

## Aviation. - Appareils de vol mecanique

A. Pénaud

► **To cite this version:**

A. Pénaud. Aviation. - Appareils de vol mecanique. J. Phys. Theor. Appl., 1875, 4 (1), pp.289-296.  
10.1051/jphystap:018750040028900 . jpa-00237088

**HAL Id: jpa-00237088**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00237088>**

Submitted on 1 Jan 1875

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## AVIATION. — APPAREILS DE VOL MÉCANIQUE;

PAR M. A. PÉNAUD (1).

De nombreux essais de vol mécanique ont été faits à différentes époques, à l'aide d'organes de toute nature, tels que hélices, ailes battantes, parapluies conjugués, plans inclinés, roues aériennes, etc. Cependant, malgré l'intérêt de plusieurs de ces tentatives, l'hélicoptère était, jusque dans ces dernières années, le seul type de machine automotrice qui eût réussi à s'enlever. Plusieurs de ces hélicoptères ont été construits depuis 1784, époque à laquelle Bienvenu fit voler le premier. Le plus connu et le plus parfait était celui que M. Ponton d'Amécourt construisit en 1864, et qui s'élevait un instant d'un mouvement brusque à une hauteur de 2<sup>m</sup>,50 environ. Il était formé de deux hélices superposées et de pas contraires, mises en action par un ressort de montre.

Tous les autres systèmes d'aviation, et entre autres le vol à l'aide d'ailes battantes à la manière des oiseaux, restaient toujours non réalisés et livrés à la discussion, au milieu de théories fort opposées.

En commençant nos études, nous pensâmes que le meilleur moyen de s'opposer à la multiplicité des théories et des idées contradictoires serait de diviser les appareils volants imaginés en un petit nombre de types généraux, de réduire ensuite chacun de ces types à ses éléments essentiels, enfin de réaliser un appareil volant de chacun de ces types ainsi simplifiés, en lui donnant un aspect bien démonstrateur et une construction facile à imiter.

Négligeant des conceptions trop visiblement défectueuses, nous crûmes pouvoir diviser la grande majorité des systèmes d'aviation proposés en hélicoptères, aéroplanes et orthoptères. Les hélicoptères se soutiennent à l'aide d'hélices dont les axes diffèrent peu de la verticale. Leur translation peut être obtenue, soit par ces hélices de suspension elles-mêmes, soit à l'aide d'hélices propulsives spéciales. Les aéroplanes sont des surfaces à peu près planes, inclinées

---

(1) Ce travail a été jugé, par l'Académie des Sciences, digne d'une récompense, qui a été décernée dans la séance du 11 juin 1875. (C. A.)

*J. de Phys.*, t. IV. (Octobre 1875.)

d'un petit angle sur l'horizon et poussées horizontalement par des propulseurs qui sont, en général, des hélices. Enfin les orthoptères ont pour organes principaux des surfaces animées de mouvements à peu près verticaux et alternatifs le plus souvent. C'est dans ce système que rentrent les ailes des oiseaux et les surfaces à mouvements de queue de poisson.

La connaissance de la résistance de l'air nous parut la clef du fonctionnement d'appareils qui devaient se soutenir en l'air uniquement en s'appuyant dynamiquement sur le fluide avec leurs surfaces. Nous entreprîmes une étude attentive de quelques points mal connus et qui nous semblèrent capitaux : l'hélice ascensionnelle, le plan incliné aérien, la recherche d'un principe d'équilibre. L'hélice propulsive était bien connue par son effet sur les navires. Ces recherches, qui nous conduisirent à un petit nombre de lois générales très-simples, nous permirent de préciser le fonctionnement et les proportions d'ensemble des appareils que nous voulions essayer de construire.

Restait à trouver un moteur. La force des ressorts solides était seule d'un emploi simple ; mais le bois, la baleine, l'acier ne fournissent qu'une force minime eu égard à leur poids ; le caoutchouc était bien plus puissant, mais la charpente nécessaire pour résister à sa violente tension était nécessairement assez lourde. Nous eûmes alors l'idée d'employer l'élasticité de torsion du caoutchouc, qui donna enfin la solution de la construction facile, simple et efficace des modèles volants démonstrateurs.

Nous appliquâmes d'abord à l'hélicoptère le nouveau moteur, après avoir étudié, aux diverses torsions successives du caoutchouc, son action si favorable et si curieuse. En avril 1870, nous présentâmes à M. de la Landelle des modèles qui pouvaient, à volonté, s'élever à plus de 15 mètres, voler sur place, planer obliquement en décrivant de grands cercles, et qui se maintenaient en l'air pendant plus de vingt secondes.

L'énorme supériorité de ce résultat sur celui des hélicoptères antérieurs nous enhardit à appliquer notre moteur aux autres systèmes d'aviation. Le 18 août 1871, nous réussissions à faire évoluer, en présence de la Société de navigation aérienne, un aéroplane à hélice, qui parcourut plusieurs fois, avec vitesse et dans différents sens, un des ronds-points du jardin des Tuileries. Cet appareil,

par sa translation ascendante et son équilibre parfait, donnait pour la première fois la démonstration du vol aéroplane.

Directement mesuré en dehors de toute théorie, le travail dépensé par l'aéroplane et l'hélicoptère se trouvait relativement modéré et n'avoir rien de commun avec les fabuleuses évaluations données jadis par Navier. Il était dès lors démontré que la force des oiseaux, tout en étant notablement plus grande à poids égal que celle des mammifères, n'avait rien de contraire à la raison.

Nos hélicoptères et nos aéroplanes, qui ont fonctionné avec succès le 2 juillet 1875 à la Société de Physique, ont déjà une petite famille : ils ont été imités avec des succès divers par Crocé-Spinelli et MM. Montfallet, Pétard et Tatin.

La marche de ces appareils, en confirmant d'une façon complète nos idées et nos calculs sur la résistance de l'air, nous encouragea à tenter la construction d'un oiseau mécanique à ailes battantes. La diversité des théories du vol proposées en France et en Angleterre, tout en témoignant de la difficulté de cette construction, lui donnait un intérêt spécial.

Les résultats des oiseaux mécaniques essayés jusqu'alors étaient fort décourageants. M. Artingstall et M. Marey avaient seuls obtenu un effet utile. M. Artingstall a fait, paraît-il, il y a une trentaine d'années, voler un oiseau à vapeur au bout d'un tube articulé sur une chaudière génératrice. M. Marey, dont on connaît les belles expériences physiologiques, a construit, en 1870, des insectes artificiels qui, attelés à un petit manège et munis d'un contre-poids égal aux deux tiers de leur propre poids, s'élevaient et tournaient en battant des ailes. L'air comprimé qui les animait leur était envoyé au travers de l'axe du manège par une pompe à air manœuvrée à la main. Il restait à gagner encore les  $\frac{2}{3}$  restants du poids en perfectionnant l'action de l'aile, et à faire emporter aux appareils leur moteur, au lieu de les mettre en mouvement par une force extérieure.

Au milieu des théories diverses de l'aile que donnaient Borelli, Huber, Dubochet, Strauss-Durckheim, Liais, Pettigrew, Marey, d'Esterno, de Lucy, Artingstall, etc., et des mouvements si compliqués qu'ils assignaient à cet organe et à chacune de ses plumes, mouvements dont la plupart étaient inimitables pour un appareil mécanique, nous nous décidâmes à chercher nous-même par le rai-

sonnement seul, appuyé sur les lois de la résistance de l'air et quelques faits d'observation la plus simple, quels étaient les *mouvements rigoureusement nécessaires de l'aile*. Nous trouvâmes : 1° *une oscillation double*, abaissement et relèvement, transversale à la trajectoire suivie par le volateur ; 2° *le changement de plan de la rame* pendant ce double mouvement ; la face inférieure de l'aile regardant en bas et en arrière pendant l'abaissement, de façon à soutenir et à propulser ; cette même face regardant en bas et en avant pendant le relèvement, de façon que l'aile puisse se relever sans éprouver de résistance sensible et en coupant l'air par sa tranche, tandis que l'oiseau se meut dans les airs. Ces mouvements étaient d'ailleurs admis par un grand nombre d'observateurs, et fort nettement exposés en particulier par Strauss-Durckheim et MM. Liais et Marey.

Mais, en considérant la difficulté de la construction de notre oiseau mécanique, nous dûmes, malgré notre désir de faire un appareil simple et facile à comprendre, chercher à perfectionner ce jeu un peu sommaire. Il est évident d'abord que les différentes parties de l'aile, depuis sa racine jusqu'à son extrémité, sont loin d'agir sur l'air dans les mêmes conditions. La partie interne de l'aile, dénuée de vitesse propre, ne saurait produire aucun effet propulsif à aucune période du battement, mais elle est loin d'être inutile, et l'on comprend que pendant la rapide translation de l'oiseau dans l'espace elle peut, en présentant sa face inférieure en bas et un peu en avant, faire cerf-volant pendant le relèvement comme pendant l'abaissement, et soutenir ainsi d'une façon continue une partie du poids de l'oiseau. La partie moyenne de l'aile a un jeu intermédiaire entre celui de la partie interne de l'aile et celui de la partie externe ou rame. De la sorte, l'aile, pendant son action, est tordue sur elle-même d'une façon continue depuis sa racine jusqu'à son extrémité. Le plan de l'aile à sa racine varie peu pendant la durée des battements ; le plan de l'aile médiane se déplace sensiblement, de part et d'autre de sa position moyenne ; enfin la rame, et surtout sa portion extrême, éprouvent des changements de plans notables. Ces gauchissements de l'aile se modifient à chaque instant du relèvement et de l'abaissement, dans le sens que nous avons indiqué ; aux extrémités de ses oscillations l'aile est à peu près plane. Le jeu de l'aile se trouve ainsi intermé-

diaire entre celui d'un plan incliné et celui d'une branche d'hélice à pas très-long et incessamment variable.

Malgré les différences de leurs théories entre elles et avec celle-ci, divers auteurs nous donnaient, tantôt l'un, tantôt l'autre, des confirmations de la plupart de ces idées. Ainsi la torsion de l'aile avait été déjà très-bien signalée par Dubochet et M. Pettigrew, qui a longuement insisté à son égard ; il a seulement pris, selon nous, le galbe du relèvement pour celui de l'abaissement, et *vice versa*. Ces auteurs ont bien vu comment les articulations osseuses, les ligaments de l'aile, l'imbrication et l'élasticité des pennes concouraient à cet effet. M. d'Esterno avait expliqué l'effet continu de cerf-volant de la partie interne de l'aile pendant son abaissement et son relèvement, et M. Marey avait donné à cette partie de l'aile l'épithète heureuse de « passive », tout en accordant un rôle prépondérant, dans le vol, à un changement de plan général de l'aile, dû à la rotation de l'humérus sur lui-même.

Selon nous, il y a une distinction complète à établir entre le vol sur place et le vol avançant ordinaire, et l'amplitude des changements de plans de la rame est essentiellement fonction de la vitesse de translation du volateur. A l'extrémité de l'aile, où se produisent les changements de plans les plus considérables, ils atteignent 90 degrés et plus dans le vol sur place, mais ils sont bien moindres dans le vol avançant. D'après nos calculs, les portions extrêmes de la surface de la rame du corbeau ne sont, en plein vol, inclinées vers l'avant pendant l'abaissement que de 7 à 11 degrés au-dessous de l'horizon, et de 15 à 20 degrés au-dessus pendant le relèvement. Le plan de l'aile à sa racine fait d'ailleurs, pendant ce temps, cerf-volant sous un angle de 2 à 4 degrés seulement.

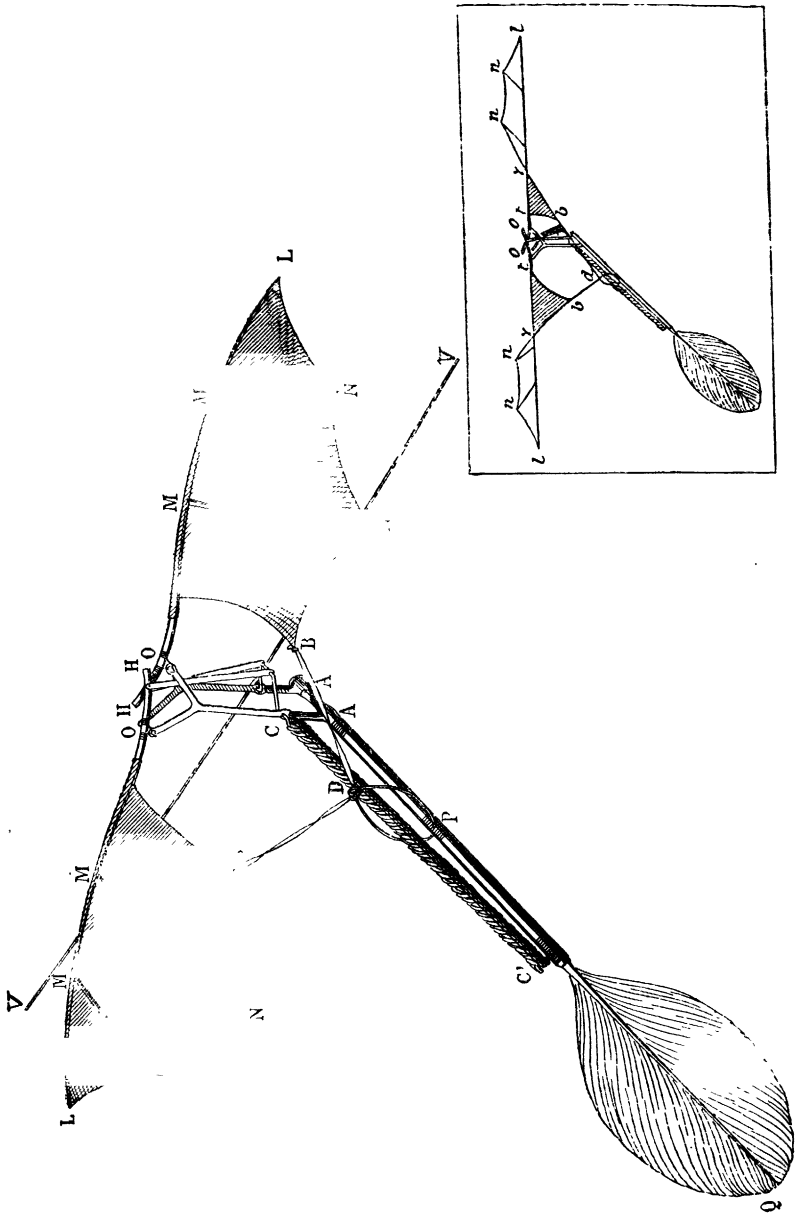
Il est facile de vérifier la petitesse des inclinaisons de l'aile et, par suite, de ses angles d'attaque sur l'air, en regardant voler un oiseau qui se meut sur un rayon visuel horizontal. On ne voit, en effet alors, à peu près que la tranche de ses ailes. Il est, en somme, inexact de dire que l'aile change de *plan* ; à peine pourrait-on dire qu'elle change de *plans*. La vérité est qu'elle passe d'une façon continue par une série de gauchissements gradués et d'une intensité généralement assez faible. C'est du reste ainsi que l'avait compris un auteur anglais, dont nous avons retrouvé les travaux depuis la construction de notre oiseau, et dont la connaissance nous eût évité

plusieurs recherches. La théorie de sir G. Cayley, publiée en 1810, ne diffère de la nôtre que par un petit nombre de points ; il pensait que la rame remontante a toujours une action propulsive, et il attribuait aux parties propulsives et cerf-volant de l'aile des proportions relatives inverses de celles que nous avons été conduit par le calcul à leur attribuer.

C'est avec ces idées, qui ont été jugées favorablement par l'Académie au dernier Concours de Mathématiques, que nous entreprîmes en septembre 1871 l'application du caoutchouc tordu au problème de l'oiseau mécanique. Les ailes de notre oiseau battent dans un même plan par l'intermédiaire de bielles et d'une manivelle. Après quelques essais grossiers, nous reconnûmes la nécessité d'avoir, pour cette transformation de mouvement, un mécanisme très-solide relativement à son poids, et je m'adressai à un habile mécanicien, M. Jobert, pour la construction d'un mécanisme d'acier, que mon frère, M. E. Pénaud, avait imaginé. La figure ci-jointe représente l'appareil que nous arrivâmes à construire. CC' est le caoutchouc moteur placé au-dessus de la tige rigide qui sert de colonne vertébrale à l'appareil, ACOH le mécanisme des battements, VV un volant régulateur. En Q est une queue régulatrice formée de préférence par une longue plume de paon, que l'on peut incliner vers le haut, le bas ou par côté, et que l'on peut aussi charger de cire, de façon à amener le centre de gravité de tout l'appareil au point convenable.

Les gauchissements des ailes OL sont obtenus par la mobilité du voile de l'aile et des petits doigts MN qui le supportent autour de la grande nervure OML, qui ne participe pas à la rotation. Un petit tenseur en caoutchouc DB part de l'angle intéro-postérieur de la surface de l'aile, et vient s'attacher d'autre part vers le milieu de la tige centrale de l'appareil. Ce tenseur, dont la fonction est semblable à celle de la patte postérieure de la chauve-souris, joue le rôle d'écoute élastique par rapport à notre aile, qui ressemble si bien à une voile aurique. Les torsions de l'aile se trouvent ainsi réglées automatiquement, et suivant les besoins, par l'action combinée de la pression de l'air et de ce ressort de rappel.

Le tiers interne de l'aile fait cerf-volant pendant le relèvement comme pendant l'abaissement de l'aile. Les deux tiers externes, correspondant aux rémiges des oiseaux, propulsent et soutiennent





pendant l'abaissement. Le petit croquis situé dans l'angle de la figure montre les ailes en train de s'abaisser. Pendant le relèvement la rame se module sur le sillage sinusoïdal qu'elle parcourt dans l'air, de façon à ne faire que fendre le fluide sans s'appuyer sur lui. Pour le départ, l'appareil est simplement abandonné en l'air à la main.

Cet appareil fut présenté, le 20 juin 1872, à la Société de Navigation aérienne et franchit, à plusieurs reprises, la salle des séances, de 7 mètres de longueur, en s'élevant d'une façon continue par un vol accéléré, suivant une rampe de 15 à 20 degrés. En espace libre, l'oiseau parcourait 12 à 15 mètres et parvenait à 2 mètres environ au point le plus haut de sa course. Un autre modèle, présenté en octobre 1874 à la même Société, nous a donné à la fois le vol ascendant vertical et les vols ascendants oblique et horizontal déjà obtenus.

Le 27 novembre dernier, dans une séance publique, ce modèle a volé d'un bout à l'autre de la salle de la Société d'Horticulture (voir l'*Aéronaute* de février 1875). Le 2 juillet 1875, il a également fonctionné avec succès devant la Société française de Physique : la vitesse de son vol est de 5 à 7 mètres par seconde.

Les oiseaux à caoutchouc tordu ont fait fortune.

M. Hureau de Villeneuve, dont le zèle et le dévouement pour la navigation aérienne sont bien connus, et qui faisait de nombreux essais depuis 1868 sur sa théorie du vol, qui consiste dans l'obliquité sur l'horizon et la convergence vers l'arrière des axes des articulations scapulo-humérales des ailes, a présenté aussi, le 20 juin 1872, un oiseau à caoutchouc tordu, qu'il assura s'être élevé verticalement à près de 1 mètre de haut. Continuant ses recherches avec persévérance, il a présenté de nouveau son appareil à la Société de Navigation aérienne, le 13 janvier 1875, après l'avoir muni d'ailes semblables aux miennes, et de plusieurs autres des dispositions qui avaient réussi dans mon oiseau. Il a pu dès lors faire exécuter un vol continu à son appareil, que nous avons vu parcourir horizontalement près de 7 mètres avec une légère impulsion au départ. M. Tatin a aussi fait, en 1874, deux oiseaux très-curieux à caoutchouc tordu; M. Marey nous a dit avoir vu le premier, en novembre dernier, voler dans son jardin, sur un espace de 8 à 10 mètres; nous avons vu le second, qui est presque identique à notre oiseau, voler d'une façon encore plus satisfaisante.

---