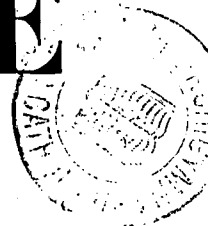


# REVUE SCIENTIFIQUE

(REVUE ROSE)



Directeur-Administrateur :

**PAUL FLAT**

Directeur  
de la Revue politique et littéraire  
(Revue Bleue)

Directeur de la Rédaction :

**CH. MOUREU**

Docteur ès Sciences, Professeur à l'École Supérieure  
de Pharmacie de l'Université de Paris,  
Membre de l'Académie de Médecine.

N° 7. — 2<sup>e</sup> SEM.

47<sup>e</sup> ANNÉE

14 AOUT 1909

## L'AÉROPLANE ANTOINETTE ET LES VOLS EN HAUTEUR

Les principes sur lesquels repose le vol des aéroplanes sont connus depuis longtemps d'un petit nombre de spécialistes ; pour mon compte, il y a plus de trente ans que j'en ai entendu parler pour la première fois. Ce n'était pas alors une chose absolument nouvelle. Mais si beaucoup de personnes étaient persuadées que, lorsqu'on arriverait à déplacer horizontalement avec une vitesse suffisante des surfaces faiblement inclinées sur l'horizon, on obtiendrait la sustentation dynamique de l'appareil, qui se comporterait alors comme un oiseau planeur, on savait aussi que, pour imprimer cette vitesse horizontale, il fallait disposer de moteurs d'une puissance spécifique considérable, et ces moteurs on ne les possédait pas. Quelques ingénieurs avaient même cherché à calculer les conditions que devraient remplir les moteurs pour qu'il fût possible de soutenir en l'air des aéroplanes capables de porter un homme, et on estimait qu'il faudrait pour cela des machines motrices ne pesant pas plus de 3 à 5 kgs. par cheval. Il y a trente ans, comme le poids du cheval-vapeur n'était jamais descendu au-dessous de 100 kgs., une telle légèreté paraissait invraisemblable, et c'est pour cela que de nombreux ingénieurs rejetaient l'aviation dans le domaine des utopies.

Cet allègement des moteurs s'est pourtant produit, et quand l'automobilisme a créé le moteur à explosion puissant et léger, les aviateurs, qui, jusque-là, avaient travaillé dans l'ombre, ont pensé que le moment était venu de vérifier en grand leurs théories et

d'appliquer les nouveaux moteurs à la propulsion et, par suite, à la sustentation d'aéroplanes. Personne ne peut revendiquer la priorité d'une semblable idée ; elle était dans l'air, elle appartenait à tout le monde, ou du moins, à tous les spécialistes de la navigation aérienne.

Il est hors de doute aujourd'hui que les premiers vols mécaniques ont été effectués, en Amérique, par les frères Wright. Cette nouvelle trouva en Europe, et en France en particulier, un accueil très sceptique, justifié d'ailleurs par les allures mystérieuses des aviateurs américains, et les conditions prohibitives qu'ils mettaient au renouvellement de leurs expériences. Mais ce fut pour les spécialistes de l'ancien continent un coup de fouet bien appliqué, et qui eut les plus heureuses conséquences. On se demandait, en effet, en Europe, si le moment était bien venu de faire pratiquement du vol mécanique ; lorsqu'on apprit les résultats obtenus par les frères Wright, on se dit qu'il n'y avait plus à hésiter ; quelque degré de confiance que l'on ajoutât aux nouvelles venues d'Amérique, il fallait prouver que, dans l'ancien monde, nous étions capables, aussi bien que dans le nouveau, de nous élever en aéroplane.

On sait qu'en Europe le premier vol mécanique fut exécuté par Santos-Dumont, à la fin de 1906, vol bien modeste, dépassant une cinquantaine de mètres, et bientôt porté à deux cents.

Dans le courant de 1907, d'autres aviateurs, Farman, Delagrangé, Blériot, Esnault-Pelterie, se mirent à l'œuvre, et exécutèrent un certain nombre de vols de quelques centaines de mètres. Ces vols eurent d'abord lieu exclusivement en ligne droite, les virages présentant des difficultés qui semblaient insur-

montables. Ce ne fut qu'en novembre 1907, que ces difficultés parurent vaincues, à la suite des premiers essais de virage réussis par Henri Farman.

Telle était la situation au 31 décembre 1907 : en France, quelques vols timides; en Amérique, des performances beaucoup plus remarquables, mais dont l'authenticité était généralement contestée.

L'année 1908 restera célèbre dans l'histoire de l'aviation; les progrès réalisés furent en effet surprenants. Je vais les rappeler en quelques mots.

Le 13 janvier, Farman gagnait le prix Deutsch-Archdeacon, réservé au premier aviateur qui effectuerait, en circuit fermé, un trajet de 500 mètres aller et retour, soit un kilomètre en tout.

Au printemps, Farman en Belgique, et Delagrangé à Rome, exécutaient de nombreux vols avec virages.

On apprenait, à la même époque, que l'un des deux aviateurs américains, Wilbur Wright, devait venir en France; tout le monde se rappelle les expériences du camp d'Auvours. C'était de tous côtés une émulation générale. Quelques chiffres donneront une idée des étapes parcourues :

En novembre 1907, on annonçait comme un résultat tout à fait merveilleux que Farman était resté plus d'une minute en l'air. En mai 1908, Delagrangé à Rome faisait un vol de 15 minutes 36 secondes. En juillet, Farman restait, sans prendre contact avec le sol, pendant 20 minutes 20 secondes. Le 5 septembre Delagrangé dépassait la demi-heure. Le 9, Wright dépassait l'heure; le 21 septembre, il restait en l'air pendant une heure 31 minutes 25 secondes, couvrant une distance qu'on peut évaluer à près de 400 kilomètres. Enfin, le 31 décembre 1908, Wright couronnait ses exploits et terminait brillamment l'année en restant en l'air pendant deux heures 20 minutes et 23 secondes, couvrant une distance mesurée de 124 kilomètres 700, mais qui, en raison des virages dont il n'avait pas été possible de tenir un compte exact dans les mesures faites, était certainement d'environ 150 kilomètres.

Ces simples chiffres permettent de mesurer le pas énorme franchi dans l'espace d'une année. Les constatations officielles ont fait porter la durée d'une minute à plus de deux heures, et la distance de 1 kilomètre à plus de 120.

Si remarquables qu'elles soient, ces performances de Wright et de ses émules, exécutées sur des champs de manœuvre, ne constituent pas, à elles seules, le bilan de l'année 1908.

Les critiques, car il y en a toujours, prétendaient que ce n'était en somme que des exercices de cirque ou de manège, et que ce n'était pas de la navigation aérienne pratique; qu'il était peu intéressant de tourner en rond ou en ovale au-dessus d'un terrain spécialement choisi; ce qu'il fallait, c'était voyager en

ligne droite, d'un point à un autre, par-dessus tous les obstacles. Si, au point de vue pratique, ces critiques étaient fondées, au point de vue technique elles étaient absolument injustifiées, ainsi que nous le verrons plus loin. Quoi qu'il en soit, les aviateurs tinrent à honneur d'y répondre; Henri Farman en exécutant, le 30 octobre 1908, son célèbre voyage du camp de Châlons à Reims (27 kilomètres en vingt minutes à plus de 40 mètres de hauteur); et le lendemain, M. Blériot, en exécutant le voyage aller et retour de Toury (Eure-et-Loir) à Artenay (Loiret), soit plus de 30 kilomètres à la vitesse de 85 kilomètres à l'heure.

\*  
\* \*

Il était à prévoir que l'année 1909 ne donnerait pas des résultats aussi sensationnels que 1908, et c'est ce qui semble avoir lieu. On a répété plus ou moins les exploits déjà accomplis; l'aviation s'est généralisée, mais les résultats obtenus n'ont pas dépassé notablement ceux de 1908. Aussi, l'intérêt du public semblait-il se refroidir, quand les exploits d'un nouvel aviateur, Latham, dont le nom était hier inconnu, ont attiré l'attention du public.

Et pourtant l'aviateur Latham n'a pas battu les records de distance et de durée établis par Wright en 1908. Quelles sont donc les particularités de ces vols qui ont attiré l'attention publique, et la faveur populaire qui s'est attachée rapidement à ce nom est-elle bien justifiée?

Il est certain que, pour le gros public, la popularité du nom de Latham a tenu à son intention bien nettement exprimée de traverser la Manche. C'est là, certes, un coup d'audace qui était bien capable d'enthousiasmer l'opinion publique, et ce n'est pas d'aujourd'hui que de semblables exploits attirent l'attention. Au moment où j'écris ces lignes, j'ai devant les yeux une gravure commémorative de la première traversée de la Manche en ballon, exécutée le 7 janvier 1785, par Blanchard et le docteur Jeffries. Le franchissement du détroit en aéroplane n'excitera certainement pas plus d'enthousiasme que n'en a provoqué le premier voyage en ballon libre au-dessus de la mer.

Mais à examiner les choses au point de vue technique, il n'est pas plus difficile de faire 38 kilomètres au-dessus des flots du Pas de Calais, que par-dessus les sables d'Auvours, ou la craie du camp de Châlons; Latham a fait plus que cela, et Wright, Delagrangé, et d'autres en ont fait aussi davantage; c'est donc aujourd'hui chose faisable, et qui ne demande de la part de son auteur que de l'audace jointe à beaucoup de prudence, et des soins dans les préparatifs de l'expédition. L'aéroplane est, en effet, un engin assez ca-

précieux, et il ne faut pas être à la merci d'une panne de moteur ou de tout autre accident (1).

Indépendamment de ce projet de voyage de France en Angleterre, il y a, dans les expériences de Latham, des particularités tout à fait dignes d'attirer l'attention. Ses vols, avons-nous dit, ne sont pas plus longs que ceux de Wright, mais ils sont autres; on peut remarquer, dans ces performances officiellement constatées quelques points spéciaux à cet aviateur.

Ses vitesses paraissent plus considérables que celles de tous les autres aéroplanes jusqu'ici essayés; on parle de 60, 76, 78, et même 90 kilomètres comme vitesses réellement constatées; de 50 kilomètres contre un vent rapide. Tout cela prouve que la vitesse propre qui n'a pas été mesurée doit être considérable, et ce qui le prouve davantage c'est qu'à l'encontre des autres aviateurs, il semble beaucoup moins redouter le vent. Cela doit tenir à ce que, grâce à sa vitesse propre, il est à peu près sûr d'en être le maître.

Tandis que les autres aviateurs volaient presque toujours seuls, et ne prenaient qu'exceptionnellement des passagers avec eux, Latham semble ne pas redouter du tout les compagnons de voyage; il en a même pris deux à la fois.

Enfin, et c'est là sa principale caractéristique, il s'élève plus haut que tous ses rivaux. On parle fréquemment de hauteur de 60 mètres atteinte; je veux bien qu'elle n'ait pas été mesurée exactement, mais il est certain que Latham a donné à ses spectateurs l'impression de vols à grande hauteur, et c'est là une particularité sur laquelle nous ne saurions trop insister. S'il faut en croire certaines interviews, il aurait manifesté l'intention de franchir le détroit à 200 mètres au-dessus du niveau de la mer; cette déclaration n'a surpris personne, étant donné ses performances antérieures.

La hauteur est donc la caractéristique des vols de Latham, mais ils donnent aussi une autre impression. Lorsque Wilbur Wright est apparu en France, ceux qui avaient vu voler Delagrangé ou Farman ont été frappés de la supériorité de l'aviateur américain, au point de vue de l'élégance des manœuvres et de la souplesse de ses virages. Tandis que les Français se lançaient en ligne droite, mais considéraient toujours un virage comme un passage délicat, dont on n'était jamais sûr de se tirer à son honneur, Wright semblait ne s'en inquiéter nullement, grâce peut-être au gauchissement de ses ailes, grâce sur-

tout à sa merveilleuse habileté de pilote; il semblait se jouer de sa direction et donnait une impression toute particulière de souplesse dans le plan horizontal. Dans le plan vertical aussi, sa souplesse était remarquable, mais ses évolutions en hauteur ne dépassaient jamais quelques mètres d'amplitude. Sous ce rapport, Latham semble au contraire se jouer des difficultés; la verticale est son élément. Il descend en pente douce de 40 à 50 mètres, arrive jusqu'à proximité du sol, et repart vers les régions supérieures; et il ne le fait pas une fois par hasard; mais il réitère cette manœuvre aussi souvent qu'il le veut; c'est peut-être ce qu'il y a de plus caractéristique dans sa manière.

En résumé, on remarque dans les vols de Latham une grande vitesse, une puissance de transport supérieure, une grande indifférence par rapport au vent, une altitude générale plus élevée, et enfin une merveilleuse souplesse dans le plan vertical.

\*  
\*\*

C'est donc avec raison que tout le monde a cru voir dans les vols de Latham quelque chose de nouveau; aussi a-t-on cherché l'explication des causes de cette supériorité.

Le public, qui aime les réponses simples à ses questions, a trouvé immédiatement la raison du succès de Latham: c'est bien simple, son appareil est un monoplane, et il est bien évident que cette forme est très supérieure à celle du biplan. Tous les grands oiseaux planeurs sont des monoplans, et on ne trouve, dans la nature, aucun exemple de biplan ou de polyplan.

Au risque d'être en désaccord avec tout le monde, j'avouerai humblement que je ne vois pas l'évidence de la supériorité du monoplane; je ne suis pas non plus très impressionné par l'argument tiré de l'imitation de la nature; les solutions qu'elle adopte ne sont pas, en effet, toujours les meilleures au point de vue mécanique, mais elles lui sont souvent imposées par les conditions générales de constitution des animaux. Les machines humaines ne sont pas soumises aux mêmes nécessités, et les solutions adoptées par l'homme peuvent être excellentes, tout en différant énormément des modèles offerts par la nature. Je crois qu'on serait très embarrassé de dire quel est l'animal dont l'homme s'est inspiré pour construire les chemins de fer, et c'est cependant un mode de locomotion qui marche assez bien.

En réalité, il n'y a aucune raison théorique pour affirmer *a priori* qu'un aéroplane monoplane est supérieur à un biplan. Ce dernier type d'appareil d'aviation a fait sa première apparition sous forme de cerfs-volants; l'idée est due à M. Hargrave, l'éminent

(1) Ces lignes étaient écrites avant le 19 juillet, date de la tentative de Latham, qui s'est, comme on le sait, terminée par une descente en mer. Depuis lors, Blériot a traversé le Pas de Calais et, dans une nouvelle tentative, Latham est descendu en mer à quelques centaines de mètres seulement de la côte anglaise.

ingénieur australien, et, depuis, elle a fait le tour du monde.

Tous les cerfs-volants dont on se sert aujourd'hui sont plus ou moins dérivés du type Hargrave, et c'est à partir de la vulgarisation de ce modèle que les cerfs-volants se sont perfectionnés comme nous le voyons aujourd'hui. Rappelons que c'est grâce à des cerfs-volants Hargrave, que M. Teisserenc de Bort, auquel l'Académie des Sciences vient de décerner le prix Lacaze pour ses observations dans la haute atmosphère, a pu, ainsi, que son émule américain, M. Lawrence Rotch, élever des instruments météorologiques jusqu'à plus de 5 kilomètres de hauteur.

Le type biplan avait donc fait ses preuves sous forme de cerf-volant avant qu'il ne fût appliqué aux aéroplanes; il ne faut pas voir dans ce dispositif des propriétés mystérieuses au point de vue de l'aviation, c'est simplement un but de construction. Les deux plans sustentateurs superposés sont reliés entre eux par des entretoises et des tendeurs croisillonnés qui constituent une véritable poutre armée; c'est un moyen d'économiser le poids, et, par conséquent, de réaliser dans de meilleures conditions des surfaces sustentatrices d'une étendue déterminée; il ne faut pas voir autre chose dans le biplan. C'est, je le répète, un appareil qui ne présente aucune propriété spéciale au point de vue de l'aviation, mais qui est excellent comme dispositif de construction.

On peut dire aussi que sous certains rapports, le biplan présente par lui-même moins d'instabilité que le monoplan, mais c'est là un avantage secondaire, et il n'est pas impossible d'assurer aux appareils monoplans, par d'autres dispositions, la stabilité longitudinale équivalente. La conclusion, c'est qu'on peut faire de bons aéroplanes biplans, et on en a fait, et de bons aéroplanes monoplans. Les succès de Latham ne sont pas dus à ce qu'il a employé un type plutôt qu'un autre; il faut chercher autre chose.

Ces succès tiennent évidemment à deux sortes de causes différentes. D'une part, la construction de l'aéroplane a été admirablement étudiée dans tous ses détails, et l'exécution est à hauteur de la conception. Les lecteurs qui s'intéressent à ces sortes de questions pourraient se reporter à l'*Aérophile* du 1<sup>er</sup> janvier 1909, qui contient une description détaillée de cet aéroplane; nous nous bornerons à signaler : la construction rationnelle des surfaces sustentatrices; l'heureuse forme qui leur est donnée; le grand soin avec lequel on a cherché à réduire la résistance à l'avancement; les heureuses dispositions de la queue stabilisatrice et des gouvernails de profondeur et de direction; les bonnes dispositions des commandes; l'excellence du moteur An-

toinette; la bonne construction des hélices, etc. Je n'entends pas dire évidemment que la construction de cet aéroplane soit en tout point supérieure à celle de tous les autres; nous possédons heureusement des ingénieurs aéronautes qui sont, dans leur spécialité, des constructeurs de premier ordre; mais il est certain que l'aéroplane Antoinette donne l'impression de quelque chose de bien étudié et d'heureusement réalisé. Ce serait sortir des bornes de cet article que d'examiner en détail les différentes dispositions de l'appareil, et il ne s'agit pas ici de faire un cours de construction aéronautique.

Dans un autre ordre d'idées, un des grands facteurs des succès obtenus consiste dans la manière de procéder de Latham. Nous avons vu plus haut en quoi elle consiste; sa grande caractéristique est la hauteur à laquelle il évolue; c'est, à mon avis, une chose excellente. Depuis de longs mois, je ne cesse de la prêcher aux aviateurs; aucun, jusqu'ici, n'a paru en tenir compte d'une manière aussi complète que Latham; aussi, est-ce avec une satisfaction personnelle que j'enregistre ses succès.

Pourquoi la hauteur est-elle une bonne chose en aviation? Et pourquoi les aviateurs ont-ils semblé jusqu'ici la redouter? C'est ce que nous allons examiner dans la suite de cet article.

\*  
\* \*

Le propre de la navigation aérienne étant de parcourir l'atmosphère, il a semblé de tout temps que la hauteur était chose désirable en elle-même et que la conquête de l'air était, avant tout, la conquête de l'altitude. A la fin du xviii<sup>e</sup> siècle, lors de l'invention des ballons, ce qui frappa surtout les imaginations, ce fut la possibilité pour l'homme de s'élever dans un élément qui, suivant l'expression d'un auteur contemporain, « paraissait si peu fait pour le porter »; la question de distance parcourue semblait moins intéressante.

Lorsque les voyages aériens se multiplièrent, on reconnut bien vite que les très grandes altitudes étaient fort dangereuses pour les aéronautes, et que les voyages exécutés dans ces conditions ne présentaient pas beaucoup d'agrément. Le charme des ascensions aérostatiques est surtout appréciable aux hauteurs modérées, entre 500 et 1.000 mètres; au-delà, l'impression est moins agréable, et au-dessus de 2 ou 3.000 mètres, on trouve généralement la situation assez monotone.

Si donc on considère l'agrément des voyages aériens que l'on exécutera au moyen d'aéroplanes et de dirigeables — et ce côté de la question ne saurait être négligé — c'est aux environs de 500 mètres que l'on songera généralement à se maintenir. C'est

à peu près ce que font les dirigeables; quant aux aéroplanes, ce n'est pas en hectomètres que l'on compte leur altitude, c'est en mètres, sauf quelquefois Farman, souvent Blériot, et généralement Latham, qui comptent leur hauteur en décimètres (1).

Au point de vue militaire, la nécessité de l'altitude est absolument impérieuse, si l'on veut échapper aux projectiles de l'artillerie terrestre; il faut alors s'élever au moins à 1.500 mètres, peut-être davantage. Or, on doit se dire que les aéronefs ne pourront rendre aux armées des services réels que s'ils sont hors de portée du tir de l'artillerie terrestre; l'ennemi, pour les combattre, devra les attaquer dans leur élément, en envoyant d'autres navires aériens à leur poursuite.

Au point de vue pratique, la hauteur est donc une chose désirable en elle-même. Si l'on examine le côté technique, on constate qu'elle présente un double avantage.

Le premier, c'est que, dans le voisinage immédiat du sol, les mouvements de l'atmosphère sont extrêmement irréguliers. Les accidents de terrain, les arbres, les constructions modifient constamment la direction du vent, provoquent des remous, des ondulations, dans le sens vertical, des tourbillons, toutes sortes de conditions très dangereuses pour la stabilité des aéroplanes. A mesure qu'on s'élève, les choses changent; la composante verticale du vent diminue et se réduit souvent à rien; les tourbillons disparaissent, le vent est peut-être plus rapide qu'à terre, mais il est beaucoup plus régulier; la plupart du temps, il se réduit à un déplacement rectiligne et uniforme.

Au bout d'une période assez courte, d'une fraction de minute, le navire aérien a pris la vitesse du courant et par suite les choses se passent comme si l'air était immobile et comme si la terre se déplaçait sous lui en sens inverse du vent et avec une vitesse égale. S'il s'agit d'un ballon libre, il est plongé dans le calme absolu et ne sent aucun courant d'air, bien qu'il voie fuir la terre à des vitesses de 20, 50 ou 100 kilomètres. S'il s'agit d'un dirigeable ou d'un aéroplane, il ne sentira d'autre courant d'air que celui qu'il produit lui-même par sa vitesse propre; ce courant d'air viendra toujours de l'avant et, qu'il marche dans le sens du vent, ou en sens inverse, ou dans une direction perpendiculaire ou oblique, le résultat apparent restera toujours le même. Le seul effet du vent sera de changer le point du sol au-dessus duquel on se trouve, par suite du déplacement de l'air par rapport à la terre.

(1) A ces noms, il faut ajouter celui de Paulhan qui a exécuté récemment de beaux vols en hauteur à Douai et celui de Sommer qui, le 7 août dernier, a volé pendant 2 h. 27 m. 51 s.

Si l'homme était né dans un navire aérien et s'il n'avait jamais pris contact avec le sol, en voyant la terre se déplacer sous lui, il aurait pu se croire immobile et penser que toute la surface du sol était animée d'un mouvement rapide, de même que, pendant un grand nombre de siècles, les hommes ont cru que la terre était immobile et que le soleil tournait autour. Dans un cas comme dans l'autre, les deux hypothèses expliquent aussi bien les mouvements apparents et, d'après M. Henri Poincaré, on est absolument libre de choisir celle qui nous paraît la plus commode. Pour l'aéronaute, il peut sans aucune difficulté se figurer qu'il est immobile, au-dessus d'une terre animée d'un mouvement de déplacement horizontal, car il ne sent aucun souffle autre que celui déterminé par la vitesse propre qu'il peut posséder relativement à l'air ambiant. Tant qu'il est en l'air, pour lui, le vent n'existe pas.

Mais pour qu'il en soit ainsi; c'est-à-dire pour que la manœuvre dans l'espace se fasse avec autant de facilité qu'en air calme, il est indispensable que le déplacement de l'air ambiant se réduise à un mouvement sensiblement horizontal, rectiligne et uniforme. Cela n'a jamais lieu dans le voisinage du sol; en s'élevant de quelques dizaines de mètres, c'est à peu près vrai; si l'on atteint plusieurs centaines de mètres, c'est presque toujours la réalité. C'est donc là une raison de premier ordre pour préconiser les altitudes élevées.

Tout le monde sait que, dans le voisinage des côtes, les navires sont exposés aux caprices des courants et des remous de toute nature; c'est là seulement que la navigation est réellement dangereuse; et, en cas de mauvais temps, on a tout intérêt à gagner le large.

Il en est de même en navigation aérienne, seulement, ce n'est pas suivant une horizontale qu'il faut fuir la région dangereuse et tourmentée, c'est suivant la verticale; en d'autres termes, il faut gagner de la hauteur.

Il y a à cela un autre avantage au point de vue de la stabilité. Tout le monde sait que les mouvements oscillatoires de roulis et de tangage sont très dangereux pour les aéroplanes et, si l'on fait la statistique des accidents survenus depuis l'apparition de la navigation aérienne, par le plus lourd que l'air, on constate qu'ils sont presque tous dus à des inclinaisons imprévues qui ont compromis la force sustentatrice et amené la chute plus ou moins rapide de l'appareil vers le sol.

Or, ces oscillations sont beaucoup plus à craindre dans une atmosphère troublée que dans une atmosphère animée d'un mouvement régulier. La stabilité sera donc plus facile à assurer aux grandes hauteurs qu'aux petites; mais en admettant qu'elle soit com-

promise, l'appareil peut se redresser de lui-même grâce aux dispositions de sa construction ou au moyen de manœuvres appropriées, dues à l'intervention de l'aviateur.

Mais, quel que soit le procédé de redressement qu'on emploie, il n'est pas instantané, et, pendant que l'équilibre tend à se rétablir, l'appareil, dont la force sustentatrice a notablement diminué, se rapproche du sol avec plus ou moins de rapidité. Si l'on est trop près, il risque de l'atteindre avant que l'on n'ait pu replacer l'aéroplane dans sa position normale, et la perte momentanée de l'équilibre se transforme en un véritable accident. Si, au contraire, on se trouve à une hauteur suffisante, on peut effectuer à son aise la manœuvre de redressement et reprendre la marche horizontale sans aucun dommage.

Tels sont les avantages de la navigation à grande hauteur, et c'est ce que semblent comprendre, depuis quelque temps, les aviateurs. MM. Blériot, Paulhan, Latham s'élèvent couramment aux environs de 100 mètres et j'espère qu'ils atteindront des hauteurs plus grandes. A mon avis, c'est aux environs de 500 mètres qu'à l'avenir les aéroplanes évolueront normalement.

\*  
\* \*

Personne ne conteste sérieusement les avantages d'une altitude relativement élevée, et cependant les aviateurs se sont difficilement décidés à les aborder. Il y a à cela plusieurs raisons.

Les unes sont d'ordre technique; on a dit couramment que l'appareil d'aviation ne pourrait jamais atteindre de grandes altitudes en raison de l'extrême difficulté qu'il aurait à se soutenir dans un air raréfié. Cet argument, vrai en théorie, ne résiste pas à l'examen lorsqu'on le soumet au calcul. Il faut évidemment dépenser plus d'énergie avec un appareil donné pour se soutenir dans un air raréfié que dans un air plus dense; mais la proportion n'est pas énorme: à la hauteur de 100 mètres, il faudrait augmenter de 5 p. 100 la puissance du moteur; à 200 mètres de 15 p. 100; à 500 mètres de 3 p. 100 et à 1.000 mètres de 6 p. 100 environ. Ce n'est réellement pas là une difficulté sérieuse.

Mais il y en a une autre plus grave, celle de gagner l'altitude à laquelle on veut évoluer. Pour un ballon ce n'est qu'un jeu: il n'a qu'à jeter du lest; mais pour un aéroplane, il faut qu'il s'élève grâce à une dépense de puissance motrice.

Pour faire mouvoir un appareil de locomotion quelconque, il est nécessaire de dépenser un certain travail. Ce travail peut être décomposé en trois travaux différents auxquels on peut donner les noms de *travail de dénivellation*, *travail de propulsion* et *travail de sustentation*.

Le travail de dénivellation est celui qui est nécessaire pour élever le véhicule au-dessus de son point de départ; quel que soit le système employé, il est égal au produit du poids de l'appareil par la différence de niveau entre le point d'arrivée et le point de départ.

Le travail de propulsion ou de translation est celui qui est nécessaire pour déplacer l'appareil dans le sens horizontal; il est égal au produit du chemin parcouru par la résistance que le milieu sur lequel on s'appuie oppose au déplacement. Cette résistance peut consister dans le frottement d'un véhicule terrestre sur le sol ou sur les rails, ou bien, dans la résistance que l'eau ou l'air oppose à un bateau ou à un appareil d'aviation.

On sait que le frottement entre deux corps solides est constant et ne dépend pas de la vitesse. Le travail de translation d'un véhicule terrestre est, par suite, proportionnel au poids de l'appareil et au chemin parcouru. Il est toujours le même quelle que soit l'allure à laquelle on marche. Si, pour ce véhicule, le travail par unité de longueur de chemin parcouru reste constant, le travail par unité de temps augmente proportionnellement au chemin parcouru pendant cette unité, c'est-à-dire à la vitesse mais simplement à la première puissance de cette vitesse.

Il n'en est pas de même pour les véhicules aquatiques ou aériens: la résistance à l'avancement est proportionnelle, non pas à la vitesse mais au carré de la vitesse, et cette résistance doit être multipliée par le chemin parcouru pour obtenir le travail nécessaire. Pour parcourir un kilomètre, le travail n'est donc plus le même à toute allure, comme lorsqu'il s'agit de véhicules terrestres, mais il est proportionnel au carré de la vitesse horizontale. Si l'on veut évaluer le travail pendant l'unité de temps, la résistance proportionnelle au carré de la vitesse doit être multipliée par le chemin parcouru pendant cette unité, c'est-à-dire par la vitesse elle-même. Il est donc, finalement, proportionnel au cube de la vitesse.

Ainsi, la puissance motrice, pour faire marcher une voiture à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure sera deux fois plus grande que pour la faire progresser à la vitesse de 10 kilomètres; pour un appareil de locomotion aquatique ou aérienne, ce n'est pas une puissance deux fois plus grande qu'il faudrait en pareil cas, mais huit fois plus grande. Si l'on voulait tripler la vitesse, il faudrait 27 fois plus de puissance, et ainsi de suite.

Tous les véhicules possibles doivent fournir, pour évoluer, un travail de propulsion et, s'il y a lieu, un travail de dénivellation. Les appareils d'aviation sont condamnés, en outre, à fournir un troisième travail qui leur est spécial, celui de la sustentation.

Tandis que la voiture est maintenue à une hauteur déterminée par le sol sur lequel elle s'appuie, que le bateau est également soutenu par l'eau sur laquelle il flotte, et le ballon par l'air dans lequel il est immergé, l'appareil d'aviation ne peut combattre la pesanteur que moyennant une dépense continue de travail mécanique. Cette dépense est plus ou moins considérable, et la manière la plus simple de se rendre compte de son importance est de se représenter quel est le nombre de kilogrammètres nécessaires pour soutenir un poids donné. Supposons, par exemple, qu'un appareil du poids de 100 kilogrammes nécessite, pour sa sustentation, une dépense de 300 kilogrammètres par seconde, cela reviendra à dire que, pour le maintenir à un niveau déterminé, il faut dépenser autant de travail que si l'on voulait élever un poids égal, par un appareil quelconque, treuil, palan, plan incliné, etc., à la vitesse verticale de 3 mètres par seconde. S'il fallait dépenser 400 kilogrammètres, le travail de sustentation serait égal à celui que nécessiterait une ascension à la vitesse de 4 mètres par seconde, etc., etc.

On peut donc toujours dire que le travail de sustentation est le même que celui qui serait nécessaire pour s'élever avec une vitesse d'ascension déterminée; c'est à cette vitesse que l'on a donné le nom de *vitesse fictive d'ascension*.

On démontre aussi que, pour un appareil déterminé, cette vitesse fictive d'ascension augmente avec la charge par mètre carré de surface sustentatrice; mais si cette charge reste constante, la vitesse fictive d'ascension reste la même; donc, les conditions de l'appareil ne changent pas. Nous nous bornerons à signaler ce fait sans démonstration et sans formules.

Quand il s'agit d'un aéroplane, la sustentation ne peut avoir lieu que s'il y a, en même temps, déplacement horizontal; elle est, comme on le dit, *dépendante* de la vitesse. Il en résulte que, pour ce genre d'appareils, le travail de propulsion et celui de sustentation réagissent l'un sur l'autre, puisque la sustentation ne se produit que grâce à la propulsion.

La sustentation est d'autant plus économique — nous parlons évidemment de l'économie de puissance motrice, — que l'angle d'attaque, c'est-à-dire celui sous lequel les surfaces sustentatrices rencontrent les filets d'air, est plus faible. Théoriquement même, le travail de sustentation deviendrait nul si cet angle d'attaque était lui-même égal à zéro; mais à mesure que l'angle d'attaque diminue, on est obligé, pour soutenir un poids donné, d'augmenter la vitesse, et, avec la vitesse, augmente très rapidement le travail de translation. Avec des angles d'attaque forts et de faibles vitesses, on est donc

obligé de dépenser beaucoup de travail, pour se soutenir, et peu, pour avancer. A mesure qu'on diminue l'angle d'attaque, le travail de sustentation diminue, mais le travail de propulsion augmente, et, pour les angles très faibles, c'est ce dernier qui devient prépondérant.

On a donc tout intérêt à choisir un angle optimum qui corresponde au minimum de l'ensemble des deux travaux de propulsion et de sustentation.

Ce minimum peut être considéré de deux manières, soit par rapport au chemin parcouru, soit par rapport au temps. Si l'on admet certaines lois de la résistance de l'air, on démontre que le minimum de travail, par kilomètre parcouru, s'obtient lorsque le travail de sustentation est égal au travail de propulsion. Si, au contraire, on cherche à dépenser le minimum de travail dans l'unité de temps, ce minimum s'obtient, non lorsque les deux travaux de sustentation et de propulsion sont égaux; mais lorsque le travail de sustentation est égal au triple du travail de propulsion. (Théorèmes de Pénaud et Charles Renard).

Admettons que l'on se place dans les conditions voulues pour obtenir le minimum de travail par unité de temps, c'est-à-dire pour dépenser le moins de puissance motrice et, par suite, le moins de combustible par heure. Si le travail fourni par le moteur est rigoureusement égal à la somme de ces deux travaux, de propulsion et de sustentation, l'appareil marchera horizontalement.

Si l'on veut s'élever — et nous revenons à la question d'altitude que nous avons paru abandonner — il faudra, outre ces deux travaux, produire un travail supplémentaire de dénivellation. Il est donc, dans ce cas, indispensable que la puissance motrice dont on dispose soit supérieure à celle qui est nécessaire pour fournir le minimum de la somme des deux travaux de propulsion et de sustentation.

Si donc on a un moteur strictement suffisant, l'élévation sera impossible. Si, au contraire, le moteur a une puissance surabondante, on pourra s'élever et on s'élèvera d'autant plus vite que l'excès de puissance sera plus considérable par rapport au strict minimum nécessaire.

Les aéroplanes n'ont donc pu songer à gagner des hauteurs plus ou moins élevées que quand ils ont été surabondamment pourvus de puissance motrice. Or, pour arriver à ce résultat, il y a deux moyens: le premier; c'est d'augmenter la puissance de la machine; mais comme on ne dispose, pour cette machine, que d'un poids limité, il faut, de toute nécessité, pour obtenir le résultat cherché, alléger le moteur, c'est-à-dire diminuer le poids du cheval-vapeur. L'autre moyen consiste dans une meilleure utilisation de la puissance, c'est-à-dire dans une

diminution du travail nécessaire à la propulsion et à la sustentation.

Pour diminuer le travail de propulsion, on cherche à réduire au minimum la résistance à l'avancement grâce à des formes bien étudiées. Quant au travail de sustentation, on le diminue également en améliorant ce que l'on pourrait appeler les facultés porteuses de l'appareil. On peut, grâce à des dispositions spéciales que je ne puis développer ici, obtenir plus d'efficacité d'un sustentateur de surface donnée, de manière qu'on puisse diminuer le travail ou augmenter la charge par mètre carré.

Lors donc qu'un aéroplane est doué de la faculté de s'élever, on peut être certain qu'il possède une puissance motrice surabondante, ce qui prouve à la fois les bonnes dispositions adoptées dans ses formes générales et la valeur de son moteur.

Il ne faut pas s'étonner si, au début, les aéroplanes n'ont pas été capables d'évoluer dans la verticale, et s'ils peuvent le faire aujourd'hui grâce aux perfectionnements de toute nature qu'ils ont pu recevoir. C'est une raison pour laquelle on doit attacher une grande importance à la faculté d'évoluer en hauteur, et voir, dans cette propriété, la garantie des succès de toute nature.

\*  
\*\*

Avant de terminer cet article, il est bon de parler avec quelques détails de ces évolutions dans la verticale, car, pour les aéroplanes, elles se produisent d'une façon tout à fait spéciale.

On se figure généralement qu'il suffit, pour monter ou pour descendre, de manœuvrer le gouvernail à axe horizontal placé soit à l'avant, soit à l'arrière, et désigné d'une manière assez impropre sous le nom de « gouvernail de profondeur ». Evidemment, on doit agir sur cet engin; mais, sauf dans les cas exceptionnels, ce n'est pas lui qui est le véritable facteur des mouvements d'ascension ou de descente. Ceux qu'il peut produire sont de faible amplitude; c'est par d'autres moyens qu'un aéroplane prend possession de la verticale.

Pour un aéroplane donné dont l'angle d'attaque reste invariable, l'effort sustentateur est relié à la vitesse de translation. Il est, en effet, proportionnel au carré de cette vitesse, et, pour soutenir le poids de l'appareil, il n'y a qu'une seule vitesse possible. Toutes les fois qu'il marchera horizontalement, ou qu'il s'élèvera ou s'abaissera avec une vitesse uniforme comptée suivant la verticale, on peut affirmer qu'il aura la vitesse horizontale nécessaire à sa sustentation, puisqu'en pareil cas la pesanteur sera rigoureusement équilibrée par la force sustentatrice.

La vitesse de translation de l'aéroplane ne dépend

donc ni de l'aviateur, ni de personne: elle dépend uniquement de la construction de l'appareil, de l'angle d'attaque, et du poids total.

Supposons que l'appareil progresse horizontalement, c'est-à-dire que son moteur produise exactement la puissance nécessaire pour assurer le travail de translation et le travail de sustentation, et pas autre chose. Si l'on vient à forcer la marche du moteur, on pourrait croire que, comme toute espèce de véhicules, automobiles, chemins de fer, bateaux, ballons dirigeables, la vitesse va s'accroître. Ce n'est pas ce qui se produira: la vitesse restera toujours celle qui est nécessaire dans les conditions actuelles pour assurer la sustentation; mais, comme la puissance motrice sera surabondante, cet excès sera employé à un troisième travail: le travail de dénivellation. L'aéroplane s'élèvera donc plus ou moins rapidement, et cela, sans que l'aviateur ait à faire d'autre manœuvre que de maintenir la valeur de l'angle d'attaque. Cet angle devra être mesuré, non plus avec l'horizontale, mais avec la direction ascendante des filets d'air qu'il rencontre. Il y aura donc nécessité d'une faible manœuvre de gouvernail de profondeur, de manière à relever l'axe de l'appareil suivant la pente toujours minime de la route ascendante suivie, et ce sera tout. Mais ce qui sera changé, ce sera la dépense de puissance motrice, car il faudra fournir, à titre supplémentaire, celle qui est nécessaire pour élever l'appareil avec une vitesse verticale déterminée.

Lorsque, arrivé à une certaine hauteur, on ramènera l'allure du moteur à ce qu'elle était primitivement, on reprendra, par le fait, la marche horizontale.

Si, au contraire, on diminue la puissance motrice, on pourrait croire que l'appareil va se ralentir comme le ferait tout autre véhicule. Non: il marchera toujours avec la même vitesse qui est celle nécessaire à sa sustentation, mais comme la puissance fournie par le moteur sera inférieure à celle dont on aurait besoin pour assurer les deux travaux de sustentation et de propulsion, c'est la pesanteur qui fournira ce qui manque. En d'autres termes, l'appareil descendra suivant une pente d'autant plus forte que l'insuffisance du moteur sera plus grande.

Si l'on arrêta complètement le moteur, l'appareil descendrait suivant une pente telle que le travail dû à la pesanteur puisse fournir les deux travaux de sustentation et de propulsion.

Ainsi, pour évoluer dans la verticale, il suffit de faire varier sa puissance motrice. Lorsqu'on est arrivé à la hauteur voulue, on ramène l'allure du moteur à sa marche normale; lorsque l'on veut descendre on diminue la puissance ou même on la



supprime complètement en coupant l'allumage. On descend alors suivant une pente douce qui est d'autant plus faible que l'appareil est meilleur. Lorsqu'on veut remonter, il suffit de remettre le moteur en marche, et l'on peut indéfiniment renouveler ce genre d'évolutions.

On savait cela, en théorie, depuis longtemps; mais, jusqu'à présent, l'expérience en grand n'avait pas été faite. Cette lacune est aujourd'hui comblée.

Ce qu'il faut retenir de tout ce qui précède, c'est l'importance des évolutions en hauteur. Il faut aussi bien se persuader qu'avec un aéroplane bien construit et bien stable, l'arrêt du moteur n'est pas une catastrophe : c'est simplement l'obligation de descendre suivant une pente modérée (1). Pendant cette descente, on dispose d'une ressource qui manque absolument aux ballons libres ordinaires, c'est de se diriger dans le plan horizontal car, que le travail soit fourni par un moteur ou par la pesanteur, du moment qu'on est animé d'une vitesse horizontale par rapport à l'air ambiant et que cette vitesse est supérieure à celle du vent — ce qui est le cas général — on peut évoluer dans toutes les directions. L'aviateur dont le moteur est arrêté peut donc, pendant sa descente, aller vers tous les points cardinaux, à son choix, en ligne droite ou en spirale, ou faire toutes les évolutions qu'il croira utiles pour faciliter son atterrissage.

Maintenant qu'il est bien démontré que les aéroplanes sont assez perfectionnés pour posséder le supplément de puissance motrice nécessaire à leur évolution verticale, les aviateurs, pour s'y livrer, n'ont besoin que d'une chose : c'est d'avoir l'audace de le faire.

Commandant PAUL RENARD.

## LE TREMBLEMENT DE TERRE DE PROVENCE

Le tremblement de terre qui a si douloureusement affecté la Provence est l'un des rares séismes que l'on ait ressentis en France. Dans le XIX<sup>e</sup> siècle, on ne peut guère lui comparer que le tremblement de terre de 1887 qui fit dans les Alpes-Maritimes tant de victimes.

Il était donc intéressant de profiter de la triste occasion qui était fournie aux géologues français d'étu-

(1) La belle descente de Latham dans le Pas de Calais est la plus merveilleuse démonstration qui ait encore été donnée de cette vérité.

dier, dans leur pays même, un phénomène comme celui-là, de se rendre compte tout d'abord des rapports qui existaient entre la nature et la structure géologique du sol, d'une part, et les dégâts produits par le séisme de l'autre, d'essayer ensuite de déduire des rapports ainsi constatés les causes du tremblement de terre.

*Date et heure du tremblement de terre.* — Le tremblement de terre de Provence s'est produit le 11 juin 1909, à 9 h. 15 du soir. L'impression générale a été celle d'un mouvement vertical de haut en bas, suivi d'un mouvement horizontal dirigé dans un sens approximativement méridien, nord-sud ou sud-nord. Cette impression coïncide bien avec le fait que ce sont les façades sud et nord des immeubles qui sont les plus atteintes.

Une seconde secousse, beaucoup moins forte, a eu lieu à 9 h. 40 du soir.

Ce tremblement de terre n'avait pas été précédé par des *chocs prémonitoires* bien nets; ceux-ci cependant ont existé; mais ils ont passé presque inaperçus de la population; j'ai relevé quelques données à cet égard.

Il a été suivi par de nombreuses secousses, par des *répliques*, d'intensités différentes. Les plus fortes seules ont été enregistrées; mais il y en a eu un très grand nombre d'autres, car j'ai pu, pour quelques journées et pour quelques localités, avoir leur liste complète. D'une façon générale, elles semblent n'avoir guère été senties que dans la région triangulaire comprise entre Lambesc, Puy-Sainte-Réparate et Puyricard (fig. 28).

*Position géographique des régions sinistrées.* — La région sinistrée se trouve un peu au Nord d'Aix, dans les Bouches-du-Rhône, sur la rive gauche de la Durançe. Cependant quelques rares communes situées sur la rive droite de cette rivière ont subi des dommages plus ou moins importants.

Mais la secousse ne s'est pas bornée à cette seule région; elle a été ressentie dans le Sud-Est de la France, à Marseille, à Toulon, à Nice vers l'Est, à Montpellier, à Castres, à Perpignan vers l'Ouest, pour ne citer que quelques points de repère. Une vaste enquête, menée par M. Angot, directeur du Bureau Central Météorologique, nous apprendra comment se distribuent les localités atteintes.

J'ai donc borné mon étude sur place à la région où le tremblement de terre a été assez violent pour causer des dommages sérieux.

Les communes affectées sont assez nombreuses et les dégâts qu'elles ont subis sont extrêmement importants; une première estimation, faite très rapidement dans les premiers jours, a donné le chiffre de *seize millions de francs* et, certes, ce chiffre ne paraît pas exagéré, quand on a visité le pays et vu les