

Par la suite, le français Denhaut inventa la formule de l'hydravion à coque avec redan et comportant des flotteurs stabilisateurs aux extrémités des ailes. Cette formule permettait un décollage plus aisé de l'appareil.

Par ailleurs, l'Américain Eugène Ely fut le premier à faire décoller un avion à partir du pont d'un navire, le 14 novembre 1910, au large de Hampton Roads (Virginie - États-Unis). L'avion (Curtiss), partant du navire à 12 m au-dessus du niveau de la mer, évita les flots, de justesse, et se posa sur la terre ferme. Cet exploit permettait d'envisager de réaliser des porte-avions, mais il fallut attendre la fin de la première guerre mondiale pour les voir apparaître.

En octobre 1911, se tint, à Reims, le premier concours d'avions militaires avec, pour cahier des charges :

- construction entièrement nationale ;
- circuit fermé de 300 km sans escale ;
- triplace - charge utile 300 kg ;
- vitesse : 60 km/h ;
- décollage et atterrissage en terre labourée ;
- démontage et remontage rapide après transport par route ou par chemin de fer.

L'aviation militaire française prenait ainsi son départ.

Les Britanniques organisèrent, eux aussi, un tel concours en 1912. Aux États-Unis, la première école de pilotage militaire fut ouverte début 1911.

L'année 1912 fut marquée par une chute rapide de records :

- vitesse : 200 km/h (avion Deperdussin en contre-plaqué, moteur Gnome 160) ;
- altitude : 6120 m, (avion Nieuport, moteur Rhône 80) ;
- distance : 1010 km, (avion Farman, moteur Renault 70).

Aux États-Unis, A.Sperry réalisa le premier pilote automatique. L'année 1912 vit aussi le premier saut en parachute à partir d'un avion.

Les premiers vols de nuit furent expérimentés de 1911 à 1913.

Les appareils furent progressivement équipés d'instruments de bord, tels que l'anémomètre, réalisé par Badin en 1911.

Ainsi, en quelques années, l'aviation se développa très rapidement. Ces progrès furent déclenchés par l'enthousiasme suscité en Europe, et notamment en France, par les vols des frères Wright : leurs succès de 1903 furent bien à l'origine de l'Aéronautique, mais il faut cependant reconnaître à Clément Ader, le visionnaire de l'Aviation, l'antériorité de ses réalisations.

Les scientifiques apportèrent très vite leur concours aux pionniers et aux ingénieurs. Paul Painlevé, mathématicien et homme politique français, enseigna la « Mécanique de l'avion » à l'École d'Aéronautique dès sa création en 1909 (cf. *supra*). Il affirma : « l'avion doit être et sera un instrument de recherche scientifique. Le progrès ne peut naître que de la coopération de la théorie et de la pratique. C'est toujours l'expérience qui doit avoir le dernier mot ».

1.3. L'Aviation, de 1914 à 1918

Pour l'aviation, comme pour l'industrie aéronautique, la première guerre mondiale fut la cause d'un développement considérable :

- en 1914, la France, la Grande-Bretagne et la Russie ne pouvaient aligner, respectivement, que 162, 84 et 190 avions. En face, l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie ne disposaient, au total, que de 288 appareils.

- de 1914 à 1918, pour satisfaire les besoins des armées, l'industrie aéronautique européenne produisit 160.000 avions (quarante fois plus que les États-Unis).

- en 1918, la France avait, en ligne, 4400 avions.

Son industrie avait produit, depuis 1914, plus de 51000 appareils et 92000 moteurs. L'aviation française, qui ne disposait que de 200 pilotes en 1914, en comptait 12000 en 1918.

Une telle croissance, qui donnait totalement raison à Clément Ader lorsqu'il avait prophétisé l'avenir de l'aviation militaire, était due à un profond revirement de l'avis des États-Majors sur le rôle de l'aviation.

En effet, les États-Majors, en 1914, considéraient que l'aviation ne pouvait servir qu'à la reconnaissance et à l'observation des forces terrestres de l'adversaire. L'importance de l'aviation dans ce domaine fut manifestée avec éclat par Louis Bréguet qui décela, en septembre 1914, la manœuvre de Von Kluck évitant d'attaquer Paris. Ceci permit aux généraux français Joffre et Galliéni de livrer, avec succès, la première bataille de la Marne.

Ayant ainsi joué un rôle décisif lors de la « guerre de mouvement » en 1914, l'aviation montra également son importance lors de la guerre de tranchées, qui donna un élan considérable aux moyens aériens. L'aérostation était chargée, avec l'implantation régulière de ballons ou « saucisses », dotés d'une nacelle avec un observateur disposant d'un téléphone, de surveiller les positions adverses et de régler le tir de l'artillerie. De leur côté, les avions d'observation et de reconnaissance veillèrent sur les arrières de l'ennemi et effectuèrent, à partir de 1915, une couverture photographique du front, qu'ils tinrent à jour régulièrement.

À cette mission d'observation, vint s'adjoindre une autre mission, celle du bombardement. À l'origine, les avions étaient dotés de fléchettes en acier et d'obus à empennage qui étaient jetés par dessus bord. Ces armements rudimentaires furent ensuite remplacés par de véritables bombes. L'aviation de bombardement utilisa alors des appareils conçus spécialement, soit pour une branche tactique, chargée de l'appui au sol, soit pour une branche stratégique, pour les actions à l'arrière contre les gares de triage, les usines d'armement, etc.

Du fait du développement des appareils d'observation et des avions de bombardement, il fallut mettre en œuvre une aviation de chasse. Son efficacité fut rapidement accrue, d'une part grâce à la manœuvrabilité des appareils conçus spécialement dans ce but (certains

types d'avions, où la stabilité était privilégiée au détriment de la maniabilité, durent rapidement être retirés des escadrilles de chasse) et, d'autre part, grâce aux progrès de l'armement, notamment à l'efficacité des mitrailleuses (dont le tir à travers l'hélice fut rendu possible par la synchronisation).

La supériorité aérienne eut rapidement un impact psychologique considérable sur les troupes au sol, engluées dans les tranchées. Mais la nécessité de la maîtrise du ciel, sur le plan opérationnel, apparut pleinement en 1916, lors de la bataille de Verdun. Dès le premier jour de l'offensive allemande, les aérostats français furent abattus par l'aviation de chasse ennemie, qui

détruisit également les avions d'observation. L'artillerie française fut ainsi aveuglée. Pour faire jeu égal avec l'aviation allemande, le commandement français dut donc transférer des escadrilles de chasse sur le front de Verdun. Ainsi, les États-Majors prirent-ils pleinement conscience de l'importance de l'aviation, non seulement pour la reconnaissance et l'observation, mais aussi pour l'appui au sol et le bombardement stratégique, pour le combat aérien et la maîtrise du ciel.

Les grandes missions opérationnelles de l'aviation étaient ainsi clairement définies. Pour les accomplir, les techniques utilisées pour les cellules et les moteurs durent faire des progrès considérables.

Les premiers moteurs d'avions

ANZANI :

Ce moteur, ayant une puissance de 22 à 25 chevaux, comportait trois cylindres disposés en éventail dans un même plan. Les cylindres, en fonte, étaient refroidis par des ailettes.

C'est ce moteur qui équipa le Blériot XI lors de la traversée de la Manche en 1909.

LEVAVASSEUR :

Les moteurs LEVAVASSEUR comprenaient huit cylindres en V en acier (24 chevaux 35 kg ou 50 chevaux 70 kg) à injection directe, carter en aluminium fondu, refroidissement par eau. Le moteur Antoinette équipa de nombreux appareils, dont celui de Hubert Latham, le concurrent malheureux de Louis Blériot pour la traversée de la Manche. Le moteur Antoinette fut le premier moteur d'avion réalisé en France.

WRIGHT :

Ce moteur est le premier moteur d'aviation (si l'on exclut le moteur à vapeur de Clément Ader). Avec quatre cylindres indépendants en fonte, disposés verticalement et refroidis par eau, il développait une puissance de 32 chevaux ; son poids était de 80 kg.

ROBERT ESNAULT-PELTERIE (REP) :

Parmi les différents moteurs REP, il faut citer le REP de 90 chevaux avec 7 cylindres

(un groupe de 4 cylindres et un groupe de 3 cylindres dans deux plans parallèles) à refroidissement par air. Le moteur REP fut réalisé peu après le moteur Antoinette.

GNOME :

Conçu par Louis et Laurent Seguin, le moteur GNOME fut le troisième moteur d'avion réalisé en France mais le premier moteur rotatif d'aviation.

Les avantages présentés par les moteurs rotatifs, avec cylindres refroidis par air et disposés en étoile, étaient :

- une parfaite régularité, quelle que soit l'attitude de l'avion ;
- un refroidissement efficace, quelle que soit la vitesse de l'avion ;
- une grande légèreté.

Mais, en contrepartie, leurs inconvénients étaient :

- l'importance des forces centrifuges sur les cylindres ;
- la nécessité d'admission de l'air carburé par l'arbre ;
- les difficultés dans l'équilibrage (au début de leur mise au point).

Les différents moteurs rotatifs GNOME, de puissance 48 chevaux - 75 kg (7 cylindres) ou 127 chevaux - 150 kg (14 cylindres), jouèrent un rôle primordial dans l'aviation française de la guerre 1914-1918. Ces moteurs se distinguaient par leur simplicité, leur

robustesse, la régularité du couple moteur, leur refroidissement, leur équilibrage. Environ 20.000 moteurs rotatifs GNOME ont été construits jusqu'à fin 1918. Ils ont réellement créé l'aviation de série en France.

Les hélices

Lucien Chauvière entreprit, dès 1904, des essais d'hélices aériennes. Ayant constaté que les hélices en bois massif se déformaient rapidement, il conçut des hélices en lames de bois collées et disposées de telle façon que la force centrifuge soit orientée dans le sens du fil du bois. C'est avec une hélice Chauvière que Blériot traversa la Manche. Les hélices en bois ne se brisaient pas sous l'effet des vibrations des premiers moteurs, en particulier des moteurs à trois cylindres (ceci grâce au faible module d'élasticité du bois, 20 fois inférieur à celui de l'acier). Ainsi, la plupart des constructeurs d'avions, qui avaient d'abord utilisé des hélices avec des pales en alliage d'aluminium montées sur des bras en acier, adoptèrent ensuite les pales en bois qui présentaient les avantages de la légèreté et de la résistance mécanique. Chauvière étudia également le profil des pales pour que le centre de pression coïncide avec le centre d'inertie de la pale. En outre, le bord d'attaque des pales avait une forme courbe, de façon à diminuer la torsion de la pale qui en aurait augmenté le pas.



1997 : Plaquette de la célébration du bicentenaire du 1^{er} saut en parachute (J. Garnerin)

Le 22 octobre 1797, Jacques Garnerin effectua la première descente en parachute, depuis un ballon, au-dessus de la plaine Monceau à Paris. La coupole de son parachute ayant été soumise à de fortes oscillations, il y remédia en aménageant un orifice au centre, ce qui canalisait l'air au cours de la descente. Jacques Garnerin effectua de nombreux sauts en France et à l'étranger. Son objectif premier était d'assurer la sécurité des aéroliers. Mais il organisait aussi des démonstrations spectaculaires qui attiraient les foules d'admirateurs. Plus d'un

siècle s'écoula avant que soient réalisés les premiers parachutes militaires, à Chalais-Meudon. Le 19 novembre 1915, le marin Constant Duclos effectua le premier saut avec un de ces prototypes de parachute, à partir d'un ballon élevé à 300 m. Au cours des semaines suivantes, Duclos effectua 23 sauts. Puis il fit le tour des campagnes d'aéroliers sur le front, en vue de les convaincre d'utiliser le parachute en cas d'incident majeur. Des améliorations furent ensuite apportées aux parachutes personnels. Un parachute de nacelle fut réalisé au début de 1918.

Au cours de la guerre 1914-1918, le parachute était fort peu utilisé par les aviateurs. Adolphe Pégoud avait effectué le premier saut à partir d'un avion (en fait, il s'était extrait de son poste de pilotage à l'aide de son parachute et avait heurté l'empennage de son avion). Abandonné à lui-même, l'avion effectua des cabrioles dont l'une donna à Pégoud l'idée de la manœuvre dite "looping" ou « boucle ». Ainsi, c'est à Pégoud que revient le mérite du premier looping effectué le 20 septembre 1913.

Évolution des profils d'ailes des premiers avions

Les précurseurs, tels que George Cayley et Horatio Phillips en Grande-Bretagne, Clément Ader en France, Otto Lilienthal en Allemagne, Samuel Pierpont Langley aux États-Unis, étaient convaincus de la nécessité d'utiliser des profils minces pour la voiture des aérodynes. Cette conviction découlait de l'observation des ailes des oiseaux et, en ce qui concerne Ader, des chauves-souris. Les frères Wright partageaient ces vues qui semblaient conformes au bon sens : un profil mince doit avoir une traînée aérodynamique moindre qu'un profil épais. Mais elles ne tenaient pas compte du fait que les caractéristiques aérodynamiques des profils minces, assez proches de celles des plaques planes, ne sont pas favorables à l'obtention de valeurs élevées pour la portance maximum (qui conditionne la charge utile et la vitesse de

décrochage) et pour la finesse (le rayon d'action est proportionnel à la finesse en vol de croisière).

Il fallut attendre que Ludwig Prandtl démontre, en 1917, dans son laboratoire aérodynamique de Göttingen, la supériorité de profils épais tels que celui présenté par la figure ci-dessous. Ce profil, d'épaisseur relative maximale de 13 %, s'avéra très supérieur aux profils d'épaisseur relative ne dépassant pas 5 % jusqu'alors utilisés : la portance et la finesse étaient plus élevées. Ces résultats étaient conformes à la théorie de la circulation établie par Lanchester, dès 1894 : la portance d'un profil est liée à la circulation qui, elle-même, dépend de l'épaisseur relative du profil. Anthony Fokker comprit immédiatement le parti que l'on pouvait tirer des profils épais :

– ils permettaient de réaliser des ailes sans haubans et, donc, d'obtenir, pour l'ensemble de l'avion, une traînée aérodynamique plus faible qu'avec des ailes à haubans ;

– leurs coefficients de portance plus élevés que ceux des profils minces permettaient d'obtenir une vitesse ascensionnelle et une manoeuvrabilité plus grandes.

C'est ainsi que furent réalisés le triplan Fokker Dr 1 et le biplan Fokker D VII. Le « baron rouge », Manfred Von Richtofen, s'illustra sur le Fokker Dr 1 ; il bénéficiait de sa traînée aérodynamique plus faible (le coefficient de traînée à la portance nulle C_{x0} était de 0,032, alors que celui du SPAD XIII était de 0,037) et surtout de sa portance maximale élevée qui lui conférait d'excellentes qualités pour l'interception et le combat tournoyant. Le Fokker DVII, mis en service au début de 1918, surclassa ses adversaires tels que le Français SPAD XIII et le Britannique Sopwith Camel qui, tous deux, utilisaient des profils minces. Le Fokker D VII fut ainsi le chasseur le plus efficace de la première guerre mondiale.

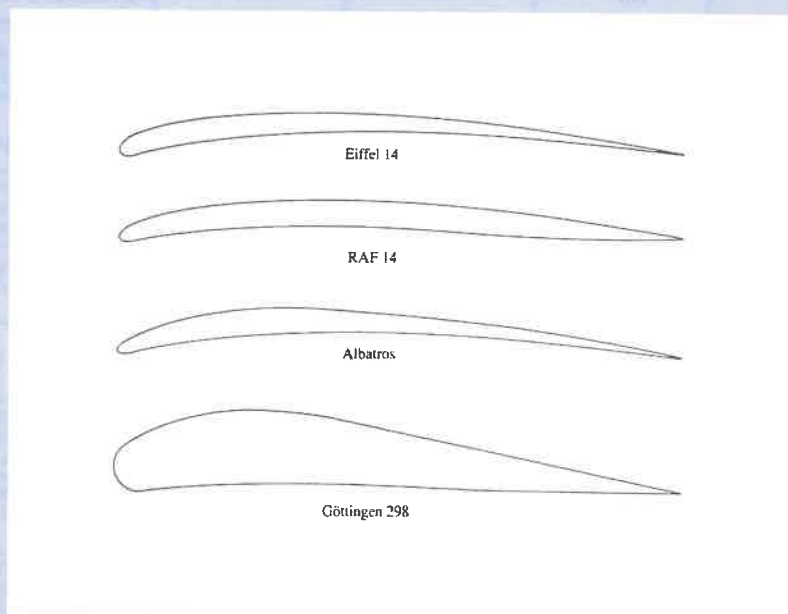


FIG. 9. – Profils d'ailes d'avions français, britanniques et allemands de la guerre 1914-1918

Schéma | Fundamentals of aerodynamics, J.C. Anderson



FIG. 10. – Le Nieuport XI, équipé d'un moteur rotatif, le Rhône de 80 CV, et d'une mitrailleuse Lewis (au-dessus de l'aile supérieure).

Tableau 1. Principaux avions de combat de la guerre 1914 - 1918

	Vitesse maxi km/h	Plafond m	Moteur Puissance	Observations
Fokker E I	130	3500	80 cv	Monoplan - tir synchronisé - 1915 Max Immelmann s'illustra avec sa manœuvre nouvelle - 1916
Fokker E III	140		100 cv	
Nieuport XI	155	4600	Rhône 60 cv	"Bébé Nieuport" Mitrailleuse au dessus de la voilure - 1916
Nieuport XVII	175	5200	Rhône rotatif 110 cv	Sesquiplan canon Vickers synchronisé
SPAD VII	170		HS 150 cv	Biplan - G. Guynemer Escadrille les Cygognes suprématie - octobre 1916
Albatros D III	175	5400	Mercedes 160 - 175 cv	Biplan - fuselage profilé suprématie - avril 1917
RAE 5 A	190 - 220	5700 - 6600	HS 200 cv Viper 200 cv	Biplan - avril 1917
Sopwith Camel	175 - 200	6600	Rhône 110 cv Clerget 130 cv	Biplan très manœuvrant, le plus grand nombre de victoires - juillet 1917
Fokker Dr I	165	6000	Thulin - Rhône 110 cv	Triplan - Manfred Von Richtoffen (le baron rouge) très manœuvrant août 1917
SPAD XIII	220	6600	HS 220 cv HS 235 cv	Biplan - 8750 livrés R. Fonck 2 mitrailleuses synchronisées suprématie fin 1917
Fokker D VII	185 - 195	6000	Mercedes 160 cv BMW 185 cv	Biplan - excellentes qualités de vol. Suprématie aérienne en 1918

De 1914 à 1918, les avions de combat virent leurs capacités opérationnelles s'accroître considérablement, grâce aux progrès des performances, des qualités de vol, des matériels d'armement. L'effort de production en grande série permit à l'industrie française de fournir, en 1918, 22000 avions et 40000 moteurs (au lieu de 5100 avions et 8100 moteurs en 1915). La production totale en France, de 1914 à 1918, fut de 51000 avions et 92000 moteurs



FIG. 11. – Le Spad VII de Georges Guynemer. Cet excellent appareil, dessiné par Béchereau, était équipé du meilleur moteur de l'époque, l'Hispano de 150 ou 180 CV, conçu par Birkigt.

L'avion de combat de 1914 à 1918

En 1914, début de la première guerre mondiale, les puissances belligérantes n'avaient pas tenu compte de la prophétie de Clément Ader concernant l'importance de l'aviation militaire. Les États-Majors considéraient que le vol était un sport sans intérêt pour les armées. Selon eux, le combat aérien était un mythe suscité par les journalistes et les romanciers. Le seul rôle envisagé pour l'aviateur était « de voir, non de combattre ». L'aviation était considérée comme l'extension de la cavalerie de reconnaissance. Cette opinion était exacte, mais seulement à très court terme. En effet, dès que l'importance de l'aviation d'observation fut reconnue (ce qui se produisit dès septembre 1914 lors de la première bataille de la Marne), les avions avec pilotes et observateurs furent de plus en plus nombreux dans le ciel, et le combat aérien devint inévitable. Les armements (fusils et mitrailleuses), installés à l'impromptu sur les appareils, étaient peu efficaces. Il fallait transformer l'avion lui-même. En 1915, Roland Garros demanda à Raymond Saulnier d'installer sur son Morane Saulnier, dérivé du monoplan Parasol L, un dispositif interrompant le tir de la mitrailleuse lors du passage des pales dans la ligne de tir. Saulnier avait étudié ce problème mais il s'était heurté à la tendance des mitrailleuses de l'époque à s'enrayer ou à fonctionner de façon erratique. Il s'orienta vers le blindage de l'hélice : des plaques métalliques furent posées sur les pales du Morane Saulnier N de Roland Garros. Celui-ci abattit, en deux semaines, cinq avions ennemis. De simples plaques métalliques, agissant comme déflecteurs des balles sur les

pales, avaient transformé un avion d'observation en un réel avion de combat.

Mais le 19 avril 1915, Roland Garros fut abattu derrière les lignes ennemies et fut fait prisonnier avant d'avoir pu détruire son avion. L'hélice fut aussitôt envoyée à la société Fokker à Schwerin, en Allemagne. En trois jours, Anthony Fokker conçut un dispositif à cames et à tiges qui déclenchait le fonctionnement de la mitrailleuse à chaque tour d'hélice. Il fixa un disque en bois sur l'hélice et repéra ainsi le passage des balles. Il détermina le retard entre le mouvement de la came et le tir, et mit parfaitement au point la synchronisation. Il installa ce dispositif sur l'un de ses monoplans et en fit une démonstration devant l'État-major allemand. Prudent, celui-ci promit à Fokker la Croix de Fer s'il pouvait lui-même abattre un avion ennemi au combat. Fokker fut envoyé au front dans le secteur de Verdun. Il survola les lignes alliées mais il ne put se résoudre à faire feu. Ce fut un pilote de la section de reconnaissance de Bavière qui abattit un monoplan Morane. Le monoplan Eindecker E1 était devenu le premier avion de chasse. Il entra en service opérationnel en juin 1915 et fut ensuite remplacé par des appareils E II et E III équipés de moteurs plus puissants. En octobre 1915, les Fokker avaient conquis la maîtrise de l'air partout où ils avaient été mis en œuvre. L'hiver 1915-1916 fut l'époque du « fléau Fokker ».

La réplique alliée s'imposait :

– les Français produisirent le Nieuport 17 équipé d'un canon Vickers synchronisé. C'est le Français Robert Alkan qui conçut et réalisa le dispositif de synchro-

nisation. Il perfectionna, en outre, les mitrailleuses Vickers et porta leur calibre à 11 mm ;

– les Britanniques utilisèrent le De Havilland DH2 avec hélice propulsive (hélice placée en arrière, ce qui dégagait totalement la vue du pilote et ne posait pas de problème de tir) et mirent au point le Sopwith 1 1/2 Strutter équipé d'un canon Lewis synchronisé.

Les appareils alliés mirent ainsi un terme à la suprématie de l'aviation de chasse allemande, mais provisoirement seulement, car la sortie de l'Albatros D (biplan, avec un moteur Mercedes de 160 chevaux refroidi par eau, et équipé de deux mitrailleuses permettant un tir à 1000 coups/minute au lieu de 300 pour le Strutter) redonna l'avantage à l'Allemagne.

Le règne de l'Albatros fut à son apogée en avril 1917. Les Alliés répliquèrent avec notamment le Spad XIII français et le Camel britannique (équipé d'un moteur rotatif) capables d'atteindre 180 km/h et de monter à 300 m en 10,5 minutes. Ces excellents appareils mirent fin à la suprématie de l'Albatros. Mais le Fokker DVII (avec un moteur Mercedes de 160 chevaux) fut alors réalisé. Ses qualités aérodynamiques lui conférèrent des performances remarquables en vitesse (190 km/h), vitesse ascensionnelle, manœuvrabilité à incidence élevée. Cependant, cet appareil, révolutionnaire à bien des égards, intervint trop tard (début 1918), pour influencer le cours des événements militaires.