

Prix : 150 Francs.

Pour Voler à Voile

Etudes expérimentales
sur le Vol à Voile des Oiseaux
avec application à l'Aviation

(Extraits de " L'Air ")

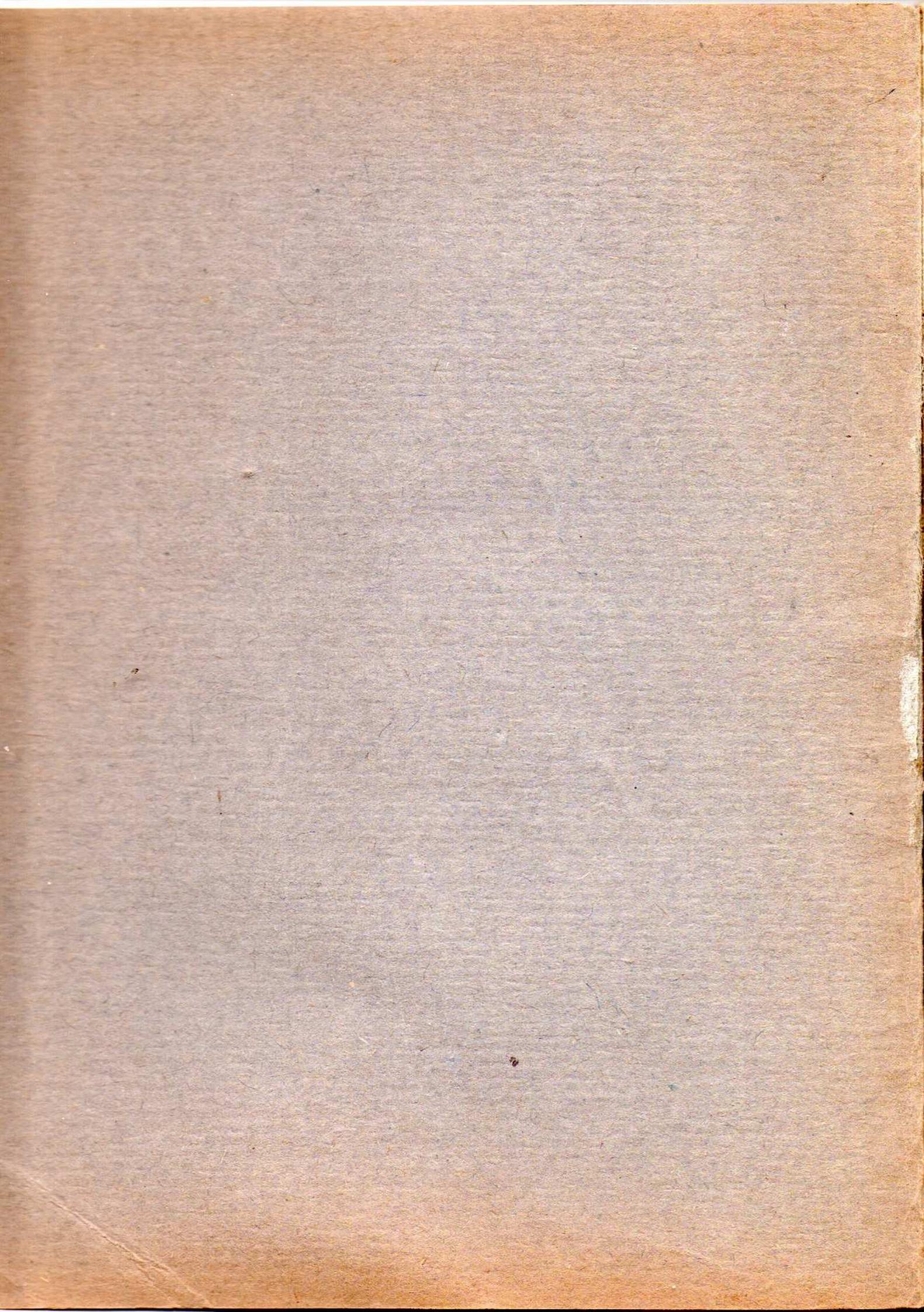
PAR

le Dr MAGNAN

Directeur à l'Ecole des Hautes Etudes



EDITIONS G. ROCHE D'ESTREZ
5, Rue de l'Isly, 5 — PARIS
1923



Pour Voler à Voile

Etudes expérimentales
sur le Vol à Voile des Oiseaux
avec application à l'Aviation

(Extraits de " L'Air ")

PAR

le Dr MAGNAN

Directeur à l'Ecole des Hautes Etudes



EDITIONS G. ROCHE D'ESTREZ
5, Rue de l'Isly, 5 — PARIS
1923

Pour voler à voile comme les oiseaux

○ ○ ○

LES Allemands ont pu, au mois de septembre dernier, effectuer de véritables vols avec des appareils dépourvus de moteur. Ils ont réussi à s'élever au-dessus du sol par des moyens divers, à voler au-dessus de la campagne pendant un temps prolongé, à virer et même à décrire des huit, à parcourir des espaces de plusieurs kilomètres.

A cet effet, ils ont employés des engins fort bien étudiés, conçus par des techniciens se révélant au courant de la question et qui ont su donner à leurs appareils une partie des qualités requises pour un tel mode de vol. Tels sont en particulier le monoplan Hannover à ailes épaisses Junkers qui s'inspire considérablement de la nature et l'appareil de Harth. Le premier est resté en l'air 15 minutes $3/4$ le 6 septembre et le second 21 minutes $1/2$ le 7 septembre 1921.

Au cours de ces vols, il n'a pu s'agir de planement. Les Allemands ont fait mieux que cela ; ils sont parvenus à imiter certains oiseaux qui savent se soutenir dans les air pendant tout un jour, en se servant du vent, et cela sans manifester d'effort apparent, qui font ce qu'on appelle du vol à voile.

Disons tout de suite, que de telles expériences ne sont pas sans intérêt. Elles ont même une grosse importance,

étant donné l'orientation actuelle de l'aviation. On semble tendre de plus en plus à l'heure actuelle à augmenter continuellement la force motrice des aéroplanes et à réduire les surfaces portantes, par conséquent à faire des avions qui sont de moins en moins des engins ailés, et de plus en plus des projectiles.

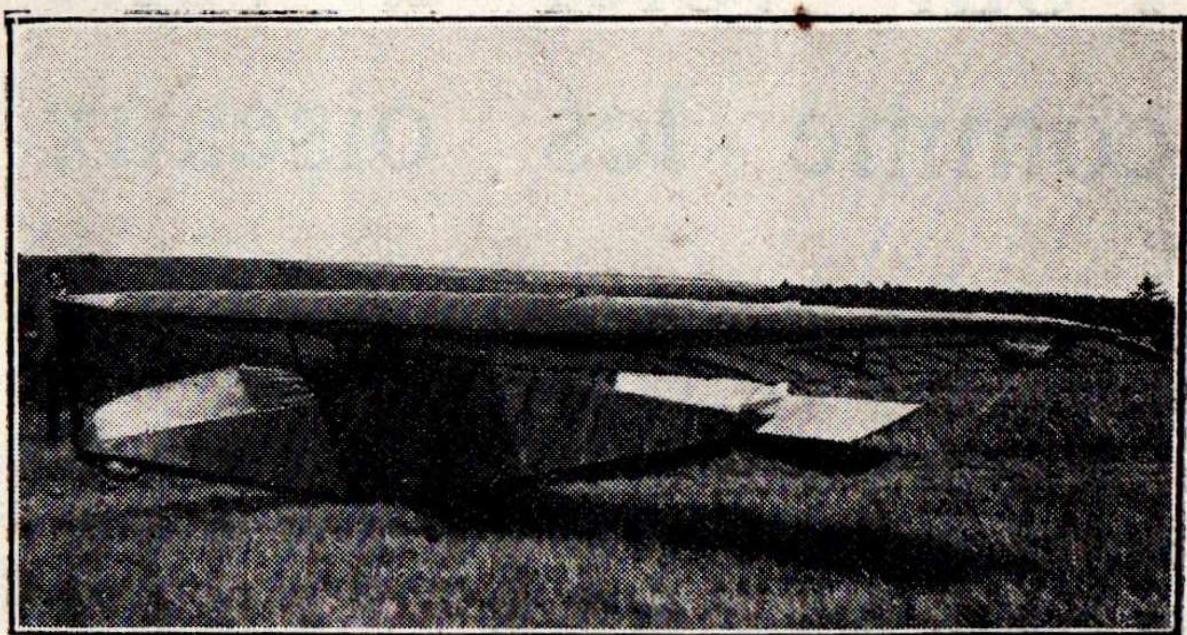


Fig. 1. — *Monoplan Hannover à ailes épaisses Junkers*
qui a effectué un vol de 15 minutes 3/4

Comme avant la guerre, les progrès réalisés dans l'industrie des moteurs conduisent toujours à penser que le meilleur avion est celui qui est propulsé par le plus puissant moteur et qui est capable d'enlever la plus lourde charge. Chez les oiseaux, comme je l'ai montré, on observe exactement le contraire ; les meilleurs volateurs ont de beaucoup le plus faible moteur et portent la plus petite charge.

Vouloir imiter ces derniers oiseaux, c'est chercher à faire progresser l'aviation, c'est engager la science aéronautique dans la voie de l'avion sans moteur ou à faible puissance, c'est encore s'assurer à bref délai la connaissance des conditions aérodynamiques du vol et préparer des découvertes considérables.

Copier la nature, ce sera pour nous le moyen d'obtenir

des communications commerciales à bon marché pour certaines denrées précieuses, grâce à l'utilisation d'appareils qui, aussitôt dans les airs, pourront être pilotés sans dépense de combustible, avec une vitesse commerciale analogue à celle de nos bons express. Ce sera aussi le seul moyen de rendre l'aviation accessible à tous, de la rendre populaire.

Devant le succès obtenu par les Allemands, il faut qu'on encourage en France l'étude de cette aviation spéciale, mais nullement nouvelle dans le pays, car on est en droit de dire que les promoteurs du vol à voile en avion sont surtout des Français.

Moi-même, j'étudie les oiseaux depuis 1907. Je suis allé un peu partout en Europe et jusqu'en Tunisie et en Tripolitaine. J'ai observé le vol des oiseaux, j'ai noté les conditions de ce vol, j'ai mesuré, pesé et disséqué de nombreux individus, plus de 500 à l'heure présente. J'ai rassemblé ainsi 17.000 données numériques toutes personnelles. Je me suis rendu compte rapidement que le vol à voile n'était pas une science mystérieuse réservée aux seuls oiseaux. Ceux-ci sont des êtres qui ne se livrent à aucune sorcellerie, mais qui tout simplement utilisent les courants aériens pour voler avec le moindre effort. Mais, et il y a un mais, les voiliers sont, ainsi que je l'ai nettement prouvé par des chiffres, des oiseaux qui présentent une conformation particulière.

J'ai pu mettre en évidence cette conformation, donner les caractéristiques de ces oiseaux et calculer par un procédé personnel les dimensions pour un poids déterminé d'un appareil copiant à tous points de vue les bons voiliers. J'ai même établi des modèles de tels engins et construit un avion voilier. J'ai présenté le 16 avril 1914 au Congrès des Sociétés Savantes à Paris, une communication sur « *un appareil permettant à l'homme de pratiquer le vol à voile* » et j'ai indiqué alors que les expériences auxquelles je m'étais livré m'avaient apporté la preuve qu'en se plaçant face au vent dans un avion sans moteur, il était possible, au lieu de glisser dans l'air, de s'élever et même de s'immobiliser quelques instants dans l'espace. Malheureusement, bien que toute la presse ait à cette époque relaté ces essais, je ne trouvais pas les encou-

ragements nécessaires et je fus obligé de renoncer à de nouvelles tentatives.

Il est indispensable, pour l'avenir de l'aviation française, que des expériences identiques soient reprises chez nous. Soyons bien persuadés que les Oiseaux qui font du vol à voile ne se livrent pas à un travail mystérieux

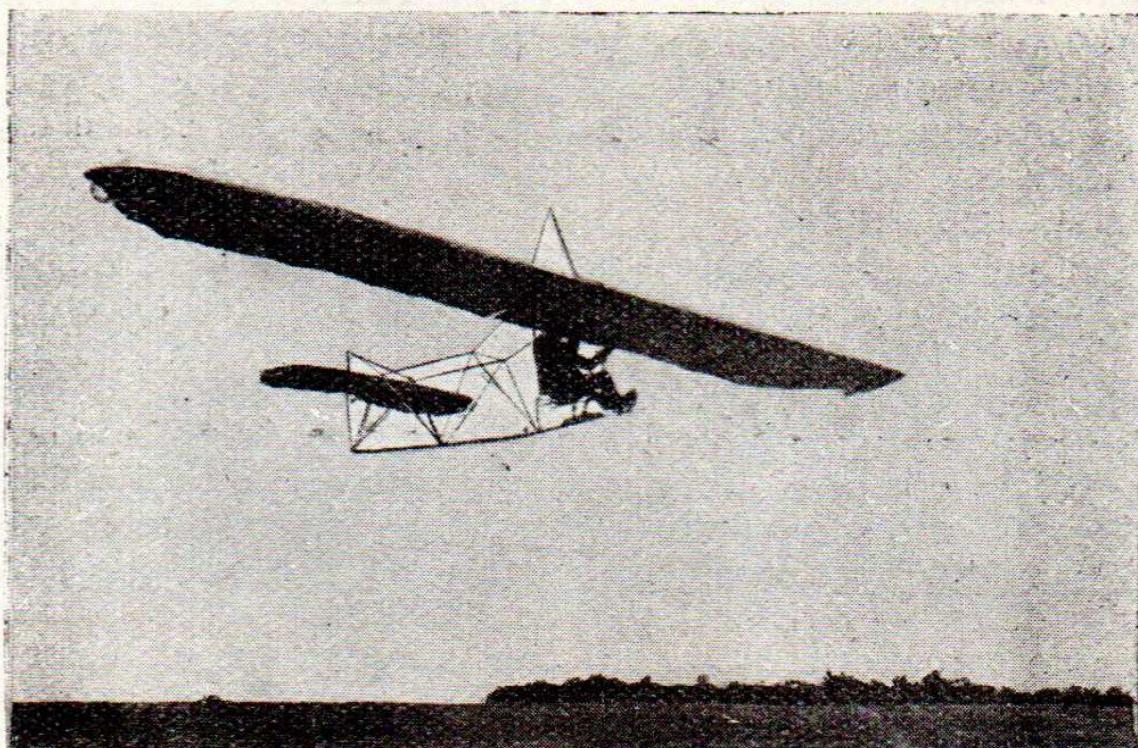


Fig. 2. — *Appareil de Harth qui a effectué un vol de 21 minutes 1/2*

dont nous ne pourrons jamais connaître les raisons. Les êtres volants, cela je puis l'affirmer, se servent tout simplement des forces que la nature met à leur disposition ; ils connaissent ces forces que nous n'expliquons peut-être pas suffisamment bien parce que nous n'avons pas encore cherché à bien les définir expérimentalement.

Pour faire du vol à voile, il ne me semble pas nécessaire d'édifier tout d'abord des théories satisfaisantes pour l'esprit. Ce qu'il faut faire, c'est chercher des ailes qui aient de meilleures qualités sustentatrices, qui se rapprochent le mieux des ailes naturelles. C'est justement parce que les oiseaux voiliers sont pourvus d'ailes de

forme très supérieures à nos ailes d'avion qu'ils parviennent à utiliser les courants aériens pour se soutenir et se déplacer dans l'atmosphère tout en ménageant de façon presque totale leur dépense musculaire.

Pour trouver les causes de cette supériorité, il faut étudier l'oiseau voilier. C'est un travail que j'ai effectué avec la précision désirable, ce qui ne veut pas dire que des détails ne m'aient pas échappé. Mais je ne crois pas inutile de mettre mes recherches à la disposition de tous les techniciens pour qu'ils puissent profiter des observations que j'ai pu faire sur les oiseaux voiliers et sur leur façon de voler. C'est pourquoi dans de nouveaux articles, je donnerai les caractéristiques des êtres volants à voile, je montrerai comment ceux-ci savent trouver une force sustentatrice dans le vent qui, en principe, est plutôt considéré comme un obstacle à l'avancement et comment l'homme peut copier ces oiseaux pour les imiter dans leurs évolutions aériennes.

Jusqu'ici, nous ne savons pas encore voler à la manière des oiseaux ; nous ne savons que reproduire certains actes du vol. Aussi doit-on considérer que l'aéroplane actuel ne constitue que la première étape dans l'histoire de l'aviation. Si l'homme se convainc que la nature est imitable, il ne tardera pas à voir ses efforts couronnés de succès et à découvrir de nouveaux moyens de locomotion aérienne.

La France a pour devoir de ne pas se désintéresser de cette passionnante question et on peut avoir confiance dans le génie français pour trouver des appareils supérieurs à tous les autres, volant à la manière des grands voiliers en utilisant seulement l'énergie du vent.

(20 décembre 1921).

○ ○ ○

Qu'est-ce que le vol à voile ?

○ ○ ○

LE vol à voile, après avoir été nié par certains, a fait l'objet d'innombrables publications; il a été la source de multiples théories dont beaucoup sont tombées d'elles-mêmes parce qu'elles reposaient non sur une observation rigoureuse de la nature mais simplement sur des hypothèses.

L'étude du vol des oiseaux, ou mieux, des divers modes de vol nécessite un travail considérable d'observations et de mensurations sans lesquelles l'interprétation devient impossible et sans lesquelles nul n'est capable d'effectuer une œuvre scientifique au sens propre du mot. C'est probablement par suite d'une préparation insuffisante pour de telles recherches que de nombreux auteurs délaissant les autres genres de vol ont cru devoir considérer le vol ramé, le battement d'ailes par conséquent, comme le vol idéal, alors qu'en vérité, il n'est pratiqué de façon continue que par les plus mauvais voltateurs.

Il est évident que le vol ramé est utilisé par presque tous les oiseaux carinatés, dans des proportions plus ou moins grandes d'ailleurs. Tous ces oiseaux sont en effet capables

de battre des ailes et de se soutenir dans les airs par ce moyen. On sait depuis longtemps que les oiseaux avant de s'envoler cherchent presque tous à acquérir, le bec au vent, une vitesse préalable en courant sur terre comme le vautour, la cigogne, la grande ourarde ou à la surface de l'eau comme l'albatros, en se laissant tomber d'un lieu élevé comme l'autour, le martinet ou en sautant en l'air à une assez grande hauteur comparativement à leur taille, comme la plupart des petits échassiers, des gallinacés, des passereaux. A ce moment, toutes les espèces battent plus ou moins violemment et plus ou moins longtemps des ailes pour aider à l'essor et trouver un point d'appui dans l'air. Ce sont des faits que j'ai fréquemment observés au cours des déplacements que j'ai effectués jusqu'en Tripolitaine pour déterminer le mode de vol des 500 oiseaux que j'ai étudiés.

Mais pour un grand nombre d'espèces appartenant à tous les groupes depuis les rapaces jusqu'aux palmipèdes, le vol ramé est le seul vol que les individus soient capables de pratiquer au cours de leur vie aérienne. Chez beaucoup, ce mode de vol est continu; il constitue l'habitude. Tel est le cas des oiseaux-mouches qui ne peuvent voler qu'au moyen de battements d'ailes ininterrompus et d'une grande fréquence.

D'autres peuvent, au cours de leur déplacement aérien cesser momentanément de battre des ailes. Ils glissent alors sur l'air qu'ils ne frappent plus de leurs ailes. Ainsi font la plupart des passereaux. Ceux-ci possèdent en effet un genre de vol ramé particulier qui consiste en une période de battements rapides suivie d'une période d'arrêt dans les coups d'ailes.

Quand la vitesse acquise paraît suffisante à l'oiseau, il cesse de ramer, ramasse ses ailes le long du corps et file dans l'air comme une flèche. Sa surface portante ne devient pas cependant absolument nulle à cet instant; elle est seulement dix fois plus petite que dans le vol battu lui-même et elle ne sert alors qu'à équilibrer le corps pen-

dant la progression dans l'air jusqu'au moment où la vitesse décroissant, l'animal doit rebattre des ailes pour ne pas tomber. Pendant un temps si l'on peut se servir de cette comparaison, l'animal avance dans l'air comme un projectile et décrit comme ce dernier une trajectoire d'ordre balistique.

D'autres oiseaux, comme les gallinacés, après une série de coups d'ailes rapides et précipités prennent de la vitesse, puis gardant les ailes étendues et immobiles, réussissent à parcourir un certain espace dans cette position; ils planent en somme pendant ce laps de temps toujours de courte durée. Ils se trouvent alors dans des conditions identiques à celles de certains avions très rapides et à ailes réduites, au moment de l'atterrissement. Certaines espèces, comme les martinets, les hirondelles, bien que ne progressant qu'à l'aide de coups d'ailes rapides, peuvent fournir des temps de planement plus longs, grâce à leur surface portante plus développée. Pour cette raison, les autours, les faucons, toujours rameurs, mais dont les battements sont moins fréquents, planent plus ou moins longtemps. D'autres groupes enfin, pourvus d'une grande surface alaire, comme la grande majorité des rapaces (vautours, aigles, buses, buzzards), des palmipèdes à grandes ailes (albatros, frégates, fous, goélands...), et certains échassiers (grues, cigognes, hérons, marabouts) ne battent plus des ailes que fort lentement et qu'à des intervalles souvent assez éloignés et sont susceptibles d'effectuer, les ailes grandes ouvertes, des planements de longue durée justement parce qu'ils sont bien voilés.

On se rend compte par cet exposé que les oiseaux sont plus ou moins grands rameurs ou plus ou moins grands planeurs, mais qu'il n'y a pas lieu en fait de séparer le vol plané du vol rame. Ce sont en vérité deux temps d'un seul mode de locomotion aérienne, l'un de ces temps étant plus utilisé que l'autre par l'espèce au cours de ses déplacements dans les airs suivant sa propre conformation et par conséquent ses qualités aviatrices.

Par contre, il ne faut pas confondre le vol plané, quelle que soit sa durée, avec le vol à voile. Pendant le vol plané, l'animal, les ailes étendues à angle droit avec l'axe du corps, décrit des orbes successifs, mais toujours en perdant de la hauteur. Il glisse sur l'air, même si celui-ci est calme. Il se comporte comme un avion pourvu d'une grande surface portante qui, moteur éteint, descend lentement selon une trajectoire dont l'inclinaison varie suivant les qualités et le profil de l'appareil. Le travail nécessaire pour la progression et la sustentation est fourni chez l'oiseau par le battement des ailes. Quand celui-ci cesse, la descente commence selon une trajectoire plus ou moins inclinée.

Dans le vol à voile, l'oiseau plane si l'on veut, mais il ne perd pas de hauteur ; il en gagne même à tout instant. Il ne développe pour cela aucune force musculaire ; il ne bat pas des ailes et cela pendant des laps de temps considérables. La force nécessaire pour un tel mode de vol, l'animal ne l'extractit pas du travail de ses muscles ; il la trouve dans le milieu extérieur. C'est le vent qui représente la puissance utilisée par certains oiseaux pour voler sans fatigue aucune, pour pratiquer le vol à voile. Celui-ci, en effet, peut être continu, mais exige pour se produire, tout au moins d'après mes propres expériences, l'existence d'un vent plus ou moins fort et son action sous les ailes.

Malgré son évidence, le vol à voile a été nié et est encore nié à priori par certains esprits qui se refusent à admettre ce mode de locomotion aérienne dont les causes ne leur paraissent pas visibles. Cela tient à ce que le vol à voile s'il a donné lieu à d'intéressantes observations de la part de naturalistes consciencieux, à la tête desquels il faut placer Mouillard, n'a pas été l'objet d'études suffisamment précises. On a vu naître ces dernières années beaucoup de théories sur le vol à voile, mais il a été publié fort peu d'études expérimentales à ce sujet, et c'est pourquoi ce mode de locomotion semble encore si mystérieux.

Toutefois, je rappellerai que M. Pierre Idrac s'est livré à des recherches d'ordre physique extrêmement intéressantes, pour déterminer les conditions dans lesquelles les oiseaux pratiquent le vol à voile et il serait à souhaiter qu'il fût suivi par d'autres dans cette voie.

Il existe, à mon avis, deux sortes de vol à voile. Dans le premier cas, l'oiseau utilise les courants ascendants, le vent rendu ascendant parce qu'il rencontre un plan fortement incliné sur l'horizon, une montagne ou une falaise, par exemple, où le vent rendu ascendant par suite de l'échauffement de l'air au niveau du sol. La plupart des rapaces : vautour, gypaète, aigle, circaète, buse, buzard pratiquent fréquemment le vol à voile par vent à composante ascendante. Au cours de mes pérégrinations en Europe, en France, en Afrique, j'ai maintes fois constaté ce phénomène dans les montagnes pour l'aigle fauve, par exemple, dans le désert pour le vautour fauve. Et pour tous, le mode de vol se révèle le même, avec des évolutions identiques. Les ailes toutes grandes ouvertes, les rapaces voiliers montent dans l'air à perte de vue, le plus souvent sans un battement d'ailes.

M. Pierre Idrac a montré de façon très positive qu'en Afrique, les zones où les oiseaux évoluent sans battre des ailes, et sans perdre de hauteur coïncident toujours avec des plages à composantes ascendantes, que dans ces zones il y a une grande densité d'oiseaux et que dans celles à composition descendantes, au contraire, il y en a peu. Ces observations sont certainement très exactes ; elles coïncident avec celles que j'ai pu faire.

Dans d'autres cas, l'oiseau utilise le vent disons horizontal ; il remonte alors le fil du vent qu'il reçoit de face. Les ailes plus ou moins étendues, suivant la force du vent, il ne donne pas un seul coup d'aile, se balançant seulement pour maintenir son équilibre. De ce vent, contre lequel il se présente, l'animal fait de la hauteur et sa montée est toujours assez lente. Pour conserver une direction voulue, il se sert de sa queue comme d'un gouvernail ;

il s'en sert aussi comme d'un gouvernail de profondeur si le vent tend à le faire culbuter. Cette remarque que j'ai pu faire moi-même me paraît indiscutable. Quand l'oiseau qui ne vole jamais dans ces conditions à une grande hauteur cesse d'avoir le bec au vent, après un virage, par exemple, il exécute un planement rapide en suivant le vent à grande vitesse, les ailes grandement déployées. Il perd alors sensiblement de la hauteur.

Dans le vol à voile, il existe donc aussi deux temps : le premier correspond au premier temps du vol ramé pendant lequel le rameur monte dans l'air grâce à des coups d'ailes plus ou moins rapides, avec cette différence que le voilier ne fait, à l'encontre de l'oiseau rameur, aucun effort pour s'élever et trouve la force nécessaire à l'élévation de son corps non dans ses muscles moteurs, mais dans le vent ; le second temps, par contre est identique dans les deux modes de vol, voilier et rameur utilisant et combinant deux forces, la pesanteur et la résistance que l'air offre à leur chute suivant la valeur de leur surface portante pour descendre plus ou moins vite sur les couches d'air.

Les bons voiliers qui volent contre le vent peuvent se maintenir dans l'air pendant très longtemps sans donner un coup d'aile. Il m'est apparu, au cours de mes études, que les oiseaux exécutent les meilleurs vols lorsque le vent, pour un observateur terrestre, semble continu, mais coupé par des rafales, c'est-à-dire renforcé par moment. Ces vols sont en général plus difficiles par vent faible, ou par tempête. Parmi les oiseaux qui utilisent pour voler le vent horizontal, je citerai l'albatros, la frégate, le fou de Bassan, les petrels, les goélands, les thalassidromes. Les trois premières espèces pour voler à voile n'ont pas besoin d'un grand vent. Elles glissent des heures entières dans l'air, décrivent des cercles ou des huit, s'élevant et s'abaissant, absolument comme le chariot d'une montagne russe, et tout cela pour ainsi dire sans un coup d'ailes. Les petrels et les goélands ne pratiquent vraiment le vol

à voile que par vent assez fort, en dehors de tout navire, qu'ils recherchent non pour s'aider pendant leur vol comme on l'a prétendu, mais pour obtenir de la nourriture. J'ai vu fréquemment, en effet, le goéland marin planer en s'élevant contre le vent.

On a dit que seules les grosses espèces pouvaient voler à voile. Je crois cette affirmation inexacte, d'après ce que j'ai pu constater avec les thalassidromes ou oiseaux tempêtes qui nichent sur certains points de nos côtes et dont le poids est généralement inférieur à 20 grammes. J'ai observé de ces petits palmipèdes et les ai vu planer des heures au-dessus de la mer, s'élevant contre le vent et descendant sans repos en suivant les vagues, sans pour ainsi dire jamais faire mouvoir leurs ailes. Je les ai vu faire preuve d'une puissance de vol telle que seule une force extérieure comme le vent permet d'expliquer ces plane-ments presque ininterrompus.

Les courants d'air que nous connaissons encore si mal, les voiliers savent les trouver et les utiliser. Il n'y a là aucun mystère, mais simplement une habitude. Mais tous les oiseaux ne peuvent pratiquer le vol à voile, parce que celui-ci n'est possible qu'à ceux qui présentent une con-formation particulière. L'oiseau rameur comme le petit échassier, lui aussi, utilise le vent. Comme sa confor-mation ne lui permet pas d'être un vrai voilier, il se sert du vent pour diminuer ses efforts lorsqu'il rame, parti-culièrement au cours des migrations.

L'homme peut-il aspirer à voler aussi à voile? Oui, s'il construit des appareils pourvus des caractéristiques indis-pensables, s'il cherche à copier la nature, car le corps plas-tique de l'oiseau, avec son fuselage et ses surfaces por-tantes n'est, en réalité, pour chaque groupe que le fait du modelage occasionné par la résistance de l'air; il est la forme idéale de moindre résistance à l'avancement, la forme idéale nécessaire pour un mode de vol déterminé. C'est cela dont nous devons nous inspirer si nous voulons réussir.

(5 janvier 1922).

III

Les caractéristiques des oiseaux voiliers

○ ○ ○

AINSI que je l'ai montré précédemment, il existe deux groupes d'Oiseaux pratiquant le vol à voile. Le premier comprend des Rapaces diurnes, tels que les Vautours, les Aigles, les Buzards, les Circaëtes et les Buses qui utilisent surtout le vent ayant une composante ascendante et peuvent ainsi monter à perte de vue dans les airs, en décrivant des orbes successifs, sans donner un seul coup d'aile. Ce vol qui ne nécessite pour ainsi dire aucune dépense musculaire, représente en somme une sorte de glissement dans le sens du vent.

Le deuxième groupe est constitué par les Palmipèdes longipennes, comme l'Albatros, la Frégate, le Fou, les Goëlands, les Petrels... qui font du vol à voile en se servant de préférence du vent horizontal. J'estime que ce vol est le plus intéressant à étudier parce que c'est celui qui peut être le plus facilement copié par l'homme et donner les résultats les plus importants.

Comme je l'ai déjà fait remarquer auparavant, les Palmipèdes marins exécutent les meilleurs vols lorsque le vent, pour un observateur terrestre, semble continu, mais coupé par des rafales, c'est-à-dire renforcé par moments.

Ce sont ces rafales, que je comparerai volontiers à un train d'ondes, qui constituent la base du vol pour les Palmipèdes marins.

Fig. 3. — *Fous de bassan, Sula bassana (L.)*
volant à voile contre le vent

On voit sur cette photogravure certains de ces oiseaux cabrés et gagnant nettement de la hauteur contre le vent. On voit aussi que les voiliers marins sont capables de voler dans ces conditions à assez grandes hauteurs au-dessus de la mer, en utilisant les variations de vitesse du vent horizontal dans une région où l'expérience a montré qu'il n'existait pas de courant ascendant d'origine dynamique ou thermique.



Lorsqu'on cherche à définir la structure d'une telle sorte de vent, on se rend compte qu'il possède une puissance maxima au milieu de la rafale, et une puissance minima lorsque la rafale est passée. Entre ces deux extrêmes, il existe une période correspondant à l'arrivée de la rafale où la force du vent croît, et une période correspondant à la fin de la rafale où la force du vent faiblit. Or, les voiliers marins qui savent fort bien analyser le vent, utilisent ces rafales de façon particulière et toujours



Fig. 4. — *Albatros hurleur (palmipède voilier)*

identique, ainsi que me l'ont prouvé les études que j'ai pu faire.

C'est toujours au moment où la rafale commence, c'est-à-dire lorsque le vent croît en force que les Oiseaux Voiliers se présentent le bec au vent et toujours de ce vent qu'ils reçoivent de face, ils font de la hauteur.

J'ai dit que, dans le vol à voile, il y avait deux temps : un premier temps pendant lequel l'Oiseau monte en trouvant la force nécessaire à l'élévation de son corps non dans ses muscles moteurs, mais dans le vent ; un second pendant lequel le voilier plane, c'est-à-dire, utilisant deux forces, la pesanteur et la résistance que l'air offre à sa chute descend plus ou moins vite sur les couches d'air. Or, quand le voilier glisse ainsi sur l'air en perdant sensiblement de la hauteur, il a généralement le vent arrière et le vent à ce moment a toujours une force décroissante. Bref, le Palmipède marin se sert du vent dont la puissance augmente, au commencement d'une rafale pour s'élever. Dès que la puissance du vent commence à diminuer, c'est-à-dire, lorsque la rafale approche de sa fin, il exécute une sorte de virage, puis il file avec le vent arrière en planant.

Ce sont là des faits que j'ai contrôlés à plusieurs reprises en regardant voler des fous de bassan en particulier. Ces faits sont à retenir, car ils constituent une première

indication utile en vue des expériences de vol à voile humain.

Enfin ces deux sortes de vol à voile par vent ascendant et par vent horizontal qui quelquefois sont combinés par les oiseaux sont à distinguer du vol ramé pratiqué par les Gallinacés et les Colombins, par exemple qui montent dans l'air grâce à des coups d'ailes plus ou moins rapides et qui peuvent grâce à la vitesse acquise exécuter les ailes étendues certains planements, toujours d'assez courte durée d'ailleurs.

Or ces divers groupes d'oiseaux, voiliers et rameurs possèdent des caractéristiques différentes. Leurs surfaces alaires, leur envergure, l'acuité de leurs ailes sont loin d'être les mêmes. Il est évident que, le poids des oiseaux étant très variable, il est difficile d'apprécier à première vue ces différences. On peut cependant en avoir une première approximation si l'on examine des oiseaux de poids



Fig. 5. — *Buse vulgaire (Rapace diurne voilier)*

très voisins ; on s'aperçoit tout de suite que ceux-ci sont plus ou moins bien voilés. Ainsi, une Bondrée, rapace voilier pesant 615 gr. a une surface alaire réelle de 1.898 c², un Puffin cendré, palmipède voilier dont le poids est de 572 gr. possède une surface d'ailes de 1.080 c², alors qu'une grouse (gallinacé) pesant 624 gr. n'a que 596 c² de surface portante. L'écart est donc considérable.

Mais comme le poids des Oiseaux varie de 1 gr. 50 chez certaines espèces d'oiseaux-mouches du genre *Lophornis* au poids de 10.000 gr., comme chez la Grande Outarde entre autres, une comparaison d'ensemble n'est pas possible par ce moyen. La surface alaire ayant surtout retenu l'attention des auteurs, Dubochet, Mouillard, puis d'autres, ont cherché à définir la valeur de cette surface en la comparant au poids du corps, d'où la loi ; la

quantité de surface proportionnelle nécessaire à un Oiseau pour un genre de vol donné diminue avec l'augmentation du poids de l'oiseau. Certains admettent encore actuelle-

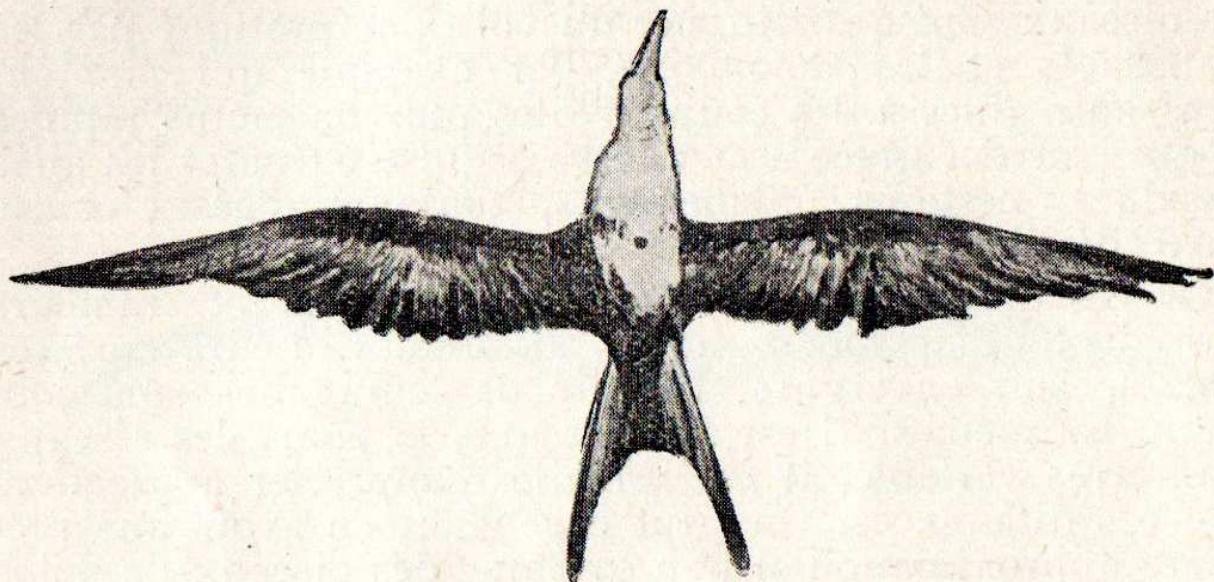


Fig. 6. — Frégate (*palmipède voilier*)

ment que les diverses espèces d'Oiseaux sont pourvues de surfaces alaires qui augmentent proportionnellement à mesure que le poids du corps diminue et ce fait semble constituer pour beaucoup un des problèmes les plus importants à élucider. Ce rapport n'a aucun sens. Il est la conséquence d'artifices mathématiques. En effet, le rapport :

$$\frac{S....}{P....} = \frac{Kl^2}{K'l^3} = \frac{K}{K'l}$$

n'est pas homogène. Il demeure fonction d'une dimension linéaire. Donc plus l'objet examiné sera grand, plus le rapport en question sera petit et cela qu'il s'agisse d'un oiseau ou de tout autre chose.

J'ai estimé qu'il fallait rapporter une surface à une surface, un poids à un poids, une longueur à une longueur pour établir des rapports homogènes. C'est pourquoi j'ai comparé la surface des ailes ou de la queue des Oiseaux à la surface du corps obtenue en déterminant

la quantité de peinture lourde nécessaire pour recouvrir ce corps, ou calculée par la formule $\sqrt[3]{P^2}$ J'ai trouvé par ces 2 méthodes des résultats identiques. J'ai comparé de même l'envergure, la largeur de l'aile, la longueur de la queue à la longueur réelle du corps de l'oiseau ou à la longueur calculée par la formule $\sqrt[3]{P}$, P étant le poids du corps exprimé en grammes. J'ai encore obtenu

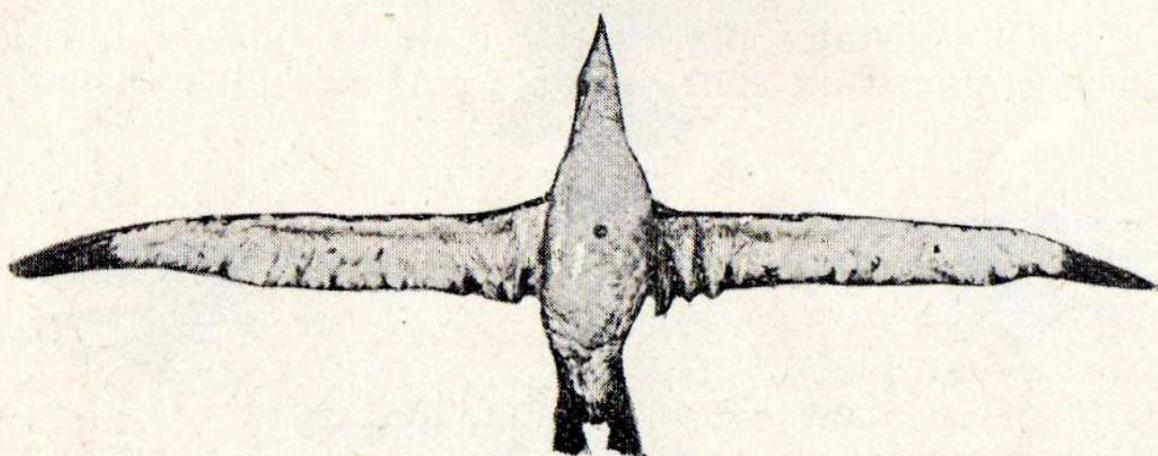


Fig. 7. — *Albatros hurleur* (*palmipède voilier*)

par ces deux procédés des résultats identiques. J'ai donc eu dans ces conditions des rapports homogènes, offrant une valeur indiscutable et faciles à comparer. Voici les chiffres moyens que j'ai trouvés pour les groupes d'oiseaux suivants, en rapportant les surfaces à la racine cubique du poids porté au carré et les longueurs à la racine cubique du poids.

	Rapaces Voiliers	Palmipèdes Voiliers	Gallinacés Rameurs
Poids moyens	1.402,7	1.608,4	699,
Longueur relative du corps	6,1	6,4	4,8
Surface alaire relative	26,7	21,3	8,1
Poids relatif des ailes ...	227,8	189,	91,7
Envergure relative	14,9	14,9	7,6

Largeur relative de l'aile..	2,52	1,65	1,50
Acuité des ailes (rapport de l'envergure à la largeur de l'aile)	5,9	9,2	5,
Longueur relative de la queue	2,7	1,7	1,2
Surface relative de la queue	7,6	2,5	1,9
Rapport de la surface alaire à la surface caudale	3,7	7,4	4,9
Poids relatif des muscles moteurs de l'aile	131,	125,	249,

On peut constater par l'examen de ce tableau que les 3 groupes d'oiseaux sont de toute évidence plus ou moins

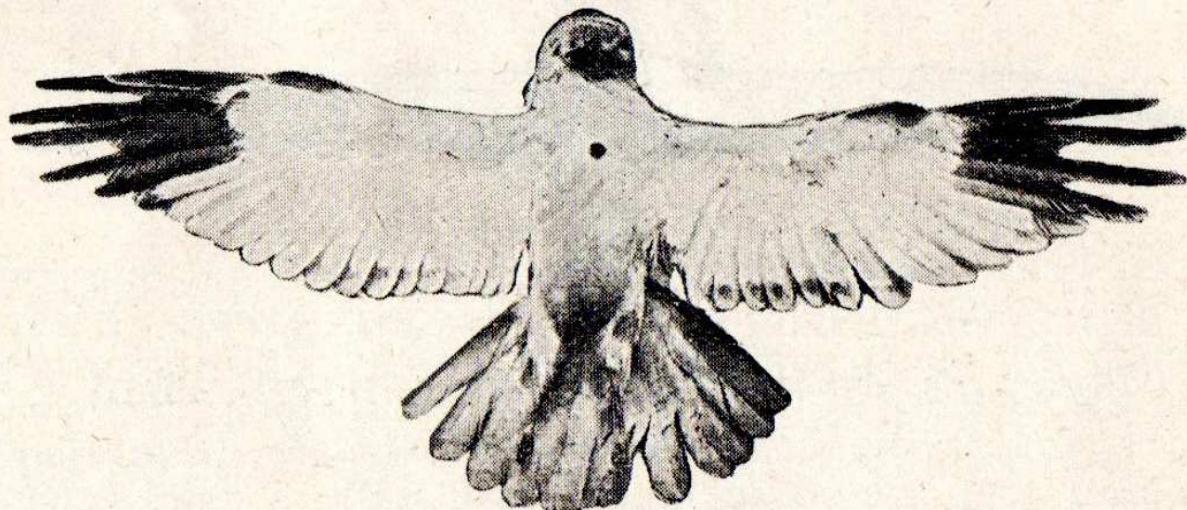


Fig. 8. — *Buzzard Saint-Martin (rapace diurne voilier)*

bien voilés. Les voiliers possèdent la plus grande surface portante et la plus grande envergure relatives, et c'est justement parce qu'ils sont bien voilés qu'ils sont capables d'effectuer des vols à voile ou des planements de longue durée. Toutefois il y a lieu de faire remarquer que les Palinipèdes voiliers qui utilisent le vent horizontal ont une surface alaire plus petite que les voiliers rapaces qui se servent surtout du vent ascendant. Cela tient à ce que si l'envergure relative est en somme la même, la largeur de l'aile est très différente. Celle-ci est très grande chez les Rapaces, plus restreinte chez les Palinipèdes, comme la queue d'ailleurs et cela parce qu'une aile étroite et une

queue courte ou mieux de petite surface est nécessaire pour voler dans les grands courants d'air. Aussi l'acuité des ailes est-elle plus grande chez les Palmipèdes voiliers. Pour cette raison, ceux-ci possèdent une aile étroite et pointue. Les Rapaces voiliers au contraire ont une aile

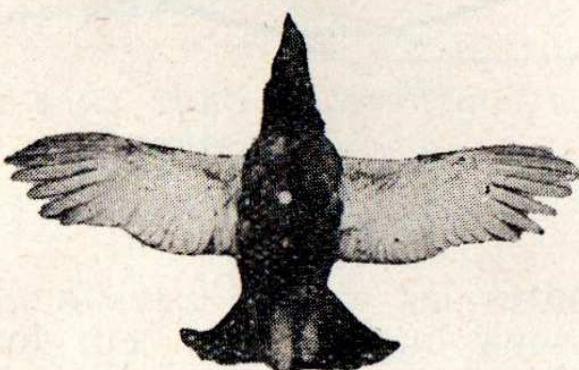


Fig. 9. — *Tetras lyre (gallinacé rameur)*

ovale, avec cette particularité que ses extrémités libres sont découpées en lanières par suite du rétrécissement brusque du bout des grandes pennes qui laissent alors entre elles des espaces interdigités variables mais toujours analogues.

Par contre, les Gallinacés ont une petite surface et une petite envergure relatives d'ailes. Tout en étant capables d'effectuer des planements de courte durée lorsque leur vitesse est insuffisante, ils ne peuvent progresser que grâce à des battements rapides. Ce sont de vrais rameurs.

Aussi on peut remarquer que leurs muscles moteurs sont très développés, alors qu'ils sont petits chez les voiliers. Ceux-ci qui battent le plus rarement possible des ailes n'ont pas besoin de dépenser de force pendant le vol à voile. De ce fait leur moteur est faible. Les Gallinacés qui ont de petites surfaces portantes, ne peuvent se soutenir dans les airs qu'en ramant violemment et ils fournissent dans ces conditions un effort musculaire considérable. D'où un moteur très puissant.

J'ai été obligé de donner ici des moyennes faute de place. Mais celles-ci ne sont pas factices. En effet, dans un même groupe d'oiseaux les surfaces alaires ou les envergures relatives sont toujours très voisines.

Enfin je dirai que les ailes des groupes ci-dessus présentent d'autres particularités que des différences de sur-



Fig. 10. — *La courbure de l'aile chez un palmipède voilier (albatros)*

face. Comme toutes les ailes d'oiseaux elles sont toutes concaves au-dessous quelque soit leur forme. La concavité longitudinale bien que très nette, n'est jamais très forte ; elle est à grand rayon pour toutes les espèces. La concavité transversale par contre est variable. (Fig. 10 et 11.)

Examinée sur sa face inférieure une aile montre d'abord à l'avant un plan résistant assez court, puis viennent les rémiges qui sont toujours arquées vers le bas et font avec le premier plan un angle plus ou moins accentué. Pour les Rapaces voiliers et les Gallinacés cet angle est grand, de 150° au moins. Chez les Palmipèdes voiliers, cet angle n'est plus pour beaucoup, que de 125° . Leur aile présente alors, étant donné son étroitesse, la forme d'une gouttière sur laquelle le vent a une action très efficace.

De plus les voiliers ont une aile très épaisse comparativement aux autres oiseaux ; celle-ci se révèle la plus épaisse chez l'albatros et la plus mince chez les rameurs terrestres comme les gallinacés.

Enfin le centre de gravité est placé très avant chez les voiliers, et se montre très rapproché du bord antérieur de l'aile. Il est situé plus en arrière chez les gallinacés rameurs, un peu en avant du milieu de l'aile seulement.

On voit donc que suivant le mode de vol utilisé par les oiseaux et suivant les conditions de ce vol, les caractéristiques varient. On s'en rendra mieux compte par les figures ci-jointes où les divers types d'oiseaux ont été ra-

menés aux dimensions qu'auraient les individus s'ils pesaient un gramme, ces dimensions ayant été ensuite réduites de moitié (Fig. 6, 7, 8, 9).

De même qu'il est indispensable de tenir compte de la structure du vent pour faire du vol à voile, il est tout

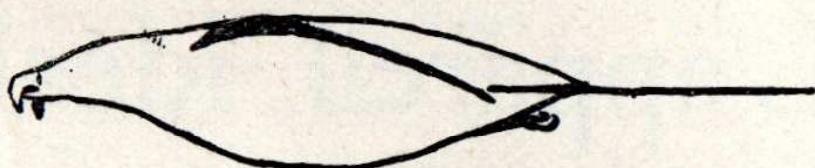


Fig. 11. — *La courbure de l'aile chez un rapace voilier (Gypaète)*

aussi indispensable de copier la structure particulière du voilier si l'on veut réussir à voler comme lui en se servant du vent, car il me semble qu'il doit être difficile de trouver un appareil doué d'une finesse et de qualités supérieures à celles du corps de l'oiseau.

(5 février 1922.)

○ ○ ○

L'appareil idéal de vol à voile

○ ○ ○

Si l'homme doit se servir du vent, dit horizontal, pour pratiquer le vol à voile, il lui faut posséder aussi un appareil organisé pour voler dans ces conditions. Il apparaît aussitôt qu'un tel engin doit être construit à l'image des oiseaux marins voiliers, lesquels possèdent une conformation particulière que j'ai mise en évidence antérieurement et qui est la conséquence du modelage par le milieu extérieur. Le corps et les ailes des individus de ce groupe représentent, en effet, la forme idéale pour un genre de vol déterminé et il y a par conséquent avantage à copier cette forme, puisque nous ne pouvons guère espérer faire mieux que la nature dans cette voie.

Jusqu'en 1913, on n'avait pas eu recours, pour la construction des avions aux données que peut fournir l'étude des oiseaux.

On pensait, en effet, que passer de la nature à l'engin, c'était faire une extrapolation qui ne paraissait pas justifiée et l'on se basait, pour cela, sur cette affirmation déjà ancienne que les oiseaux sont incapables de voler au delà d'une certaine taille. On prétendait que les gros oiseaux

sont dans un état d'infériorité manifeste par rapport aux autres en ce qui concerne l'aptitude au vol, en raison de la diminution relative de la surface des ailes quand le poids du corps augmente, argument sans valeur, puisque comme je l'ai prouvé, cette loi résulte d'un artifice mathématique. Pour appuyer cette thèse, on donnait comme exemple l'autruche qui pèse jusqu'à 75 kilogs et qui ne vole pas. L'inaptitude au vol de cette espèce ne tient pas à une question de poids, puisqu'on connaît de petits oiseaux qui ne volent pas comme l'apteryx ou qui ne volent presque plus comme le troglodyte ; elle est la conséquence pour les uns comme pour les autres d'une adaptation à un genre de vie particulier qui a exclu peu à peu la nécessité du vol. D'ailleurs il est facile de prouver que la taille ne constitue pas un empêchement à la locomotion aérienne. Il a existé à l'époque crétacée de grands pterodactyles, les pteranodons qui vivaient en Amérique et dont l'envergure atteignait 9 mètres. J'ai indiqué que leur poids devait être environ de 300 kilogs. Il y a donc eu autrefois des êtres volants presque aussi lourds que des avions. Il y en a peut être eu de plus lourds que nous ne connaissons pas et si nous ne voyons plus à l'heure actuelle de volateurs aussi pesants, cela tient par conséquent, non pas à ce que au-dessus d'un poids de 15 kilogs un oiseau ne peut plus voler, mais à d'autres causes.

Les comparaisons étendues que j'ai faites entre les divers groupes d'oiseaux m'ont montré que contrairement à ce qu'on croyait, il était possible d'utiliser avantageusement les chiffres donnés par la nature malgré les grandes différences de poids qui existent entre un oiseau et un avion. Au cours des recherches que j'ai poursuivies sur le vol, j'ai pu rendre évident que les caractéristiques des oiseaux varient de façon considérable suivant que ceux-ci pratiquent le vol ramé, le vol ramo-plané, ou le vol à voile. Par contre les dimensions relatives sont assez voisines lorsqu'on considère des espèces douées d'un même mode de vol, et cela quelque soit leur poids, pour qu'on puisse dire qu'il y a pour ainsi dire une constante en ce qui concerne chacune de ces dimensions. Il était donc logique de penser que, puisqu'un oiseau de 10 grammes apparte-

nant à un groupe déterminé possède une surface alaire relative, une largeur d'aile relative... très proches de celles d'un individu du même groupe pesant 10.000 grammes, il en serait de même s'il y avait à l'heure actuelle des oiseaux de 100.000, 500.000, 1.000.000 de grammes.

Dans l'étude que j'ai effectuée sur les oiseaux, j'ai employé une méthode personnelle. Pour obtenir des rapports homogènes et faire des comparaisons utiles entre chaque groupe, j'ai rapporté le poids réel des organes du vol, des ailes par exemple, au poids du corps, les longueurs et les largeurs des ailes, de la queue... à la longueur du corps donnée par la racine cubique du poids, les surfaces alaires, caudales... à la surface du corps donnée par la racine cubique du poids porté au carré, suivant la formule générale :

$$\frac{A}{B} = a$$

dans laquelle A représente la dimension, poids ou surface étudiée, B, le poids de l'oiseau, la racine cubique de ce poids ou celle-ci portée au carré, P étant exprimé en grammes et enfin a, le rapport de ces deux chiffres.

Grâce à cette formule, la recherche des dimensions d'un monoplan devient très facile. Si cet appareil doit être construit à l'image des oiseaux marins voiliers par exemple, le rapport a nous est connu : c'est le chiffre moyen que j'ai trouvé pour chacune des dimensions relatives concernant les espèces de ce groupe. B nous est connu aussi, puisque c'est le poids qu'aura en ordre de marche l'avion futur, la racine cubique de ce poids simple ou porté au carré selon que l'on considérera un poids, une longueur ou une surface. Par conséquent, nous obtiendrons A, c'est-à-dire les poids, longueurs, surfaces réelles en multipliant B par a. Calculons par exemple les dimensions d'un monoplan idéal dont le poids serait en ordre de marche de 750 kilogs, copiant d'abord un rapace voilier, puis un oiseau marin voilier, enfin un gallinacé,

groupes dont j'ai donné les caractéristiques précédemment. Voici ces dimensions réelles :

	Type Rapace voilier	Type Palmipède voilier	Type Gallinacé rameur
Surface des ailes.....M ²	22	17 50	6 60
Poids des 2 ailes.....Kgs	170 850	142 750	68 775
EnvergureM.	13 50	13 50	6 90
Profondeur des ailes.....M.	2 28	1 49	1 36
Longueur de l'appareil..M.	5 50	5 80	4 35
Longueur de la queue...M.	2 45	1 55	1 10
Surface de la queue.....M ²	6 20	2	1 50
Poids de la queue.....Kgs	8 250	3 225	1 800

Ces chiffres sont susceptibles d'application directe en ce qui concerne de tels engins. Le fuselage très raccourci que j'indique est d'une réalisation parfaite. En me basant sur le résultat de mes recherches, j'avais conseillé en 1913 la réduction du fuselage des appareils de l'époque, fuselage qui était alors beaucoup plus long que celui d'un avion construit en faisant le report de l'oiseau à l'aéroplane. Le monoplan Ponnier qui prit part en 1913 à la Coupe Gordon-Bennett et se classa second à moins d'une minute du premier, bien qu'essayé pour ainsi dire seulement au moment même de la course, fut la première application en même temps que la justification de mes études. M. l'Ingénieur Pagny qui dessina cet engin de course, tenant compte de mes communications à l'Académie des Sciences, ne lui donna, en effet, que 5 m. 50 de longueur et en fit alors l'appareil le plus court.

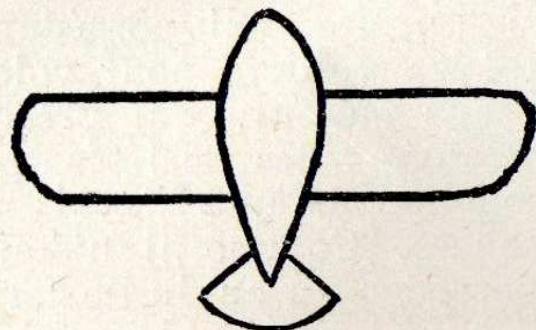
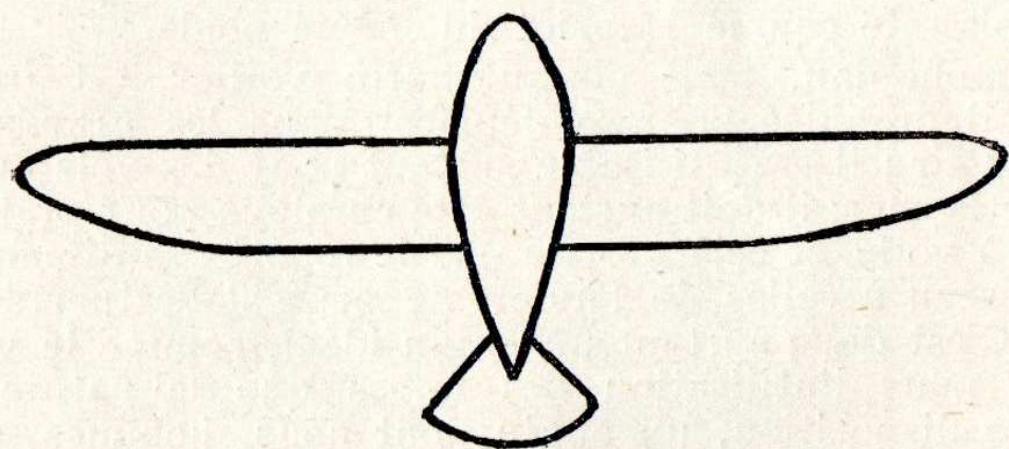
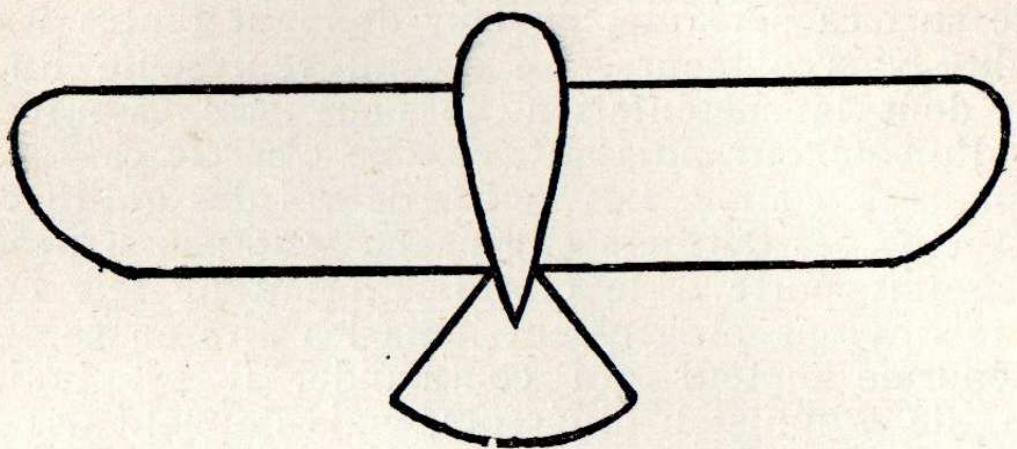
Mais les monoplans de 750 kilogs des types rapace voilier et gallinacé rameur dont je donne les dimensions dans le tableau ci-dessus, peuvent-ils servir de modèles pour la construction de certains appareils d'aviation ? Sans aucun doute, si l'on s'en tient au mode de vol des oiseaux dont ils sont la copie. Le premier constitue évidemment un engin conçu pour des vols à voile par vent ascendant et pour des planements de longue durée. Construit à l'image d'un aigle, d'un gypaète... il possède certainement la meilleure finesse pour de tels vols et il est parfaitement justifié de s'inspirer de ses caractéristiques pour cher-

Fig. 12

Monoplan de 750 kgs copiant un rapace diurne voilier.
(réduit au 1/200^e)

Monoplan de 750 kgs copiant un palmipède voilier
(réduit au 1/200^e)

Monoplan de 750 kgs copiant un gallinacé rameur
(réduit au 1/200^e)



cher à accroître le coefficient de sécurité des avions à grande surface portante, en leur donnant toutes les qualités des bons planeurs. Le second représente un aéroplane dont la sustentation ne peut être assurée qu'à l'aide d'un moteur puissant, comme c'est le cas pour les monoplans de course. Les modes de vol des gallinacés rameurs et de ces derniers engins ne sont pas si différents qu'on serait porté à le croire. En fait de tels oiseaux et de tels avions progressent dans les airs en se servant d'un énorme moteur qui commande, il est vrai, des moyens de propulsion différents, mais donnant des résultats identiques ; ils planent, aussi, de la même manière entre deux ronflements de moteur ou au moment d'atterrir, grâce à la vitesse acquise. Il est d'ailleurs intéressant de constater qu'un monoplan idéal du type gallinacé calculé pour un poids de 750 kilogs par ma méthode, offre des dimensions très voisines de celles que possède le monoplan de course Hanriot du même poids.

Le monoplan, type oiseau marin voilier, est lui, un appareil organisé pour se déplacer dans les grands courants d'air ; il est utilisable surtout pour des vols au-dessus de la mer ; il doit surtout être employé pour pratiquer le vol à voile, et cela prouve que le report des dimensions de l'oiseau à celles de l'avion ne peut s'effectuer au hasard. C'est donc surtout un engin idéal, comme le voilier marin pour l'utilisation des forces que la nature met à notre disposition, un engin dont nous, hommes, avons intérêt à nous servir parce qu'il peut voler et se soutenir dans l'air par des moyens qui sont véritablement à notre portée.

Ce sont toutes ces considérations qui m'ont amené, en 1913, à vouloir engager l'aviation dans une voie nouvelle et à tenter des expériences de vol à voile. J'ai, dans ces conditions, conçu un appareil possédant les caractéristiques des palmipèdes voiliers pour voler avec l'aide du vent horizontal, sans moteur. J'ai présenté cet avion le 16 avril 1914 au Congrès des Sociétés Savantes en même temps que les conclusions que j'avais pu tirer de mes premières expériences. Comme il n'était pas nécessaire pour réussir de posséder un engin de forte taille, j'ai calculé mon appareil pour un poids de 150 kilogs, pilote com-

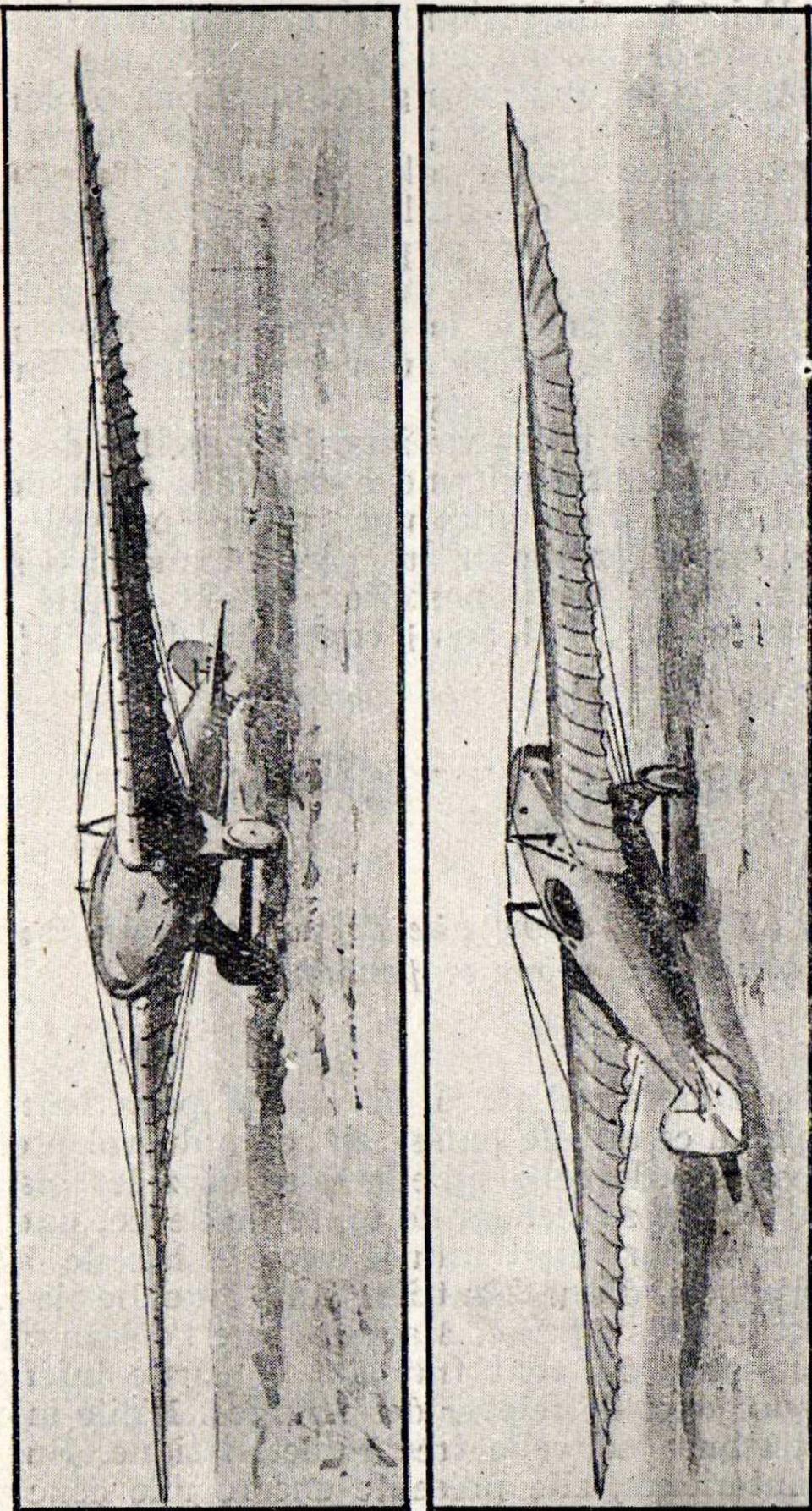


Fig. 13. — Appareil conçu par l'auteur en 1914 pour pratiquer le vol à voile par vent horizontal

pris, au moyen de la formule dont j'ai donné l'explication plus haut. Voici les dimensions de cet aéroplane :

Poids en ordre de marche, 150 kgs ; poids à vide, 80 kgs longueur totale, 3 m. 40 ; envergure, 7 m. 91 ; profondeur moyenne des ailes, 0 m. 87 ; longueur de chaque aile, 3 m. 53 ; surface de chaque aile, 3 mq. 11 ; longueur de la queue, 0 m. 90 ; surface de la queue, 0 mq. 70 ; poids de chaque aile, 14 kgs 175 ; épaisseur de l'aile au tiers interne, 0 m. 10 ; longueur de fuselage en avant des ailes, 1 m. 10 ; hauteur de la carène au maître couple, 0 m. 80 ; largeur de la carène au maître couple, 0 m. 85 ; hauteur de l'appareil, 1 m. 45.

Ainsi que les palmipèdes voiliers, l'appareil a des ailes très effilées possédant la forme exacte des ailes de ces oiseaux. J'ai donné à ces ailes une grande épaisseur, surtout dans la moitié proche du fuselage, et une disposition en gouttière, leur tiers postérieur étant replié vers le bas d'environ 60° . J'ai aussi conçu un dispositif lais-



Fig. 14. — *La forme d'une aile de voilier marin vue en coupe, au repos et pendant le vol*

sant une certaine élasticité à la moitié postérieure de l'aile, de façon à ce qu'elle puisse au cours du vol prendre une forme voisine de celle qu'elle offre chez les oiseaux voiliers. J'ai dit qu'en dehors de toute influence, une aile de palmipède voilier, était arquée vers le bas de 60° et présentait l'aspect d'une gouttière sur laquelle le vent avait une action très efficace. Mais dès que l'oiseau vole à voile, la puissance du vent frappant la partie inférieure de l'aile a pour effet de relever des rémiges. L'aile montre alors une courbure nouvelle très caractéristique. Sur ses deux tiers antérieurs, elle présente encore une concavité inférieure sinon très accusée, du moins assez nette. Par

contre, le tiers postérieur se relève de manière à offrir une légère concavité tournée vers le haut, comme l'indique la figure 14. Pour arriver à ce résultat, j'ai remplacé le bois de chacune des nervures des ailes dans leur tiers postérieur par une lame d'acier assez flexible pour permettre à la partie arrière de l'aile de se relever et de vibrer, en fait d'être active sous l'action du vent, comme cela a lieu dans la nature. J'ai enfin relevé un peu l'extrémité des ailes, ainsi que cela se produit chez le voilier pendant le vol. En outre, en même temps que l'avion était pourvu d'une grande envergure et d'une petite profondeur d'ailes, il était muni d'une queue raccourcie, ou mieux, de petite surface. J'ajouterai qu'un tel appareil doit posséder une stabilité longitudinale et une stabilité transversale excellente, condition indispensable pour qu'il soit piloté convenablement et qu'il puisse conserver son équilibre au milieu des courants d'air et au moment des rafales. Il faut donc lui donner tous les dispositifs en usage sur les avions actuels pour être assuré de le diriger facilement et éviter de capoter, accident qui est beaucoup plus fréquent qu'avec les appareils usuels.

(20 mars 1922).

○ ○ ○

Le pilotage de l'avion de vol à voile

○ ○ ○

S'IL est indispensable, pour pratiquer le vol à voile par vent horizontal, de posséder un appareil organisé pour ce genre de locomotion aérienne, il est encore plus indispensable de savoir le piloter.

Pour entreprendre des essais fructueux de vol à voile, il faut tout d'abord faire choix d'un lieu propice. On doit choisir pour les expériences la mer, une plaine rase, un large plateau où souffle le vent. La démonstration de cette nécessité a été fournie par Mouillard. Il avait acheté 4 puffins cendrés. En lançant les 3 premiers en l'air ou du haut d'un observatoire il ne put obtenir le moindre vol. Il emporta alors le quatrième sur un terrain nu, sans herbe dont le sol était plat comme une glace. Il y ventait frais de l'ouest. L'oiseau se mit le bec au vent, prit sa course, parcourut une centaine de mètres, puis d'un seul bond en prenant le vent, s'envola à une vingtaine de mètres. J'ai répété plusieurs fois cette expérience avec divers voiliers. Si on les place dans des endroits abrités, où le vent ne donne pas, ou donne mal, ces oiseaux ne montrent aucune velléité de s'élever. Jetés même d'une certaine hauteur, ils ne peuvent exécuter d'envolées sérieuses. On les voit battre des ailes avec effort pour éviter la chute fatale, eux les maîtres du vol sans battement. Par contre, si on les transporte dans une région

dénudée, ou sur un plateau nu, on les voit bientôt s'enlever contre le vent et filer, les ailes immobiles dans un balancement harmonieux, de la même façon que s'ils se trouvaient au-dessus de l'Océan.

Une fois en possession d'un terrain favorable, on doit apprendre à s'élever contre le vent, opération qu'il est assez facile de réaliser si les conditions voulues se trouvent réunies. Les essais auxquels je me suis livré m'ont permis de définir le procédé à employer pour gagner de la hauteur avec un bon avion de vol à voile.

Il suffit pour cela d'imiter les manœuvres des voiliers, des Fous de Bassan, par exemple, lorsqu'ils font de la hauteur avec le vent qu'ils reçoivent de face. Aussitôt que le vent croît en vitesse, leurs ailes se déforment de façon particulière ; celles-ci prennent, vues de face, la forme d'un V très obtus dont les branches feraient entre elles un angle de 170° , tandis que les extrémités du fouet se recourbent plus ou moins vers le haut. En même temps les rémiges de l'aile portante très arquées vers le bas, se relèvent sous l'action du vent, ce qui donne à la section de cette aile une double courbure caractéristique que j'ai décrite précédemment. A ce moment, les Fous sentent qu'ils sont portés et en mesure de gagner de la hauteur. Afin d'aider à cette montée, ils raccourcissent alors leur cou pour ramener un peu en arrière leur centre de gravité ; ils étalent leur queue et la redressent de manière à lui faire faire avec l'axe du corps un angle déterminé, variable suivant la force du vent et d'autant plus obtus que celle-ci est plus grande (Fig. 15).

La progression du voilier contre le vent est toujours assez lente. Lorsque la vitesse du vent est inférieure à 4 mètres par seconde, l'oiseau, qui tient alors ses ailes largement déployées, met le plus souvent plusieurs secondes à gagner un mètre en hauteur. Dès que la vitesse du vent oscille entre 8 et 10 mètres à la seconde, la plupart des voiliers exécutent les plus beaux vols à voile. Leur ascension contre le vent est alors élégante et facile ; elle est en moyenne de 1 mètre par seconde et s'effectue sous un angle assez grand. Aussitôt que la vitesse du vent dépasse 12 mètres à la seconde, l'élévation du voilier devient plus brutale, si brutale même que l'oiseau

est obligé de diminuer sa surface alaire pour donner moins de prise au vent. L'ascension est souvent presque perpendiculaire et se traduit quelquefois par un recul. Cette montée est aussi plus rapide et peut dépasser 3 mètres à la seconde. Tous les vrais voiliers sont capables d'utiliser les vents, quelle qu'en soit pour ainsi dire la force. On a prétendu que dans nos régions on ne rencontrait pas de vrais voiliers et que pour cette raison, il était difficile d'étudier le vol à voile. Cette affirmation est absolument inexacte. Sur les côtes de France même, on peut observer les Fous de Bassan, les Puffins cendrés.

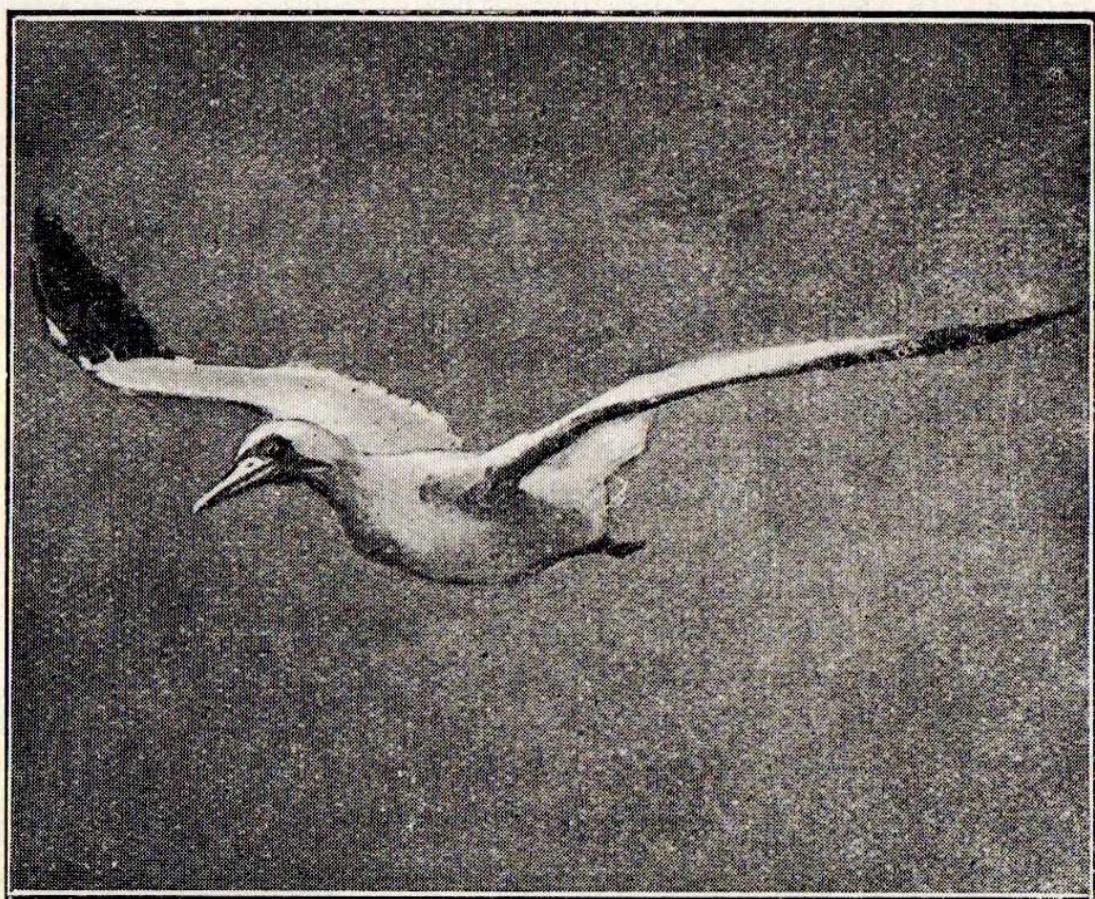


Fig. 15. — *Fou de bassan volant contre le vent*

et les grands Goélands dits Marins, qui se révèlent à l'étude comme des volateurs de premier ordre.

Le plus souvent, lorsque la rafale atteint son maximum, les oiseaux voiliers exécutent un virage plus ou moins large et aussitôt que la rafale décroît, ils filent sur l'air avec le vent arrière. Le plus fréquemment, ils redescen-

dent le fil du vent avec une grande vitesse ; ils ramènent alors les pointes de leurs ailes en arrière et cela d'autant plus qu'ils veulent aller plus vite. Alors qu'en général les voiliers suivent le vent avec une vitesse moyenne de 30 à 40 kilomètres à l'heure, ils parviennent souvent à atteindre le soixante en fléchissant leurs ailes et en inclinant leur queue vers le bas. Au cours de ce vol avec vent arrière, l'oiseau perd de la hauteur, mais il sait fort bien ne donner à sa trajectoire qu'un angle de chute insignifiant, presque nul.

Enfin lorsqu'une nouvelle rafale approche, l'animal se présente à nouveau le bec au vent et reprend de la hauteur.

J'insisterai, en outre, sur ce point que tous les voiliers possèdent à l'instant où ils se présentent contre le vent une certaine vitesse qu'ils ont acquise en courant à la surface des flots, en se lançant d'un rocher ou après avoir exécuté une descente plus ou moins rapide dans le sens du vent.

Voilà les manœuvres habituelles des oiseaux voiliers, celles qu'ils exécutent le plus volontiers, parce que les plus commodes. Ce sont ces manœuvres que j'ai essayé de reproduire au cours de mes expériences de vol à voile à l'aide de l'appareil dont j'ai donné antérieurement la description. Pour faciliter le départ et obtenir dès le début une hauteur favorable, j'ai utilisé un plan incliné relevé à sa partie inférieure. Un avion lancé sur un tel plan retombe sur le sol après un bond plus ou moins long, si la lancée contre le vent s'effectue sans méthode et sans précision. Au contraire j'affirme qu'on peut pour ainsi dire à coup sûr lui faire gagner de la hauteur si cette lancée a lieu au moment où une rafale commence, au moment où la force du vent est croissante. Dans ces conditions, lorsque l'appareil a quitté le plan incliné, on sent bien-tôt qu'il est porté par le vent. Les ailes, comme chez les oiseaux, prennent de face en raison de leur construction, une forme en V et se relèvent à leur partie postérieure normalement très arquée, grâce au dispositif que j'ai employé. A ce moment, il suffit pour aider la montée, de relever le gouvernail de profondeur et cela d'autant moins que la force du vent est plus grande. L'incidence qui

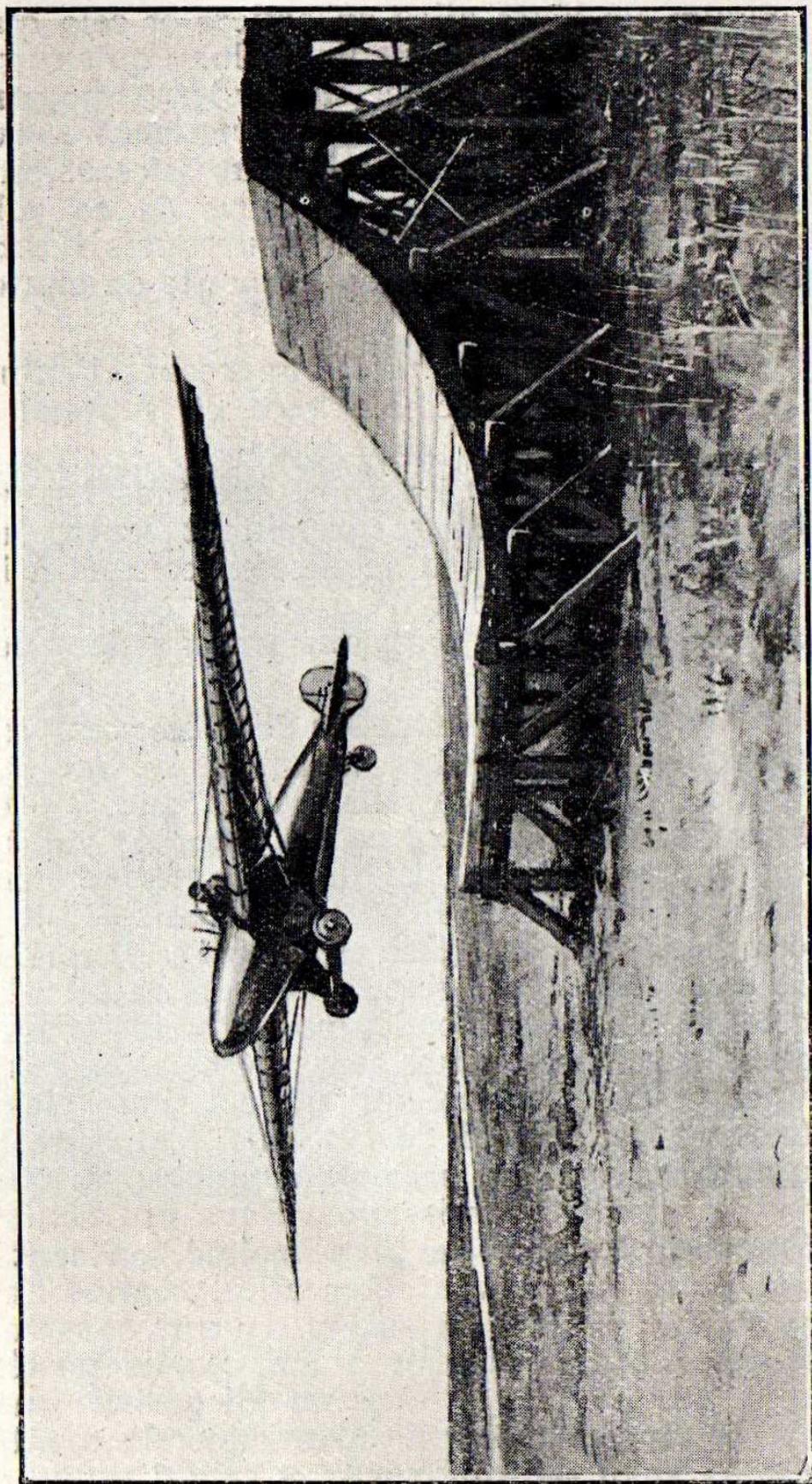


Fig. 16. — Plan incliné servant au lancement de l'avion de vol à voile

peut être de 30° pour un vent de 4 mètres ne doit pas dépasser quelques degrés pour un vent dépassant 12 mètres à la seconde. Je puis dire qu'en opérant ainsi on réussit à gagner de la hauteur avec l'appareil dans les mêmes conditions que celles décrites par moi pour le Fou de Bassan, c'est-à-dire avec une progression très lente pour des vents faibles et plus rapide pour des vents forts. La seule difficulté réside dans le maniement du gouvernail de profondeur, toute exagération menant surtout avec les vents assez puissants, un capotage inévitable. L'avion prend de la hauteur dès que le vent souffle à une vitesse de 6 mètres à la seconde, mais c'est lorsque cette vitesse est de 8 à 10 mètres à la seconde que la montée est la plus facile à réaliser ; elle est assez rapide sans être encore dangereuse.

Pour mes expériences, j'ai muni ma machine aérienne de deux roues à l'avant et d'un patin à l'arrière. Ce dispositif a l'avantage de permettre des départs faciles avec le plan incliné et d'assurer les atterrissages, mais il est certain, par contre, qu'il constitue une résistance à l'avancement dans l'air et qu'il diminue la finesse de l'appareil. Il est évident qu'il y aurait intérêt à concevoir un train d'atterrissement qui laisserait à l'engin de vol à voile une forme plus propice. Les patins allemands représentent peut-être un progrès, mais non une solution de la question. Enfin, de manière à suivre les variations du vent, j'ai fixé à l'avant une sorte d'anémomètre qui indique au pilote le moment où le vent commence à croître, son maximum et le début de sa décroissance. Ce système, qu'il serait très intéressant de perfectionner, m'a rendu de grands services.

J'ai donné jusqu'ici les indications utiles pour le vol à voile le plus usuel. Mais il est bon de faire remarquer que le vent n'a pas toujours la structure que j'ai pris comme type courant. Quelquefois, la période croissante est à ressauts, pendant lesquels le vent, bien que toujours croissant à sa vitesse qui décroît un peu et momentanément. L'appareil de vol à voile subit de ce fait lors de la montée des arrêts, des débuts de descente contre lesquels il est assez facile de réagir. D'autres fois, le vent est formé d'une série de pulsations qu'on peut comparer à un train

d'ondes hertziennes, les unes étant plus fortes que les autres. La conduite de l'appareil est dans ces conditions plus délicate, mais comme ces pulsations ne sont jamais très courtes, et durent souvent plusieurs secondes, j'ai eu la conviction au cours de mes expériences qu'il était possible de les suivre avec les commandes et d'assurer assez vite l'équilibre de l'avion.

Pour terminer, je dirai que les oiseaux voiliers savent tirer parti de tous les vents, qu'ils savent évoluer contre et par tous les vents, lorsqu'ils estiment qu'il y a lieu pour eux de ne plus s'en tenir au vol classique que j'ai décrit. S'ils sont à même d'utiliser les vents ascendants au moment voulu, lorsqu'ils en rencontrent, le long des côtés élevées par exemple, ils peuvent se déplacer aussi dans toutes les directions, par conséquent effectuer des voyages, et cela quelle que soit la direction d'où souffle le vent. S'ils veulent aller en ligne droite, contre le vent, ils gagnent de la hauteur lorsque la vitesse du vent est croissante et ils profitent des périodes d'accalmie pour avancer, plus ou moins vite, en descente planée.

Si tous les essais que j'avais réalisés en 1914, avant la guerre, ne m'ont pas permis, faute de subsides suffisants de pratiquer des vols à voile ininterrompus au sens réel du mot et ne m'ont fourni que la preuve de la possibilité de s'élever contre le vent, ils m'ont apporté toutefois la certitude que pour voler à voile, il faut réunir trois conditions. Il faut avoir du vent coupé de rafales et s'en servir de façon bien déterminée ; il faut posséder un appareil conçu pour de telles envolées et dont la forme doit se rapprocher le plus possible de celle d'un voilier marin. Il faut enfin et surtout apprendre à manier, à monter un tel engin comme on apprend à monter à bicyclette ou à nager.

Les oiseaux eux-mêmes apprennent à voler à voile. En vérité, ils n'ont pas le sens inné de ce mode de vol. Il suffit pour s'en rendre compte, d'assister aux premières tentatives de vol des jeunes Fous ou des jeunes Puffins. Ceux qui doivent plus tard se révéler comme de si beaux voiliers, sont au début de piètres volateurs. Ils ont peur de se lancer ; ils ont peur du vent qui les culbute. Ils ne savent pas se servir de leurs longues baguettes alaires,

ni de leur queue, sur laquelle le vent a une action qui les effraie. Leurs premières évolutions sont édifiantes pour l'homme qui veut voler à voile. Eux, les futurs maîtres du vol à voile, du vol sans battement, battent fréquemment des ailes pour corriger une fausse manœuvre. Ce n'est que peu à peu qu'ils arrivent à voler contre le vent, à virer, à être maîtres de leur queue qui, tout d'abord, les avait tant gêné dans leurs essais.

La nature est le plus beau livre pour l'homme qui désire voler, mais il ne suffit pas de le penser, il faut avoir le courage de lire dans ce livre.

(20 avril 1922).

○ ○ ○

Réflexions à propos des Concours d'avions sans moteur de Clermont-Ferrand et du Rhön

○ ○ ○

L'OPINION publique s'est intéressée tout particulièrement et à juste titre au Congrès d'Aviation sans moteur de Clermont-Ferrand. Elle s'étonne cependant, en raison des performances accomplies en Auvergne et surtout au Meeting du Rhön, de voir, à l'heure actuelle, certaines personnalités émettre des doutes sur l'intérêt des

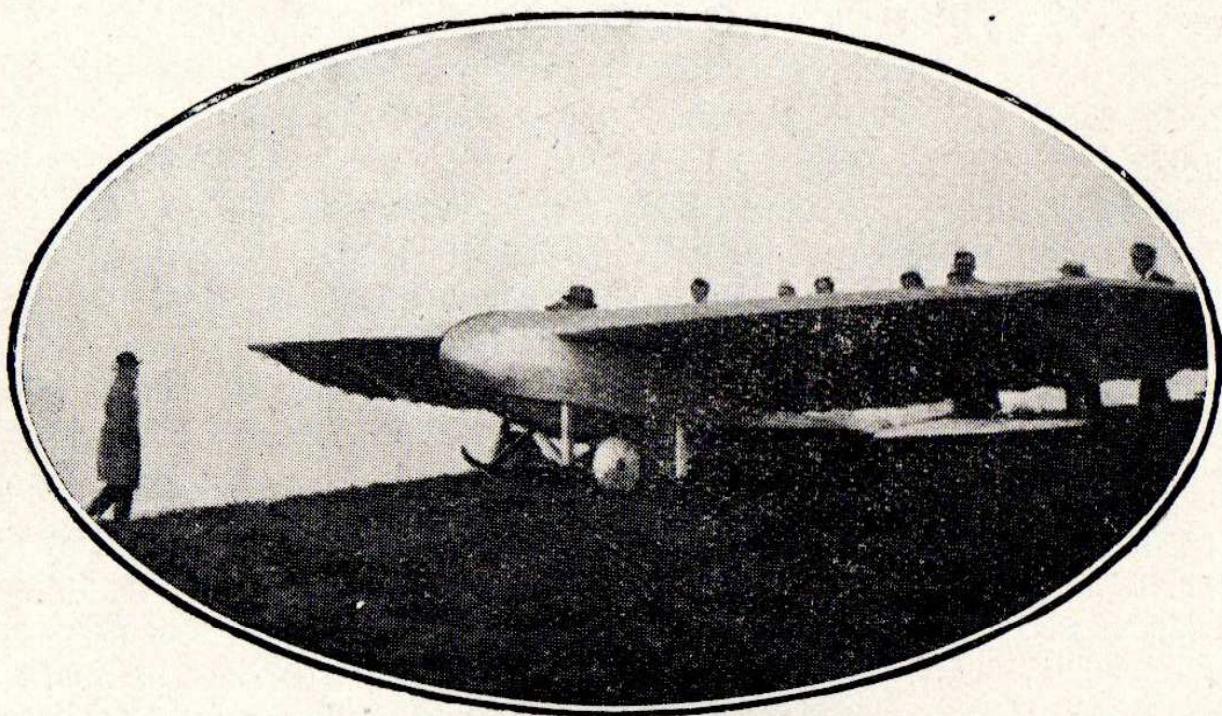


Fig. 17. — *L'appareil de vol à voile Dewoitine.*

résultats déjà obtenus et conseiller aux Français d'en rester là et de ne pas poursuivre des expériences dangereuses et sans avenir. Le public se demande en effet qui il doit croire: ceux qui sont partisans de l'aviation sans moteur ou ceux qui, nombreux, ne voient dans les vols de Combegrasse et dans les promenades aériennes de trois heures, de l'Allemand Hentzen, que des exercices d'adresse.

Y a-t-il lieu de suivre les conseils de ces derniers et de renoncer à vouloir rattraper l'avance prise par les Allemands? Est-il préférable de croire ceux qui prétendent que la réalisation du vol à voile présente pour l'aviation future une importance considérable?

Or il est un fait indiscutable c'est que, même au Puy de Combegrasse, on a assisté à autre chose qu'à des essais

simplement sportifs. Tout comme en Allemagne, certains de nos pilotes ont réussi à faire du vol à voile. Sur quoi se basent donc les personnes qui affirment que rien d'utile ne peut sortir de ces « jeux » et que les « acrobaties » des conducteurs d'avions voiliers seront sans lendemain? Sur des recherches personnelles, sur des résultats d'expérience? Pas le moins du monde, car beaucoup n'appuient leur thèse que sur leur propre affirmation et quelques-uns ignorent même ce qu'est le vol à voile de l'oiseau qu'il s'agit d'imiter.



Fig. 18. — *Avion voilier Dewoitine en vol.*

Il n'est pas inutile de rappeler ici en quoi consiste le vol à voile. On a dénommé ainsi le genre de locomotion aérienne que pratiquent presque exclusivement certains oiseaux qui, les ailes toutes grandes ouvertes, évoluent dans les airs pendant des heures entières, sans paraître exécuter aucun mouvement, sans donner en fait aucun coup d'aile. Il ne faut pas confondre surtout ce mode de vol avec le vol plané. Pendant le vol plané, le Rapace par exemple, ses grandes ailes étendues à angle droit avec l'axe du corps, glisse sur l'air en ligne droit ou décrit des orbes successifs, mais toujours en perdant de la hauteur ; il effectue ce vol, même si l'air est calme. Il se laisse en réalité descendre sous l'action de la pesanteur, en se servant de l'action de l'air sous ses ailes pour diminuer le plus possible son angle de chute. Le vol plané est réalisable aussi par l'avion ordinaire, moteur arrêté ou privé de moteur. Un aéroplane dont le moteur est coupé, alors qu'il progresse dans l'espace ou un avion sans moteur lancé d'une certaine hauteur, descend en effet plus ou moins lentement, selon une trajectoire dont l'inclinaison varie suivant les qualités et le profil de l'appareil. En ce qui concerne les oiseaux bons planeurs, comme les Gypaètes, les Aigles, les Buzards, la trajectoire qu'ils suivent dans leurs déplacements, est souvent si voisine de l'horizontale qu'ils perdent peu de hauteur. Mais alors que les bons oiseaux planeurs planent, suivant l'expression en usage, de 18 à 20 fois leur hauteur, les meilleurs avions actuels ne planent guère plus de 12 fois leur hauteur, ce qui veut dire qu'un Buzard, par exemple, qui se trouve à 500 mètres d'altitude pourra réussir à parcourir en planant 10 kilomètres avant de toucher le sol, alors qu'un aéroplane atterrira au bout de 6 kilomètres de descente planée.

Dans le vol à voile, au contraire, le volateur plane si l'on veut, mais il ne perd pas de hauteur dans l'ensemble ; il en gagne même à tout instant. Il ne développe pas pour cela de force musculaire, en ce sens qu'il ne bat pas des ailes pendant des laps de temps considérables. Il n'extract pas la force nécessaire pour pratiquer ce genre de vol du travail de ses muscles. Il la trouve dans le milieu extérieur. C'est le vent qui représente la puissance

utilisée par certaines espèces d'oiseaux pour voler à voile sans fatigue. Ce vol, en effet, qui peut être continu, exige pour se produire l'existence d'un vent plus ou moins fort et son action sous les ailes.

Il existe, comme je l'ai montré, deux formes de vol à voile. Dans le premier cas, l'oiseau se sert des courants

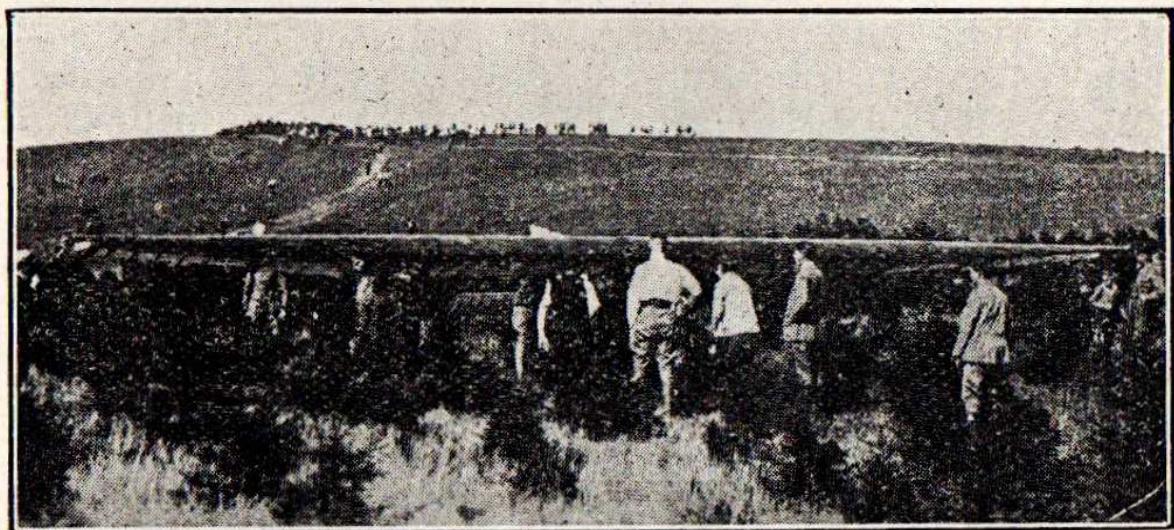


Fig. 19. — *Un atterrissage du monoplan Hannover de Hentzen dans le concours du Rhon*

ascendants, du vent rendu ascendant parce qu'il rencontre un plan plus ou moins fortement incliné sur l'horizon, une montagne ou une falaise, du vent rendu ascendant par suite de l'échauffement de l'air au niveau du sol. Beaucoup d'oiseaux savent profiter de ces courants ascendants quand ils en trouvent, mais ce sont surtout les Rapaces : Vautours, Gypaètes, Aigles, Buzards, Buses, Milans, qui pratiquent le vol à voile au moyen de tels vents et il semble, d'après les observations que j'ai pu faire qu'ils soient capables d'être renseignés sur l'emplacement des zones où le vent a une composante ascendante. Lorsqu'ils sont dans une telle zone, ils montent à de grandes hauteurs en décrivant des cercles plus ou moins larges, la queue largement étalée, comme les ailes et cela sans le moindre battement, puis ils descendent en planant pour recommencer une nouvelle ascension. Or ces oiseaux, qui volent à voile aussi en se servant des vents horizontaux faibles, à l'exclusion des vents violents qui les bousculent

et les roulent, possèdent à cet effet des caractéristiques particulières : ils ont des ailes longues, larges et épaisses, à faible courbure et une queue longue et large qui fait office de *surface portante* quand elle est étalée.

Dans le second cas, l'oiseau utilise de préférence le vent horizontal fort ; tel est le cas des Palmipèdes marins, comme l'Albatros, la Frégate, le Fou de Bassan... Les ailes plus ou moins étendues, suivant la force du courant aérien, ces espèces ne donnent pas un seul coup d'aile, se balançant seulement pour maintenir leur équilibre. Du vent, contre lequel il se présente, l'animal fait de la hauteur.

Les voiliers marins exécutent leurs meilleurs vols avec le vent horizontal coupé de rafales, c'est-à-dire renforcé par moments. Ce sont ces rafales qui constituent la base du vol pour les Palmipèdes marins.

Lorsqu'on cherche à définir la structure d'une telle sorte de vent, on se rend compte qu'il possède une puissance maxima vers le milieu ou vers la fin de la rafale et une puissance minima lorsque la rafale est passée. Entre ces deux extrêmes, il existe une période correspondant à l'arrivée de la rafale, à son début, où la force du vent croît et une période correspondant à la fin de la rafale où la force du vent faiblit. On remarque en outre qu'un tel vent est composé d'une série de pulsations rapides qui se succèdent comme un train d'ondes et qui sont d'autant plus nettes que la vitesse du vent est plus grande.

Or les voiliers marins, qui apparaissent comme capables d'analyser le vent, utilisent les rafales de façon particulière et toujours identique. C'est sur les rafales qu'ils manœuvrent volontairement.

C'est toujours au moment où la rafale commence, c'est-à-dire lorsque le vent croît en force, que les oiseaux se présentent le bec au vent et toujours de ce vent qu'ils reçoivent de face ils font de la hauteur. Toujours aussi, ils possèdent, comme tous les autres voiliers d'ailleurs, à l'instant où ils se présentent contre le vent, une certaine vitesse, qu'ils ont acquise en se lançant d'un rocher, en courant à la surface des flots ou après avoir exécuté

une descente plus ou moins rapide sur les couches d'air dans le sens du vent.

Le plus souvent, le voilier, lorsque la rafale atteint son maximum, exécute un virage plus ou moins large et aussitôt que la rafale décroît, il file sur l'air avec le vent arrière. Enfin dès qu'une nouvelle rafale approche, l'ani-

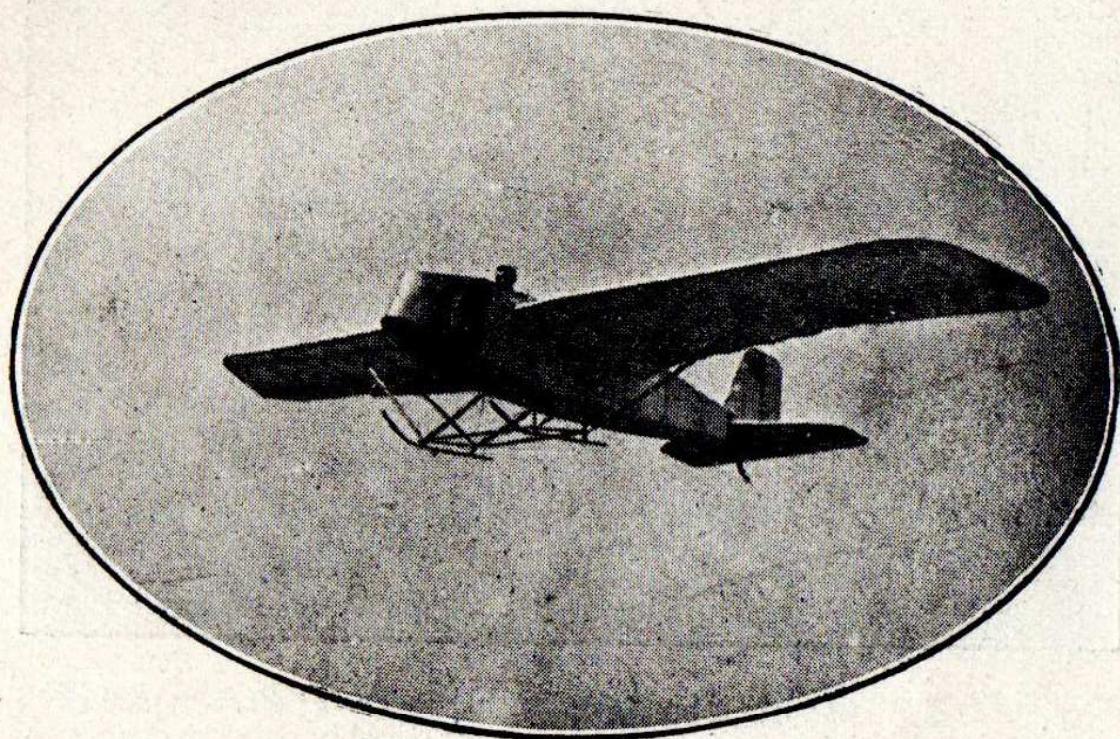


Fig. 20. — *L'avion à voile école Stuttgart en vol*

mal se présente à nouveau le bec au vent et reprend de la hauteur ; il effectue de préférence ce manège au-dessus de son lieu de pêche, mais il sait aussi évoluer dans toutes les directions. S'il veut aller en ligne droite contre le vent, il gagne de la hauteur, lorsque la vitesse du vent est croissante et il profite des périodes d'accalmie pour avancer en descente planée. Il progresse ainsi dans le même sens, suivant une trajectoire ondulée qui rappelle le profil d'une montagne russe. Les voiliers marins sont susceptibles d'accomplir en effet des randonnées aériennes de plusieurs centaines de kilomètres, la Frégate, d'après certains observateurs dignes de foi pouvant parcourir beaucoup plus de 1.000 kilomètres pendant le jour.

Les Rapaces voiliers qui se servent aussi du vent horizontal pour voler à voile, à condition que le vent soit faible, procèdent de la même façon pour se soutenir à l'aide d'un tel vent.

Les voiliers marins qui vivent dans les grands courants

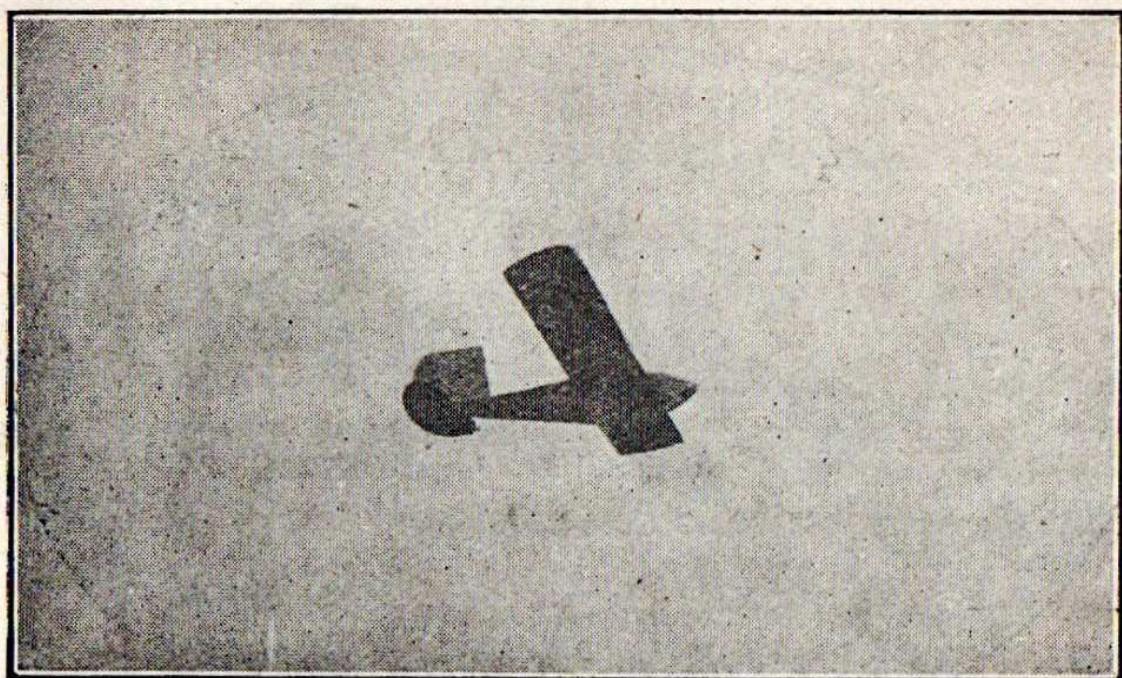


Fig. 21. — *Le monoplan sans moteur « Darmstadt » en vol au concours du Rhon*

d'air ont de ce fait des caractéristiques différentes de celles des rapaces voiliers. Ils possèdent aussi des ailes épaisses, mais à l'encontre des Rapaces, ces ailes sont très étroites et très arquées vers le bas ; elles sont capables de se déformer, comme toutes les ailes d'ailleurs, pendant le vol et de prendre un double courbure caractéristique, de vibrer en outre et d'osciller à leurs extrémités et à leur partie profonde, grâce à leur élasticité. Ces vibrations qui jouent un rôle prépondérant au cours du vol à voile sont automatiques, en rapport avec les pulsations rapides du vent et indépendantes de la volonté de l'animal.

Tout naturellement, l'Homme, après avoir observé les oiseaux voiliers, eut tout aussitôt le désir de voler à voile comme eux. Jusqu'à ces dernières années, les tentatives

faites ne donnèrent pas de résultats appréciables. A l'heure actuelle, il n'en est plus de même et on peut affirmer que le vol à voile humain commence et si l'on n'en est encore qu'à la période expérimentale, on est en droit de prétendre qu'il ne tardera plus guère à être réalisé de façon pratique.

Toutefois, en France, il faut bien se convaincre qu'on ne réussira dans cette voie qu'en travaillant la question avec toute la rigueur voulue. Mais il est nécessaire d'agir avec méthode.

Pour voler à voile, il faut réunir trois conditions, ainsi que je l'ai indiqué dès 1914. Il faut d'abord posséder un appareil conçu pour utiliser les vents ascendants ou les vents horizontaux faibles, à la manière des oiseaux rapaces ou bien construit pour des vols dans les grands courants d'air à la façon des Albatros ou des Fous de bassan ; il faut avoir du vent ascendant ou horizontal. Il faut enfin et aussi savoir piloter la machine, par conséquent reconnaître les qualités d'un vent et se servir de celui-ci. Tous ceux, je le répète, qui désirent se livrer à ce genre de vol, doivent bien se persuader que, s'il manque une de ces conditions, il est impossible de réussir.

Si l'avion n'a pas la finesse et les qualités requises, on ne volera pas à voile. Si le pilote ne cherche pas à prendre de la hauteur en attaquant le vol horizontal de façon bien déterminée ou s'il ne sait sentir qu'il est dans une zone de vent ascendant et manœuvrer pour s'y maintenir, il ne s'élèvera pas ; s'il n'a pas subi l'entraînement nécessaire et s'il n'est pas renseigné sur la théorie et la pratique de ce mode de locomotion aérienne, il sera arrêté aussitôt dans son vol et il ne pourra exécuter que des planements. Bref, il faut se souvenir qu'il est indispensable, pour arriver à effectuer des vols à voile, d'allier un pilote expérimenté à un appareil de conception particulière, car le meilleur des pilotes voiliers ne pourra, pour ainsi dire, rien faire d'un engin mal conçu, de même qu'un aviateur inexpérimenté ne fera jamais rien avec un appareil idéal.

Certains croient encore que l'avion de vol à voile n'est pas à trouver, qu'il existe depuis longtemps, que c'est l'avion à moteur quand celui-ci est éteint. L'étude du vol des oiseaux prouve nettement le contraire. Le vent repré-

sente pour l'avion ordinaire un obstacle contre lequel il doit en fait lutter. L'avion conçu pour le vol à voile peut, par contre, utiliser cet obstacle, le vent et, y trouver la force nécessaire pour se sustenter pendant des temps assez longs, à condition qu'il soit muni d'ailes spéciales dont la qualité première consiste à être élastique en certains points.

D'autres pensent de même qu'il n'est pas utile de faire un apprentissage spécial pour voler à voile. Or, en vérité, l'apprentissage de pilote d'avion voilier est tout différent de celui de conducteur d'avion à moteur. Ce dernier peut effectuer des vols planés avec son appareil ordinaire, si sa maîtrise est suffisante. Il ne peut espérer arriver à voler à voile que s'il acquiert des connaissances nouvelles. Il devra apprendre des choses nouvelles pour lui ; il lui faudra connaître la nature et la structure des vents, la manière de les utiliser, les manœuvres à exécuter suivant la qualité du vent.

C'est que manœuvrer dans un vent déterminé et même trouver les moments d'un vent favorable à la pratique du

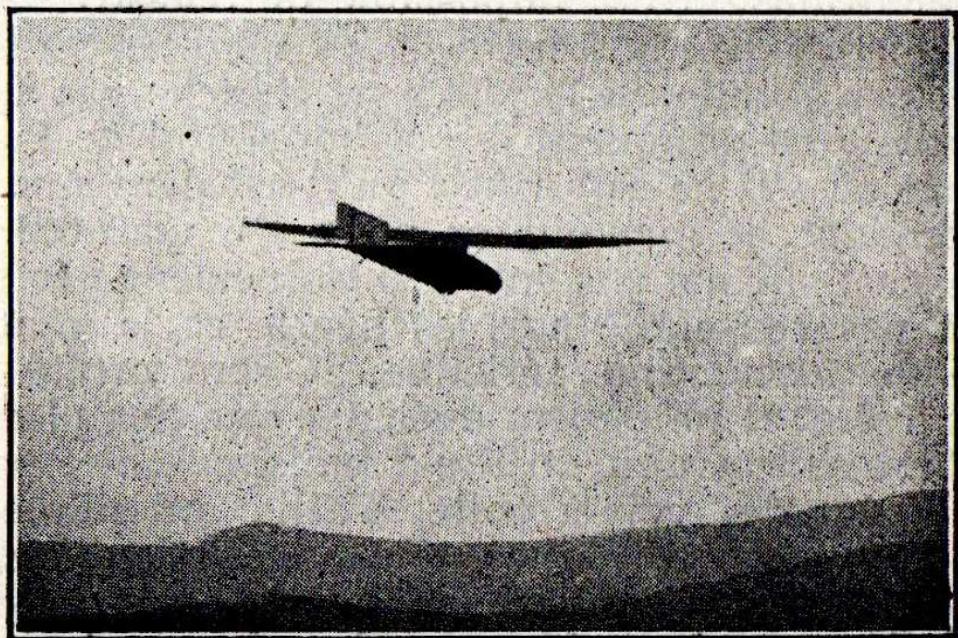


Fig. 22. — *L'avion Hannover de Hentzen pendant le vol de 3 heures*

vol à voile n'est pas aussi simple qu'on le pense, comme j'ai pu m'en convaincre au cours de mes recherches. C'est

ainsi que la détermination exacte des zones où l'on trouve des vents ascendants est extrêmement difficile. L'observation montre tout d'abord que les vents ascendants sont beaucoup plus rares que le croient les théoriciens. En outre l'expérience prouve que, contrairement à la croyance répandue, un vent horizontal qui rencontre, dans les régions montagneuses, un plan incliné, ne donne pas à coup sûr et partout un vent ascendant. Il se constitue des zones où le vent a bien une composante ascendante, mais aussi des zones où le vent a une composante descendante, provoquées probablement par des tourbillons particuliers. Il en est de même en ce qui concerne les vents ascendants dûs à l'échauffement de l'air au niveau du sol. Il y a des zones à composante ascendante et des zones à composante descendante, qu'il ne m'a pas été possible de délimiter encore avec précision. Les résultats obtenus sur la distribution et la fréquence des vents ascendants appellent donc de nouvelles études.

L'utilisation du vent horizontal à variations de vitesse, de la ratale par conséquent, pour la pratique du vol à voile est par contre beaucoup plus commode. C'est de cette sorte de vent dont les oiseaux se servent de préférence ; l'Homme en cela doit imiter les voiliers. Il y a avantage, car le vent horizontal est tout d'abord plus fréquent que le vent ascendant ; il est ensuite plus facile à étudier, à analyser.

Convaincue de la possibilité pour l'Homme de pratiquer le vol à voile, l'Association Française Aérienne avait décidé au début de cette année, d'organiser un Congrès expérimental d'aviation sans moteur. Il a eu lieu, du 6 au 20 août, au Puy de Combe grasse, près de Clermont-Ferrand. Quelques-uns ont cherché à ridiculiser le Congrès. Ils ont eu tort, car certains des résultats obtenus méritent de retenir l'attention et démontrent que les organisateurs de ce Congrès ont eu raison de croire à l'aviation sans moteur. Loin de les décourager, il y a lieu au contraire de les féliciter de leur initiative. Sur cinquante appareils inscrits, une dizaine environ se sont livrés vraiment à des essais en se lançant du sommet du Puy de Combe grasse. Parmi ceux-ci, cinq seulement possédaient des caractéristiques intéressantes pour la réalisation du vol à voile.

dans la région : le Moustique de Farman, piloté par Bossoutrot ; le monoplan de Coupet, le monoplan de Deshayes piloté par Camard ; le monoplan d'Allen et le monoplan de Dewoitine, piloté par Barbot.

Les quatre premiers étant des appareils à grande surface portante qui offraient quelques-unes des qualités nécessaires pour l'utilisation des vents ascendants. A certains points de vue, pour les rapports des dimensions en particulier, ils se rapprochaient assez de ce qui existe chez les oiseaux rapaces. La preuve en est dans les performances de Bossoutrot et de Coupet. Ces deux pilotes ont réussi, que ce soit hasard ou non, à trouver des vents ascendants au cours de leurs envolées. Ils ont su en profiter et ils ont effectué de véritables vols à voile, identiques à ceux que les Aigles exécutent en montagne dans les mêmes conditions. Ce résultat ne doit pas être dédaigné. Il démontre à nouveau que l'avion tout comme l'oiseau peut se servir des vents pour se maintenir longtemps dans les airs sans aucune autre force motrice. On avait prétendu qu'au delà d'un certain poids, le vol était impossible chez les oiseaux et que l'Autruche qui pèse 75 kilogs ne volait pas pour cette raison. Bossoutrot et Coupet ont prouvé le contraire.

Mais presque tous les appareils qui se trouvaient au camp Mouillard, étaient tout simplement, le monoplan de Farman comme les autres, des avions ordinaires privés de leur moteur ou construits sans amélioration particulière par rapport aux avions à moteur. Avec de tels appareils il ne paraît pas possible de prétendre imiter toutes les façons de voler à voile des oiseaux. De tels engins sont susceptibles de s'élever dans les courants ascendants ; ils l'ont montré. Mais ils sont incapables d'utiliser de façon efficace les rafales du vent. En l'absence de tout vent à composante ascendante, ils ne peuvent que descendre en planant avec une vitesse plus ou moins grande et ils sont obligés d'atterrir assez rapidement. C'est pourquoi presque tous les vols qui ont été enregistrés au Camp Mouillard, n'ont été que des vols planés, dont l'étendue fut de l'ordre de celles qu'un bon aviateur peut accomplir avec un engin possédant les qualités nécessaires pour ce genre de vol.

Par contre M. Dewoitine a présenté un appareil à ailes

souples qui marque un progrès réel vers la réalisation de l'avion voilier.

Il est certain, toutefois, que de meilleures performances auraient pu être obtenues au Congrès de Clermont-Ferrand avec certains des appareils envoyés dans cette région, si les pilotes qui se sont lancés du sommet du Puy de Combegrasse, avaient été initiés à la pratique du vol à voile, s'ils avaient été renseignés sur la structure des vents qu'ils étaient susceptibles de rencontrer et sur la façon dont on doit manœuvrer sur les courants aériens. Or les pilotes qui ont pris part à ce meeting montaient des appareils qu'ils n'avaient, pour la plupart, pas encore essayés. En conséquence, ils ont fait leur apprentissage à Clermont-Ferrand et c'est pour toutes ces raisons qu'ils n'ont pas été à même de se livrer à d'autres expériences, qu'à des essais de planement, dans la généralité des cas.

Pendant que se déroulait le concours français, s'ouvrait le Meeting allemand du Röhn au cours duquel furent enregistrés des vols magnifiques, que le pilote Hentzen fit durer plus de trois heures. Contrairement à ce qu'on a pu dire, l'appareil de Hentzen qui possède des caractéristiques spéciales représente un véritable avion voilier, avec des ailes excellentes. Comme ses performances ont eu lieu dans la région du Röhn, où se trouve un plateau dominant la contrée et offrant des pentes assez douces conduisant à des vallées assez larges, certains théoriciens qui considèrent, à l'heure actuelle, le vent ascendant comme la base unique du vol à voile, ont affirmé que les vols allemands sont la conséquence du choix judicieux d'un terrain qui présente des courants ascendants puissants et cela quelle que soit la direction d'où souffle le vent. Et ils en donnent comme preuve la forme des vols exécutés par les Allemands qui ont évolué dans un secteur de 10 kilomètres en se contentant de tourner en rond. C'est là une preuve insuffisante, car les oiseaux voiliers qui utilisent les vents horizontaux décrivent tous des cercles lorsqu'ils volent à voile au-dessus de leur terrain de chasse, tout comme ceux qui se servent des vents ascendants. Un avion voilier peut décrire lui aussi des cercles ou des huit, que le vent soit horizontal ou ascen-

dant. En effet si les Allemands savent manœuvrer dans les zones où le vent a une composante ascendante ils semblent aussi à même d'utiliser pendant de courtes durées, il est vrai, les vents horizontaux à variations de vitesse ; ils le savaient déjà l'année dernière, puisque Harth a accompli son vol de 21 minutes dans la région de Heidelstein qui est assez plate, et par conséquent sans courants ascendants utilisables. Le jour où ce pilote a réussi cette performance, le vent soufflait en rafales et c'est évidemment sur ces rafales, qu'il a pu évoluer grâce à son avion à ailes élastiquement déformables. D'ailleurs Harth a toujours affirmé dans des écrits qu'il s'était surtout servi pour voler à voile, à cette époque, des vents horizontaux et qu'il avait fait, suivant l'expression allemande, du vol dynamique.

Les Allemands prétendent maintenant qu'ils sont les maîtres de la question ; ils se préparent à effectuer des essais en vue de réaliser, non plus des vols en orbes, mais des vols en ligne droite. S'ils réussissent, ils apporteront la preuve indiscutable qu'ils volent à voile au moyen des vents horizontaux, car, les vents ascendants formant toujours des zones limitées, il est impossible, par leur utilisation, d'effectuer autre chose que des ronds dans un secteur restreint.

Il existe, à l'heure actuelle, en France, de nombreux techniciens et pilotes qui considèrent que les vols réalisés sans moteur ne constituent aucunement des expériences superflues, comme certains esprits ont pu le penser. Le *Matin* a pris de son côté une initiative heureuse en sollicitant de ses lecteurs et des Français, la fondation de prix d'encouragement en faveur de l'aviation sans moteur et M. René Quinton a fait preuve d'une grande perspicacité en soulignant dans ce journal l'importance capitale des essais en cours. Qu'on me permette d'ajouter que, toutefois, le succès dépend aussi de deux autres facteurs. Il est indispensable, pour que l'œuvre entreprise porte ses fruits, qu'on puisse enseigner aux constructeurs et aux pilotes la théorie du vol à voile afin qu'ils aient la notion exacte de ce qu'est ce genre de locomotion aérienne et que les hommes de science qui se préoccupent

de cette question passionnante aient les moyens de mener à bien les études extrêmement coûteuses sans lesquelles aucun résultat pratique n'est possible.

N'oublions pas que les Allemands qui ont construit et piloté des avions voiliers se sont livrés à des recherches approfondies sur les oiseaux voiliers et sur la structure des vents qu'ils utilisent et que là est la raison de leur réussite. Grâce à leurs travaux préparatoires, ils ont pu voler trois heures. Ils pourront certainement un jour voler en rond ou en ligne droite tant qu'ils le voudront et tant qu'ils auront du vent à leur disposition.

Des laboratoires français sont sorties les premières études sérieuses sur le vol à voile, études dont se sont servis les Allemands pour arriver aux résultats que l'on connaît. Comme l'a dit récemment M. Laurent Eynac, sous-secrétaire d'Etat à l'Aéronautique qui suit de près et depuis longtemps les travaux effectués dans notre pays sur le vol à voile, la France ne peut donc pas, dans ces conditions, se désintéresser de telles recherches dont l'avenir peut être fécond.

(5 septembre 1922).

○ ○ ○

Les courants ascendants dynamiques au-dessus des terres

o o o

Le problème du vol à voile retient, à l'heure actuelle, l'attention générale à un tel point qu'il ne paraît pas inutile d'apporter quelques précisions sur les conditions qui permettent la réalisation de ce mode de locomotion aérienne.

Si certains considèrent que la cause du vol à voile réside uniquement dans l'existence des mouvements verticaux de l'air, d'autres, beaucoup plus nombreux, s'élèvent avec force contre une telle idée. Ceux-ci font remarquer, en effet, que si ce mode de vol était dû simplement à une utilisation judicieuse des courants ascendants ou à composante ascendante, il faudrait que ceux-ci soient prédominants dans la Nature, puisque, contrairement à l'opinion courante, on rencontre, en fait, des oiseaux voiliers un peu partout. Or ce sont, indéniablement, les vents horizontaux que l'on trouve le plus habituellement quand on étudie l'atmosphère.

La vérité est que le courant ascendant est, lui aussi, une source de vol à voile et qu'il est à l'origine de certains de ces vols. Beaucoup d'oiseaux s'en servent volontiers chaque fois qu'ils en ont l'occasion pour faciliter leur vol. Certains d'entre eux même s'adonnent au vol à voile au moyen des vents ascendants, peut-être de préfé-

rence au vol à voile par vent horizontal dont ils se servent aussi d'ailleurs : tel est le cas des Rapaces, comme les Vautours, les Aigles, les Milans, les Gypaëtes, les Buses, les Buzards...

Il y a lieu de distinguer deux types de courants ascendants.

Les premiers dont je parlerai dans ce chapitre sont dus aux inégalités de la surface terrestre et sont appelés dynamiques. Disons de suite que ce sont les plus communs dans la Nature. Ces vents ascendants sont dus aux courants horizontaux rencontrant une pente plus ou moins inclinée sur l'horizon : une falaise, une montagne, une forêt, un mur...

Quand des couches de vent horizontal viennent frapper sur une falaise verticale, les plus basses donnent naissance à des tourbillons au pied de l'obstacle, tandis que les autres sont déviées vers le haut jusqu'à la crête de la falaise ; là elles se trouvent en présence d'autres couches, qui ont conservé leur trajectoire horizontale ; celles-ci subissent à leur tour du fait de cette rencontre, une déviation plus ou moins importante qui se répercute plus ou moins haut sur les couches supérieures du courant aérien ; mais, en même temps, cette série de frottements a pour effet de rabattre peu à peu les couches primitive-ment déviées qui reprennent bientôt l'allure du courant général. Ces déviations sont encore sensibles à une hauteur qui égale trois fois environ celle de la falaise. Toutefois, c'est à l'avant du bord supérieur de la falaise que se trouve la partie du courant ascendant qui présente le plus d'intensité ; la partie de ce courant la meilleure pour les oiseaux voiliers, est en général égale en largeur et en hauteur au-dessus de la crête de la falaise, à la hauteur de l'obstacle. A l'arrière de ce bord supérieur, au-dessus des terres par conséquent, il existe, par contre, une zone défavorable parce qu'elle est le siège de mouvements tourbillonnaires, de remous dus à des tourbillons intenses.

Il y a lieu de noter aussi que la vitesse du courant ascendant est supérieure en avant du faîte de la falaise à la vitesse moyenne du courant horizontal et qu'elle s'affaiblit assez rapidement en dehors de la zone favo-

Fig. 23. — *Mont Everest. Neige soulevée par le vent sur la montagne* (Le vent souffle de la droite vers la gauche)

Cette vue prise à 6.100 m. d'altitude est extraite de l'ouvrage « *A la Conquête du Mont Everest* » par le Lieutenant-Colonel Howard-Bury, paru chez Payot, Paris.

Elle montre de façon indiscutable l'importance de la zone tourbillonnaire qui existe sous le vent, la neige en suspension dans l'air délimitant nettement cette zone dont on remarque l'étendue.

Cette photo prouve aussi que la zone la plus favorable du courant ascendant, celle où le courant a la plus grande inclinaison, se trouve en avant et au-dessus du sommet de la masse rocheuse, la neige soulevée par le vent dessinant de façon remarquable la limite de la couche ascendante et invisible de l'air ; elle permet de se rendre compte aussi qu'en-dessous du faîte de la montagne, il se produit des remous qui se voient sur la pente exposée au vent.

Enfin on peut constater que les couches d'air déviées commencent à se rabattre à une assez faible hauteur au-dessus du sommet. La masse rocheuse photographiée ici à 3.000 mètres de hauteur. La zone où le vent a la plus grande composante ascendante et qui serait par conséquent la meilleure pour faire du vol à voile n'a que 750 mètres ; elle est donc égale à peu près au quart de la hauteur de l'obstacle.

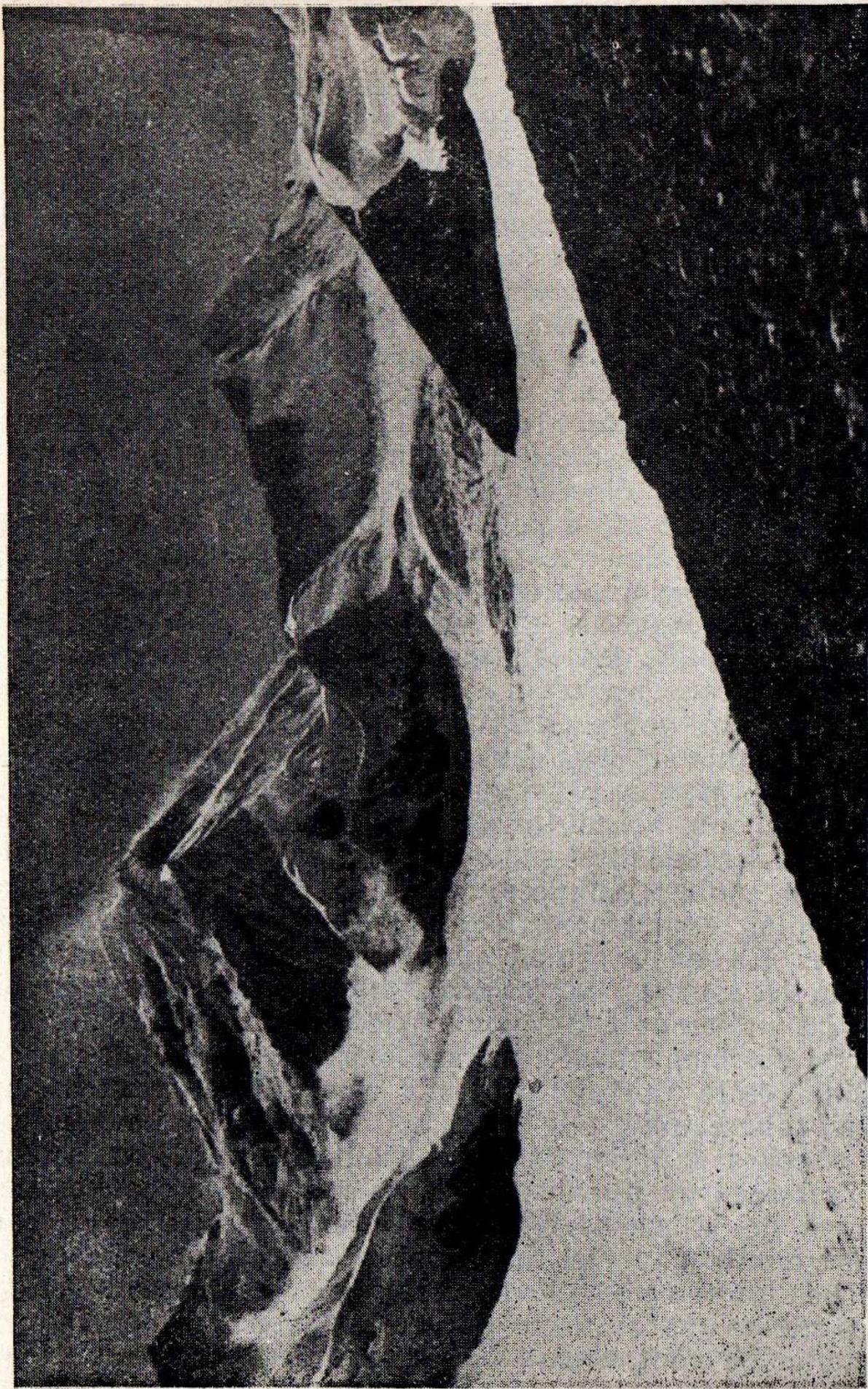


Fig. 23. — *Mont Everest*

table. La vitesse de tels courants rendus ascendants est presque toujours de plusieurs mètres à la seconde.

Ce sont ces courants ascendants, dont se servent pour voler à voile de nombreux oiseaux. En Norvège, les eaux des fjords sont fréquemment encaissées entre des masses rocheuses verticales et abruptes qui s'élèvent jusqu'à 700 ou 800 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Lorsque le vent vient frapper les escarpements dans de bonnes conditions, il se produit des courants ascendants puissants qu'utilisent en particulier les Pygargues.

En Amérique, dans la Cordillère des Andes, se trouvent des murs gigantesques qui donnent lieu à des courants ascendants très élevés dont les Condors profitent pour voler à voile et aussi pour se déplacer. De telles barrières existent aussi dans les Alpes et les Pyrénées; elles amènent la formation de zones de vent à composante ascendante dans lesquelles les aigles se livrent au vol à voile.

Sur les côtes, les falaises donnent naissance à de tels courants beaucoup moins importants et dont se servent fréquemment quelques Rapaces et des Goélands pour se soutenir dans les airs sans donner de coup d'ailes.

Dans les régions montagneuses, comme les Alpes et les Pyrénées, on rencontre fréquemment des masses d'air devenues ascendantes parce qu'elles ont frappé des pentes plus ou moins inclinées, mais là l'écoulement de l'air n'est plus exactement le même que dans le cas d'une falaise. En effet, quand un vent rencontre une colline isolée, le courant, si la pente n'est pas trop accentuée, suit la surface de cette pente placée face au vent; il garde alors sensiblement sa vitesse normale. Au faîte de la colline, cette portion du vent continue à monter dans l'atmosphère mais elle est rabattue assez rapidement par les couches supérieures du courant aérien. Il se produit là, toutefois, un phénomène complexe; si les couches inférieures de la masse d'air déplacée sont bien déviées de l'horizontale dans les mêmes proportions que le sol, les couches un peu plus élevées subissent des déviations beaucoup moins nettes parce qu'elles peuvent plus facilement s'écouler en contournant le sommet de la hauteur; aussi le courant ascendant est-il ici plus limité; en raison aussi des tourbillons qui se forment sur la face abritée

de la colline; il n'est, en outre, jamais sensible à une bien grande hauteur au-dessus de la colline. Cette hauteur d'ailleurs dépend de la vitesse du vent et de l'inclinaison de la pente frappée par le vent; en général elle est égale au plus à la moitié de la hauteur réelle de l'éminence au-dessus du sol environnant.

Si la pente est encaissée entre deux obstacles plus ou moins à pic, comme c'est le cas pour beaucoup de vallées dans les montagnes, il se forme, chaque fois que le vent est orienté de façon convenable, un courant aérien principal à composante ascendante qui remonte la vallée jusqu'à son point culminant. En même temps les vagues latérales de ce courant déferlent le long des collines en bordure et se transforment en couches d'air ascendantes à vitesse renforcée en général. Celles-ci constituent des zones qui sont toujours très fréquentées par les oiseaux rapaces, parce que l'écoulement de l'air est d'une constance plus favorable et parce que les tourbillons y sont plus rares.

Lorsque les pitons sont assez rapprochés les uns des autres, comme cela existe à Clermont-Ferrand, on se trouve alors en présence de perturbations dues aux tourbillons signalés plus haut, perturbations qui ont souvent pour effet de sectionner les colonnes d'air descendant et même de les déplacer. Ces courants ascendants sont toujours en effet très agités et troublés par les tourbillons qui se détachent de tous côtés, si bien qu'il devient dans ces conditions impossible de préciser les zones où le vent est descendant. C'est dans de telles régions que volent à voile cependant fréquemment les Aigles, les Buses.. Ces oiseaux ont donc le sens des mouvements atmosphériques dans les lieux où ils vivent, sens qui nous échappe à l'heure actuelle.

Il ressort de ces observations qui sont le résultat de recherches que je poursuis depuis de longues années et qu'il y aurait lieu de multiplier, que l'homme qui veut pratiquer le vol à voile au moyen des courants descendants dynamiques est obligé de choisir judicieusement la région où il désire faire ses essais et de déterminer avec soin les zones où il trouvera de tels vents, s'il ne veut pas courir à un échec.

(20 septembre 1922).

VIII

Le Vol à Voile par vents ascendants dynamiques au-dessus des terres

○ ○ ○

TOUS les Rapaces voiliers qui vivent dans les régions accidentées, recherchent les courants ascendants d'origine dynamique. Les aigles, les gypaètes, les vautours, les condors, les pygargues, les buses elles-mêmes, savent en tirer tout le parti possible, non seulement pour se maintenir dans les airs sans battre des ailes, mais encore pour se déplacer.

Lorsque ces oiseaux se trouvent dans une contrée où il existe des falaises ou des barrières rocheuses presque à pic, ils se tiennent dans la zone du vent devenu ascendant parce qu'il a frappé l'obstacle, zone qui est située en avant et au-dessus du bord supérieur de cet obstacle. Ils louvoient dans cette zone pour conserver une hauteur favorable et ils manœuvrent de façon à progresser en suivant la crête de la falaise ou de la masse rocheuse. Pendant tout ce temps, ces volateurs ont les ailes largement déployées, faisant un V de 170° environ dans les plans vertical et horizontal passant par le grand axe du corps.

De ce fait, le Rapace a les ailes tirées vers l'avant, ce qui a pour résultat de le faire cabrer légèrement. De plus, le bout des rémiges primaires de ces ailes, rémiges qui sont toujours nettement écartées les unes des autres, est

en état de vibration presque continu, ces vibrations étant d'un caractère passif et la conséquence des vibrations de l'air lui-même. Enfin la queue est toujours largement étalée et sans cesse en mouvement pour empêcher le corps de dévier pendant le vol.

Les condors, les gypaètes et les aigles en particulier évoient de manière remarquable dans un tel courant, s'élevant ou se maintenant à une certaine hauteur dans la zone où le vent a une composante ascendante, puis descendant en vol plané en dehors de cette zone pour y revenir ou en gagner une autre lorsqu'ils le jugent nécessaire. On se rend compte que ces oiseaux ont appris à connaître qu'au voisinage des masses rocheuses élevées, il y avait des courants capables de leur faire gagner de la hauteur ou de les empêcher d'en perdre.

Dans les pays montagneux, comme la région des Puys très fréquentés par les buses, celles-ci volent à voile au moyen des courants ascendants avec une aisance extraordinaire, malgré l'instabilité des zones à vent ascendant qui existent dans ces contrées. Ces volateurs ont pourtant le pouvoir de déterminer les plages où le vent a une composante ascendante. Les buses s'en servent pour s'élever et tant qu'elles montent elles décrivent des orbes successifs. Lorsqu'elles ont atteint le maximum de hauteur possible, elles quittent la plage qui ne peut plus leur être utile, se laissent glisser sur l'air et vont retrouver une autre plage favorable. Comme elles ont nettement l'intuition des mouvements de l'air, on les voit même se déplacer dans l'espace sans perdre sensiblement de hauteur par l'utilisation successive des zones sustentatrices qu'elles rencontrent en volant.

Les performances accomplies cette année au cours des différents meetings de vol à voile ont prouvé de façon indiscutable que l'homme était capable d'imiter l'oiseau, tout au moins en ce qui concerne l'utilisation des vents ascendants d'origine dynamique. Il est certain toutefois qu'il peut espérer faire beaucoup mieux s'il se résout à copier la nature aussi servilement que possible.

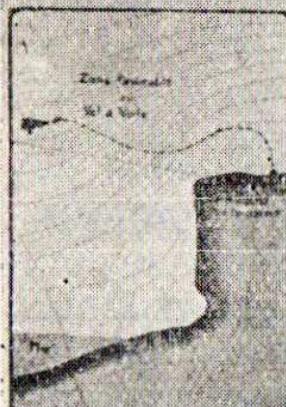
Cependant si nous voulons devenir, nous aussi, des maîtres dans l'Art de voler à voile, il nous faut actuellement agir avec méthode. Selon que nous voudrons utiliser les

Fig. 24. — Ces panneaux ont été exposés au Salon de l'Aéronautique de 1922 (Exposition du Sous-Secrétariat de l'Aéronautique). Les courbes qui se voient dans les 4 dessins supérieurs ont été dessinées d'après les trajectoires parcourues dans l'air par des ballons gonflés d'hydrogène, équilibrés en air calme, puis lancés à différentes altitudes devant une falaise et une pente.

Ces ballons qui n'ont pas de force ascensionnelle propre sont entraînés par les couches d'air et subissent les mêmes déviations qu'elles. Photographiés à plusieurs reprises au cours de leur déplacement, ils permettent si l'on a déterminé leur hauteur au-dessus d'un repère connu d'avoir une image assez fidèle des déviations subies par une couche d'air horizontale qui rencontre un obstacle.

La partie hachurée représente la zone favorable au vol à voile. J'ai appelé zone favorable, celle où le courant a la meilleure ascendance, celle dans laquelle un avion voilier est assuré de gagner à coup sûr de la hauteur sans danger d'être gêné par des remous. Mais on voit sur les panneaux qu'en dehors de cette zone le courant aérien a encore une composante ascendante qui s'atténue peu à peu à mesure qu'on s'éloigne du sommet, mais qui peut être utilisable.

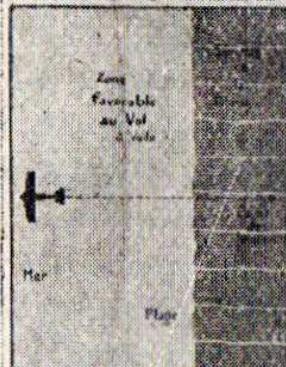
VARIATIONS DE LA DIRECTION DU VENT DEVANT UNE FALAISE
ET CONSEQUENCES PRATIQUES POUR LE VOL A VOILE
D'APRES LE DOCTEUR MAGNAN



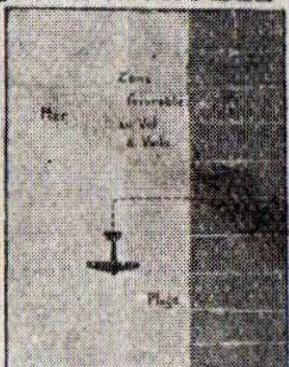
VOLER EN LIGNE DROITE
DANS LA
DIRECTION DU LANCEMENT
CONDUIT RAPIDEMENT
HORS DE LA
ZONE FAVORABLE



MAIS EN
VIRANT RAPIDEMENT
ON TROUVE
TOUT LE LONG DE LA FALAISE
UNE
ZONE FAVORABLE



ON ABOUTIT AINSI
SEULEMENT
AU VOL PLANE

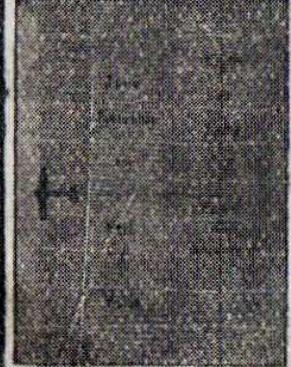
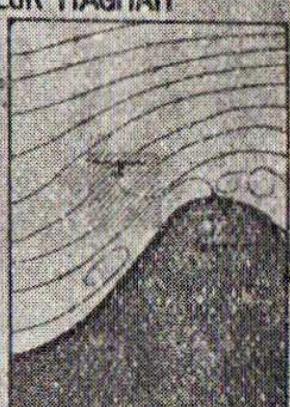


PAR CETTE MANOEUVRE
AU CONTRAIRE
ON PEUT FAIRE
DU VOL A VOILE

VARIATIONS DE LA DIRECTION DU VENT
DEVANT UNE COLLINE,
ET CONSEQUENCES PRATIQUES POUR LE VOL A VOILE
D'APRES LE DOCTEUR MAGNAN



ON REMARQUERA QUE DEVANT UNE COLLINE
LA ZONE FAVORABLE PART PLUS BAS
S'ETEND MOINS LOIN ET MOINS HAUT
QU'AVEC LA FALAISE



COMME DANS LE CAS D'UNE FALAISE
IL FAUT VIRER BIEN VITE POUR RESTER DANS LA ZONE
DES VENTS FAVORABLES ET SE TENIR UN PEU EN AVANT
DE LA LIGNE DE FAITE

Fig. 24. — Panneaux du Salon de l'Aéronautique

montrant les déviations subies par un vent horizontal rencontrant une falaise à pic et une pente développée en largeur et indiquant les manœuvres à effectuer par un pilote pour profiter du courant ascendant provoqué par ces obstacles.

vents violents ou les vents faibles, il nous faudra pour la construction des avions voiliers, copier ou le voilier marin, comme l'albatros ou le voilier terrestre comme le vautour.

J'ai déjà montré dans « *L'Air* » que le premier possédait des ailes longues, étroites, avec une courbure très accentuée au repos et fortement atténuée pendant le vol, et une queue de petite surface, que le second avait les ailes longues, larges, avec une courbure beaucoup moins considérable au repos et une queue de grande surface. Cette conformation fait que les ailes des palmipèdes marins sont surtout aptes à la vie dans les grands courants d'air, à oscillations de grande amplitude, tandis que les ailes de Rapace sont faites surtout pour l'utilisation des courants ascendants produits par des vents d'intensité moyenne ou faible. Par suite de leur origine, les courants ascendants dynamiques sont, en effet, toujours plus ou moins agités. Lorsque le vent est violent, ces courants conservent la structure du vent, en ce sens qu'ils sont formés d'une série de rafales qui se succèdent, et qui sont comme des choques brusques transmis du bas vers le haut. Le Rapace dans ces conditions exécute dans l'air de véritables bonds plus ou moins verticaux au passage de chaque rafale. Par suite de ses ailes très profondes, l'énergie qu'il tire du vent est trop considérable ; elle représente un excès de puissance tel que l'oiseau est ballotté et souvent même désemparé.

Le même avion voilier ne peut donc, pour le moment du moins, être bon pour le vol à voile au moyen des courants ascendants, quelle que soit la vitesse du vent. Il faut construire un avion voilier à ailes longues et étroites si l'on veut voler dans des vents violents, dans des vents dépassant 12 mètres à la seconde, ou un appareil à ailes longues et larges si l'on désire se servir des vents plus faibles. L'expérience m'a prouvé qu'il n'y avait pas moyen d'échapper à cette nécessité.

De plus l'appareil ne doit pas être trop léger, sinon dans les vents moyens, il oscille de façon dangereuse et dans les vents forts, il est ballotté et désemparé très rapidement. Les avions à ailes profondes doivent avoir, pour un poids de 150 kgs en ordre de marche, une charge de 14 kilogs au moins au mètre carré ; les avions à ailes

étroites doivent pour le même poids avoir une charge aussi voisine que possible de 20 kgs au mètre carré.

Le pilotage des avions destinés à voler dans les courants ascendants est assez facile, si l'on ne s'écarte pas de certaines règles que je vais donner ici.

Si l'on veut utiliser les courants ascendants qui se produisent lorsque le vent rencontre une falaise ou une pente très inclinée, il faut choisir de préférence des falaises ou des pentes dont le développement en largeur est aussi étendu que possible. Comme il y a avantage à se lancer, pour l'instant, du sommet de ces falaises ou de ces pentes, il est indispensable d'employer un appareil de lancement qui procure à l'avion une certaine vitesse et lui permette de s'élever et de s'éloigner le plus rapidement possible du lieu de départ lequel constitue toujours une zone défavorable pour le vol à voile en raison des tourbillons qui existent à cet endroit, comme je l'ai indiqué.

Après le léger gain de hauteur dû au lancement, l'avion voilier qui, je le répète, se trouve dans une zone défavorable, commence à descendre ; sa trajectoire est plus ou moins inclinée dans le cas d'une falaise à pic ; elle est sensiblement parallèle à l'inclinaison de la pente si celle-ci n'est pas à pic. Pour pouvoir utiliser à coup sûr le courant ascendant et ne pas sortir de la zone favorable, il est indispensable de virer plus ou moins nettement vers la droite ou la gauche après quelques secondes de descente planée, de façon à longer la crête de la falaise ou le tiers supérieur de la pente. On est certain en opérant ainsi de tomber à coup sûr sur la zone ascendante. Aussitôt l'appareil prend de la hauteur et s'élève bientôt au-dessus et en avant de son point de départ. Il n'y a plus qu'à gouverner avec adresse, qu'à décrire des cercles ou des huit dans le but de rester dans le courant, car dès qu'on le quitte, l'atterrissage est obligatoire.

Lorsque le pilote évolue au voisinage d'une falaise à pic, il a avantage à employer les mêmes procédés que ceux qu'utilisent les oiseaux qui volent dans de tels endroits. Ces volateurs font le plus souvent face au vent et ils s'efforcent de conserver toujours le bec au vent ; leur corps est légèrement cabré, leur grand axe étant dirigé vers le haut. Ils se déplacent alors latéralement, en lon-

geant la falaise dans un sens ou dans l'autre et ils manœuvrent constamment avec leur queue de manière à ce que ce déplacement s'effectue presque parallèlement au bord supérieur de la falaise. En fait, ils progressent dans l'air à la manière des crabes sur le sol.

Mais pour effectuer des vols de longue durée avec un avion voilier, le pilote est obligé de surveiller constamment le terrain au-dessus duquel il évolue de manière à se rendre compte s'il s'écarte de la zone où il a trouvé au début le courant qui lui a fait gagner de la hauteur. Il lui faut le plus souvent chercher des points de repère pour apprécier s'il conserve une hauteur favorable ou s'il perd de la hauteur ; il lui faut observer l'air autour de lui pour voir si les objets qui y sont en suspension montent ou descendent, afin de gouverner vers ces plages ou de s'en éloigner. De ce fait, il effectue des vols fatigants et toujours localisés et il ne peut guère espérer faire de vrais voyages.

Si l'on veut que le vol à voile devienne vraiment pratique, que l'on utilise les rafales de vent horizontal ou les vents ascendents, il est nécessaire de ne plus demander aux pilotes d'avions voiliers de posséder une intuition des mouvements de l'air, tout comme les oiseaux. Il est indispensable de leur donner des instruments capables de les renseigner à tout instant sur leur situation dans l'atmosphère.

Pour mes expériences de vol à voile, j'ai imaginé un appareil qui annonce automatiquement si l'avion monte ou descend, même faiblement. Cet appareil comprend une boîte cylindrique close, obturée à une de ses extrémités par une membrane élastique sur laquelle est montée, au moyen d'un dispositif spécial, une aiguille. A l'autre extrémité se trouve un tube qui permet de mettre l'intérieur de la boîte en communication avec l'air ambiant. Grâce à un mécanisme d'horlogerie, cette communication est supprimée pendant 9 secondes sur 10. Quand cette communication existe, la pression de l'air contenu dans la boîte est la même que celle de l'air ambiant ; quand elle est interrompue, si la pression de l'air extérieur change parce que l'appareil s'élève ou s'abaisse, il n'y a plus équilibre sur les deux faces de la membrane élastique. Il s'en-

suit une déformation dans un sens ou dans l'autre, déformation qui se manifeste par un déplacement de l'aiguille vers la droite, s'il y a montée, vers la gauche s'il y a descente. L'appareil est assez sensible pour que ce déplacement soit déjà très visible pour un gain ou une perte de hauteur de 1 mètre seulement.

Grâce à cet appareil, un pilote sait donc pendant 9 secondes sur 10, s'il monte ou s'il descend, par conséquent s'il est toujours dans la zone favorable ou s'il la quitte. Il est donc à même de prolonger son vol automatiquement par ce moyen.

Dans deux mois, un nouveau concours de vol à voile s'ouvrira à Biskra. Je suis persuadé que le pilote qui aurait à sa disposition un tel indicateur serait capable de tenir l'air très longtemps et même d'effectuer un voyage, puisqu'il aurait sur son avion un engin analogue à l'instinct des oiseaux et qui lui permettrait de déceler comme ceux-ci les plages favorables pour le vol à voile et d'en profiter au lieu de les traverser sans s'en apercevoir.

(5 novembre 1922).

○ ○ ○

IX

Le Vol à Voile au moyen des courants thermiques au-dessus des terres

○ ○ ○

LES belles performances réalisées cette année par les pilotes d'avion sans moteur et en particulier par Maneyrol qui s'est adjugé le record de durée en tenant l'air 3 heures 20 minutes par l'utilisation des courants ascendants dynamiques, ont amené certaines personnalités de l'Aéronautique à envisager la possibilité pour les aviateurs de voler en se servant des courants thermiques à la manière des Vautours et des Milans.

Quand l'influence des rayons solaires commence à se faire sentir, dans les régions désertiques surtout, la surface de la terre s'échauffe rapidement ; elle fournit alors de la chaleur à l'air environnant qui devenant plus léger spécifiquement tend à monter. Il se produit dans ces conditions un courant ascendant qui, en air calme, est pour ainsi dire vertical, mais qui lorsque il existe en même temps un vent horizontal, se trouve rabattu et prend de ce fait une inclinaison plus ou moins grande sur l'horizon, suivant la vitesse de ce vent.

Les courants ascendants d'origine thermique croissent et décroissent en intensité, avec la chaleur du jour ; ils sont plus puissants dans le milieu de la journée ; ils sont en outre fonction des circonstances atmosphériques et c'est

pourquoi ils diminuent en intensité lorsque des nuages épais s'interposent plus ou moins longtemps entre la terre et le soleil, ce qui a pour effet de restreindre l'échauffement du sol. De plus ces courants sont liés aussi aux saisons ; aussi sont-ils plus forts en été qu'en hiver.

Leur vitesse est cependant toujours faible ; elle est en moyenne de 1 mètre 50 à la seconde, inférieure toutefois à 1 mètre en hiver, mais dépassant 2 mètres et atteignant parfois 3 mètres pendant les mois très chauds.

Enfin ces courants s'élèvent à des hauteurs beaucoup plus grandes que les courants d'origine dynamique, celles-ci variant elles aussi avec la chaleur du jour et les saisons.

Ce qui est certain, c'est que les courants thermiques ne sont pas généralisés. L'air surchauffé s'élève sous forme de colonnes plus ou moins cylindriques, dont le diamètre est d'environ 200 mètres, parfois de 300 mètres, avec une répartition qui n'est régie par aucune loi susceptible d'être exprimée. Dans certaines conditions, et, en particulier, lorsqu'il souffle un vent horizontal de plus de 10 mètres à la seconde, ces colonnes s'étirent dans le sens du vent et deviennent elliptiques, les ellipses ayant un grand axe très allongé, souvent de plusieurs kilomètres de long. Les expériences effectuées dans de tels moments montrent alors que l'atmosphère apparaît comme constitué par des bandes de courants à composante ascendante, inclinés d'une quinzaine de degrés sur l'horizon et séparés par des zones où les courants d'air ont une composante descendante plus ou moins grande.

Ce qui est certain aussi, c'est que les oiseaux voiliers se trouvent toujours réunis en grande quantité, dans les contrées où ils sont nombreux, à l'intérieur de ces plages cylindriques ou elliptiques et que c'est dans ces zones où le courant a une composante ascendante qu'on les voit gagner de la hauteur sans donner un seul coup d'aile.

Parmi les oiseaux qu'on rencontre le plus fréquemment volant à voile dans ces conditions, il y a lieu de citer surtout les Vautours et les Milans. On les voit monter, les ailes et la queue grandement étalées, en décrivant des cercles successifs afin de se maintenir dans la zone favorable et atteindre ainsi de hautes altitudes.

En me servant d'une lunette micrométrique et grâce

aux mesures et aux observations nombreuses que j'ai faites et qui m'ont permis de connaître l'envergure et la longueur réelle du corps des divers volateurs en même temps que de les reconnaître au cours de leur vol, j'ai été à même de déterminer à plusieurs reprises la hauteur maxima atteinte par certains oiseaux voiliers. J'ai trouvé que dans les régions du sud de la Tunisie et en Tripolitaine, le Vautour fauve pouvait s'élever jusqu'à 1.200 m. et le Milan jusqu'à 900 mètres.

Par les mêmes moyens, j'ai pu aussi définir le diamètre des orbes décrits par ces volateurs ; ce diamètre est d'environ 50 à 60 mètres en ce qui concerne les Vautours fauves et d'une trentaine de mètres pour les Milans. Les premiers parcourent un orbe en 5 à 6 secondes, les seconds en 4 secondes environ, ce qui donne pour les Vautours fauves une vitesse horizontale de 10 mètres à la seconde et pour les Milans une vitesse de 8 m. 50.

Tous ces résultats concordent avec ceux obtenus par M. Pierre Idrac qui a effectué de remarquables études au Sénégal pour déterminer les causes du vol à voile pratiqué par les oiseaux dans ce pays.

Lorsque les voiliers ont atteint la plus grande hauteur possible, ils sortent des zones sustentatrices et ils se laissent glisser sur l'air en perdant de la hauteur. Ils traversent alors suivant une trajectoire inclinée vers le bas et en ligne droite les plages où le courant aérien a une composante descendante jusqu'à ce qu'ils rencontrent une nouvelle colonne d'air ascendant. En déterminant l'emplacement des plages sustentatrices à un moment donné et les unes par rapport aux autres, et en se servant d'une lunette micrométrique, il est possible de déterminer l'angle de glissement d'un voilier pendant le temps qu'il descend entre deux zones où le courant a une composante ascendante. J'ai trouvé que cet angle était de 1/17^e à 1/18^e environ pour le Vautour fauve et de 1/20^e pour le Milan.

Mais comme Mouillard l'a fort bien décrit, le Rapace voilier traverse souvent le ciel d'un horizon à l'autre. Dans certains cas, il vole suivant une trajectoire d'allure horizontale à l'intérieur des plages elliptiques, mais dans le sens de leur plus grande longueur, et toujours contre le vent horizontal.

Dans d'autres cas, il passe d'une plage sustentatrice à une autre, gagnant de la hauteur chaque fois qu'il traverse une de ces plages, en perdant entre celles-ci et décrivant de ce fait une trajectoire de vol d'allure horizontale, mais faite de montées et de descentes successives.

Dans d'autres cas cependant, les Vautours et les Milans volent à voile en se servant uniquement des vents horizontaux à faibles variations de vitesse. J'ai constaté le fait à plusieurs reprises à la fin de la journée, à une heure où les courants thermiques avaient cessé comme le prouvaient les expériences effectuées à ce moment.

Est-il vraiment possible à l'homme de faire voler un avion voilier grâce aux courants thermiques. Cela paraît indiscutable, à condition toutefois qu'on utilise à cet effet des appareils possédant comme les Vautours et les Milans de grandes ailes profondes, une queue de grande surface, une finesse voisine de $1/15^{\text{e}}$, et munis d'un indicateur de montée très sensible, permettant au pilote de savoir s'il se trouve dans une bonne zone et de profiter de cette zone.

La nécessité d'une queue de grande surface est indiscutable. En effet, si on rogne la queue d'un Vautour ou d'un Milan, on s'aperçoit que son vol devient défectueux. Il semble danser dans l'espace, l'oiseau oscillant sur son axe d'autant plus que sa queue est davantage raccourcie.

On peut même espérer, comme le laissait entrevoir M. Quinton qu'il sera un jour possible de parcourir de grandes distances en louvoyant dans le ciel de manière à gagner le plus de hauteur possible dans les zones où le vent a une composante ascendante et à perdre le moins de hauteur possible dans les zones défavorables.

Mais il y a cependant au début une difficulté à résoudre. En effet les courants thermiques qui ne se produisent vraiment que pendant les heures chaudes de la journée ne sont utilisables qu'à partir d'une certaine hauteur qui semble être d'une cinquantaine de mètres au-dessus du sol. Bien que la raison de ce fait n'apparaisse pas *a priori*, celui-ci n'en existe pas moins et les Vautours, lorsqu'ils veulent partir de terre, sont obligés de battre des ailes jusqu'à ce qu'ils aient atteint l'altitude favorable.

D'autre part ce genre de vol ne semble pouvoir être réalisé qu'en Afrique et dans les pays chauds. Il existe bien

des courants thermiques dus à l'échauffement de l'air dans nos contrées, entre autres dans les vallées des montagnes en été. Il en existe aussi sur le bord de la mer. Quand le soleil donne, aux premières heures du jour, le sol des côtes s'échauffe et il passe de la chaleur à l'air ambiant qui de ce fait devient plus léger et monte. Les eaux marines s'échauffant beaucoup plus lentement, il se fait sur la région terrestre côtière, par suite du courant thermique qui y a pris naissance, un appel d'air du large vers la côte, ce qui a pour effet de renforcer les courants ascendants thermiques.

Mais ceux-ci sont toujours assez faibles et ne paraissent pas se faire sentir à de très grandes hauteurs. Il ne semble pas jusqu'ici qu'il soit possible de les utiliser, sinon pour faire des expériences.

On se rend compte ainsi qu'il ne suffit pas pour réussir à voler à voile par vent ascendant d'origine thermique comme par vent horizontal de concevoir un appareil et de l'essayer au petit bonheur. Si la conception de l'avion est beaucoup, la détermination des conditions à remplir pour voler à voile est des plus importantes et cette détermination ne peut être que le résultat de recherches scientifiques sérieuses. Et cela, on ne doit pas cesser de le répéter.

(5 décembre 1922).

○ ○ ○

Les courants ascendants dynamiques au-dessus des mers

○ ○ ○

A l'heure actuelle, on commence à se rendre compte de la nature des vents qui s'écoulent au-dessus des terres et à être renseigné sur la manière d'utiliser certains courants pour pratiquer le vol à voile.

J'ai montré expérimentalement de quelle façon les vents horizontaux, en particulier, sont déviés par les obstacles qu'ils rencontrent ; j'ai indiqué où se trouvaient au-dessus des divers accidents de terrain les zones les plus favorables au vol à voile, celles qui sont les plus utilisables par les Oiseaux voiliers comme par les avions voiliers, en même temps que je donnais les diverses hauteurs de déviation des couches aériennes en mouvement, suivant la forme des obstacles.

En ce qui concerne les vents qui soufflent au-dessus des mers, nos connaissances sont beaucoup moins précises. Les données expérimentales manquent presque totalement.

Sir Hiram Maxim, en 1909, a bien émis l'avis que le vol des Oiseaux voiliers pouvait s'expliquer sur terre comme sur mer par l'utilisation par ces volateurs de courants ascendants qui résulteraient d'un échange constant dans l'atmosphère, l'air froid descendant des hautes alti-

tudes, s'étendant sur la surface du sol ou de la mer, se réchauffant et remontant en d'autres endroits.

Clément Ader, en 1912, a considéré de même que la mer a, elle aussi, ses voies aériennes. Il s'est déclaré convaincu qu'avec les faibles brises comme pendant les tempêtes, les vagues qui se forment normalement au vent, douces ou agitées, sont toujours précédées d'un courant ascensionnel. Il pensait qu'à ces vagues marines doivent être exactement superposées des vagues atmosphériques qui se perdent dans les hauteurs de l'air. Pour en profiter les Oiseaux marins seraient obligés de voler très bas et c'est pour cette raison qu'ordinairement on les voit voler haut en battant des ailes ou bas en planant.

Plus récemment Henri Fabre a décrit le vol à voile d'un oiseau de 70 centimètres d'envergure, appelé plongeon par les marins et qu'il croit être le Puffin des naturalistes ou le Pingouin commun. Supposant que le vent en passant au-dessus de la mer agitée est dévié comme le vent qui frappe les collines et qu'il en résulte un mélange de vents ascendants et descendants, il a cru pouvoir déduire de ses observations que l'oiseau en question prendrait comme méthode de ne passer dans son vol qu'aux endroits où le vent est ascendant et qu'il suivrait la bande étroite de vent ascendant en volant parallèlement à la vague.

Malheureusement, ces interprétations quelle qu'en soit la valeur, ne sont basées que sur des hypothèses et ne découlent pas d'expériences. Or il n'est pas sans intérêt de savoir si vraiment il existe des courants aériens à composante ascendante au-dessus des mers.

En vue d'obtenir des renseignements précis sur ce sujet, j'ai effectué des recherches sur la nature des vents en mer. Je dirai tout d'abord que de telles expériences sont très difficiles à réaliser, parce que le bateau ou le radeau sur lequel on est obligé d'opérer suivant que la mer est agitée ou assez calme, bouge toujours plus ou moins, même lorsque ceux-ci sont fortement ancrés, et aussi parce que lorsque les vagues sont fortes il devient presque impossible d'employer des instruments de mesure très sensibles, qu'on ne parvient pas à protéger contre les lames.

Jusqu'ici je n'ai pas encore pu mettre au point un matériel d'expériences basé sur l'emploi d'anémomètres sensibles et susceptible de fonctionner par grosse mer. J'ai donc dû avoir recours pour mes essais à d'autres procédés moins délicats. Ceux-ci ont consisté dans l'emploi de petits ballons et de fumées lourdes.

Les petits ballons étaient gonflés d'hydrogène et ils étaient chargés préalablement de façon à ce qu'ils fussent en équilibre dans un air calme, puis ils étaient lancés tels quels, en plusieurs points à la fois, au-dessus des flots et à diverses hauteurs grâce à des dispositifs appropriés. Ces ballons dont la force ascensionnelle est nulle sont entraînés par les courants aériens dont ils suivent fort bien le trajet ; ils se déplacent presque horizontalement dans l'ensemble de leur trajectoire, si le vent est horizontal ; ils montent ou descendent si le courant est ascendant ou descendant ; ils exécutent des sauts désordonnés dans toutes les directions s'ils sont entraînés dans une zone de remous. Si l'on prend au départ, puis à des intervalles réguliers des photographies de ces ballons, en même temps qu'on détermine la hauteur aussi exacte que possible des vagues, on peut, connaissant le diamètre des ballons, en déduire d'une façon assez approchée leur trajectoire et leur hauteur au-dessus de la mer. On possède ainsi des éléments suffisants pour définir les déviations des courants aériens dues aux inégalités de la surface océanique et aussi déterminer les zones où le vent a une composante ascendante ou descendante.

On peut arriver aux mêmes résultats en se servant de corps producteurs de fumées épaisses et assez lourdes, tels que le chlorure de titane qui permet des investigations fructueuses sur la nature des vents, à condition qu'il soit finement pulvérisé dans l'atmosphère. On peut employer aussi des récipients cylindriques clos, munis d'un couvercle percé sur le côté d'une ouverture et qui contiennent de la chaux vive sur laquelle on fait arriver, au moment voulu, un mélange d'anhydride sulfurique et acide sulfurique chloré. On obtient alors un nuage très opaque de fumée blanche qui, s'échappant par le trou du couvercle, s'étend assez loin et dure 5 à 6 minutes en

mer, alors que cette durée atteint facilement 15 minutes sur terre.

Ces diverses fumées sont entraînées par le courant aérien, et en épousent assez bien la forme, et cela d'autant mieux que la vitesse du vent est plus considérable. En enregistrant avec un appareil cinématographique les déplacements de ces fumées, on peut étudier de façon précise la marche d'un courant aérien. Il y a là un procédé que je m'efforce de perfectionner et qui est susceptible, à mon avis, de fournir des renseignements utiles.

On sait que lorsque le vent souffle de façon continue sur la mer, il y produit des rides, des vagues séparées par des intervalles réguliers. La houle est le nom donné à ce phénomène. Si le vent est fort, cette houle, ou si l'on veut, les vagues, se rident à leur tour par suite de la formation de vagues surajoutées. Enfin si le vent est violent, la crête des vagues devient écumeuse ; cette crête est en fait arrachée de la vague et divisée en une multitude de gouttelettes d'eau par les molécules d'air qui sont emprisonnées sous le vent par la marche de la vague, appelée dans ce cas, déferlante.

Les vagues ont en effet une vitesse propre qui atteint 40 kilomètres à l'heure, cette vitesse étant presque toujours inférieure à la vitesse du vent. La hauteur des vagues n'est jamais en outre si grande qu'on se plait souvent à le croire. Si on a noté parfois des hauteurs de 16 mètres dans les Mers du Sud, celles-ci ne dépassent pas 8 m. par les plus gros temps dans l'Atlantique et 5 à 6 mètres dans la Méditerranée. En général, les vagues fortes n'ont guère plus de 2 mètres de hauteur, celle-ci étant la distance verticale qui sépare la crête du creux. La longueur des vagues, c'est-à-dire la distance qui existe entre deux crêtes est assez variable ; elle est comprise entre 20 et 150 mètres. Cependant on a mesuré des vagues de près de 600 mètres de long dans les Mers du Sud.

Enfin il y a lieu de faire remarquer que la crête d'une vague n'est pas, le plus souvent, régulière. Celle-ci dessine une ligne plus ou moins sinuueuse due probablement à ce que le vent n'a pas partout la même vitesse instantanée. De plus, l'aspect des vagues est quelquefois

déformée en raison de la superposition de deux houles. Il résulte des études faites sur la houle par des savants

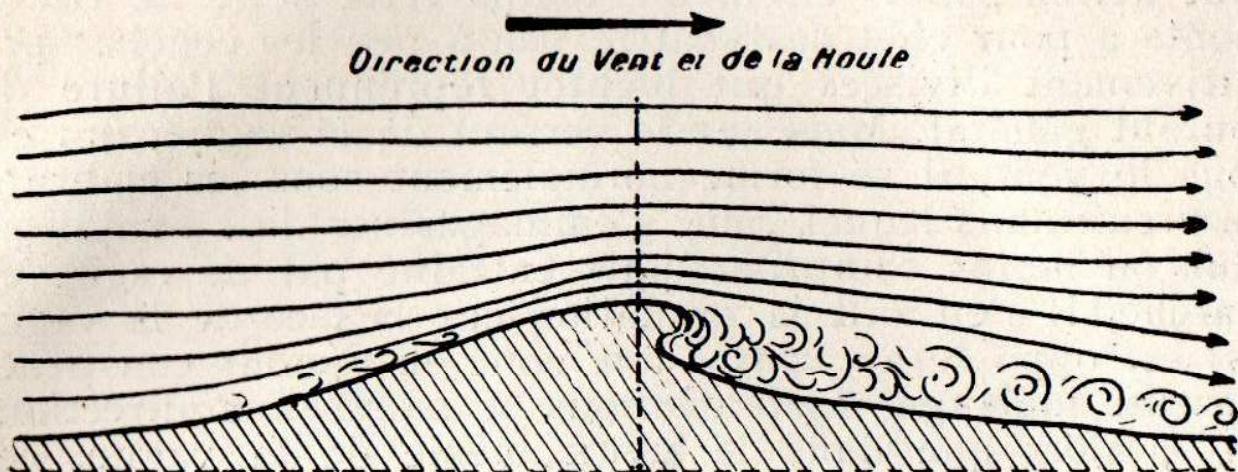


Fig. 25. — *Déviations subies par les couches de vent horizontal venant frapper la pente d'une vague*

comme M. Bertin et M. Fortant, qu'une deuxième houle peut se superposer à une première houle. En effet, si la formation de la houle sous l'action du vent est lente et exige un certain nombre d'heures, son extinction est encore plus lente et exige plusieurs jours de calme pour être complète. Lorsqu'un vent après avoir soufflé assez longtemps dans une direction donnée pour donner à la houle ses plus grandes dimensions prend une direction différente, il soulève une seconde houle qui se superpose à la première encore existante et produit un entrecroisement de ces deux houles.

J'ai étudié par les procédés indiqués plus haut la forme de l'écoulement du vent à proximité des vagues marines.

Quand des couches de vent horizontal viennent frapper la pente d'une vague, on constate que celle qui entre en contact avec l'eau donne naissance à de petits tourbillons, en raison des aspérités, des rides qui existent à la surface des flots. La couche qui se trouve au-dessus glisse sur la zone tourbillonnaire qui fait l'office d'un matelas d'air et elle est rejetée vers le haut jusqu'à la crête en suivant sensiblement la pente de la vague. Pendant ce temps, elle rencontre d'autres molécules d'air en mouvement qui ont conservé leur trajectoire d'allure horizontale et celles-ci subissent du fait de cette rencontre

une déviation qui se répercute plus ou moins haut au-dessus de la vague sur les couches plus élevées du courant aérien ; mais en même temps cette série de frottements a pour effet de rabattre peu à peu les couches primivement divisées qui bientôt reprennent l'allure du courant général. Mais sur le versant de la vague, qui est sous le vent, il se forme normalement sous les embruns un creux dans lequel vient s'emmageriser de l'air qui est plus ou moins comprimé puis entraîné par la vague en marche. Il s'en suit la formation sur la face de la vague qui est opposée au vent d'une zone de remous constituée par un mélange de tourbillons à axes sans directions fixes, alors que dans le creux même de la vague, ces tourbillons sont mieux isolés et représentés par des molécules d'air en rotation autour d'un axe parallèle à la crête de la vague. De plus ils sont d'autant plus petits que l'on se rapproche du creux même de la vague. Pour cette raison les couches d'air qui ont été relevées après avoir rencontré la pente de la vague tournée vers le vent n'ont après avoir dépassé la crête, qu'une composante descendante assez faible parce qu'elles sont obligées de glisser sur les zones tourbillonnaises. On voit donc que dans l'ensemble le phénomène est le même, qu'il s'agisse d'une colline développée en largeur ou d'une vague. Mais dans ce dernier cas, si les déviations vers le haut des couches aériennes dépendent encore de la hauteur de la vague et de son inclinaison, elles ne sont plus comme dans le cas d'un obstacle terrestre, liées à la vitesse absolue du vent, mais bien à sa vitesse relative par rapport à celle de la houle qui progresse de son côté dans le même sens que le vent. C'est pourquoi, en général, les déviations constatées sont proportionnellement moins fortes sur mer que sur terre. Celles-ci, pour une vague de 2 mètres de hauteur ne sont plus guère sensibles au-dessus de la mer à une hauteur supérieure à celle de la vague. Quand la vague atteint 5 à 6 mètres, la déviation est encore sensible à une fois et demie ou deux fois celle de la houle. De plus la partie du courant où l'inclinaison des couches aériennes est suffisante pour la pratique du vol à voile est peu élevée et ne semble guère dépasser la moitié de la hauteur de la vague.

(5 février 1923).

XI

Le Vol à Voile par vents ascendants au-dessus des mers

○ ○ ○

Il est certain, comme mes observations me l'ont montré, que tous les voiliers marins sont capables d'utiliser, au cours de leurs randonnées aériennes, les courants ascendants qui se produisent lorsque le vent horizontal vient frapper les pentes des vagues.

Dans les Mers du Sud, en particulier, les Albatros, lors des grosses tempêtes qui soulèvent des vagues énormes dont la hauteur peut atteindre 16 mètres, savent profiter de tels courants, mais dans ce cas, ces oiseaux combinent nettement, dans leurs évolutions, les deux types de vol à voile ; ils pratiquent le vol à voile par vent ascendant lorsqu'ils sont à proximité des flots et le vol à voile par vent horizontal, lorsqu'ils prennent un peu d'altitude.

Parmi les voiliers marins cependant, trois espèces se servent plus volontiers des courants ascendants dynamiques pour se maintenir dans les airs et cela d'autant mieux que le vent est fort et les vagues assez hautes : ce sont le Thalassidrome-tempête [*Hydrobates pelagicus*

(L.)] le Puffin cendre (*Puffinus kuhli*, Boie) et le Petrel glacial [*Fulmarus glacialis*. (L.)]

Les Thalassidrome-tempête habitent l'Océan Atlantique et la Méditerranée qu'ils survolent le plus ordinairement par bandes de plusieurs individus. Ces oiseaux, dont l'un d'eux, disséqué par moi, pesait 17 gr. 40 et avait 33 cm 5 d'envergure, ne fréquentent la terre qu'au moment de la ponte. En dehors de cette époque, ils vivent continuellement en haute mer, sans pour ainsi dire jamais s'approcher des côtes.

Le mode de vol du Thalassidrome est extrêmement remarquable. Lorsque la mer est agitée, on l'aperçoit,

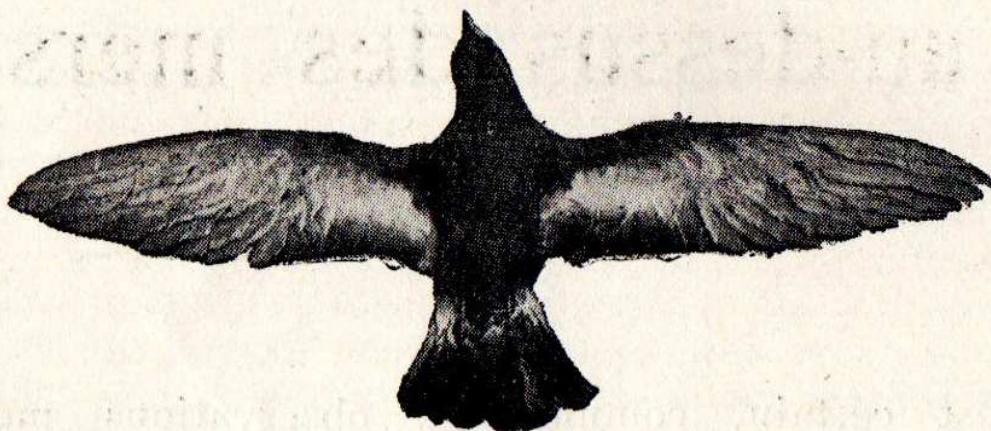


Fig. 26. — *Thalassidrome-tempête*

par instant, suivant les sinuosités des vagues à une cinquantaine de centimètres au-dessus de l'eau; le plus souvent, il a alors le bec au vent et se tient constamment dans la zone du courant ascendant la plus favorable, c'est-à-dire au-dessus de la pente de la vague placée du côté d'où souffle le vent. Il manœuvre dans ce cas à la manière des goélands qui survolent la crête des falaises et pendant tout ce temps, on ne distingue aucun battement de ses ailes étroites qui sont étendues à angle droit avec l'axe du corps.

Après plusieurs minutes de ce manège, on le voit s'élever brusquement dans les airs et planer à quelques mètres au-dessus des flots, avec des mouvements d'ailes assez rares, qui rappellent ceux des Martinets et qui ne semblent se produire que pour rétablir un équilibre

menacé par une perte de vitesse et par conséquent pour permettre à l'oiseau de reprendre de la vitesse. En effet, après quelques tournoiements rapides, ce petit voilier fond sur les vagues et recommence aussitôt à en longer les crêtes.

Le Thalassidrome recherche surtout l'action directe du vent, contre lequel il vole avec aisance, mais il m'est apparu qu'il est capable parfois de se déplacer dans le creux même des vagues; comme il se maintient dans cette zone riche en tourbillons ainsi que je l'ai montré, sans battre des ailes, il est possible qu'il ait le moyen d'utiliser l'énergie qui existe dans les remous, et par conséquent d'utiliser l'énergie contenue dans le vent, quelle que soit la nature de celui-ci.

Ce qui est non moins extraordinaire, c'est que le Thalassidrome-tempête, peut voler ainsi des heures entières sans pour ainsi dire jamais se reposer, puisqu'on ne le voit jamais nager et cela quelle que soit la violence de la tempête.

Le Puffin cendré, dont un individu étudié par moi pesait 572 gr. et mesurait 122 centimètres d'un bout de l'aile à l'autre, vole fréquemment de la même façon que le Thalassidrome. On ne rencontre cet oiseau qu'en pleine mer, particulièrement entre la Corse et les îles Baléares; il ne gagne, lui aussi, la côte, qu'au moment de la ponte.

Lorsqu'il n'y a pas de vent, le Puffin cendré est assez difficile à apercevoir au cours d'une croisière en Méditerranée, parce qu'il est posé sur l'eau et se tient éloigné de tout navire. Mais dès que le vent se lève et donne naissance à des vagues déferlantes, il s'élance à la surface des flots, qu'il bat de ses pattes et de ses ailes. Sa vitesse croît peu à peu et bientôt, tel un hydravion, il quitte l'eau et commence à voler à voile. Il se déplace alors à une hauteur variant entre cinquante centimètres et 1 mètre au-dessus de la pente de la vague tournée vers le vent, aux endroits où l'expérience montre que le courant a la meilleure composante ascendante et ce vol a lieu presque toujours parallèlement à la crête de la vague, presque toujours à la même distance de cette crête. L'oiseau qui a le plus souvent le bec au vent exé-

cute donc dans ces conditions un déplacement latéral, et en même temps un peu vers l'arrière, ce qui lui permet de rester dans la zone la plus favorable du courant ascendant, laquelle se déplace constamment au fur et à mesure que la vague progresse.

Le Puffin parcourt ainsi des centaines de mètres, avec ses ailes, aussi étroites que des baguettes, absolument immobiles. D'autres fois, son mode de vol est différent. Il suit alors le fil du vent à toute vitesse, s'élevant dans le courant ascendant, à 1 mètre de l'eau, puis glissant, après avoir atteint la crête de la vague sur les couches d'air descendantes, jusqu'à la vague suivante. Sa vitesse moyenne atteint alors 60 kilomètres à l'heure et la trajectoire qu'il décrit dans l'air rappelle celle du chariot d'une montagne russe, l'oiseau montant avec le vent et descendant avec lui.

Le Puffin cendré est certainement un des plus beaux voiliers marins, capable de tenir l'air par les vents les

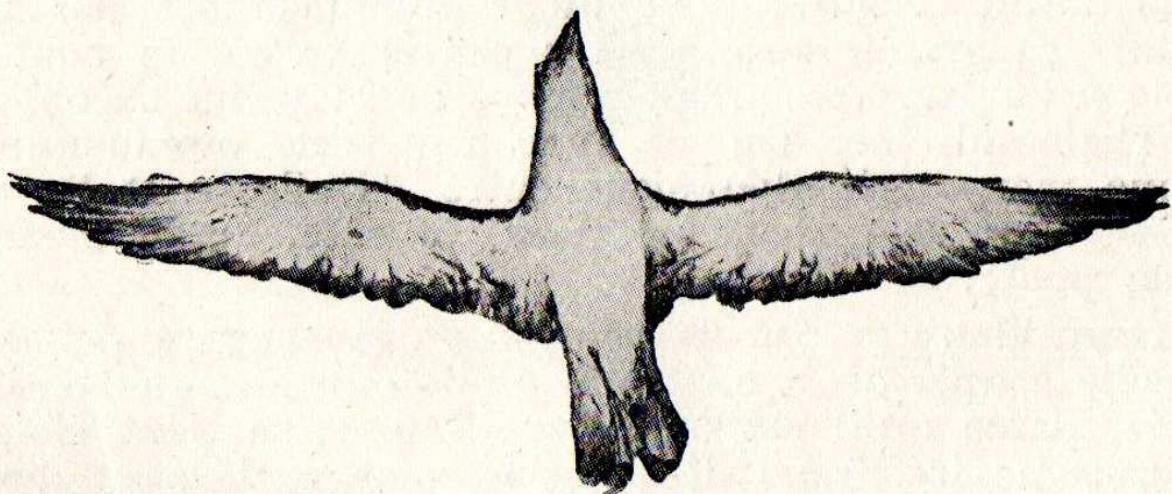


Fig. 27. — *Puffin cendré*

plus violents. On peut même dire qu'il ne vole bien que par grand vent dépassant 15 mètres à la seconde et c'est justement pour cette raison, qu'il possède, comme je l'ai mis antérieurement en évidence, des ailes très étroites dont l'allongement est de 9,3. On peut se rendre compte des caractéristiques de cet oiseau et aussi de celles du Thalassidrome par l'examen des figures 26 et 27, où les dimensions de ces deux voiliers ont été ramenées à celles

qu'elles auraient si ces oiseaux marins pesaient 1 gr., puis réduites de moitié.

Le Petrel glacial qui est aussi un oiseau de haute mer vole de même, les ailes largement déployées et immobiles ; il glisse lui aussi à proximité de la cime des vagues, paraissant s'efforcer de garder, pendant ses évolutions, une distance égale entre lui et la mer. Cet oiseau qui pèse d'après mes propres observations environ 550 gr., a en moyenne 112 cm. d'envergure. Il vit dans les mers septentrionales.

Mais, sur mer, comme sur terre, il existe une autre série de courants ascendants qui sont d'origine thermique. Quand l'action des rayons solaires se fait fortement et longtemps sentir, la surface de la mer finit, elle aussi, par s'échauffer et par céder de cette chaleur à l'air qui se trouve à son contact. Celui-ci devenant plus léger donne alors naissance à des courants ascendants. En l'absence de tout vent horizontal, cet air chaud s'élève verticalement à de grandes hauteurs, mais en même temps, il se refroidit, devient plus lourd et il retombe alors vers la surface de la mer. De ce fait, il se produit dans les régions ainsi soumises à l'influence de forts rayons solaires, des zones de courant ascendant et des zones de courant descendant.

Par contre, s'il existe en même temps du vent horizontal, l'air qui monte ne s'élève plus verticalement, mais prend une inclinaison qui dépend de la vitesse du vent horizontal.

L'expérience montre que les courants d'origine thermique se produisent un peu partout, en été, dans les mers des régions tempérées, mais leur vitesse est très faible et varie entre 0 m. 25 et 0 m. 50 à la seconde dans les moments les plus favorables. Dans les mers tropicales, dans la région comprise entre les deux tropiques, au contraire, ces courants ascendants ont une intensité beaucoup plus grande, leur vitesse pouvant ici dépasser deux mètres à la seconde. Ils forment des zones plus ou moins cylindriques de 300 à 1.000 mètres de diamètre, distribuées sans loi précise entre des zones de courant descendant d'importance sensiblement égale.

Tel est le cas dans les régions maritimes équatoriales

où règnent les calmes plats bien connus des navigateurs. Dans les régions maritimes, voisines des tropiques, où soufflent les alizés, les zones de courants ascendants et descendants sont allongées, comme dans les régions désertiques ; elles se présentent sous la forme de bandes de plusieurs kilomètres de longueur, dans lesquels le courant a une composante ascendante ou descendante plus ou moins considérable.

Ces masses d'air ascendantes sont utilisées, elles aussi, par certains voiliers marins comme la Frégate [*Fregata aquila* (L.)], qui vit uniquement dans les régions maritimes situées entre les tropiques. Si à certains moments, la Frégate vole contre le vent en se servant de l'énergie contenue dans les rafales, à d'autres moments, elle utilise de façon indiscutable les courants ascendants d'origine thermique. Dans le premier cas, on la voit se déplacer, ses grandes ailes immobiles à une vitesse telle qu'elle peut capturer les poissons volants ou dépasser dans leur vol les Sternes et les Goélands, auxquelles elle cherche fréquemment à arracher leur proie.

Dans le second cas, après quelques coups d'ailes donnés au moment de l'essor, la Frégate se met à décrire des orbes au-dessus de la mer ; elle monte alors dans l'air tournoyant en cercle pendant des heures entières, à la manière des Rapaces voiliers, et elle atteint ainsi de grandes hauteurs ; elle effectue ce genre de vol, même par calme plat, c'est-à-dire en l'absence de tout vent horizontal, mais elle utilise dans ces conditions les courants ascendants d'origine thermique qui se produisent au-dessus des régions maritimes particulièrement chaudes qu'elle fréquente.

Ces observations montrent que l'homme est encore loin de connaître le milieu aérien dans lequel il essaie, à l'heure actuelle, de se lancer à la manière des Oiseaux ; elles prouvent aussi que ceux qui veulent maintenant tenter de voler par l'utilisation de tous les vents, quelle qu'en soit la forme et se contentent de construire des avions dans ce but, mettent la charrue avant les bœufs. Avant de vouloir rivaliser avec les Oiseaux voiliers, il importe en effet de bien définir les causes multiples qui permettent le vol à voile. C'est donc avant tout vers

l'étude de l'air qu'il s'agit de s'orienter. Pour faciliter notre vie et nos déplacements à la surface de la terre à laquelle nous étions rivés jusqu'ici, nous avons mesuré et noté aussi exactement que possible les moindres dénivellations. Nous avons de même précisé l'importance des dénivellations qui se produisent à la surface de la mer et défini la position des courants marins. Or l'atmosphère a lui aussi, ses vagues et de même qu'il existe des courants marins, il y a des courants dans l'air. Si nous voulons nous servir de ces courants et de ces vagues, il est indispensable de les étudier, de les repérer et de bien mettre en évidence leur structure.

(20 Février 1923).

○ ○ ○

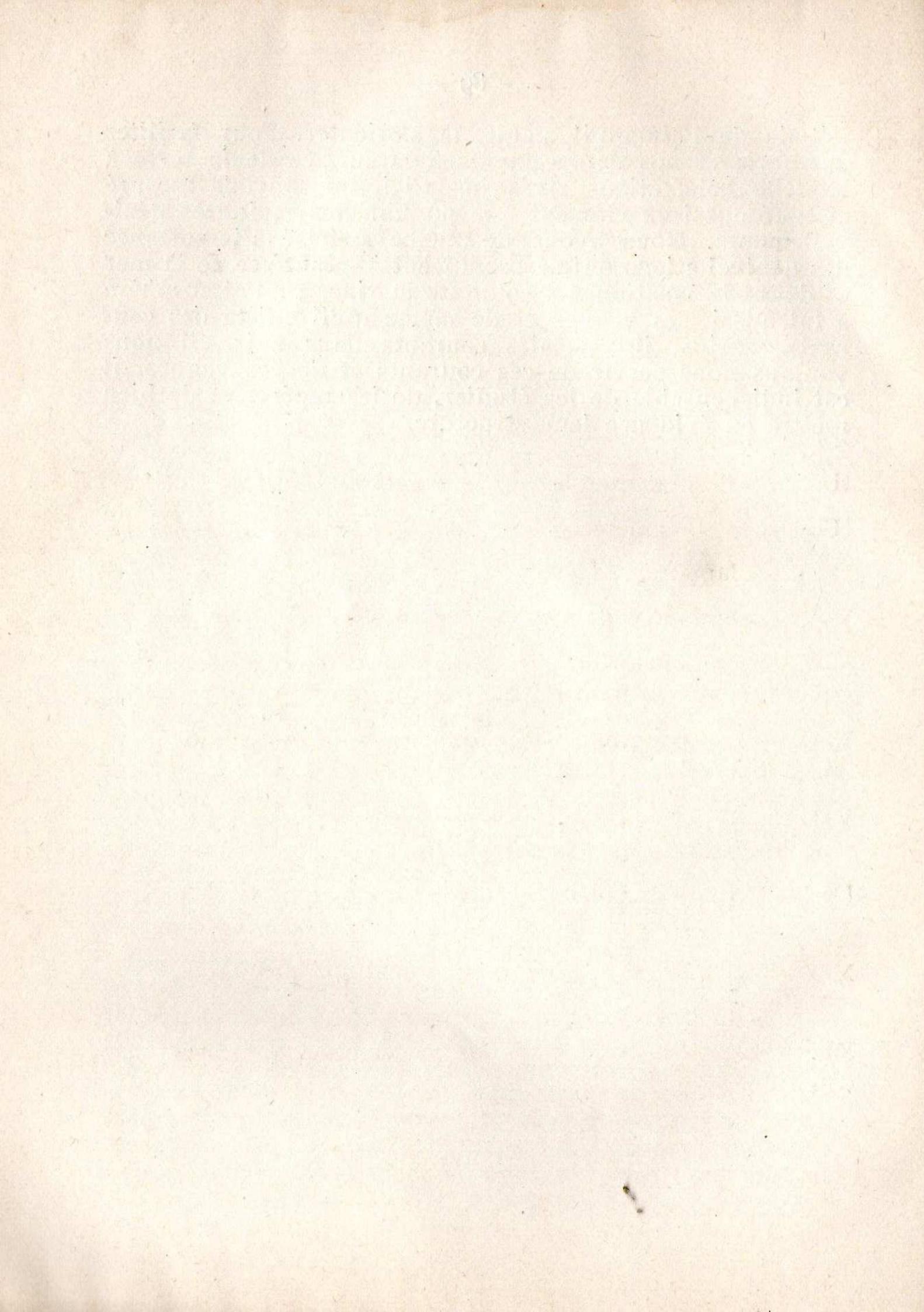


TABLE DES MATIÈRES

○ ○ ○

I. — Pour voler à voile comme les oiseaux	3
II. — Qu'est-ce que le vol à voile?.....	8
III. — Les caractéristiques des Oiseaux voiliers..	15
IV. — L'appareil idéal de vol à voile	26
V. — Le pilotage de l'avion de vol à voile.....	36
VI. — Réflexions à propos des Concours d'avions sans moteur de Clermont-Ferrand et du Rhon	44
VII. — Les courants ascendants dynamiques au-dessus des terres	58
VIII. — Le vol à voile par vents ascendants dynamiques au-dessus des terres	64
IX. — Le vol à voile au moyen des courants thermiques au-dessus des terres	72
X. — Les courants ascendants dynamiques au-dessus des mers	77
XI. — Le vol à voile par vents ascendants au-dessus des mers	83

IMPRIMERIE DES ARTS & DES SPORTS

24, Rue Milton, 24
PARIS (9^e)

