et très léger. Les os sont creux (pneumatisés) et renforcés par des entretoises rappelant les constructions métalliques. Pour diminuer le poids et renforcer la rigidité, de nombreux os sont soudés : comme le bassin et la ceinture scapulaire, qui doivent soutenir les muscles des ailes et subir les chocs de l'atterrissage. Le sternum (bréchet) a également été extrêmement modifié, car c'est sur lui que s'insèrent les muscles actionnant l'abaissement des ailes : les pectoraux qui constituent les plus puissants de tous.

Le squelette du membre antérieur a lui aussi évolué pour constituer l'aile, mais on retrouve comme chez les autres vertébrés l'humérus qui est court et robuste, le radius et le cubitus qui se sont allongés pour constituer la partie centrale de l'aile, l'extrémité étant constituée de os du poignet et de la main, très simplifiés et réduits au minimum pour soutenir les plumes.

D'autres parties du squelette se sont atrophiées : la queue en particulier.

Le crâne est très léger, les dents trop lourdes ont disparu, remplacées par un bec en partie corné, léger et robuste. Le cou est particulier, long et flexible chez tous les oiseaux (25 vertèbres contre 7 pour presque tous les mammifères y compris l'homme) car ses mouvements doivent compenser une certaine immobilité des yeux. Ces mouvements sont essentiels aussi pour se nourrir, le bec étant souvent l'organe de préhension.

A l'inverse du cou, la colonne dorsale et lombaire est en grande partie rigide.

Les pattes sont également un chef d'œuvre de robustesse, d'efficacité et même de puissances chez certaines espèces.

#### **La musculature.**

Elle est assez différente de celle des mammifères terrestres.

Il existe deux types de muscles ; les blancs (comme chez le poulet), les rouges comme chez le pigeon.

Cette différence de couleurs s'explique par la différence de la vascularisation, les muscles rouges, comme on peut le deviner, sont très riches en vaisseaux sanguins. Pourquoi cette différence ?

Elle est due à l'utilisation d'un carburant différent pour la production d'énergie : la graisse, pour les muscles rouges, demande pour être brûlée un important apport d'oxygène apporté par le sang, mais cette circulation permet un effort prolongé sans fatigue.

Le *glycogène* qui est dérivé des sucres peut être utilisé sans oxygène mais cette combustion *anaérobie* libère des déchets qui « intoxiquent » rapidement le muscle. C'est ce qui se passe chez nous en cas de crampe après un effort violent qui oblige à une période de repos. C'est pourquoi les oiseaux à muscles blancs ne peuvent avoir un vol soutenu ; les gallinacés par exemple.

La répartition des muscles est également très modifiée : la masse musculaire est regroupée près du centre de gravité et agit vers les extrémités par l'intermédiaire des tendons. Ceci a une grande importance pour les parties mobiles qui sont ainsi très allégées.

Les muscles des ailes sont les plus importants ; ils sont au nombre d'environ cinquante ; les trois plus importants sont : le grand pectoral qui peut représenter plus de 15 % du poids total de l'oiseau en moyenne, mais près de 25 % chez la frégate et seulement 8 % chez certains râles qui volent très mal.

Le petit pectoral qui entraîne une torsion de l'aile.

Le supracoracoïde ou moyen pectoral qui élève l'aile.

### Les plumes.

La plume constitue une des acquisitions majeures de l'oiseau ; c'est même la caractéristique de l'oiseau ; ils sont les seuls à en avoir. C'est l'outil essentiel du vol : robuste, léger, renouvelable. C'est elle qui donne sa forme à l'aile qui lui permet de se modifier en fonction de la phase de vol. Elle supporte l'eau, elle ne se déchire pas.

Malgré sa légèreté, le plumage de l'oiseau représente souvent un poids considérable supérieur à celui du squelette. Son poids représente en moyenne 6 % du poids total (de 3 % pour les manchots à 12 % pour les mésanges). On se rend bien compte de son importance si l'on plume un oiseau. Un oiseau nu paraît ridiculement petit et il perd en grande partie son aérodynamisme (plumes de contours) et bien entendu toute faculté de vol tant son aile est modifiée (pennes).

Elles assurent d'autres rôles que le simple modelage du corps ; elles sont étanches et isolantes, assurant la conservation de la chaleur (un oiseau dont le plumage perd ses propriétés, par exemple par mazoutage, meurt de froid). Ce sont elles bien souvent qui interviennent dans la reconnaissance entre espèces, entre sexes et jouent un rôle très important dans les parades.

Les parties principales de la plume sont le rachis d'où partent les barbes qui portent les barbules reliées entre elles par de petits crochets qui assurent l'étanchéité de la structure et la réparation en cas de déchirure. Ce qui est un avantage considérable par rapport aux chauves-souris par exemple. Une aile déchirée le reste longtemps. Les plumes ne sont pas implantées de façon homogène sur le corps de l'oiseau mais dans des zones bien définies : les ptérylies, séparées par des zones nues, les aptéries.

Les plumes de l'aile (rémiges) sont évidemment celles dont la morphologie est le plus modelée par la fonction et servent de modèle : elles sont fixées sur les os du membre antérieur, celles, fixées sur la main (de 9 à 12, 10 le plus souvent) étant les plus intéressantes pour le vol. Elles se chevauchent à la base formant un plan unique en position horizontale mais pouvant se séparer à certains moments ; ces plumes sont courtes et le rachis est implanté sur le premier tiers. Mais si les plumes se chevauchent à leur base, elles sont le plus souvent séparées à leur extrémité : aile dite *digitée*. Ceci a une grande importance aérodynamique, entraînant une diminution de turbulences en bout d'aile ce qui diminue la traînée.

Un petit groupe de plumes apparemment insignifiant joue un rôle prépondérant aux phases lentes du vol, l'*alule*, constituée de 3 ou 4 petites plumes fixées sur le pouce. En se décollant du reste de l'aile ces plumes jouent comme un déflecteur en renvoyant les filets d'air sur le dos de l'aile et diminuant la vitesse de décrochage.

## Les différents types de vol chez les oiseaux.

### Vol plané

C'est le vol sans battement où l'énergie nécessaire est tirée directement des mouvements de l'air : vent et ascendances.

La caractéristique principale d'un planeur est la finesse qui est définie par le rapport perte d'altitude sur longueur du vol dans un air de repos, par exemple, un vautour peut parcourir 22 m en perdant seulement un mètre d'altitude. S'il y a du vent ou une ascendance, l'oiseau peut monter sans aucun battement. Ceci est très visible surtout dans les régions chaudes et dégagées, où dans les régions montagneuses où l'on voit les oiseaux tourner dans les colonnes d'air ascendant

provoquées par l'échauffement de l'air près du sol (thermiques) où courants d'air produits par les reliefs : planement statique.

Les oiseaux de mer sont également d'excellents planeurs, ils profitent du vent, des reliefs des falaises et en mer où il n'existe pas de phénomène thermique (ce qui explique pourquoi les grands migrateurs évitent de survoler la mer), ils utilisent les petites turbulences produites par le sommet des vagues, comme s'ils rebondissaient d'une vague sur l'autre : planement dynamique.

Dans cette forme de vol, l'aile est presque fixe ; seuls les muscles faisant varier son incidence sont utilisés, l'énergie dépensée est minime, le vol peut ainsi durer des heures sans repos.

### **Vol battu ou vol ramé**

Dans ce type de vol, l'aile agit à la fois comme élément de sustentation et comme propulseur et sa structure souple prend toute son importance en se modifiant pour s'adapter à chaque instant aux exigences physiques de chaque phase du vol. Les mouvements sont extrêmement complexes en fonction de la phase du vol, de la vitesse, des mouvements de l'air et varient sans cesse.

La vitesse de déplacement des plumes dans l'air est très différente entre la base de l'aile et son extrémité : le déplacement est lent près du corps et l'aile à cet endroit est plutôt sustentatrice, alors qu'à l'extrémité, c'est plutôt le rôle moteur qui joue.

Il existe dans le cycle de vol battu deux phases bien distinctes : la phase d'abaissement de l'aile qui permet à la fois la sustentation de l'oiseau et sa progression, la phase suivante où l'aile est abaissée est une phase inactive de repositionnement (comme dans le mouvement des rames) où les plumes s'écartent et tournent dans le courant d'air pour présenter le moins de résistance à l'air ; ceci est automatique, et dû à la disposition et la forme des plumes (comme un store vénitien). Chez certaines espèces, on voit très nettement ces deux phases : chez les pics, par exemple dont le vol apparaît très onduleux avec une phase de montée et une phase de descente.

Il existe toutefois des variations importantes dans le vol battu :

Ces différences sont liées à des performances différentes des ailes adaptées à des besoins variés.

Nous l'avons vu dans les caractères physiques des ailes une des caractéristiques est *l'allongement*. On peut distinguer schématiquement les types d'ailes suivant leur allongement.

**Les ailes courtes et larges**, arrondies, souvent *digitées* qui permettent des manœuvres rapides et une grande facilité d'évolution mais toutefois un vol assez lent demandant beaucoup d'énergie, donc souvent de courte durée.

On les rencontre souvent chez les espèces forestières qui doivent pouvoir changer de direction rapidement même à faible vitesse ; les queues plus longues servent de gouvernail.

**A l'inverse, les ailes longues et étroites**, souvent terminées en pointe sont adaptées en vol rapide. Elles peuvent être droites comme chez les grands planeurs marins, mais aussi courbes comme chez le martinet ou les hirondelles, améliorant ainsi les possibilités de vol rapide. L'inconvénient est l'impossibilité du vol lent.

D'autres oiseaux doivent combiner à la fois le vol plané et une grande manœuvrabilité : le prototype en est la frégate : oiseau de mer excellent planeur mais aussi « pirate » devant pouvoir attaquer les autres oiseaux et être très rapide, plus mobile : on voit ici que l'aile est intermédiaire avec des muscles très puissants mais surtout que la queue est très développées et peut se modifier de façon considérable.

Mais l'allongement de l'aile n'est pas le seul facteur déterminant ; la *charge alaire* est aussi importante.

Ainsi, on peut subdiviser chaque type d'aile suivant sa charge alaire et les performances changent ; certains oiseaux à faible charge alaire comme les buses, les éperviers, ont des ailes larges et arrondies et sont de très bons planeurs à l'inverse des gallinacés par exemple.

Dans le cas des ailes longues et étroites, les canards, les plongeurs à forte charge alaire sont incapables de planer comme les albatros.

Cette notion de charge alaire est très importante et sa valeur va pouvoir renseigner sur les capacités de vol ; bien entendu cette valeur doit être rapportée aux dimensions de l'oiseau, car le poids (volume) varie comme le cube des dimensions linéaires alors que la surface varie comme le carré. Mais en introduisant cette correction, on s'aperçoit que la surface de l'aile divisée par le poids à la puissance  $2/3$  donne pour une même famille un rapport assez constant :  $c = A/M^{2/3}$ .  $c$  étant la surface alaire unitaire,  $A$ , la surface de l'aile et  $M$  le poids.

C'est très différent suivant les familles par exemple de 7,5 pour les anatidés et de 20 pour les rapaces.

Ces formules montrent que les petits oiseaux ont un rapport plus favorable et indique aussi qu'il existe une limite aux dimensions de l'oiseau, cette limite étant très certainement proche de celle du condor le plus grand et le plus lourd des oiseaux capables de voler. L'aile d'un vautour, qui pèse un peu plus de 7 kilos, représente 1600 g soit 22 % alors que le rapport n'est que de 16 % chez la corneille et de 12 % chez le gobe-mouches.

Quelques exemples donnant une idée des différences importantes existant entre les différents oiseaux en ce qui concerne le rapport surface/poids en  $\text{cm}^2/\text{g}$ .

Plongeon	= 0,6	Grèbe	= 0,8
Frégate	= 2	Grand Tétraz	= 0,4
Martinet	= 4,5	Hirondelle	= 7,3
Héron cendré	= 2,5	Pinson des ar	= 4,8

### Vol en formation

Ce vol s'observe lors des déplacements d'oiseaux, le plus souvent de grande taille au vol battu. Ils peuvent se disposer soit en ligne oblique par rapport au sens du vol, soit en V, le premier étant à la pointe du V. Cette disposition permet à chaque oiseau suivant celui de tête de profiter des turbulences ascendantes créés par les battements d'aile de celui qui le précède.

Dans le vol en formation, on estime que les oiseaux suiveurs peuvent parcourir avec la même dépense d'énergie environ 70 % de distance en plus.

### Envol et atterrissage

L'envol demande une dépense d'énergie souvent considérable. Beaucoup d'oiseaux décollent d'un perchoir, et là le problème est assez semblable à celui du vol ramé ou même parfois, si les conditions s'y prêtent, du vol plané. D'autres ont besoin de prendre de la vitesse avant l'envol, c'est le cas des oiseaux lourds : cygnes, grèbes, plongeurs, par exemple qui courent sur l'eau, outardes, albatros ou vautours qui s'élancent en courant sur le sol. C'est la même technique que celle du décollage des avions.

Mais de nombreux oiseaux sont capables de jaillir et de s'envoler sans prise d'élan, au alors avec simplement un élan vertical donné par les pattes. Le mouvement des ailes est alors différent de celui du vol en palier, car il doit donner une portance alors que la vitesse est faible. Les deux phases de battement sont motrices, l'aile agit comme une pale d'hélicoptère, mais comme le mouvement est alternatif et non rotatif l'oiseau doit retourner son aile à chaque phase du cycle. Cela nécessite la présence de muscles supra-coracoïdes plus forts que chez les autres oiseaux puisque la phase de relèvement de l'aile est également active. Un autre facteur récemment découvert est la formation de remous provoqués par le battement d'aile et dont l'oiseau se sert pour le battement suivant.

L'atterrissage pose d'autres problèmes ; il s'agit essentiellement de ne pas « décrocher », c'est à dire de perdre sa portance à faible vitesse ; le rôle de l'*alule* est ici essentiel.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

L'atterrissage au sol, qui ressemble un peu à l'envol ; l'oiseau redresse son corps, étale la queue et bat des ailes comme pour le vol ascendant pour enrayer sa chute.

L'atterrissage sur le perchoir peut être très différent, l'oiseau se laisse planer en dessous de son point d'arrivée et remonte en se redressant en battant ou en étalant les ailes et la queue ce qui entraîne un coup de frein qui l'amène presque immobile sur son perchoir ; l'atterrissage est presque dans tous les cas ajusté par les pattes qui sont tendues en avant et amortissent le choc à l'arrivée. Les cygnes, les pélicans, se posent sur leurs pattes comme sur des skis nautiques. Mais chez certains oiseaux d'eau le choc est absorbé par la poitrine qui glisse à la surface ; c'est surtout le cas des plongeurs, qui ont un poids élevé par rapport à leur surface alaire, pas ou presque de queue pour freiner et un bassin faible, ainsi que des pattes très postérieures inaptes à supporter le choc, et se posent donc à grande vitesse sur l'eau.

### **Vol des oiseaux moches : vol vibré.**

Il s'agit d'un vol tout à fait particulier les rapprochant des insectes. Il s'agit en effet d'oiseaux de petites dimensions, capables de voler sur place en haut en bas et en arrière. L'aile a été modifiée, et, en particulier, il n'existe plus d'articulations du coude. Les muscles supra-coracoïdes sont particulièrement puissants, leurs poids est de 50 % des pectoraux. La masse totale des muscles alaires représente 30 % du poids du corps. Les mouvements de l'aile peuvent être comparés à ceux d'une rame : les rémiges primaires décrivant un cercle dont l'orientation détermine le sens de vol. L'aile fonctionne comme une hélice, et ces mouvements sont dix fois plus rapides que chez les autres oiseaux : de 22 à près de 80 par seconde, alors que pour les autres, ils sont de 2,3 à 8 par seconde.

### **Performances**

Les oiseaux sont parfaitement adaptés à la conquête de l'air et leurs performances sont parfois très étonnantes. Le vol est en grande partie inné, les jeunes des espèces les plus aériennes comme les martinets par exemple quittent directement le nid en vol. Mais chez certaines espèces un apprentissage peut améliorer les performances, comme chez les corbeaux, par exemple, qui sont capables de véritables acrobaties.

C'est au cours de migrations que les performances apparaissent le plus nettement, car il est alors possible de mesurer les distances parcourues et le temps nécessaire à ce parcours.

Les distances parcourues peuvent être considérables. L'exemple bien connu est celui des **sternes**, qui vont presque d'un pôle à l'autre parcourant au moins 17000 km. Le **courlis de Tahiti** migre d'Alaska en Polynésie chaque année en survolant le Pacifique, parcourant ainsi plus de 3000 km sans escale entre les Iles Aléoutiennes et Hawaii.

Plus étonnant encore est la traversée du golfe du Mexique (80 km) par le minuscule **colibri de la Caroline** qui ne pèse que 3 grammes.

Plus difficile à mesurer mais tout aussi considérables sont les déplacements quotidiens : pendant le nourrissage **la mésange bleue** parcourt quotidiennement plus de 100 km ; les hirondelles en parcourent plusieurs centaines et les martinets près d'un millier.

Les **vitesse**s atteintes sont très variables d'une espèce à l'autre, mais aussi suivant les types de vol au sein de la même espèce.

Voici la vitesse moyenne de quelques espèces :

50 à 60 km/h pour les petits passereaux.

100 km/h pour les martinets mais aussi, ce qui paraît plus surprenant, pour les limicoles et les canards.

Les recordmen sont certains martinets avec 200 km/h, mais le record sur courte distance est de près 300 km/h par le faucon pèlerin en piqué.

**L'altitude** : la plupart du temps le vol se fait à faible altitude : une centaine de mètres pendant les migrations pour les petits passereaux, mais ils peuvent à certains passages atteindre 3000 m.

Les oiseaux plus gros comme les rapaces atteignent facilement 5000 et même 6000 m dans les Andes ou l'Himalaya. On trouve le chocard aux mêmes altitudes en Asie, et les canards, les oies, survolent les cols himalayens au cours de leur migration. Des oies ont été observées en vol à 9000 m en Inde.

### **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

BROWN R. H. J., 1963. — The flight of birds. *Biol. Rev.*, 38 : 460-489.

DORST J., 1971 — *La grande encyclopédie de la nature*. II La vie des oiseaux, tome I, 11-55  
Bordas, Paris.

ESTERNO M. D., 1864. — *Du vol des oiseaux*. Paris.

MAREY E. J., 1890. — *Le vol des oiseaux* : G. Masson, Paris.

STORER J. H., 1948. — *The flight of birds*. Cranbrook Inst. of science : Bloomfield hills,  
Michigan.

DALTON S. 1977. — *The miracle of flight*. Sampson Low.