

HISTOIRE DU CERF-VOLANT ANEMOMETRE DE TRAPPES

-

Avant l'arrivée massive des matières plastiques, vers 1960, les cerfs-volants scientifiques étaient construits uniquement à partir de végétaux : coton, bambou et chanvre. C'étaient donc des objets fragiles et périssables dont il ne reste que très peu d'originaux.

L'observatoire météorologique de Trappes a cependant conservé un exemplaire de cette époque classique du cerf-volant. Cet article raconte les origines, les usages et la descendance de l'appareil.

LES ORIGINES

Le système de classification le plus simple divise les cerfs-volants anciens en trois catégories :

- les cerfs-volants constitués d'un seul plan nécessairement stabilisés par une queue.
- les cerfs-volants formant un dièdre, soit par une surface courbe, soit par deux plans.
- les cerfs-volants constitués de trois plans et plus qui, vus de face en vol, ont la forme d'un tube prismatique. Ces cerfs-volants sont appelés cellulaires.

Les deux premières catégories sont d'origine orientale. La troisième l'est peut-être également, mais on l'attribue à l'australien Lawrence Hargrave (1850-1915) en 1893. Hargrave a essayé différentes formes de cellules, circulaires, triangulaires, carrées et rectangulaires. Lors de leur apparition, les cellulaires de Hargrave ont été considérés comme plus stables en vol et mécaniquement plus résistants que les cerfs-volants antérieurs. Cette invention a amplifié un engouement pour les fonctions utilitaires du cerf-volant qui s'esquissait depuis le milieu du XVIIIe siècle.

Les trois catégories de cerf-volants mentionnées plus haut ont donné et continuent à donner d'innombrables variantes obtenues par modifications et croisement. Le cerf-volant de Trappes est le résultat de la combinaison de la première catégorie avec la troisième. Ce nouveau cerf-volant apparaît à Vincennes dans les mains d'un américain pendant l'exposition universelle de 1900 : deux cellules triangulaires associées à une aile plane.

Le brevet américain (n° 698634) déposé le 29 avril 1902 par Silas Conyne reprend à l'identique le cerf-volant de Vincennes et permet de donner un nom, le 'Conyne', à un modèle dont la descendance sera considérable.

Cet appareil, avec quelques modifications (l'ajout d'une deuxième vergue) a servi à des ascensions humaines, à élever les antennes radio lors d'expéditions polaires, à capter des insectes en vol. En 1901 Teisserenc de Bort en préconise l'utilisation comme cerf-volant de sauvetage pour établir une liaison entre les navires en perdition et la côte. En lui ajoutant des ailes et un moteur le capitaine Dorand tente en 1907 d'en faire un avion. Cependant l'utilisation la plus marquante a été l'élévation de fanions de couleurs codées qui permettaient d'adresser des messages à 10 km à la ronde. Cet usage par l'armée française a souvent fait

désigner ce cerf-volant comme 'french signal kite' par les américains qui sont pourtant les inventeurs du modèle.

L'armée française a aussi utilisé cet appareil pour la photographie aérienne et pour estimer la vitesse du vent en altitude. (La traction d'un cerf-volant croît comme le carré de la vitesse du vent). Ce dernier usage est relaté par le lieutenant Etévé lors d'une expédition coloniale au Maroc en 1907. Il s'agit alors d'estimer le risque à faire une ascension en ballon monté.

Avantages du cerf-volant Conyne.

Comparé au cerf-volant cellulaire traditionnel de section rectangulaire, le cerf-volant Conyne présente le gros avantage de nécessiter moins de longerons (trois au lieu de quatre) et surtout beaucoup moins de croisillons qui assurent la forme parallélépipédique du Hargrave habituel.

Dans le Conyne, dit aussi pour cela « cellulaire souple », c'est le vent seul qui assure la tension des faces inclinées de la cellule. Sans croisillons, le Conyne est donc plus facile à monter, plus léger, ce qui lui permet de voler par vent modéré. Il a une structure de cellulaire qui lui assure rigidité et stabilité par vent fort, mais il ne supporte toutefois pas les vents très forts dans lesquels il est instable.

Questions d'envergure.

La principale modification subie par le cerf-volant Conyne au cours du XXe siècle est l'allongement de ses ailes. Vers 1870 déjà, on savait, et les oiseaux le montrent, que le vol semble plus aisé lorsque les ailes sont longues. Le grand allongement favorise la portance de l'aile et diminue relativement la traînée. Dans le cas d'un cerf-volant, l'allongement permet donc à l'appareil de monter au plus proche de la verticale du cerf-voliste, ce qui est une qualité essentielle bien qu'elle rende l'appareil plus difficile à régler. L'allongement d'une aile est le quotient de son envergure par sa profondeur (ou, ce qui revient au même le quotient du carré de l'envergure par la surface utile de l'aile hors cellule).

On obtient alors l'évolution suivante :

Date	Modèle de cerf-volant	Allongement
1900	Vincennes	1
1902	Conyne	1,1
1914	Signal Kite	1,2
1917	Nerlow	3,3
1921	Idrac-Nerlow	3,5
1947	Météo (Pantenier ?)	5,4

Il apparaît qu'en conservant les mêmes éléments constitutifs, le cerf-volant Conyne est devenu en France un autre cerf-volant. Le grand changement est dû à Nerlow qui d'un coup a presque triplé l'allongement.

A titre indicatif, le deltaplane issu d'une invention du cerf-voliste américain Francis Rogallo en 1948 a un allongement de 2,5. Les parapentes, dérivés également des cerfs-volants Parafoil américains de Domina Jalbert en 1964, ont dans leurs versions actuelles un allongement d'environ 5. L'allongement des voiles de bateau est de l'ordre de 6. Les planeurs quant à eux dépassent allègrement 20.

NERLOW : UN CERF-VOLANT POUR LA GUERRE (1918)

Pendant la guerre de 1914-1918, le rôle de l'artillerie est décisif. Pour l'améliorer, il faut tenir compte des effets de l'atmosphère sur l'obus. En effet, la masse spécifique de l'air (donc son humidité, sa température et sa pression) affecte la portée du projectile. Le vent selon sa force et sa direction dévie également la trajectoire. Pour donner des ordres de grandeur, lorsqu'un canon tire à 5000 m, l'obus au plus haut de sa trajectoire (la flèche) est à 350 m de hauteur. L'artilleur considère que l'obus reste plus longtemps dans la partie élevée du trajet puisque les vitesses verticales y sont plus faibles (nulle à l'apogée). On estime donc que le vent moyen auquel est soumis l'obus (dit vent balistique) est le vent régnant au $\frac{3}{4}$ de la flèche. Dans l'exemple pris, c'est le vent à 260 m d'altitude qui doit être mesuré et pris en compte par les calculs. Si sa vitesse est de 10 m/s, la distance entre le but et le point réel d'impact peut largement dépasser 100 mètres. Excellente nouvelle pour les destinataires!

Les valeurs qui précèdent sont celles qui concernent les très nombreuses petites batteries disséminées le long du front. Les météorologistes militaires jugent que le vent, perturbé par les influences du sol, est capricieux jusqu'à environ 500 m d'altitude. Au-delà de cette hauteur, mais alors seules les batteries de gros calibre donnant des flèches plus importantes sont concernées, le vent est considéré stable en vitesse et direction sur de vastes zones. En conséquence, les besoins de mesure des conditions aérologiques sont satisfaits de deux façons :

- les nombreuses petites batteries doivent être équipées pour mesurer au sol la température et la pression et pour mesurer le vent local jusqu'à environ 300 m de hauteur (direction et vitesse).

- les plus rares batteries de gros calibres sont reliées par téléphone à de très clairsemées stations de sondage d'armée qui, à l'aide de ballon pilote, ballon sonde, ballon captif ou d'avions mesurent les conditions aérologiques jusqu'à 5000 m. d'altitude. Des méthodes acoustiques ont aussi été utilisées. Pour ces mesures à haute altitude qui servaient également à établir des prévisions, les allemands ont utilisé de nombreuses stations de cerf-volant qui élevaient quatre fois par jour (sauf vent trop faible) des enregistreurs à 4000 ou 5000 m.

Les militaires français ont peu utilisé de cerfs-volants à ces altitudes. Deux modèles étaient cependant prévus, celui du capitaine Saconney pour les vents forts et celui de son ami Marc Pujo pour les vents moyens.

La résolution du problème posé par les petites batteries à l'aide d'un cerf-volant n'est envisagée qu'en janvier 1918 et est racontée par Edmond Rothé dans la revue « La Météorologie » en 1936.

A la demande de la Commission supérieure d'artillerie, Nerlow et Idrac collaborent à partir d'un modèle de Nerlow à la mise au point d'un cerf-volant anémomètre destiné à mesurer la vitesse et la direction du vent jusqu'à 300 m. Idrac effectue la mise au point en février et mars à Chalons, puis présente l'appareil aux différentes armées. Le 15 avril 1918, il rédige un rapport sur l'emploi du cerf-volant pour la mesure de la vitesse du vent aux petites flèches, puis écrit la notice d'accompagnement du cerf-volant et son procédé de tarage (un grand merci à qui m'adresse des copies de ces documents). Selon les notes du Service Historique de

l'Armée de Terre, le colonel Delcambre du Service géographique des armées, alors en charge de la météorologie, reçoit l'ordre d'expédier des cerfs-volants de sondage aux armées. Le 1 mai 1918, quelques envois sont faits et le gradé chargé des cerfs-volants est détaché deux jours dans chaque station météorologique d'armée pour instruire le personnel. Le 9 juillet, « les rapports des armées sont tous favorables à l'emploi du cerf-volant pour les sondages aux faibles altitudes ». 150 cerfs-volants sont donc mis en commande immédiate. Il est très vraisemblable que quelques uns de ces appareils ont été construits par le cerf-voliste réputé Gabriel Pantenier, alors militaire à Trappes et dont on sait qu'il a fourni l'artillerie en cerfs-volants.

Le cerf-volant anémomètre est mentionné dans les documents militaires jusqu'en 1928.

Description et utilisation du cerf-volant militaire

Il est à peu près assuré que le cerf-volant conservé à Trappes est un exemplaire original. Il a une forme identique à celle donnée par les dessins militaires d'époque et les marques au pochoir Nerlow sont vraisemblablement contemporaines de l'inventeur. Cependant, selon Rothé, les cerfs-volants dans un but de camouflage étaient soit gris, soit bleu horizon ce qui n'est pas le cas du modèle conservé qui est écru.

Le cerf-volant est construit en coton et bambou avec un manchon en laiton. Il a une hauteur de 870 mm et une envergure de 1515 mm. Sa surface (cellules incluses mais parties flottantes des ailes exclues) est de 0,85 m² et il ne pèse que 267 g. Le rapport poids sur surface, ici égal à 0,31 kg/m², était appelé densité par les cerfs-volistes. La densité caractérisait la construction, la robustesse et donc les utilisations des cerfs-volants. Les cerfs-volants météorologiques avaient une densité environ trois fois supérieure à celle de l'appareil de Nerlow.

C'est donc un très petit cerf-volant de dimensions à peine supérieures à celles des jouets. A titre de comparaison, Teisserenc de Bort utilisait souvent des cerfs-volants de 2,6 m² et les très grands cerfs-volants météorologiques allemands postérieurs de quelques années avaient une surface de 42 et même 60 m². Cette petite taille permet une manipulation très facile du cerf-volant et un coût dérisoire. De plus par rapport à son rival le ballon pilote, le cerf-volant peut rester des heures en l'air dans un point fixe et indiquer approximativement la vitesse des rafales

La contrepartie de cette petite surface est que, proportionnellement, la ficelle de retenue a un poids élevé et surtout une surface élevée dont l'incidence négative donne une 'portance' dirigée vers le sol. 500 m de ficelle de 1 mm de diamètre ont une surface de 0,5 m² ce qui est important comparé au 0,85 m² du cerf-volant. Le dynamomètre mesurant la traction au sol ne mesure donc pas seulement l'effet du vent sur le cerf-volant à 300 ou 400 mètres d'altitude, mais l'effet sur l'ensemble ficelle-cerf-volant. Ceci explique l'utilisation du cerf-volant anémomètre aux petites flèches seulement et la nécessité d'un tarage. Pour étalonner le dynamomètre mesurant la traction, gradué en m/s, on faisait voler cote à cote le cerf-volant et un ballon captif muni d'un anémomètre.

La direction du vent était mesurée du sol par l'azimut du fil.

Dans sa conception, le cerf-volant comporte deux curiosités :

- Le bord de fuite des ailes est taillé en arrondi convexe qui sera aussi utilisé par d'autres cerfs-volistes. On ne peut pas considérer que cette forme augmente la surface de l'aile puisque la partie rajoutée flotte au vent et, n'ayant pas d'angle d'incidence, n'a pas de portance. Sur les photos du cerf-volant en vol, le bord de fuite apparaît d'ailleurs concave. L'utilité de ce surplus de tissu est de créer par son fassaillement une traînée qui, comme le fait la queue des cerfs-volants traditionnels, augmente la stabilité de l'appareil.

- Le cerf-volant comporte sur la face arrière de la cellule trois trous circulaires de 15 mm. de diamètre et disposés pour former un triangle équilatéral. Leur fonction est une énigme. On avance d'ordinaire l'idée que ces événements augmentent la portance en évitant le décollement des filets d'air sur l'extrados du cerf-volant. Ce genre de dispositif existe sur des planeurs modernes et a déjà été utilisé sur des voiliers au XIXe siècle. Dans ces deux cas, les trous se trouvent près du bord de fuite ce qui n'est pas le cas pour le cerf-volant de Nerlow dont les trous sont mal disposés pour avoir cet effet. Un ami cerf-voliste suggère qu'il s'agit des trois points symbole maçonnique ; faute de mieux, on retiendra cette hypothèse.

IDRAC-NERLOW UN CERF-VOLANT PARMIS LES OISEAUX

Le vol à voile des oiseaux avait beaucoup intrigué les grands précurseurs de l'aviation qui ne comprenaient pas comment de grands oiseaux, surtout en Afrique, peuvent se maintenir en vol pendant de longues périodes sans battre des ailes, donc sans dépenser d'énergie. On considérait alors que l'élucidation de cette énigme pouvait révolutionner l'avenir de l'aviation. Quelques pionniers avaient entrevu la solution du vol sans battement, mais c'est Idrac qui a envoyé au coeur des ascendances aériennes des ballons, et surtout des cerfs-volants, qui lui ont permis de mesurer, de comprendre et ainsi de préparer les grands vols en planeur.

Le cerf-volant Idrac-Nerlow (1921)

La paix revenue, Idrac se replonge dans ses études sur les courants aériens utilisés par les oiseaux. Il utilise naturellement le cerf-volant qu'il a mis au point pendant la guerre, mais il amplifie encore les modifications qu'avait subi le Conyne. La petite surface d'aile antérieure à la vergue est supprimée. L'envergure du nouveau cerf-volant est de 1,8 m et sa hauteur de 0,96 m. Ce nouveau cerf-volant a une surface de 1,05 m² et le modèle utilisé au Sénégal pèse 250 g. C'est toujours Nerlow qui construit avec « soin et habileté » les appareils d'Idrac. Les bords de fuite des ailes sont vraisemblablement convexes. Sur ce point la description donnée par Idrac est confuse.

Cette nouvelle version du cerf-volant est destinée à remplir les trois fonctions suivantes :

- élever de très légers capteurs de pression et de température dont les indications sont rapportées au sol par des fils électriques.

- mesurer les vitesses des courants aériens à l'aide d'un dynamomètre mesurant la tension du fil de retenu

- Idrac désire également mesurer la composante verticale des déplacements d'air. Pour cela il place sur le fil de retenue du cerf-volant de fines banderoles de tissu très léger dont l'inclinaison indique, après correction, la direction des filets d'air. Cette mesure

optique de l'inclinaison des rubans à l'aide d'une lunette spéciale est précise à 1 degré,

mais peu commode. Idrac met donc au point une seconde méthode permettant de mesurer directement par la tension du fil et l'angle d'élévation du cerf-volant à la fois la vitesse de l'air et son angle de montée. Il modifie le cerf-volant de façon que quelque soit la vitesse de l'air le cerf-volant s'élève toujours d'un angle constant au dessus des filets d'air. Dès lors les mesures de tension du fil et l'angle d'élévation du cerf-volant permettent de déduire d'une part la vitesse de l'air et d'autre part ses composantes horizontales et verticales.

Ainsi si le fil du cerf-volant est incliné de 60° par vent horizontal, il sera incliné de 70°

lorsque le vent « monte » de 10° et ceci quelque soit la variation de vitesse entre les deux mesures. Idrac arrive ainsi, par tâtonnements successifs et en réduisant la surface des ailes, à avoir un cerf-volant dont les variations d'élévation sont inférieures à $1,5^\circ$ d'angle lorsque le vent horizontal varie de 7 à 16 mètres/seconde. La technique d'Idrac est insolite. En effet les cerfs-volistes considéraient que le fil de retenue s'élève continuellement et considérablement lorsque la vitesse du vent augmente. Cette propriété était même préconisée comme technique anémométrique. Il était donc exclu d'utiliser l'angle du fil comme variable représentative de l'ascendance de l'air.

Equipé de ce cerf-volant dont le dynamomètre est attaché à sa ceinture et d'un sextant de poche permettant de mesurer l'angle d'élévation du cerf-volant, Idrac peut librement se promener dans des plaines africaines. Il y constate que « chaque fois que le cerf-volant indiquait la naissance ou le passage d'un courant ascendant bien marqué, on voyait les oiseaux du voisinage s'y précipiter pour se disperser ensuite quand le phénomène cessait. »

De plus, lorsque le cerf-volant est équipé d'une mesure de température, la corrélation échauffement – ascendance -vol d'oiseau apparaît clairement. Ainsi est établie avec rigueur l'existence des thermiques et leur rôle dans le vol à voile des oiseaux.

Ceci résume très succinctement des découvertes faites grâce au cerf-volant Nerlow-Idrac.

Ces expériences ont lieu en 1921 et permettent à Idrac de prédire la possibilité du vol à voile humain dans les thermiques. A cette date, ce rêve paraissait impossible et ce n'est qu'en 1928 qu'il est réalisé pour la première fois par Kronfeld en Allemagne. Le vol sans battements des albatros au ras de l'eau sur de très grandes distances ne met pas en jeu d'ascendances thermiques. Idrac lui a également consacré beaucoup d'études, mais sans l'aide du cerf-volant.

ECLIPSE ET RENOUVEAU

Après les essais d'Idrac, l'ancien Conyne survit dans les seuls jeux d'enfant. Le cerf-volant scientifique est dans un demi sommeil. Vers 1930, quelques anciens cerfs-volistes tentent de reconstituer un club, mais sans succès.

On a trouvé dernièrement à la D.S.O. de Trappes des plans datés de 1933 du cerf-volant Nerlow, de sa bobine de fil et de son dynamomètre. On ne sait pas en vue de quoi ils ont été dessinés.

Le dernier envol d'un cerf-volant français scientifique en coton – mais il n'était pas du modèle qui nous intéresse – a lieu lors de l'année géophysique internationale de 1958 en Terre d'Adélie.

La renaissance des cerfs-volants en général se produit dans les années 70. Elle est liée certainement aux idées de 68 qui valorisent une activité de plein air, l'habileté manuelle, l'imagination et la vie associative. De plus, le cerf-volant peut se pratiquer hors circuit marchand, sans esprit de compétition et à tout âge. Des associations se forment dans le seul but de coudre des cerfs-volants beaux, drôles ou poétiques. Les nouveaux matériaux, tubes en fibre de verre, tissus synthétiques colorés avivent la fantaisie. Les cerfs-volistes s'émerveillent, comme A. Hardellet en 1969, de la « splendide futilité » des cerfs-volants.

A cette époque, des cerfs-volistes parisiens découvrent un cerf-volant très proche de forme de celui de Nerlow . Ils l'appellent 'Météo' et il est devenu renommé. Selon ses découvreurs, l'appareil mesure 2 m d'envergure et 1,25 m de hauteur. Il aurait été fabriqué à Lille par Pantenier en 1947 et a fait des ascensions à 5000 m d'altitude. Malheureusement, personne ne peut dire où a été vu cet appareil et d'où l'on tient les informations qui l'accompagnent.

Un peu plus tard, dans les années 80, s'esquisse parmi quelques amateurs un engouement pour la construction de répliques d'anciens cerfs-volants avec les matériaux et les techniques originales. Ce mouvement procède du désir actuel de voir le patrimoine s'élargir à des objets ressentis comme plus familiers et plus librement choisis que le patrimoine officiellement consacré . Cette évolution concerne de plus en plus les outils techniques ou scientifiques

Le plan du cerf-volant anémomètre est publié en 1998 dans Le Nouveau Cerf-voliste Belge. S'en suivent quelques répliques cousues par des anglais, hollandais et allemands. Ainsi revole au XXI^e siècle, pour la seule délectation de ses constructeurs, le cerf-volant de Julien dit Nerlow.

Remerciements

A tous les membres de Météo France, anciens, actuels, de l'avenue Rapp à Paris ou de Trappes qui m'ont reçu et renseigné avec patience et gentillesse :

Mesdames Brun, Nadine Cénac et Sylvie Charpentier.

Messieurs Michel Beaurepaire, Roger Beving, Pierre Duvergé, Michel Lagadec, Pierre Paillot, Xavier Popineau.

Pierre Mazières

Pour en savoir plus, lire 3 des numéros spéciaux édités par l'AAM :

Le N° 0 « L'aérologie en France » de Pierre Duvergé en collaboration avec Yves Agnoux, Pierre Chavy, Pierre Fournier, Henri Treussart et Robert Viguié.

Le N°1 « Pierre Idrac, Robert Bureau, les pères du radiosondage » de Roger Beving et Pierre Duvergé.

Le N° 3 « Les Cerfs-volants électriques de Benjamin Franklin et Jacques de Romas » de Pierre Duvergé.