

D I G I T A L   C O M B A T   S I M U L A T O R

# SPITFIRE

## L.F. Mk.IX

for DCS World

MANUEL DE VOL

*fly a legend!*



THE FIGHTER COLLECTION



Eagle Dynamics

DCS  
SERIES

Cher client,

Nous vous remercions d'avoir acheté le module DCS : Spitfire IX. Ce module, le quatrième de la série de simulateurs d'avions Digital Combat Simulator (DCS) pour ordinateurs personnels, vous permet de vivre l'expérience du pilotage d'un avion britannique légendaire pendant la Seconde Guerre mondiale.

Propriétaire d'un des plus grands parcs d'avions restaurés de la Seconde Guerre mondiale l'équipe de The Fighter Collection a permis aux développeurs d'Eagle Dynamics d'avoir la chance de disposer de leur Spitfire IX et d'étudier l'expérience de ses pilotes pour créer le modèle virtuel le plus précis au monde de cet avion. L'utilisation de données provenant de la recherche scientifique et d'une volumineuse documentation, ainsi que les visites au hangar de The Fighter Collection et les nombreuses consultations et essais menés par les pilotes de The Fighter Collection ont apporté une contribution précieuse à la création du simulateur de vol.

Veuillez vous référer à ce manuel concernant le vol et le fonctionnement technique du Spitfire IX.

En hommage aux courageux pilotes de la Seconde Guerre mondiale, nous espérons que vous apprécierez de vous envoler et de d'entrer courageusement dans la bataille dans cette vraie légende anglaise!

Sincèrement,

L'équipe de développement DCS : Spitfire IX

Site web DCS : [www.digitalcombatsimulator.com](http://www.digitalcombatsimulator.com)

Forums DCS : <http://forums.eagle.ru>

©2016 The Fighter Collection

©2016 Eagle Dynamics

**Toutes les marques et marques enregistrées sont la propriété de leurs propriétaires respectifs.**

# Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>10</b>
NAISSANCE D'UNE LÉGENDE ANGLAISE .....	10
ESSAIS DE SERVICE .....	14
PRODUCTION DE SÉRIE.....	18
EN SERVICE .....	20
SPITFIRE MARK IX.....	23
RÉSUMÉ .....	24
<b>VUE D'ENSEMBLE DE L'AVION</b> .....	<b>28</b>
INFORMATIONS DE BASE .....	28
CONSTRUCTION.....	28
<b>CONCEPTION DE L'AVION</b> .....	<b>36</b>
ÉLÉMENTS PRINCIPAUX .....	36
FUSELAGE .....	37
<i>Section avant</i> .....	38
<i>Section principale</i> .....	39
<i>Section de queue</i> .....	39
<i>Châssis de la verrière</i> .....	39
AILES.....	40
<i>longeron principal</i> .....	40
<i>Partie principale de l'aile</i> .....	41
<i>Saumons d'ailes</i> .....	41
BLINDAGE DE PROTECTION .....	42
<b>MOTORISATION</b> .....	<b>45</b>
MOTEUR.....	45
<i>Spécifications moteur</i> .....	46
<i>Compresseur</i> .....	49
<i>Échangeur refroidisseur</i> .....	50
CARBURATEUR .....	51
SYSTÈME D'ALIMENTATION EN HUILE .....	51
SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT .....	53
HÉLICE.....	56
GESTION DU MOTEUR .....	58
<b>SYSTÈMES DE L'AVION</b> .....	<b>60</b>

SYSTÈME DE COMMANDE DE L'AVION .....	60
<i>Ailerons</i> .....	62
<i>Gouverne de direction</i> .....	63
<i>Compensateurs</i> .....	64
<i>Volets</i> .....	65
TRAIN .....	67
<i>Mécanisme du train d'atterrissage</i> .....	68
<i>Figure 35 : Commandes du train</i> .....	68
<i>Verrouillage des jambes de train</i> .....	69
<i>Fonctionnement du système de train d'atterrissage</i> .....	69
<i>Voyants des trains</i> .....	69
SYSTÈME DE SORTIE DE SECOURS DU TRAIN .....	70
<i>Fonctionnement du système de secours</i> .....	72
SYSTÈME HYDRAULIQUE .....	73
SYSTÈME PNEUMATIQUE .....	77
SYSTÈME DE CARBURANT .....	80
SYSTÈME D'OXYGÈNE.....	83
SYSTÈME ÉLECTRIQUE.....	85
ELECTRICITÉ.....	85
<i>Générateur</i> .....	85
<i>Boitier du régulateur de tension</i> .....	85
<i>Relais de minimum</i> .....	85
<i>Batterie d'accumulateur</i> .....	86
<i>Voltmètre</i> .....	86
<i>Boitier de filtres</i> .....	86
<i>Prises de parc</i> .....	86
<i>Réseau d'alimentation</i> .....	86
CONSOMMATEURS .....	87
<i>Démarrateur moteur</i> .....	87
<i>Magnéto</i> .....	88
<i>Bobine de survolteur Rotax N.I.K A/M</i> .....	88
ÉQUIPEMENT RADIO.....	89
<i>Boitier de commande du système radio</i> .....	89
<i>Système IFF</i> .....	90
ÉQUIPEMENT DE NAVIGATION .....	90



ÉQUIPEMENT D'ÉCLAIRAGE .....	91
ÉQUIPEMENTS AUXILIAIRES.....	92
<b>COCKPIT .....</b>	<b>95</b>
TABLEAU DE BORD .....	96
TABLEAU DE BORD .....	97
PANNEAU DE VOL SANS VISIBILITÉ .....	99
<i>Anémomètre Mk.IXF (6A/587)</i> .....	99
<i>Horizon artificiel Mk.1B (6A/1519)</i> .....	100
<i>Variomètre Mk.1A(6A/942)</i> .....	101
<i>Altimètre Mk. XIVA (6A/685)</i> .....	102
<i>Gyrocompas Mk.IA (6A/1298)</i> .....	103
<i>Indicateur de virage et de dérapage Mk.IB (6A/1302)</i> .....	104
TABLEAU DE BORD COTÉ GAUCHE.....	105
<i>Interrupteur des feux de navigation (5C/543)</i> .....	106
<i>Vanne de commande des volets (SHT 6/34959)</i> .....	106
<i>Groupe oxygène Mk.VIII (6D/513)</i> .....	107
<i>Montre d'aviation Mk.IV (106A/322)</i> .....	108
<i>Voyants de position des trains (SHT 54/30036)</i> .....	108
<i>Indicateur de position du compensateur d'élévateur (SHT 9/30034)</i> .....	109
<i>Manomètre pneumatique à trois aiguilles (6A/1754)</i> .....	109
<i>Interrupteurs de commande des magnéto (5C/548)</i> .....	110
TABLEAU DE DROIT.....	110
<i>Voltmètre (5U/1636)</i> .....	112
<i>Tachymètre Mk.IX G (6A/1191)</i> .....	112
<i>Panneau de commande du compresseur (35134-183)</i> .....	113
<i>Indicateur de la pression de suralimentation Mk.III (6A/1427)</i> .....	113
<i>Manomètre d'huile Mk.XIV (6A/570)</i> .....	114
<i>Thermomètre d'huile Mk.IA (6A/1094)</i> .....	115
<i>Thermomètre de liquide de refroidissement Mk.VIII (6A/1100)</i> .....	116
<i>Jauge carburant Mk.IV (6A/704)</i> .....	116
<i>Voyant d'alerte de pression carburant</i> .....	117
PARTIE SUPÉRIEURE DU TABLEAU DE BORD.....	118
PARTIE INFÉRIEURE DU TABLEAU DE BORD.....	118
<i>Carte des déviations magnétiques</i> .....	118
<i>Compas P.8.M (6A/726)</i> .....	119

<i>Rhéostat d'éclairage cabine</i> .....	119
<i>Boutons de démarrage</i> .....	120
<i>Vanne principale de carburant</i> .....	120
<i>Pompe d'amorçage du moteur</i> .....	121
<i>Vanne de pressurisation du réservoir</i> .....	121
<b>VÉRIFICATIONS PRÉ-VOL</b> .....	<b>126</b>
<i>Mise en chauffe du moteur</i> .....	136
<i>Accélération du moteur</i> .....	138
<b>DÉCOLLAGE ET MONTÉE</b> .....	<b>139</b>
<i>Roulage</i> .....	139
<i>Avant le décollage</i> .....	140
<i>Décollage</i> .....	140
<i>Montée</i> .....	141
<i>Préparation des armes pour leur utilisation en vol</i> .....	142
<i>Test en vol du système radio</i> .....	142
<b>VOL EN PALIER</b> .....	<b>142</b>
<i>Commandes des armes</i> .....	143
<i>Largage d'urgence de la verrière</i> .....	143
<b>VOL</b> .....	<b>144</b>
<i>Virages inclinés</i> .....	144
<i>Chandelle</i> .....	145
<i>Retournements ou Split-S</i> .....	145
<i>Tonneau</i> .....	146
<i>Boucle</i> .....	146
<i>Rétablissement (Immelmann)</i> .....	147
<i>Dérapiage</i> .....	148
<i>Décrochages</i> .....	148
<i>Piqué</i> .....	149
<b>ATTERRISSAGE</b> .....	<b>149</b>
<i>Préparation à l'atterrissage</i> .....	149
<i>Sortie normale des trains</i> .....	149
<i>Sortie de secours des trains</i> .....	150
<i>Descente en vol plané</i> .....	150
<i>Remise des gaz</i> .....	150
<i>Atterrissage</i> .....	150

Après le roulage .....	151
Après le vol.....	151
<b>ARMEMENT .....</b>	<b>153</b>
CANONS .....	153
CANON "HISPANO" Mk. II.....	154
Munitions.....	157
MITRAILLEUSES "COLT BROWNING" .....	159
CHAUFFAGE DES ARMES .....	165
BOMBES .....	166
VISÉE .....	166
Viseur - Caractéristiques générales .....	166
Viseur - Spécifications .....	167
Méthode de visée adoptée par la Royal Air Force en Angleterre.....	168
Méthode de visée adptée par l'armée rouge en URSS.....	168
Détermination de la distance de la cible .....	169
Test du viseur .....	169
<b>COMMANDES RADIO.....</b>	<b>171</b>
<b>TOUCHES CLAVIER.....</b>	<b>188</b>
<b>DÉVELOPPEURS.....</b>	<b>195</b>
<b>EAGLE DYNAMICS.....</b>	<b>195</b>
Directeurs.....	195
Programmeurs .....	195
Division véhicules terrestres.....	195
Designers.....	196
Son .....	196
OTK .....	196
Support scientifique .....	196
Département localisation.....	196
IT et Support Client.....	196
Missions d'entraînement.....	197
Livrées additionnelles.....	197
Localisation Allemande .....	197
Localisation Française .....	197
Localisation Tchèque.....	198
Testeurs.....	198

**SPONSORS ..... 199**  
*Sponsors de bronze ..... 199*  
*Sponsors d'argent ..... 209*  
*Sponsors d'or ..... 212*  
*Sponsors de platine..... 213*  
*Sponsors de diamant..... 214*

# INTRODUCTION

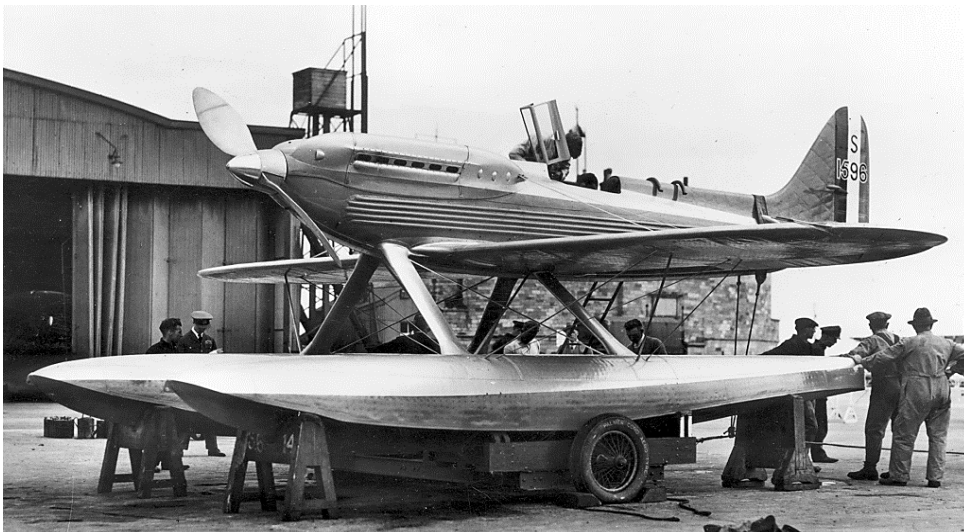


## INTRODUCTION

### Naissance d'une légende anglaise

L'histoire du Spitfire a commencé avant la Seconde Guerre mondiale dans l'entreprise d'aviation Pemberton Billing Ltd à Woolston, près de Southampton, en Angleterre. Bien que l'activité principale de l'entreprise soit la réparation d'avions pour l'Amirauté, elle a construit quelques modèles qui ont été plus remarquables pour leur originalité que la durée de leur production. Peu avant la fin de la Première Guerre mondiale, la société a été rebaptisée Supermarine Aviation Works. En 1919, le talentueux ingénieur Reginald Joseph Mitchell a assumé le poste de concepteur en chef. Mitchell a intégré son nouveau poste en 1916, à l'âge de 21 ans, puis il a rapidement gravi les échelons dans l'entreprise.

Au cours des années qui suivirent, Supermarine s'est concentré sur la conception et la production d'hydravions et a atteint la notoriété en 1922 lorsque son hydravion biplan "Sea Lion" a gagné le prix Schneider en bouclant le circuit à une vitesse moyenne de 145 mph. En 1925, l'hydravion de reconnaissance bimoteur "Southampton" a été la première étude de la société à obtenir une commande de production substantielle, 79 unités ont été construites pour la Royal Air Force et les gouvernements étrangers. Les petits hydravions de Supermarine ont poursuivi leur carrière avec succès et, pendant la période de 1927 à 1931, ils ont remporté un certain nombre de courses. Ces victoires ont apporté une renommée considérable à la société Supermarine, mais peu de commandes. En réalité, le marché des hydravions à grande vitesse était extrêmement limité.



**Figure 1 : L'hydravion de course Supermarine S.6B1**

À l'automne 1931, le ministère de l'Air publia la spécification F7 / 30 pour un avion de chasse devant remplacer le vieux Bristol Bulldog dans les escadrons de la Royal Air Force. Il devait avoir :

1. Un taux de montée le plus élevé possible
2. Une vitesse la plus élevée possible au dessus de 15,000 feet
3. Une excellente visibilité en combat
4. Une excellente manœuvrabilité
5. Pouvoir être produit rapidement et facilement en quantité
6. une maintenance facilité

Il devait être armé de quatre mitrailleuses et pouvoir transporter quatre bombes de 20 livres. Tout moteur de fabrication britannique approuvé pourrait être utilisé pour équiper le nouveau chasseur.

Supermarine entra dans la compétition avec le Type 224. Un monoplan à aile basse de construction entièrement métallique, nouveauté considérable à cette époque. Le type 224 devait être équipé du moteur Rolls-Royce Goshawk de 660 chevaux, le plus puissant disponible pour cette utilisation. Le Goshawk était conçu pour fonctionner avec le système de refroidissement par évaporation nouvellement développé, promettant une ligne aérodynamique beaucoup plus fluide que ce que permettait l'ancien système de radiateurs externes pour dissiper la chaleur du liquide de refroidissement du moteur.

Dans un refroidissement par évaporation, l'eau est maintenue sous pression dans le circuit de refroidissement moteur, de sorte qu'elle ne se vaporise pas, bien que sa température soit supérieure au point d'ébullition normal de l'eau. Au fur et à mesure que l'eau sort du moteur, elle est dépressurisée et se vaporise immédiatement. Cette vapeur est ensuite acheminée vers un condenseur installé dans le bord d'attaque de l'aile, où elle se condense et est ramenée vers un réservoir de collecte avant d'être pompé vers le moteur. L'étude de Supermarine était le seul monoplan à utiliser le Goshawk refroidi par évaporation. Dans son cas, le condenseur à vapeur courait sur presque tout le bord d'attaque de l'aile, et lorsque la vapeur se condensait, l'eau coulait dans des réservoirs de collecte installés au sommet des carénages du train d'atterrissage fixe. Pour augmenter le taux de dissipation thermique, la surface extérieure du bord d'attaque de l'aile était ondulée. Par rapport à ce qui allait suivre, le type 224 n'était pas d'une conception très raffinée, ni structurellement ni aérodynamiquement.

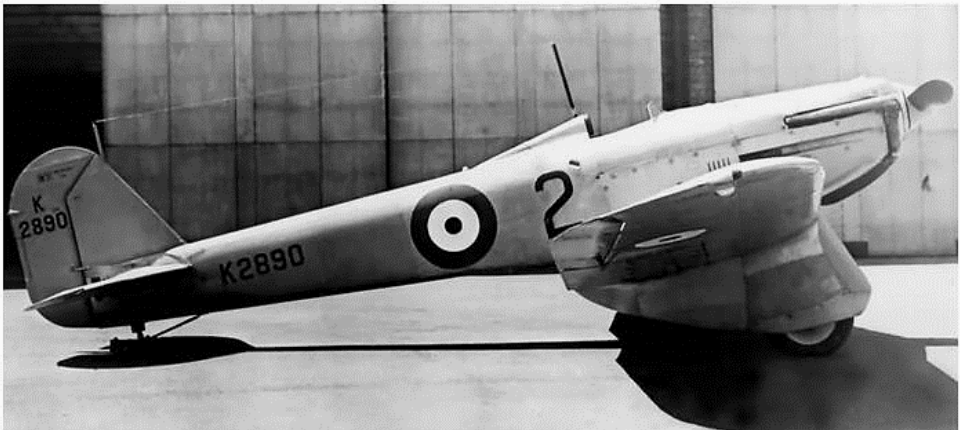


Figure 2 : le type 2242



L'avion fit son premier vol en février 1934 et révéla rapidement un problème fondamental dans l'utilisation du refroidissement par évaporation dans un monoplane à aile basse, la surchauffe du moteur. Le Goshawk du type 224 était sujet à la surchauffe pendant les montées rapides en altitude - une fonction importante pour un chasseur d'interception. Il avait une vitesse maximale de seulement 238 mi/h et mettait huit minutes pour grimper à 15 000 pieds. De telles lacunes auraient pu être acceptées si le type 224 avait eu des performances supérieures à celle de ses concurrents, mais ce n'était pas le cas. Le vainqueur de la compétition fut le Gloster 8837, un biplane à moteur radial de conception conventionnelle, plus robuste et plus agile, qui entra en service dans la RAF en tant que "Gladiator". Le SS 37 avait une vitesse maximale de 242 mi/h - avec son taux de montée, le chasseur de Gloster démontra clairement sa supériorité en atteignant 15 000 pieds en six minutes et demi, une minute et demi de moins que le type 224. Après les essais de service à Martlesham Heath, le seul prototype alla à Farnborough. Il termina ses jours au milieu de 1937 comme cible au sol sur le terrain d'Orfordness. Entre-temps, cependant, l'équipe de conception de Supermarine devait montrer qu'elle pourrait produire quelque chose de bien meilleur.

Au cours de l'été 1934, même si le type 224 poursuivait ses essais à Martlesham, Supermarine avait ouvert les discussions avec le ministère de l'Air concernant un projet amélioré avec de meilleures performances. Le nouvel avion, le type 300, devait être basé sur le type 224. Mais en améliorant un peu le modèle, en installant un train d'atterrissage rétractable, en se débarrassant du bord d'attaque ondulé de l'aile et en la raccourcissant de plus de 6 pieds, on estima que la vitesse du chasseur pourrait augmenter de 30 mph, à 265 mph avec le même moteur Goshawk.

Vers la fin juillet 1934, cette proposition fut soumise au ministère de l'Air en tant que spécification 425a de Supermarine. Le ministère de l'Air accueillit tièdement la nouvelle proposition qui n'offrait qu'une augmentation marginale des performances par rapport à l'autre chasseur. Cependant, Mitchell ne fut pas découragé par ce rejet, lui et son équipe continuèrent à travailler à l'amélioration du type 300. Au début de l'automne, c'était un chasseur encore plus petit, avec une aile de 37 pieds 1 pouce de long, un peu plus fine, un cockpit fermé et une structure à revêtement travaillant. Le moteur était toujours un Goshawk refroidi par évaporation, mais la vitesse maximale approchait les 280 km/h. Avec un meilleur moteur, elle serait plus élevée et on suggéra d'équiper le chasseur d'un Dagger Napier (alors en développement et d'une puissance de 700 chevaux, et plus de 800 prévus pour les modèles les plus récents). Lors d'une réunion du conseil d'administration de Vickers (Aviation) Ltd, le 6 novembre 1934, cette idée fut refusée en faveur d'un moteur encore meilleur, le Rolls-Royce PV XII, plus tard appelé Merlin. À cette époque, le PV XII souffrait de problèmes de jeunesse et n'était pas encore prêt pour la production. La cible pour le nouveau moteur de 27 litres était de 1000 chevaux. En novembre 1934, Mitchell reçut l'autorisation de concevoir un chasseur type 300 motorisé avec le PV XII.

La décision de combiner la cellule améliorée du type 300 avec le moteur PV XII suscita un intérêt immédiat du ministère de l'Air. Le 1er décembre 1934, le contrat AM 361140/34 fut notifié, prévoyant 10 000 £ pour la construction du prototype de chasseur de conception améliorée F.7 / 30 de Mitchell. Le nouvel avion devait être prêt en octobre 1935. Plusieurs documents comptables antérieurs ont pu suggérer que le nouveau chasseur était entièrement une entreprise privée, mais des documents prouvent maintenant que ce n'est pas le cas. En réalité, le type 300 avec le moteur PV XII fut une entreprise privée pendant moins d'un mois, qui se termina par la notification du contrat du ministère de l'Air le 1er décembre. Le contrat pour le nouveau chasseur Supermarine Type 300 fut formalisé le 3 janvier 1935 et une nouvelle spécification du ministère de l'Air, F.37 / 34, fut rédigée pour la conception améliorée de Mitchell. C'était en fait un court addendum à la F.7 / 30. Le moteur PV XII plus gros pesait environ un tiers de plus que le Goshawk. Afin de compenser le décalage vers l'avant du centre de gravité, la flèche du bord d'attaque de l'aile a été réduite. C'était le premier pas qui donnerait forme à l'aile elliptique qui allait devenir la caractéristique la plus distinctive et reconnaissable du nouveau chasseur.

L'aile elliptique était aérodynamiquement la meilleure option pour l'usage requis, car la traînée induite est plus faible lorsque cette forme génère de la portance. L'ellipse était la forme idéale, théoriquement parfaite. Alors que la corde de l'aile trapézoïdale diminue dès qu'on s'éloigne de l'emplanture, celle de l'aile elliptique, diminue très lentement au début puis progressivement plus rapidement vers l'extrémité. L'ellipse était simplement la forme permettant d'utiliser l'aile la plus fine possible avec suffisamment de place interne pour y intégrer la structure interne nécessaire et tout ce qui devait y être logé.

La spécification F.37 / 34 concernait un chasseur armé de quatre mitrailleuses, mais il devenait clair que cette puissance de feu était insuffisante pour détruire les bombardiers métalliques plus rapides servant dans plusieurs forces aériennes. Le chef d'escadron Ralph Sorley était responsable de la section exigences opérationnelles au ministère de l'Air quand le F.37 / 34 prenait forme. Il a insisté pour que les nouveaux chasseurs soient armés des nouvelles armes Browning testées en Grande-Bretagne, offrant une cadence de tir plus élevé. Selon les calculs de Sorley, la vitesse de ces bombardiers modernes donnerait probablement au chasseur poursuivant une seule chance d'attaque, ils devaient donc être détruit par cette unique rafale de deux secondes. Les arguments de Sorley convainquirent le chef adjoint du Service Aérien, le Vice Marshal de l'Air Edgar Ludlow-Hewitt, et par conséquent, la principale spécification de chasseur de 1934, la F.5 / 34, se rapportait à un avion armé de huit mitrailleuses. Cependant, elle n'était pas liée à l'appareil sur lequel Mitchell travaillait. Celle concernant le nouveau chasseur Supermarine, la F.10 / 35, s'appliquait à un chasseur avec au moins six armes mais huit étaient souhaitables. Vers la fin avril 1935, Sorley a rendu visite à Supermarine Works pour discuter avec Mitchell à la fois de son nouveau chasseur et de la dernière spécification du ministère de l'Air.

C'est ainsi que le nouveau chasseur Supermarine a été aligné sur la F.10 / 35, l'armement pouvant être «8 Vickers Mark V ou Browning avec 300 cartouches par arme.» Le contrat révisé autorisa «la réduction du carburant à 75 gallons, sans que le réservoir actuel ne soit réduit à moins que ce soit nécessaire pour fournir un espace aux armes à feu». Pour Reginald Mitchell, c'était l'occasion de gagner de 1 à 6 pieds cubes de volume dans la zone du moteur et il l'a saisie. Le prototype du nouveau chasseur était équipé de réservoirs pour seulement 75 gallons de carburant.

En juin 1935, un modèle à l'échelle 1/24ème du chasseur F.37 / 34 (jamais mentionné comme F.10/35, même après avoir été modifié pour se conformer à cette spécification) a subi des essais de soufflerie à Farnborough pour déterminer ses caractéristiques de mise en vrille. Mi 1935, la conception du chasseur F.37 / 34 n'était toujours pas figée pour un aspect important. Son moteur PV XII devait encore être refroidi par évaporation ce qui, comme on l'a vu, ne pouvait pas fonctionner correctement sur un monoplan aile basse. Mitchell était réticent à recourir aux formes plus conventionnelles de radiateurs externes qui aurait considérablement accru la traînée du nouveau chasseur. Rétrospectivement, le problème du refroidissement du moteur pourrait sembler banal dans l'histoire, mais, dans ce cas, cela aurait pu conduire à la perte du chasseur. Lorsque le Merlin (comme le PV XII était maintenant nommé) fonctionnait à pleine puissance, il produisait environ 12 500°/min d'excès de chaleur, l'équivalent de 400 feux électriques d'un kilowatt fonctionnant simultanément. Environ 90% de cette chaleur devait être éliminée par le refroidissement liquide, le reste par le radiateur d'huile.

Heureusement, à cette époque, Fred Meredith à Farnborough avait mené des expériences montrant qu'un nouveau type de radiateur canalisé pouvait résoudre le problème. Dans le radiateur de Meredith, l'air entre par l'avant dans un conduit dont la surface transversale est progressivement élargie, pour réduire sa vitesse et augmenter sa pression. L'air légèrement comprimé traverse ensuite la matrice du radiateur où il est chauffé et donc dilaté. Il traverse ensuite un conduit divergent à l'arrière provoquant une augmentation de la vitesse du flux d'air. Ainsi, le radiateur canalisé agissait plutôt comme un statoréacteur, l'air était comprimé, chauffé, puis expulsé de l'arrière avec une vitesse accrue pour produire la poussée. Celle produite par le radiateur canalisé était faible mais dans

des conditions optimales, elle dépassait la traînée, de sorte que, par rapport aux autres systèmes de refroidissement, le concept de Meredith était très supérieur. L'efficacité du système de refroidissement fut encore améliorée par l'utilisation, comme liquide de refroidissement, d'éthylène glycol qui avait un point d'ébullition considérablement supérieur à celui de l'eau. Cela signifiait que le radiateur pouvait fonctionner beaucoup plus chaud et donc, la dissipation de chaleur nécessaire pouvait être faite par un radiateur plus petit et plus léger contenant moins de liquide de refroidissement. On a également constaté qu'un système à éthylène glycol pouvait être construit pour entre un tiers et la moitié du poids d'un système équivalent de refroidissement à eau.

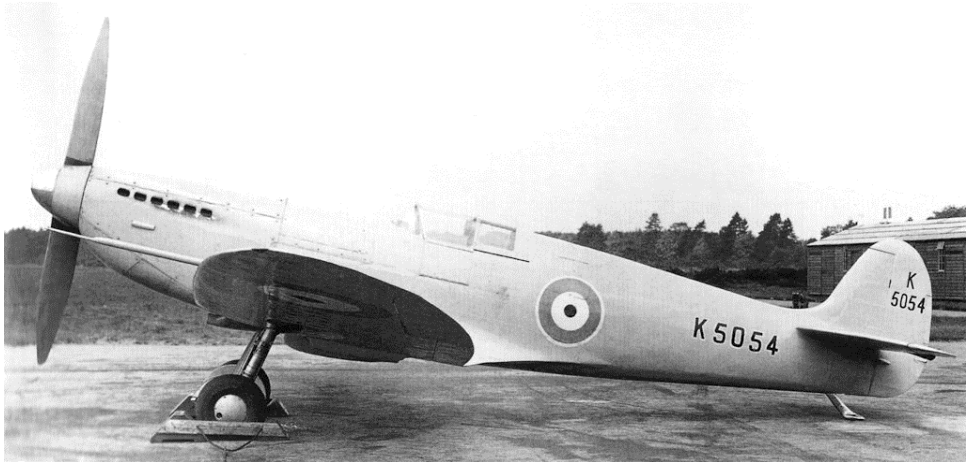
Reginald Mitchell reconnaissait les bonnes idées quand il les voyait et intégra avec enthousiasme le nouveau système de refroidissement dans son chasseur. En août 1935, la conception fut modifiée sur plusieurs aspects clés de la spécification F.37 / 34 du début de l'année, bien que l'aspect extérieur de l'avion ait relativement peu changé. La conception modifiée comportait maintenant huit mitrailleuses au lieu de quatre, pas de bombes, des réservoirs pour 75 gallons de carburant au lieu de 94, un fuselage légèrement plus long, un plan arrière surélevé, un dièdre d'aile augmenté et le radiateur canalisé au lieu du refroidissement par évaporation. Les travaux de découpe du métal avaient commencé transformant le joli dessin en ce que l'on espérait être un avion réussi.

## Essais de service

Le 18 février, le F.37 / 34 était achevé et subissait des essais moteur sur des pontons sur la rivière Itchen à côté de l'usine de Woolston. Une fois terminés, les ailes furent démontées et l'avion chargé sur un camion qui l'a emmené à l'aérodrome d'essais à Eastleigh pour y être réassemblé avant le vol inaugural. Après son réassemblage à Eastleigh, le prototype F.37 / 34 a subi d'autres essais moteur.

Au cours de la première semaine de mars 1936, le prototype du F.37 / 34, K 5054, était dans le hangar Supermarine à Eastleigh en cours de préparation finale pour le premier vol. L'avion fut équipé d'une hélice en bois à deux pales fines, pour offrir des performances optimales pour le décollage et aux basses vitesses en limite du domaine de vol. À cette époque, les trains rétractables étaient encore considérés comme nouveaux, de sorte que, pour les premiers vols, les jambes du train d'atterrissage principal étaient verrouillées et les portes des trappes n'étaient pas installées.

Le 5 mars 1936, le K 5054 fit son premier vol. Ce jour-là, la météo était bonne : ciel clair, visibilité modérée à bonne et vent léger venant principalement du sud-ouest. Le pilote pilote d'essai de Vickers Company, le capitaine J. 'Mutt' Summers grimpa dans le poste de pilotage et fut sanglé, puis démarra le moteur. Quand il fut convaincu que tout était nominal, il fit enlever les cales, puis, avec un peu de gaz, le petit chasseur avança sur l'herbe. Le premier vol dura environ 20 minutes. Au cours des trois jours qui suivirent le vol inaugural, l'hélice à petit pas fut remplacée par une à pas plus important conçue pour amener le chasseur à sa vitesse maximale. Les trappes des trains furent installées, les jambes déverrouillées et le mécanisme testé. Summers rétracta le train au cours du deuxième vol. Le lendemain, il fit le troisième.



**Figure 3 : Le prototype du Spitfire K 50543**

Au cours des essais en vol initiaux, le seul véritable défaut constaté sur le nouvel avion de chasse était que la corne de la gouverne de direction était trop grande et que, par conséquent, la commande était peu efficace, ce qui était inacceptable, à grande vitesse l'avion devenait instable en lacet. Sinon, il n'y avait guère de quoi se plaindre, si ce n'est que la vitesse maximale du K 5054 était bien en deçà des 350mph prévus. On espérait que ce nombre augmenterait avec l'incorporation de certaines modifications mineures prévues et après des essais avec une sélection d'hélices différentes. Début avril, le programme d'essai initial était terminé et le K 5054 a dû subir des essais de résonance au sol. Au cours des essais, il a été constaté que le couplage aéroélastique (flutter) de l'aile était susceptible de se produire à des vitesses légèrement inférieures aux prévisions. Par conséquent, la vitesse maximale à ne jamais dépasser pour le prototype a été fixée à 380 mph indiquée. Puis le prototype a subi des modifications initiales à Eastleigh, les principales étant que la taille de la corne de la gouverne de direction a été réduite et la partie supérieure fixe de la gouverne a été équerrée, l'entrée d'air du carburateur a été légèrement abaissée pour augmenter la pression d'air dans le conduit d'admission et le capot moteur a été renforcé - il y eut quelques problèmes de cliquetis en vol. Pour augmenter la vitesse limite maximale de l'avion, il fallait revoir en profondeur la structure de l'aile ; le K 5054 devait continuer avec l'aile qu'il avait.

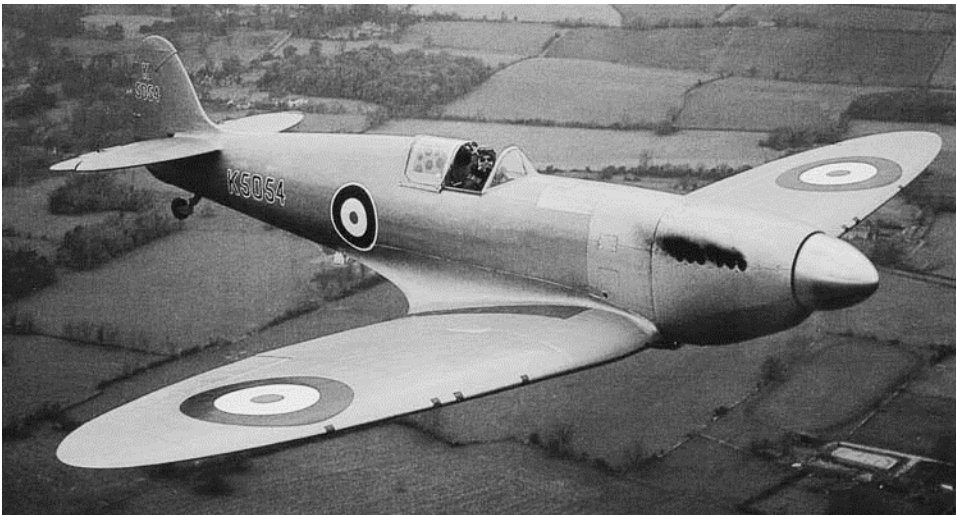
C'est également à peu près à cette époque que la société mère Vickers a suggéré et le ministère de l'Air a accepté un nom pour le nouvel avion de chasse : Spitfire. Au dire de tous, Mitchell lui-même n'était pas satisfait de ce choix et on l'a entendu dire : "C'est le genre de nom ridicule qu'ils lui ont donné !"

Une fois que les modifications furent terminées, le K 5054 vola à nouveau avec le pilote d'essai Jeffrey Quill le 13, puis le 14. Il effectua des piqués à grande vitesse pour arriver à la vitesse maximale autorisée. Au cours du premier, il atteignit 360 mph indiqués et constatant que l'avion fonctionnait bien et qu'il n'y avait aucun problème, Quill rétablit, grimpa à 20 000 pieds pour le deuxième piqué. Encore une fois, la vitesse augmenta rapidement et, en atteignant 380 mph, le maximum autorisé équivalant à une vraie vitesse de 465 miles à l'heure, il y eut une forte explosion. Doucement, le pilote rétablit l'avion et le ramena à Eastleigh. Après l'atterrissage, il fut constaté que le carénage inférieur de la jambe du train d'atterrissage gauche avait disparu, frappant et

endommageant la partie inférieure du fuselage. Toutefois, le dommage n'était pas grave et, le lendemain, il avait été réparé et le prototype était en mesure de reprendre les essais.

À cette époque, il y avait une pression considérable pour obtenir le nouveau chasseur à l'établissement d'essais de la Royal Air Force à Martlesham Heath dès que possible. Le chasseur Hawker, devenu plus tard le Hurricane, était déjà là et si le Spitfire ne commençait pas rapidement les essais, il ne pourrait pas obtenir de commande par défaut. Mais à ce stade, le Spitfire n'était toujours pas apte à être livré.

Enfin, le 26 mai, tout était prêt et Mutt Summers livra le Spitfire à Martlesham. Même à ce stade précoce, le nouveau chasseur reçut un traitement spécial. Il fallait habituellement environ 10 jours avant qu'un nouvel avion sorte pour son premier vol, mais il y avait des ordres du ministère de l'Air pour que le prototype vole le jour même. Le premier vol à K 5054 à Martlesham a été fait par le Flight Lieutenant (plus tard Air Marshal Sir) Humphrey Edwardes-Jones. Les vols d'essai du prototype Spitfire durèrent quelques jours et le 6ème et 8ème essai de vitesse furent fait. Au cours de ces essais, la vitesse maximale du prototype fut mesurée à 349 mph à 16 800 pieds, 1 mph de plus que Jeffrey Quill avait enregistré trois semaines plus tôt. Les essais à Martlesham prirent fin le 16 juin, lorsque Jeffrey Quill vint récupérer le K 5054 et le ramena à Eastleigh pour la journée de presse prévue deux jours plus tard.



**Figure 4 : Le K 5054 en vol d'essai**

En une semaine, le K 5054 fut prêt pour la première manifestation publique. Hugh Edwardes-Jones alla à Eastleigh le récupérer et s'envola vers Hendon, et le 27 il montra le Spitfire devant une grande foule à la parade de la Royal Air Force. Deux jours plus tard, Mutt Summers fit une démonstration avec le Spitfire au salon SBAC à Hatfield. L'intérêt du public pour le nouveau chasseur fut immédiat et le magazine Flight fit des commentaires lyriques sur le spectacle que Summers avait donné à Hatfield :

"Il est prétendu - et la prétention semble incontestable - que le Spitfire est l'avion militaire le plus rapide au monde".

Le 1er juillet, le prototype était de retour à Martlesham et était prêt à reprendre les essais de service. Le 11 juillet, Edwardes-Jones emmena le Spitfire à la plus haute altitude jamais atteinte, 34 700 pieds, ce qui lui prit 37 minutes. Vers la fin de cette série d'essais, le K 5054 fut équipé d'une hélice métal à trois pales Fairey-Reed et le 29 juillet, Jeffrey Quill est venu le tester à Martlesham. Il a constaté qu'avec les trois pales, le décollage était semblable à celui de l'hélice en bois à deux pales, mais les performances en montée et la vitesse maximale étaient légèrement moins bonnes. L'hélice à deux pales a été remontée et, le 1er août, Quill a ramené le K 5054 à Eastleigh. Les essais de service initiaux étant maintenant terminés, le prototype devait maintenant être équipé de l'armement de 8 mitrailleuses et recevoir plusieurs modifications mineures. Ensuite, des essais de mise en vrille ont suivis, ainsi que des essais avec différentes hélices et des expérimentations sur le rivetage d'aéronefs.

Le 23, le Spitfire vola à Martlesham. Le but principal de la nouvelle série d'essais était le tir aux mitrailleuses (il n'y avait pas de buttes de tir à Eastleigh). Le 26 février, les quatre armes gauches ont été testées sur les buttes et ont tiré parfaitement. Le 1er mars, les quatre de droite ont été testées de la même manière. Le 6 mars, le chasseur est monté jusqu'à 4 000 pieds avec le plein de munitions et les tirs ont repris, tout fonctionnait parfaitement.

Le 22 mars, le K 5054 a subi son premier accident majeur. Le Flying Officer Sam McKenna a testé le Spitfire avec un engrenage modifié entre le manche et les élévateurs, suite aux plaintes concernant leur buffeting lors de la sortie des boucles et des virages serrés. McKenna a fait une série de boucles, tirant des accélérations croissantes jusqu'à 4 G. Puis il a plongé avec l'avion à 350 mph indiqué et a fait des virages serrés jusqu'à 4 G. Lorsque l'essai a été terminé, il a accéléré à 1 600 Rpm pour retourner à Martlesham, la pression d'huile est tombée soudainement à zéro et le moteur a commencé à fonctionner durement et bruyamment. La situation empirant, McKenna a coupé le moteur et a décidé de faire un atterrissage forcé. Il a choisi une bande de landes près de Sutton à côté de la route Woodbridge-Bawdsey et a posé le Spitfire volets baissés et train rentré. Heureusement, l'hélice s'était arrêtée en position horizontale. La roulette de queue a d'abord touché et a parcouru le sol sur environ 100 mètres, puis le fuselage a chuté et l'avion a glissé sur encore 50 verges avant qu'il ne s'arrête à moins de dix mètres d'un trou de huit pieds de profondeur.

Malheureusement, Mitchell ne vivrait pas assez longtemps pour voir son chasseur entrer dans la RAF. À cette époque, sa santé s'était détériorée régulièrement et, depuis le début de 1937, il passait de moins en moins de temps à Supermarine. Une opération pour arrêter son cancer s'est avérée infructueuse et son état a été jugé incurable. Reginald Mitchell est mort le 11 juin à l'âge de 42 ans, une grande perte pour tous ceux qui l'ont connu. Peu de temps après la mort de Mitchell, Joe Smith a été promu de dessinateur en chef à concepteur en chef chez Supermarine.

Le 19 septembre, le Spitfire a volé pour la première fois avec le système d'éjecteur d'échappement. Le système fournissait environ 70 livres de poussée supplémentaire - l'équivalent de 70 chevaux à 300 mph - presque pour rien. C'était un ajout utile qui augmentait la vitesse du prototype à environ 360 mph. Le début de 1938 a vu une série de vols de nuit qui ont entraîné un accident d'atterrissage le 15 mars, avec des dégâts subis relativement mineurs et réparés rapidement, l'avion était prêt pour le vol le 19 mars, trois jours seulement après l'incident.

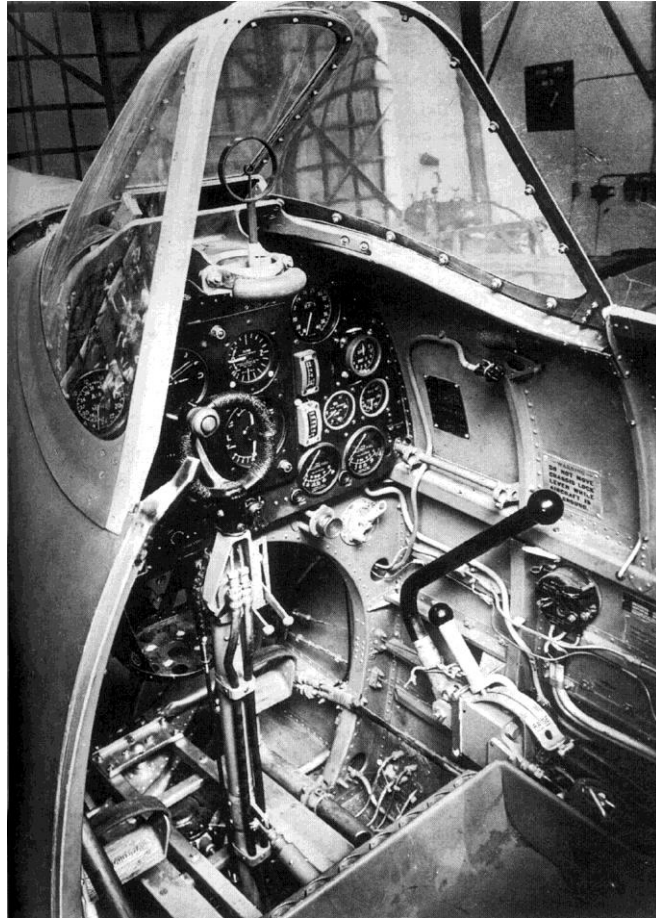
En attendant, l'importance du prototype a été éclipsée par le premier vol du modèle de la première production de Spitfire, le K 9787, le 15 mai. La tâche principale du prototype était maintenant de prouver l'efficacité des modifications envisagées pour les avions de production, dont les plus importantes étaient destinées à résoudre le problème récurrent consistant à assurer un chauffage suffisant aux armes à feu à haute altitude. Avec la réussite de ces essais, le K 5054 termina son rôle dans le développement du Spitfire.

La carrière du K 5054 a pris fin le 4 septembre 1939, le lendemain de l'entrée de l'Angleterre dans la Seconde Guerre mondiale. L'avion a subi de graves dégâts lors de l'atterrissage, le pilote a succombé à ses blessures deux jours plus tard et le K 5054 n'a jamais été réparé.

## Fabrication en série

Le 3 juin 1936, avant que les essais de service du prototype de Spitfire ne commencent vraiment à Martlesham, le ministère de l'Air avait commandé 310 exemplaires du nouveau chasseur. Huit semaines plus tard, à la fin du mois de juillet, le ministère de l'Air publia la spécification F.16 / 36, énonçant les aspects dans lesquels les Spitfire de série devaient différer du prototype. Les détails les plus importants concernaient la modification de la structure d'aile pour la rendre plus rigide et augmenter la vitesse limite maximale à 450 mph (indiqué), 70 mph de plus que celle du prototype. Les autres changements importants de la cellule étaient le réservoir de carburant devant passer de 75 gallons sur le prototype à 84 gallons sur la série et l'amplitude de déplacement du volet devant passer de 57 degrés à 85. Outre les changements demandés par le ministère de l'Air, il y eut aussi ceux réalisés par l'entreprise pour faciliter la tâche complexe de la production de masse. Dans la production de l'avion, plusieurs pièces devaient être forgées ou moulées plutôt que constituées de pièces séparées, et une utilisation beaucoup plus étendue devait être faite d'éléments pressés ou extrudés.





**Figure 5 : Cockpit du Spitfire Mk I**

En février 1936, peu de temps avant que le prototype ne fasse son premier vol, Sir Robert McLean (président de Vickers Aviation Ltd.) avait déclaré que sa société serait en mesure de commencer la production du nouveau chasseur 15 mois après la réception de la commande, à la cadence de cinq appareils par semaine. Il devint rapidement évident que l'entreprise n'avait pas la capacité de production suffisante pour assurer une telle cadence. L'entreprise Supermarine employait environ 500 personnes et s'était engagée à réaliser une commande de 48 véhicules amphibies et 17 hydravions pour la RAF. Assurément, la petite entreprise n'avait pas les ressources pour être capable de satisfaire la grosse commande qu'elle avait reçue. Heureusement, une solution fut trouvée relativement rapidement, sous-traiter une partie du travail. Ainsi, en novembre 1936, General Aircraft Ltd à Feltham reçut une commande pour construire les queues des Spitfire. Le programme de production fut révisé et il fut prévu de construire quatre Spitfire en décembre 1937, 6 en janvier et février 1938, huit en mars et dix en avril et en mai.

Le 15 mai, le premier Spitfire de série, le K 9787, était prêt à voler. Jeffrey Quill l'a pris ce jour-là et a constaté qu'il correspondait à tout ce qui était attendu, et avec le débatement supplémentaire de 28 degrés des volets, il était plus facile d'atterrir. Les tests de flutter subséquents à Farnborough ont montré que l'avion pourrait être amené jusqu'à 470 mph de vitesse indiquée, 20 mph de plus que le ministère de l'Air avait exigé. Maintenant, le Spitfire pourrait piquer plus rapidement que jamais, Jeffrey Quill découvrit un nouveau problème : à des vitesses supérieures à 400 mph, les ailerons de l'avion devenaient presque impossibles à déplacer.

Le 19 juillet, la RAF reçut son premier Spitfire de série, le K 9788, le second du lot livré à Martlesham pour les essais. Il a été suivi le 27 par le premier avion de série, le K 9787. Le 4 août, le 19e Escadron de Duxford, qui devait être la première unité à recevoir le nouveau chasseur, a reçu son premier Spitfire, le K 9789. Le K 9790 est arrivé le 11 et le K 9792 le 16.

Seuls deux Spitfire ont été livrés à la RAF en septembre 1938, mais en octobre, il y en eut 13 et la production s'est poursuivie à ce rythme jusqu'à la fin de l'année. Au début de 1939, un total de 49 Spitfires avaient été livrés à la RAF. Bien que le nouveau chasseur soit maintenant en train de sortir des lignes de production en nombre, l'avion était encore déficient sur un point important : la première série de Spitfire n'avait pas de chauffage des mitrailleuses, signifiant qu'elles ne pouvaient pas être utilisées à haute altitude. Le chauffage des mitrailleuses a été introduit sur un avion de série au début de 1939, alors que 60 des nouveaux chasseurs avaient déjà été livrés.

Lorsque les nuages de guerre se sont amoncelés sur l'Europe, il était clair que beaucoup plus de Spitfire que ceux pouvant être construits dans les usines de Supermarine autour de Southampton seraient nécessaires. Les travaux de construction de la nouvelle usine ont débuté en juillet 1938, cela jouerait plus tard un rôle important dans l'histoire du Spitfire.

## En Service

Le 19 juillet 1938, le premier Spitfire livré à la RAF, n° série K 9788, est arrivé à Martlesham Heath pour les essais. Huit jours plus tard, il a été suivi par le premier avion de série, le K 9787. Le 19e Escadron de Duxford a été choisi pour introduire le nouveau chasseur en service et son premier avion, le K 9789, est arrivé le 4 août. Deux autres Spitfire ont été livrés en août et le 19e escadron et le 66e, un escadron frère à Duxford, choisis pour recevoir le nouveau chasseur, ont été invités à entreprendre des essais intensifs en vol avec quelques Spitfire. Le but de ces essais était de découvrir tous les problèmes de l'avion qui n'avaient pas été éliminés.



**Figure 6 : Spitfire Mk V en vol**

Les pilotes d'essai à Duxford ont été très impressionnés par le Spitfire et l'ont considéré comme une amélioration majeure par rapport aux biplans Gauntlet qu'ils utilisaient auparavant. Mais il y pouvait être amélioré, selon les mémoires de l'un des pilotes d'essai, il y avait un certain nombre de problèmes critiques. Les moteurs de ces premiers Spitfire étaient difficiles à démarrer, parce que le démarreur électrique bas régime tournait les pales de l'hélice si lentement que lorsqu'un cylindre démarrait la rotation n'était pas suffisante pour démarrer le suivant. Les premiers moteurs Merlin perdaient beaucoup d'huile, elle s'échappait du moteur, suintait sous le fuselage et finissait par se perdre quelque part près de la roulette de queue. Un autre problème était ce que les pilotes appelaient «Spitfire Knuckle» (les jointures Spitfire) : lors de la manoeuvre de la pompe à main du train d'atterrissage, il était très facile de s'écorder les doigts sur le côté du poste de pilotage. Il y avait aussi un autre problème pour les pilotes plus grands, qui touchaient toujours de la tête l'intérieur de la verrière trop basse du cockpit.

Tous ces problèmes avaient été signalés par les pilotes d'essai de Supermarine, et des modifications étaient en cours pour y remédier. Un moteur de démarrage à vitesse plus élevée a résolu le problème de démarrage. Une nouvelle verrière bombée a fourni la marge supplémentaire nécessaire pour les pilotes de grande taille. Un système hydraulique entraîné par moteur pour rentrer et sortir le train d'atterrissage a éliminé la nécessité de la pompe manuelle, et donc le «Spitfire Knuckle» cessa d'être une préoccupation. Ces améliorations ont toutes été introduites dès le début de la production. Les joints d'étanchéité améliorés pour le Merlin ont pris plus de temps, et en effet, les fuites d'huile devait rester un problème tout au long de la longue carrière du moteur.

Les nouveaux Spitfire sont arrivés à Duxford de chez les fabricants un par un à intervalles irréguliers. Et ce n'est qu'en décembre 1938 que le 19e Escadron eut sa dotation complète de seize Spitfire. Pendant les premiers mois de 1939, la cadence à laquelle les Spitfire quittaient le hangar d'assemblage à Eastleigh a augmenté régulièrement. En mai, il y en eut 41. Les 77 premiers Spitfire de série ont été livrés avec l'hélice en bois à deux pales. À partir du 78e avion, l'hélice métallique à trois pales de de Havilland a été installée en série. À ce moment-là, tout nouvel avion avait la verrière bombée et les Spitfire de série étaient livrés avec les conduits d'air chaud dans les ailes pour garder les armes chaudes à haute altitude.

À la fin des années 1930, les bombardiers comportant un blindage de protection de l'équipage et des parties vitales de leur structure commençaient à apparaître. Un armement plus lourd que la mitrailleuse Browning de .303 serait nécessaire pour pénétrer la protection blindée en acier. L'arme choisie par la Royal Air Force pour ses chasseurs fut le canon français Hispano de 20 mm, qui avait la meilleure capacité de pénétration de blindage de toutes les armes de ce calibre alors disponibles. En juillet 1939, un Spitfire, le L 1007, fut testé à Martlesham équipé de deux canons Hispano de 20 mm avec 60 obus chacun, au lieu des huit Brownings. Le début de carrière en service de l'Hispano dans le Spitfire fut cependant une triste histoire de pannes et d'échecs fréquents. Le canon avait tendance à vibrer et à se désolidariser du système d'alimentation pendant le tir. Néanmoins, d'autres expériences en combat finiraient par prouver que l'Hispano était une arme très efficace quand elle fonctionnait.

Lorsque la guerre fut déclarée, en septembre 1939, un total de 306 Spitfires avaient été livrés à la RAF. 71 autres se trouvaient dans des unités de maintenance, soit pour l'installation d'équipements opérationnels, soit en attente de livraison dans les escadrons opérationnels pour remplacer les pertes. Onze de ces chasseurs faisaient l'objet d'essais et un volait à la Central Flying School. Les 36 autres Spitfire livrés avant la guerre avaient tous été rayés des listes pour accident.

Le Spitfire a été utilisé contre la Luftwaffe dans l'après-midi du 16 octobre 1939, lorsque deux sections de 3 appareils des escadrilles N° 602 et 603 ont intercepté neuf bombardiers Junkers 88 de la Kampfgeschwader 30 essayant d'attaquer les navires de guerre de la marine royale dans Firth of Forth. Les Spitfires ont mis fin à l'attaque, revendiquée à l'époque par les "Heinkel 111". Le Squadron Leader Ernest Stevens, commandant l'escadron 603, a abattu un des bombardiers au-dessus de la mer au large de Port Seton et l'escadron 602 a abattu un autre appareil. Au moins un Junkers 88 a été endommagé, sans perte pour les Spitfire.



**Figure 7 : Paire de Spitfire Mk IX**

Pour le reste de 1939 et le début de 1940, les Spitfires ont mené des actions peu fréquentes dans les rares occasions où des bombardiers allemands et des avions de reconnaissance arrivaient à leur portée en Angleterre.

En mai et début juin 1940, dans la période précédant et pendant l'évacuation de Dunkerque, le Spitfire a d'abord rencontré son équivalent allemand, le Messerschmitt 109E, dans le nord de la France, la Belgique et la Hollande. Pourtant, aucun escadron de chasse Spitfire n'avait été basé en dehors de la Grande-Bretagne et les chasseurs devaient opérer à la limite de leur rayon d'action par rapport à leurs aérodromes dans le sud de l'Angleterre. Néanmoins, le chasseur prouva son efficacité et son apparition fut une mauvaise surprise pour certaines unités de la Luftwaffe opérant dans la région.

## Spitfire Mark IX

Le début de 1942 a vu l'introduction du superbe Focke-Wulf allemand 190 A sur le front de la Manche, prenant la RAF par surprise. Le Spitfire à usage général suivant prévu, le Mk VIII, a incorporé plusieurs raffinements développés sur le prototype Mk III précédemment mis au point, et un réaménagement complet était nécessaire pour la production en cours. L'amélioration principale du Mk VIII, cependant, concernait l'introduction des nouveaux compresseurs à deux étages deux vitesses sur les moteurs Merlin, mais cet avion impliquait une refonte significative du Spitfire de base, et il faudrait du temps pour le produire en nombre nécessaire. La solution la plus rapide pour les mettre à la disposition de la RAF était d'adapter la cellule facilement disponible du Mk V à ce moteur.

Le Mk IX est apparu comme une réponse improvisée au Fw 190 A. Le premier Mk IX était fondamentalement une cellule Mark Vc légèrement renforcée couplée à un moteur Merlin 61 plus lourd et plus puissant (équipé d'un compresseur à deux étages et d'un échangeur thermique). Une hélice à quatre pales fut installée pour exploiter la puissance accrue. Outre le profil du nez plus long, le Mk IX avait une autre caractéristique distincte : un système modifié de radiateurs inférieurs (comportant deux radiateurs symétriques carénés de section oblongues, un sous chaque aile). La première série de Mk IX a conservé la pointe arrondie et la gouverne de direction du Mark V. Cependant, le couple produit lors du décollage par le nouveau puissant moteur était si grand qu'il était nécessaire d'introduire un gouvernail de type pointu à corde large. Les premiers Mk IX, équipés de l'aile de type «C», étaient armés de deux canons Hispano de 20 mm et de quatre mitrailleuses calibre .303. Beaucoup de Mark IX, modèle tardif, équipés de l'aile type 'E' (introduite en 1944), ont échangé les .303 inefficaces pour deux mitrailleuses Browning de calibre 50 (12,7mm) (1 par aile) montées à l'intérieur des canons de 20 mm.



Figure 8 : Mk IX sur le terrain de la RAF à Northolt



Quelques Mk IX tardifs eurent le fuselage arrière tronqué et la verrière en goutte d'eau vus sur d'autres Spitfire tardifs. Le Mk IX n'a rien perdu de la manœuvrabilité célèbre du Spitfire, tandis qu'il offrait un meilleur taux de montée et de vitesse que le Mark V. À une altitude supérieure à 20 000 pieds, le Mk IX était exceptionnellement meilleur que son prédécesseur. Un essai comparatif a révélé que le Mark IX et le Fw 190 étaient étroitement proches en termes de performance. Le succès de Mk IX était tellement génial que l'avion, conçu comme une solution de transition, devint la deuxième variante Spitfire la plus produite. Tout au long de sa vie opérationnelle, le Mk IX a été largement modifié, à la fois en interne et en externe. Les trois sous-variantes principales étaient : le F Mk IX (propulsé par le Merlin 61 de 1 565 cv ou le Merlin 63 de 1 650 cv), le LF Mk IX (Merlin 66 de 1 580 cv) et le HF Mk IX (Merlin 70 de 1 475 cv). La variante LF (Low Altitude Fighter), entrée en service au début de 1943, avait soi-disant les ailes coupées (envergure réduite pour une maniabilité améliorée).

Initialement (et non officiellement), la version F standard a été appelée «Mk IXa», et la version LF «Mk IXb». La désignation LF était en soi un peu trompeuse, car cette version atteignait sa vitesse maximale à 22 000 pieds (la version standard F à 28 000 pieds). La production en série du standard Mk IX a été lancée en juin 1942. Le 34e Squadron de la RAF à Horn Church a été choisie pour être équipé en premier de cette version en en prenant livraison le même mois. Le No 611 Sqn RAF a suivi en juillet, les no 401 et 402 Squadrons (canadiens) en août et le no 133 Squadron (US Eagle) en septembre. Sur le théâtre d'opérations méditerranéen, l'unité à être équipée en premier avec le Mk IX fut le 81 sqn (en janvier 1943), alors stationnée en Algérie, suivie peu de temps après par le No 72 en Tunisie. Au printemps 1943, les 31e et 52e Fighter Groups de l'USAAF - les deux unités américaines de Spitfire opérant sur ce théâtre - ont reçu des Mk IX (et les ont bien utilisés jusqu'en 1944, avant de se convertir sur P-51 Mustangs).



Figure 9 : Spitfire Mk IX en formation

## Résumé

Entre le printemps de 1935, début de l'assemblage du prototype, et février 1948, quand le dernier Mk.24 eut été construit, environ 20 400 Spitfires furent produits. (Il n'y a pas de consensus sur le nombre exact). Ce nombre ne comprend pas la variante Seafire, restée en production jusqu'en mars 1949.

L'histoire du Spitfire aurait pu être différente, si son créateur, Reginald Mitchell, avait vécu plus longtemps. Le personnage de Mitchell était un innovateur, pas un continuateur. Très probablement, il

aurait, comme Sidney Camm de Hawker, créé un certain nombre d'avions nouveaux et différents au lieu de tirer la quintessence du Spitfire. En tout cas, le Spitfire a servi du début de la guerre jusqu'à sa fin, et le Spitfire Mk.24 a été considéré comme l'un des meilleurs chasseurs à moteurs à piston au monde.

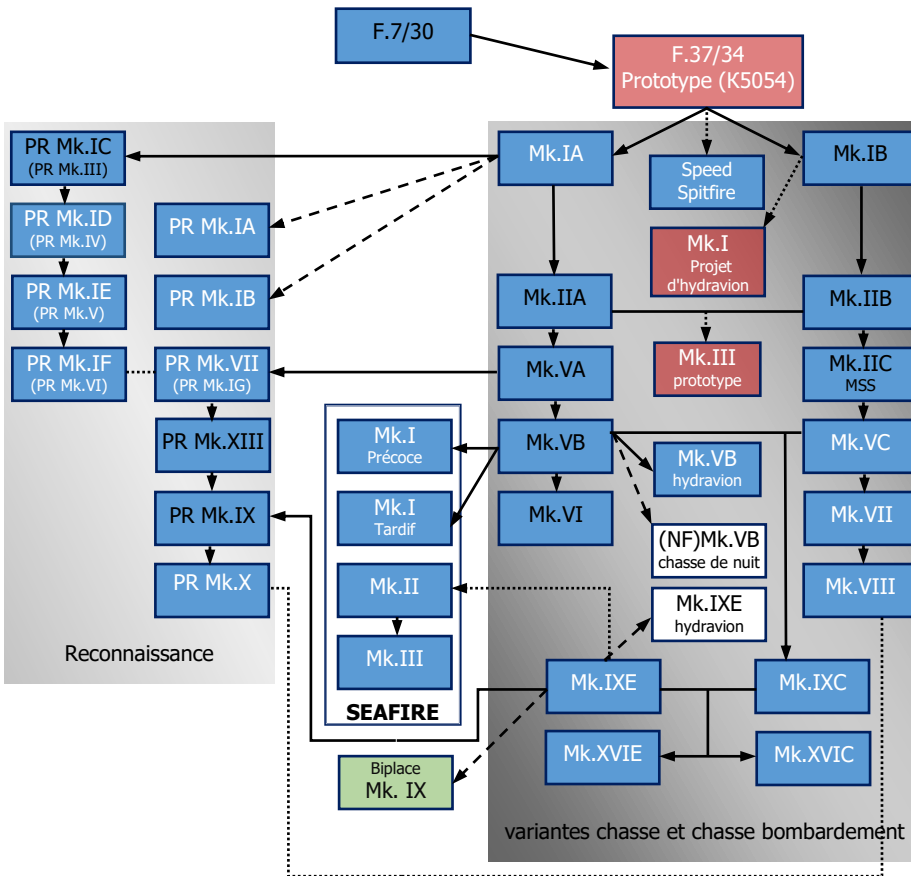
Par rapport à son prototype, le Mk.24 était un tiers plus rapide, avait un taux de montée deux fois plus élevé, et la puissance de feu de ses armes était cinq fois plus élevée. En outre, le poids au décollage du Mk.24, par rapport à celui du prototype, a augmenté de 3080 kg, ce qui, selon les règles des compagnies aériennes, était égal à la masse de 30 passagers (en supposant 20 kg de bagages par passager). Ces chiffres donnent une idée de l'évolution de l'avion.

L'histoire du Spitfire est étroitement liée à l'histoire du développement des moteurs Merlin et Griffon. La puissance du Merlin de 27 litres a augmenté de 1000 à 1600 cv, alors que son poids n'a augmenté que de 15%. Après quelques légères modifications, l'avion a reçu une mise à niveau : le moteur Griffon de 37 litres avec une puissance de 2230 cv. Dans le même temps, le poids de ce nouveau moteur n'était que de 30% supérieur à celui du premier Merlin.

Telle fut l'histoire technique du Spitfire. Mais cet avion n'était pas seulement une machine de guerre. Pour les Britanniques et d'autres citoyens du Commonwealth, le Spitfire était un symbole de la défense de la Grande-Bretagne dans les jours difficiles de 1940 et, à la fin de la guerre, c'était devenu un symbole de la victoire.



## Schéma de développement du Spitfire



# VUE D'ENSEMBLE DE L'AVION



# VUE D'ENSEMBLE DE L'AVION

## Informations de base

Les Spitfire modèles IX, XI et XVI avaient des préfixes spécifiques qui indiquaient leur rôle et l'altitude opérationnelle.

F – Chasseur (Fighter)

PR – reconnaissance photo (Photo Reconnaissance)

L – Basse (Low)

H – Haute (High)

L'ajout de la lettre (e) indiquait une modification de l'armement. Au lieu d'être équipé de quatre mitrailleuses de 7,69 mm, ces versions disposaient de deux mitrailleuses de 12,7 mm. Toutefois, toutes les versions avaient la même structure.

Version	Principales caractéristiques
F IX	Moteur "Merlin" 61, 63 ou 63A, deux canons calibre 20 mm, 4 mitrailleuses de 7,69 mm.
<b>LF IX</b>	Moteur "Merlin 66", deux canons calibre 20 mm, 4 mitrailleuses de 7,69 mm.
LF IX (e)	Moteur "Merlin 66", deux canons calibre 20 mm, 2 mitrailleuses de 12,7 mm.
HF IX	Moteur "Merlin 70", deux canons calibre 20 mm, 4 mitrailleuses de 7,69 mm.
HF IX (e)	Moteur "Merlin 70", deux canons calibre 20 mm, 2 mitrailleuses de 12,7 mm.
PR XI	Moteur "Merlin" 61, 63, 63A ou 70, équipement de reconnaissance.
F XVI	Moteur "Merlin 266", deux canons calibre 20 mm, 2 mitrailleuses de 12,7 mm.

Les versions 61 et 63 (A) du moteur MERLIN étaient équipées du carburateur S.U. Les variantes 66, 70 et 266 étaient équipées du carburateur pressurisé "BENDIX-STROMBERG".

Toutes les variantes étaient équipées d'une hélice ROTOL à 4 pales.

Les dernières modifications des Mk IX et XVI concernaient les feux avec carénages en goutte d'eau et l'éclairage de cabine.

## Construction

Le Spitfire est un monoplane entièrement métallique à aile basse en porte-à-faux. L'aile se compose de trois parties : la section centrale, intégrée au fuselage et deux éléments détachables. Sa forme est elliptique avec un profil suffisamment mince (rapport d'épaisseur de 12,6% à l'emplanture et 9,57% au milieu) à deux longerons dont le frontal est significativement plus robuste que le longeron arrière et assume la presque totalité de la charge. Le revêtement épais fixé au longeron avant contribue à l'augmentation de la rigidité en torsion. Le longeron arrière sert également à la torsion et supporte

les ailerons de type Frise entièrement métalliques. Sous l'aile se trouvent les volets de type Shrenk à commande pneumatique, divisés en sections intérieure et extérieure.

Des nervures renforcent la structure de l'avion. L'aile lisse à rivets noyés est à revêtement travaillant. Les saumons d'aile sont disponibles en trois types : standard (arrondi), court (presque rectangulaire) et allongé (en pointe). Les avions équipés de saumons d'aile courts possédaient souvent un ensemble de saumons standard inclus en pièces de rechange.

Le fuselage est semi-monocoque, c'est à dire qu'il a une structure composée de couples, de longerons et de raidisseurs intégrés dans une coque métallique participant à la transmission des efforts. La section transversale du fuselage est de forme elliptique. Dans la section de nez, le revêtement est fixé par des rivets à tête noyée, tandis que dans la partie arrière, les rivets sont à têtes rondes. Les panneaux de capot sont amovibles.

La disposition du fuselage était un classique des chasseurs monomoteurs de l'époque. À l'avant se trouvait le groupe motopropulseur composé du moteur et de l'hélice, et derrière, deux réservoirs de carburant séparés par une cloison pare-feu. Juste derrière la deuxième cloison se trouvait le poste de pilotage, fermé par un pare-brise et une verrière en plexiglas dont une section sur rail coulissait vers l'arrière. La principale caractéristique de la voilure du Spitfire était sa convexité : les arrondi étaient de 80 mm dans chaque direction, offrant au pilote une meilleure vision de l'arrière et des côtés. Le pilote pouvait regarder derrière par le rétroviseur monté sur l'arceau du pare-brise. La verrière elle-même avait des surfaces planes à l'avant et sur les côtés, ce qui permettait d'obtenir une image nette et sans distorsion. La partie centrale du pare-brise était en verre blindé. L'accès au poste de pilotage se faisait par une porte s'ouvrant vers le bas côté gauche de l'avion. La partie coulissante de la verrière pouvait être verrouillée dans n'importe quelle position intermédiaire. En cas d'urgence, elle pouvait être larguée au lieu d'être ouverte par coulissement - le pilote tirait simplement les poignées et la poussait ensuite légèrement vers le haut. Elle était éjecté ensuite par le flux d'air entrant. Cependant, il arrivait souvent que la poignée se rompe lorsque le pilote tirait dessus, la verrière restant en place. Dans ce cas, un pied de biche situé dans une niche à gauche de la porte du cockpit était utilisé pour briser la verrière.

Le pilote était assis sur un siège en plastique (Bakelite), bien au-dessus du plancher profond du poste de pilotage. Le siège était composé de quatre pièces estampées maintenues ensemble par des plaques de duralumin. Un parachute Irvin était installé dans le baquet du siège. La hauteur d'assise pouvait être réglée par la poignée située à droite du pilote. Les ceintures de sécurité étaient équipées d'un système de tension à ressort. Le pilote pouvait détendre les sangles pour se déplacer vers l'avant, puis les tirer vers l'arrière. Les parties arrière du siège pilote (arrière de l'appuie-tête et colonne vertébrale) étaient recouvertes de plaques de blindage d'une épaisseur de seulement 5 mm (pouvant être transpercées même par des balles allemandes de 7,9 mm perforant les armatures). Le pilote pilotait l'avion avec un manche dit "Spade-type" (avec la partie supérieure articulée) et des pédales de palonnier. Les pédales anglaises étaient "à deux étages". En général, le pilote reposaient ses pieds sur la partie inférieure, mais pendant le combat, lorsque les manœuvres énergiques exigeaient beaucoup d'efforts de sa part, il utilisait la partie supérieure. Le septième couple, situé derrière le siège du pilote, était renforcé afin d'assurer la fonction de pylône anti retournement.

Le tableau de bord comportait deux sections. Le panneau principal constitué d'un stratifié à base de tissu de 6 mm d'épaisseur comportant les équipements de démarrage du moteur et diverses commandes de secours. Un panneau en aluminium, montés sur des amortisseurs à ressort au centre du panneau principal comportant les dispositifs de navigation. Le compas se trouvait sur un support séparé sous le tableau de bord.

Il n'y avait aucun système de chauffage à bord du Spitfire. Il n'existait qu'un chauffage électrique des vêtements et des gants du pilote. Les semelles intérieures des bottes de vol et les gants des pilotes

étaient équipées de résistances de chauffage. Ce système était finalement peu fiable et rarement utilisé. La ventilation de la cabine se faisait par une trappe sur le côté droit devant le pare-brise. En tournant le bouton de la vis de réglage, le pilote pouvait réguler le débit d'air.

Derrière le poste de pilotage se trouvait un réservoir d'essence supplémentaire (installé séparément), ainsi que divers équipements électriques et radio. On y accédait par une trappe sur le côté gauche. La presque totalité de la partie arrière du fuselage était vide. Pour compenser le poids accru du compartiment moteur de la section frontale, la batterie de l'avion et les réservoirs d'oxygène furent déplacés vers la section de queue.

Le 19ème couple est double, c'est en fait la jonction du fuselage et de la partie détachable de la queue. Le 20ème couple monte vers le haut de la queue, son longeron est incliné. Le couple de la queue est en alliage d'aluminium tout comme son revêtement. Le stabilisateur en porte-à-faux est en forme de plan elliptique parallèle à l'axe de l'avion et composé de deux moitiés reliées ensemble à l'intérieur du fuselage arrière. Le couple et le revêtement de l'empennage arrière sont en alliage d'aluminium. Le profil aérodynamique de la quille et du stabilisateur est également symétrique.

Le gouvernail, équilibré par une corne débordante, et les compensateurs sont constitués d'un cadre métallique entoilé. Sur les modèles antérieurs de l'avion, le gouvernail était arrondi sur le dessus. Les modèles postérieurs ont introduit un gouvernail plus large avec une extrémité pointue pour compenser le couple accru produit par l'hélice. Les derniers Spitfire IX avaient également des élévateurs équilibrés par des cornes débordantes.

Diverses versions des moteurs Merlin série 60, 61, 63, 66 et 70, furent installées sur le Spitfire IX toutes pour des altitudes nominales différentes. Le moteur Merlin lui-même était un moteur en V de 27 litres, à 12 cylindres à refroidissement liquide. Il a été monté sur un châssis tubulaire, combinant des liaisons soudées, rivetées et boulonnées. Sur les modèles 61 et 63 figuraient les anciens carburateurs à flotteur, tandis que les types 66 et 70 avaient les carburateurs américains à membrane (sans flotteurs) Bendix-Stromberg avec contrôle automatique de la richesse du mélange (adaptation à l'altitude). Tous ces moteurs avaient des compresseurs centrifuges à deux étages à engrenages. La première vitesse fonctionnait en permanence, tandis que la seconde s'enclenchait automatiquement à des altitudes prédéterminées.

Le moteur est refroidi par un mélange de glycol circulant dans les dissipateurs de chaleur intermédiaires refroidissant l'air entre les étapes de suralimentation et le mélange de carburant juste avant qu'il entre dans les cylindres. Le réservoir d'expansion du système est monté sur la boîte de vitesses du moteur. Les radiateurs du système de refroidissement du moteur, du compresseur, le radiateur intermédiaire et du système d'huile sont logés dans deux boîtiers symétriques situés sous les ailes. Sous l'aile droite une section du radiateur moteur et du refroidisseur d'huile. Sous l'aile gauche le radiateur de la suralimentation et la deuxième section du radiateur de refroidissement du moteur. Les radiateurs sont de type tunnel. Le réglage des écopes des radiateurs est automatique, commandé par le thermostat. Fait intéressant, le système bloque l'activation du deuxième étage du compresseur à des températures proches du maximum, 115 °. (S.AR 1565J & L Vol1 Sect 8, par. 42). Le commutateur est monté sur l'avant de l'échangeur et est relié à la commande du compresseur qui sera ramené en première vitesse (M.S.) au cas où les températures atteindraient les valeurs maximales admissibles.

L'air pour le carburateur est aspiré depuis des écopes situées sur le dessous de la section centrale de l'aile. Pendant les décollages poussiéreux, elles sont obturées par un volet et l'admission d'air s'effectue depuis le compartiment moteur. Les avions de la série suivante ont été équipés d'un filtre supplémentaire, ce qui a permis de déplacer l'entrée d'air vers l'avant.

Le moteur dispose d'un système de tuyaux d'échappement individuels (un par cylindre), dont la poussée augmentait légèrement la vitesse en vol.

Les avions équipés de moteurs Merlin 66 ont utilisé des hélices R12 / 4F5 / 4 à pales en bois. L'hélice est de type quadripale, avec variation de pas automatique.

Les moteurs de la série 60 étaient alimentés avec de l'essence à indice d'octane 100 de haute qualité. En Union soviétique, on utilisait du carburant importé ou, en son absence, de l'essence au plomb 4B-70 d'indice d'octane 88. Bien que le moteur anglais n'ait jamais explosé à cause de l'utilisation de ce carburant, il était néanmoins incapable d'atteindre sa puissance maximale.

Le carburant est stocké dans trois réservoirs de fuselage. Deux d'entre eux situés devant le poste de pilotage dans un compartiment entre deux cloisons anti-feu. Allongé sur les côtés, le réservoir de carburant auto-obturant inférieur d'une capacité de 168 litres est considéré comme le réservoir principal, car le moteur y puise le carburant. Depuis le réservoir supérieur non auto-obturant d'une capacité de 218 litres, le carburant s'écoule dans le réservoir inférieur par la pression du gaz. Les réservoirs supérieurs sont couverts par une plaque de blindage en acier d'une épaisseur de 4 mm. Le troisième réservoir (non monté sur toutes les séries) est installé derrière le siège du pilote. Il a une capacité de 132 litres et est utilisé uniquement avec un grand réservoir externe car son remplissage perturbe considérablement le centrage de l'avion.

Le chasseur pouvait transporter quatre types de réservoirs de carburant externes. Les réservoirs d'une capacité de 135 litres, 205 litres et 410 litres avaient la forme d'un abreuvoir et se montaient sous la partie centrale de l'aile. Dans ce cas, la conduite d'aspiration du réservoir avait un passage réservé. En larguant ces réservoirs, ils glissaient d'abord vers l'arrière le long des rails, puis basculaient vers le bas. Le quatrième type de réservoir en forme de cigare avait une capacité de 227 L et était suspendu sur les supports de bombes sous le fuselage. La mise en marche de l'alimentation en carburant à partir des réservoirs externes ne pouvait se faire qu'à une altitude supérieure à 600m.

Le train d'atterrissage du Spitfire n'était pas très conventionnel. Les trains d'atterrissage principaux ne se repliaient pas vers l'intérieur en direction du fuselage, mais vers l'extérieur vers l'extrémité de l'aile. Cela a permis d'obtenir une aile plus mince, mais en limitant la voie à 5 pieds 8,5 pouces, rendant l'avion assez instable sur les sols inégaux. Le train d'atterrissage était sorti et rentré par un système hydraulique dont la pompe était montée sur le moteur. En cas de défaillance de celle-ci, le train d'atterrissage était sorti par du dioxyde de carbone comprimé stocké dans un réservoir dans le poste de pilotage. Les trains d'atterrissage étaient équipés d'amortisseurs hydropneumatiques Vickers. Les jambes des roues de 600x170mm avait un angle d'inclinaison presque imperceptible à l'œil nu. Elles étaient équipées de freins pneumatiques Dunlop. En position rétractée, les roues rentraient dans une niche des longerons du panneau principal. Le logement de la jambe de train et la moitié de la roue était fermé par une trappe montée sur la jambe de train. La roue arrière se déplaçait librement et pouvait tourner sur 360°. Sa jambe était également équipée d'un amortisseur hydropneumatique. Sur les premières séries de Spitfire IX, la roue arrière n'était pas rétractable, tandis qu'elle l'était sur les derniers modèles et rentrait dans le fuselage, fermé par des trappes articulées de chaque côté du logement.

Le système pneumatique, alimenté par un compresseur embarqué Heywood SH-6/2, contrôlait les phares d'atterrissage, les freins de roue, les volets, les écopes de radiateurs, l'armement et l'enclenchement / coupure du deuxième étage du compresseur. L'air comprimé était stocké dans deux bouteilles situés sur le côté gauche du poste de pilotage.

L'alimentation électrique du chasseur était assurée par une génératrice de 750 watts sur le moteur et une batterie de 40 ampères-heure à l'arrière du fuselage. Les consommateurs d'énergie étaient les phares d'atterrissage (escamotables, placés sous le plancher du cockpit), les feux de navigation, l'équipement radio, l'éclairage de la cabine et l'éclairage du viseur, ainsi que les différents dispositifs de signalisation. Le démarreur électrique du moteur n'était alimenté que par des batteries d'aérodrome, transportées sur un chariot spécial. La prise pour l'alimentation électrique externe se



trouvait sur le huitième couple sous les carénages de l'aile. Au cours d'un décollage d'urgence à partir d'un terrain d'aviation non préparé, un démarreur à combustion Coffman était utilisé pour démarrer le moteur. La tension du réseau était de 12V.

Le Spitfire IX disposait d'un système de dégivrage utilisant un mélange d'eau distillée et d'éthylène glycol pour dégivrer la glace frontale du pare-brise. Le pulvérisateur était au bord inférieur du pare-brise. Le système était entraîné par une pompe manuelle placée sur le côté droit du cockpit.

À haute altitude, le pilote utilisait un masque à oxygène. L'oxygène était stocké dans une bouteille de 6 litres à l'arrière de l'avion. Le système anglais ne distribuait pas d'oxygène constamment, mais périodiquement, selon les besoins du pilote.

Le chasseur était équipé d'une radio VHF, de type TR-1133, TR-1133A ou TR-1143. Le TR-1143, dernier modèle de l'époque, était assorti d'un dispositif de radionavigation A.1271, qui était aussi un système primitif d'atterrissage sans visibilité. Le poste de radio était montée sur une plate-forme rétractable facilitant grandement son entretien. En Angleterre, la machine avait essentiellement un transpondeur A.R.I. 5025 IFF, avec un émetteur R-3067. L'unité était montée sur des supports du côté gauche près de la queue. Ces transpondeurs, considérés comme confidentiels ont reçu une charge explosive d'auto-destruction. Les pilotes forcés d'atterrir en territoire ennemi avaient l'ordre de les détruire. La radio principale utilisait une antenne tendue entre le haut d'un mat caréné en profilé de duralumin à l'arrière de la verrière et le haut de la dérive. Les antennes du transpondeur étaient tendues entre les côtés du fuselage et les extrémités du stabilisateur.

Le blindage de protection du Spitfire IX était plutôt symbolique. Généralement, il s'agissait de plaques d'acier de 5,4 mm d'épaisseur protégeant le dos du pilote, ses genoux et l'arrière de sa tête, ainsi que le réservoir d'essence supérieur. Un verre blindé d'une épaisseur de 38 mm était montée par dessus le pare-brise. Le fond et les côtés des réservoirs de carburant et des compartiments de munitions étaient fermés par des plaques de duralumin d'une épaisseur de 3-4 mm.

Les armes de l'avion étaient de deux types : C et E, selon l'aile installée sur le chasseur. Dans le premier cas, les caissons de l'avion abritaient habituellement deux canons British Hispano de 20 mm avec une réserve de 120 obus chacun et quatre mitrailleuses Browning de 7.69 avec 350 cartouches par arme. Les canons étaient montés près du fuselage, juste derrière les niches du châssis. Les tubes s'étendaient vers l'avant et étaient carénés. Les mécanismes d'alimentation des cartouches ne rentrant pas dans le profil de l'aile, les concepteurs furent forcés de les intégrer sous de petites protubérances en forme de gouttes.

Les mitrailleuses étaient montées plus loin de l'axe de l'avion, entre des nervures renforcées. Afin de faciliter l'implantation de leurs casiers à munitions, les canons ont été déplacés longitudinalement de 152 mm. L'accès se faisait par des trappes à charnière situées sous l'aile. Pour améliorer le refroidissement des canons, des tubes ayant la forme de l'avant de l'aile étaient montés sur les canons. Pour la protection contre la saleté et la poussière avant le vol, ainsi que pour l'amélioration des caractéristiques aérodynamiques de l'avion, les trous dans le bord d'attaque de l'aile étaient scellés avec du percale et recouverts de laque rouge. Les premiers tirs les traversaient. Les mitrailleuses étaient alimentées depuis les casiers par des bandes à maillons métalliques. Les maillons et les douilles des cartouches étaient éjectés de l'avion par des trous situés sous l'aile.

Sur certains rares modèles, deux autres canons étaient montés sur l'avion au lieu des mitrailleuses. Dans ce cas, le nombre de munitions était de 145 obus pour les canons intérieurs et 135 pour les extérieurs. Le Spitfire IXC pouvait également emporter une bombe pesant jusqu'à 227 kg sous le fuselage.

L'aile renforcée de type "E" permettait l'utilisation d'armes plus puissantes. Un canon avec une réserve de 120 obus et une mitrailleuse de 12,7 mm avec 250 cartouches pouvait être montés sur

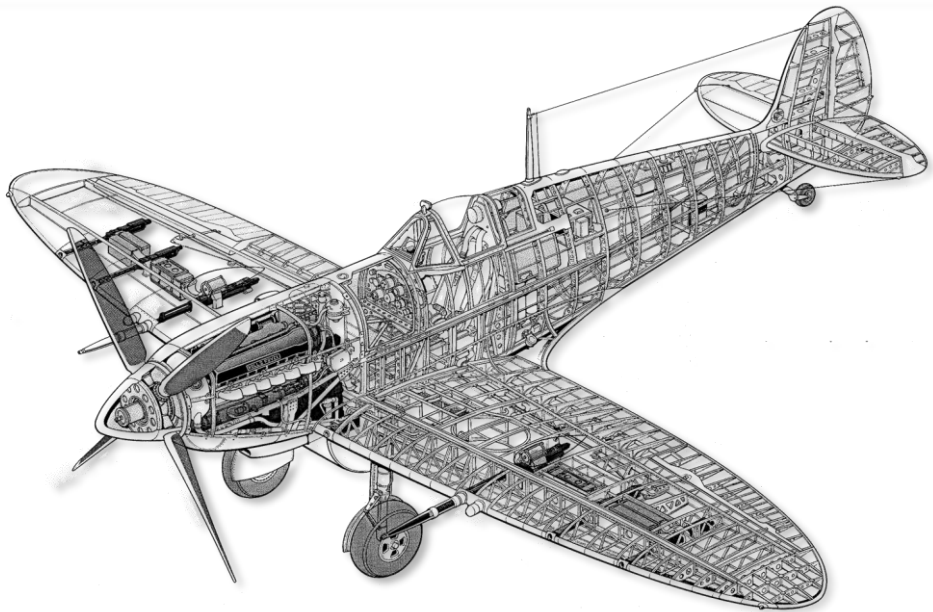


chaque aile. Le Spitfire IX a également vu la mise en place de porte-bombes sous les ailes; la charge totale de bombe pouvait donc être portée à 454 kg. Les chargements habituels comportaient une bombe de 227 kg montée sous le fuselage et deux autres de 113 kg montées sous les ailes. Les types de munitions utilisés étaient les suivants: hautement explosif, à fragmentation, incendiaire, perforant et hautement explosifs et fumigènes - anglaise et américaine. Le Spitfire IXe a également utilisé des roquettes - une paire de roquettes de 76 mm. Pesant selon le poids de la tête militaire, 11,3 kg ou 27,2 kg. Dans les deux cas, le IX pouvait avoir une charge de combat de deux roquettes et une bombe de 227 kg.

Les compartiments des armes étaient chauffés en vol par de l'air chaud, traversant d'abord le radiateur. L'avion avec les ailes de type "C" utilisait également de l'air d'abord chauffé par le système d'échappement du moteur pour réchauffer les mitrailleuses.

Le Spitfire possédait un système de commande des armes électropneumatique. Dans les premières versions de l'avion, la visée était réalisé à travers un collimateur GM 2, et dans les séries ultérieures grâce à un viseur gyroscopique Mk.IID. Ce viseur permettait de pré régler la distance de tir et les caractéristiques des cibles (c.-à-d. la taille de la cible prévue par le pilote). La surveillance des résultats étaient assurée par la cinémitrailleuse G-45 ou G-42B montée à l'emplanture de l'aile gauche qui pouvait être activé simultanément avec les canons et les mitrailleuses, ou séparément.

L'équipement de bord comprenait le système de lance-fusées de signalisation à six tubes Plessy, avec des fusées de différentes couleurs en fonction des messages codés. Elles étaient tirés par des signaux électriques. Une réserve d'eau, des rations d'urgence dans une boîte scellée et un radeau gonflable par un réservoir de dioxyde de carbone (en cas d'amerrissage d'urgence) étaient également prévu à bord.



**Figure 10 : SPITFIRE Mk. IX avec les saumons d'aile standards**

## Caractéristiques

Les caractéristiques du SPITFIRE IX sont:

- Envergure :
  - ailes standards 36 ft 7 in (11.15m)
  - ailes tronquées 32 ft 7 in (9.92m)
- Longueur 31.5 ft (9,45m)
- Hauteur: 3,02m
  - en haut du disque d'hélice 11 ft 8 in (3,5m)
  - au centre de l'hélice : 6 ft 3 ½ in (1.91m)
  - des saumons d'aile : 5 ft 4 in (1,62m approx)
  - Dégagement de l'hélice : 11 in (28cm)

Fuselage :

- Largeur (max) : 3 ft 6 in (1.06m)
- Longueur (hors tout) 20 ft 10 in (6,22m)
- Hauteur (max) : 6 ft 9 in (2,05m)

Ailes :

- Profil d'aile : N.A.C.A. 2200
- Corde moyenne : 7 ft 1 in (2,16m)
- Incidence : 2° à l'emplanture, -0.5° à l'extrémité
- Dièdre : - 6°
- Surface de l'aile en incluant les ailerons et les volets : 242 ft<sup>2</sup> (22,48m<sup>2</sup>)
- Ailerons, total: 18.9 ft<sup>2</sup> (1.76m<sup>2</sup>)
- Volets, total: 15.6 ft<sup>2</sup> (1,45m<sup>2</sup>)

Queue:

- Envergure (sur les élévateurs): 10 ft. 6 in (3,20m)
- Corde (max): 4 ft (1.22m)
- Incidence: 0°
- Angle latéral: 0°
- Surface élévateurs inclus : 31.46 ft<sup>2</sup> (2,92m<sup>2</sup>)
- Élévateurs, deux, avec compensateurs : 13.26 ft<sup>2</sup> (1,51m<sup>2</sup>)
- Tab de compensateur, chaque : 0.38 ft<sup>2</sup> (353 cm<sup>2</sup>)

Dérive et gouverne :

- Surface de la dérive : 4.61 ft<sup>2</sup> (0,43m<sup>2</sup>)
- Surface de la gouverne, avec compensateur : 10.7 ft<sup>2</sup> (0,99m<sup>2</sup>)
- Compensateur : 0.7 ft<sup>2</sup> (650cm<sup>2</sup>)

Trains :

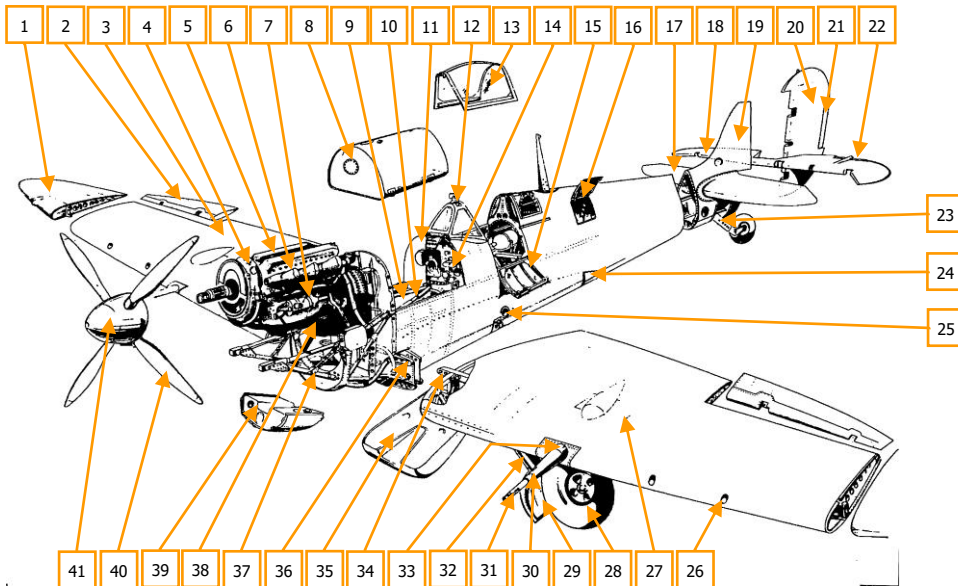
- Voie : 5 ft 8.5 in (1.72m)

# CONCEPTION DE L'AVION



# CONCEPTION DE L'AVION

## Éléments principaux



**Figure 11: Structure de l'avion**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Saumons d'ailes   | 15. Porte d'accès pilote                         |
| 2. Aileron   | 16. Trappe d'accès au compartiment radio         |
| 3. Aile droite   | 17. Queue  |
| 4. Réservoir avant (Réservoir de liquide de refroidissement) | 18. Gouverne de profondeur                       |
| 5. Moteur "MERLIN-66"  | 19. Plan fixe vertical                           |
| 6. Collecteur d'échappement                                  | 20. Gouverne de direction                        |
| 7. Générateur  | 21. Tab de compensation en lacet                 |
| 8. Réservoir de carburant supérieur                          | 22. Tab de compensation en profondeur            |
| 9. Réservoir de carburant inférieur                          | 23. Ensemble roulette arrière                    |
| 10. Bâti moteur  | 24. Carénage de bord de fuite                    |
| 11. Cloison pare-feu   | 25. Système principal de fixation à l'emplanture |
| 12. Pare-brise   | 26. Compartiment des mitrailleuses Browning      |
| 13. Verrière larguable                                       | 27. Porte du magasin à munitions                 |
| 14. Tableau d'instruments                                    |  |



- |  |   |
|--|---|
| 28. Train principal                      | 35. Réservoir de carburant larguable        |
| 29. Carénage de jambe de train principal | 36. Point de fixation du longeron principal |
| 30. Carénage du canon Hispano            | 37. Bâti moteur                             |
| 31. Canon Hispano                        | 38. Silencieux                              |
| 32. Jambe de train principal             | 39. Réservoir d'huile                       |
| 33. Bague d'ajustement du canon Hispano  | 40. Hélice Rotol                            |
| 34. Longeron principal                   | 41. Cône d'hélice                           |

## Fuselage

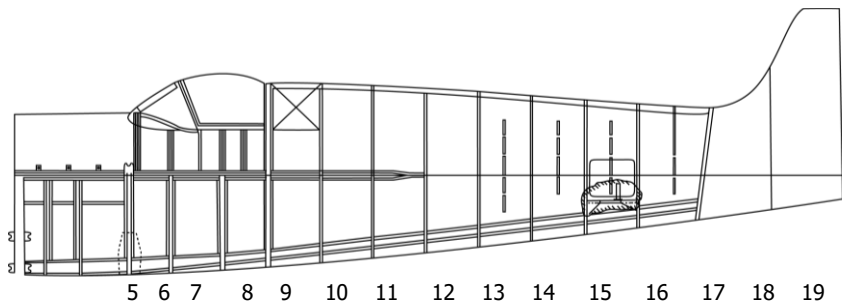
Le fuselage est de construction semi-monocoque entièrement métallique, conçu avec un revêtement travaillant et une partie arrière démontable. Il peut être divisé en trois parties : avant, principale et arrière. La partie avant abrite les réservoirs de carburant, et juste derrière, se trouve le cockpit du pilote fermé par une verrière coulissante largable en matériau transparent. Des vitres transparentes se trouvent également derrière le cockpit dans la partie supérieure du fuselage pour améliorer la visibilité arrière. Le pare-brise de la verrière est renforcé par un vitrage blindé dans sa partie centrale. On entre dans le poste de pilotage par une porte à charnière côté gauche du fuselage fixée au longeron principal. Derrière le viseur dans le poste de pilotage, des rails permettent de mettre en place un filtre de vue utilisé par le pilote pour minimiser l'éblouissement dans des conditions très lumineuses. En conditions normales, le filtre du viseur est conservé en position rétractée, sous le pare-brise.

Des trappes pour la maintenance des composants de l'avion sont aménagées sur le fuselage. Des fixations pour les équipements et les commandes sont prévues à l'intérieur à différents endroits de la structure de l'avion. Des plaques de blindage sont également installées derrière les cloisons coupe-feu ainsi que derrière le siège du pilote.

Le fuselage est construit autour de 5 longerons : deux inférieurs, deux principaux et un supérieur et de 15 couples numérotés de 5 à 19. Ceux de l'avant jusqu'au 11ème sont ouverts en forme de "U" et sont suivis par des couples fermés. Les longerons inférieurs forment un caisson grâce à deux équerres entre les 5ème et 10ème couple. Après le 10ème couple, les longerons inférieurs forment un "V". Les longerons principaux sont au niveau de la ligne centrale du fuselage et ont un profil en "U". Chaque longeron est renforcé par des sections en acier d'une épaisseur de 1.016 mm. Ceux côté droit sont renforcés du 5 au 7ème couple, et du 5 au 8ème côté gauche. Du 14 au 19ème couple, les longerons principaux ont une forme en "Z". Le longeron supérieur, lui, a une forme en "V". Les longerons principaux ont des points de réglage de niveau sur les cotés du cockpit. Le revêtement est en duralumin riveté à la structure et supporté par des renforts à profil en "Z".

La partie arrière du fuselage détachable est composée d'un plan horizontal et d'un plan vertical. Cette section est boulonnée au 19ème couple du fuselage.

Pour faciliter la description, le fuselage est divisé en trois sections: avant, principale et arrière.



**Figure 12: Plan du fuselage**

### Section avant

Elle commence au 5ème couple qui est aussi le pare-feu et va jusqu'au 11ème. Dans la partie avant se trouvent les réservoirs de carburant ainsi que le cockpit. Le 8ème couple forme une boucle fermée équipée au centre de sa partie supérieure de deux supports connectés aux noeuds reliant le moteur et les longerons principaux au 5ème couple. Un réservoir de carburant peut être installé en dessous par la suite.

La cloison pare-feu est fixée au 5ème couple. Quatre barres formant la charnière du longeron avant de l'aile sont montées au bas du 5ème couple. Le support du longeron arrière de l'aile est fixé en bas du 10ème couple. Les supports de longeron sont situés sous le revêtement du fuselage.

La cloison pare-feu est une feuille d'amiante prise entre deux tôles métalliques et renforcée verticalement et horizontalement par des éléments structuraux. La plaque blindée est boulonnée derrière la partie supérieure de cette cloison.

Les fixations supérieures du bati moteur sont boulonnées aux longerons principaux. Les points inférieurs sont fixés aux longerons inférieurs et au caisson de voilure.

Les bas des couples 6 et 7 recouverts d'une couche de liège et servent de support inférieur au réservoir de carburant. Le couple 9 est supporté dans sa partie basse par une traverse et deux éléments en diagonale se rejoignant au couple 8, il supporte les pédales du palonnier. Les supports du cockpit sont installés entre les couples 8 et 11. Un élément porteur (qui sert également de support au tableau de bord) en forme d'arc supporte le châssis du cockpit sur le couple 8. La porte d'accès du pilote, fixée dans sa partie basse au longeron principal, est installée du côté gauche du fuselage entre les couples 9 et 10. La partie supérieure de la porte est munie de deux serrures à deux positions maintenant la porte fermée ou entrouverte. Le levier de verrouillage se trouve plus près de la serrure avant. En tournant la poignée vers l'avant et le bas, vous ouvrez les serrures. Les glissières de la verrière sont sur le dessus de la porte. La position entrouverte de la verrière coulissante est conçue de manière à ne pas se fermer soudainement et blesser le pilote même lors d'un atterrissage d'urgence.

Le couple 11 a une forme ovale fermée et possède des renforts transversaux et en diagonale auxquels est fixé le siège du pilote. Des plaques de blindage sont fixées au dessus de la structure par quatre tiges filetées et des écrous moletés.

## Section principale

La section principale est formée des couples 11 à 19. Ils sont de forme ovale fermée, tous de structure identique et caractérisés par leur taille décroissante vers l'arrière de l'avion (vers la queue). Entre les couples 11 et 12, la partie supérieure du revêtement du fuselage est transparente pour améliorer la visibilité vers l'arrière. En dessous de cette partie transparente, on retrouve les rails de la verrière. Sur le côté droit de l'avion, les rails sont montés sur la bordure. Des éléments de renfort croisés sont montés entre les couples 12 et 13, et supportent à leur intersection le mat de l'antenne radio. Des masses d'équilibrage sont entre les couples 17 et 18 pour compenser l'augmentation du poids du moteur.

## Section de queue

Partie intégrante de l'empennage et détachable, la section de queue est fixée par 52 boulons au couple 19 et par 4 goupilles sur les côtés des longerons inférieurs. Le couple 19 est en angle alors que les autres sont plats. Le longeron du plan horizontal qui est aussi le longeron avant de l'empennage est boulonné au couple 20. Le longeron auxiliaire du plan horizontal est fixé au longeron auxiliaire de l'empennage auquel est fixé la gouverne de direction. Les longerons de l'empennage sont reliés entre eux par des nervures. Le revêtement de l'empennage est riveté du côté gauche tandis qu'il est fixé par des vis aux éléments en bois boulonnés sur les nervures côté droit. Le revêtement du stabilisateur est fixée de la même manière.

## Châssis de la verrière

Le châssis de la verrière est en acier, boulonné au bord de la cabine. La section centrale du pare-brise, boulonnée à la structure, est une vitre blindée d'une épaisseur de 38,1 mm. Un joint de caoutchouc entre la vitre et la structure assure l'étanchéité de l'ensemble. Sa partie arrière est ajustée pour que la verrière soit hermétique en position fermée.

La partie coulissante de la verrière assure l'étanchéité du cockpit depuis le pare-brise jusqu'au couple 11, et se déplace sur des rails montés sur le bord du cockpit. A l'avant de la verrière un verrou la maintient en position ouverte (verrouillé sur le couple 11) et en position fermée (verrouillé sur le cadre du pare-brise). Le déverrouillage se fait en tournant les leviers reliés par une corde (pour le confort du pilote). En les tournant vers l'avant, la verrière se déverrouille et coulisse vers l'avant. En les tournant vers l'arrière, elle se déverrouille et coulisse vers l'arrière. Lorsque l'avion est garé avec la verrière fermée, le verrou est ouvert par un petit bouton à ressort sur le dessus de la verrière. Sur la partie transparente du côté gauche de la verrière une vitre sert en cas de pare-brise sale. La partie coulissante de la verrière est équipée d'un système de largage d'urgence. A côté du verrou se trouve une balle en caoutchouc suspendue à une corde qui enlève les goupilles en laiton de la verrière lorsqu'elle est tirée.

Le siège du pilote est moulé en résine de phénol-formaldéhyde (Bakélite), avec un compartiment en dessous pour le parachute de secours. Il est monté sur le couple 11 sur un châssis réglable en hauteur (côté droit). Le mécanisme a 6 encoches avec une amplitude de réglage de 100mm environ. Des plaques blindées sont fixées à l'arrière du siège. Le harnais et son système de verrouillage par câbles et ressort est aussi fixé au siège. Un verrou, monté sur le côté gauche, est avancé ou reculé pour donner du jeu, permettant au pilote de bouger sans la résistance du ressort. Lorsque le verrou revient en position, le ressort est fixé sur la butée, bloquant le mouvement du harnais.

Au sommet du couple 11, un appui-tête cylindrique est monté sur le siège.

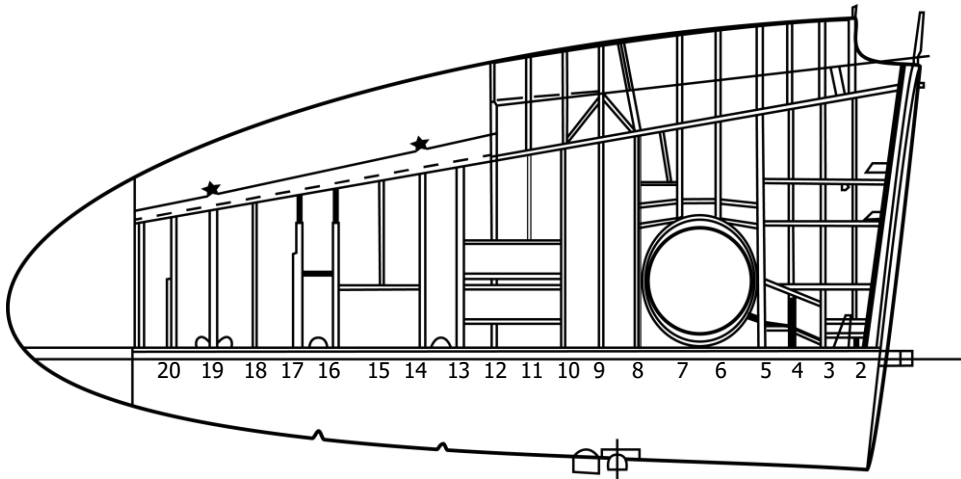


## Ailes

La modification d'aile "C" consiste en deux parties détachables. Les ailes montées sur les côtés du fuselage et la face inférieure du fuselage sont coplanaires. Les ailerons métalliques de type Frise sont fixés à l'arrière de l'aile plus près des extrémités. Des volets en deux parties de type Shrenk sont suspendus le long de l'aileron jusqu'au fuselage. Ils sont divisés en deux parties au point de cassure de l'aile et sont entraînés pneumatiquement. Les extrémités des ailes sont amovibles et peuvent recevoir des feux de navigation.

La partie démontable de l'aile a une structure avec un longeron principal, un auxiliaire et 21 nervures. Son revêtement est en duralumin.

Les supports des ailes sont au bas des deux cloisons pare-feu, leurs dispositifs de fixation se trouvent de chaque côté du fuselage.



**Figure 13: Structure de l'aile**

### longeron principal

Le bord avant du longeron principal de l'aile est d'une seule pièce fixée à la partie principale de l'aile. Le longeron principal est composé de tablettes carrées et de cloisons entre les deux. L'extrémité du longeron (photo) est formé d'un profilé en acier de section carrée de taille réduite, inséré par glissement. Cela a facilité la production et simplifié le changement de la taille des extrémités des longerons. Une cloison est fixée à l'arrière de l'extrémité du longeron dont la forme varie d'une section carrée à un té, et se termine par une équerre à l'approche du saumon d'aile. L'emplanture du longeron d'aile est munie de deux brides pour le raccordement aux ferrures du couple 5.

L'extrémité des nervures est constituée d'un profilé en équerre avec un renfort en diagonale d'un profilé canal. Les nervures sont boulonnées au longeron, et au niveau de l'emplanture, l'espace entre

les nervures est réduit. Les nervures sont boulonnées au longeron, et à l'emplanture de l'aile leur espacement est réduit. Un renfort est prévu pour maintenir la ferrure du montant principal

Le revêtement du bord d'attaque est composé d'une partie supérieure et d'une inférieure, toutes deux rivetées aux nervures et au longeron. Des entretoises en forme de Z sont rivetées au revêtement entre les nervures. Le revêtement du bas et la bride du longeron disposent de trappes d'accès à la cavité interne.

### **Partie principale de l'aile**

Elle est composée d'un longeron auxiliaire et de nervures. Les extrémités des nervures sont renforcées par des entretoises en diagonale. Les nervures à l'emplanture de la partie démontable de l'aile sont aussi renforcées. Le longeron auxiliaire est constitué d'une âme et de nervures en L. Il est divisé en trois sections par deux nervures qui dépassent du longeron pour supporter l'aileron. Les volets sont supportés par des barres porteuses en équerre. Le raccord de montage du longeron auxiliaire est installé au couple 10.

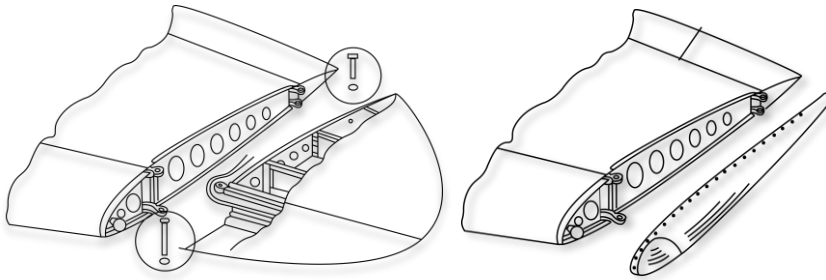
La partie supérieure du revêtement et une part importante de sa partie inférieure sont rivetées aux embases du longeron et des nervures. Une partie du revêtement inférieur de l'extrémité de la partie détachable de l'aile est vissée sur des éléments en bois, eux-mêmes fixés au longeron et aux nervures.

Sous la partie inférieure de l'aile détachable un compartiment reçoit le train d'atterrissage et les roues en position rétractée. Il est fermé par rapport au reste de la section détachable. Il existe aussi un compartiment près de l'emplanture pour les radiateurs, protégés par des capots formant tunnel. Des volets à commande automatique sont installés à l'arrière du capot. De l'air chaud est prélevé à l'arrière de chaque tunnel pour chauffer les compartiments mitrailleuses et canon afin d'empêcher le mauvais fonctionnement des armes dû au gel du lubrifiant dans les mécanismes de tir.

L'espace entre l'aile et le revêtement du fuselage est obturé par un carénage de renfort.

### **Saumons d'ailes**

Une des caractéristiques uniques de l'avion était la présence de saumons remplaçables pendant une opération de maintenance. Au total, il existe trois types de saumons: standards, allongés et raccourcis. Les versions standards et allongées sont fixées au longeron directement derrière l'aileron, tandis que la version raccourcie est boulonnée au revêtement. Sur la version raccourcie, les supports de feu de navigation sont installés dans une nervure. La version avec saumons allongés a été rarement utilisée sur les Spitfire IX, et était plutôt vue sur les versions F IX. Les versions raccourcies étaient installées sur certains modèles L.F. Mk. IX. Certains avions à version raccourcie avaient des réservoirs supplémentaires installés sous le siège du pilote, il était alors interdit de monter des versions standards sur ces modèles. Des tests au centre d'essais de Boscombe Down ont démontré que la version raccourcie n'apportait à l'avion aucun gain notable en performance.



**Figure 14: Saumons standard**

## Blindage de protection

Les plaques de blindage suivantes sont installées sur l'avion:

1. Devant le réservoir de carburant, 4mm
2. Sur le capot du réservoir de carburant, 10SWG/3.251mm
3. Au bas du pare-brise, 4mm
4. Pare-brise blindé, 1.5in (38mm)
5. Derrière le siège du pilote, 4mm
6. Derrière l'appui tête du pilote, 6mm
7. Sous le siège du pilote, 4.064mm
8. Plaques de déflexion, 6mm.
9. Casier à munitions, fond et couvercle, 10 S.W.G./3.251mm
10. Avant du casier à munitions, 6mm.
11. Blindage additionnel de 6mm au niveau de la tête (dans les versions ultérieures)
12. Protection additionnelle derrière le pilote, 7 mm

Les plaques de blindages à l'avant et à l'arrière des casiers à munitions ont été retirées sur les modèles ultérieurs au profit d'une protection additionnelle derrière le siège et l'appui tête du pilote, d'épaisseurs respectives de 7 et 6mm.

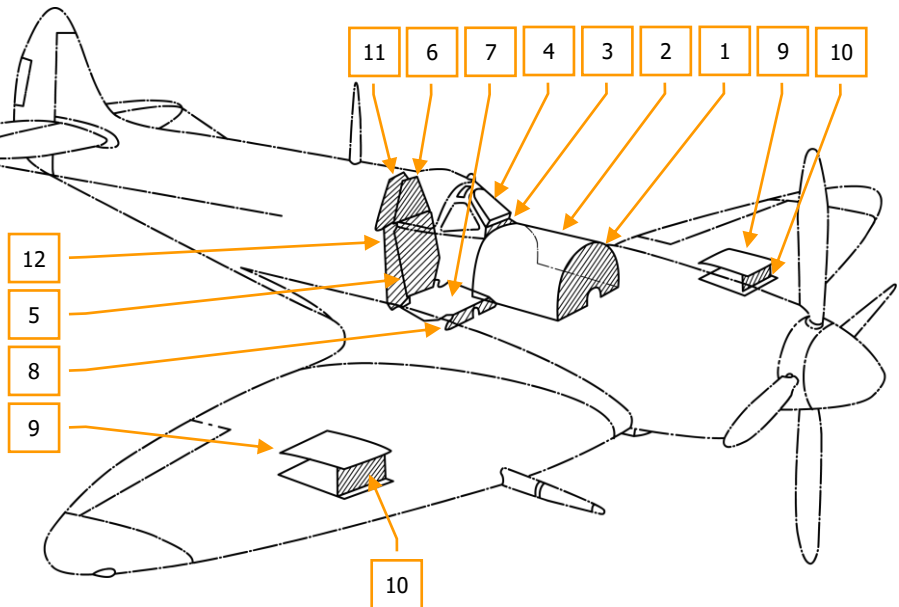


Figure 15: Emplacement des plaques de blindage

# MOTORISATION



## Motorisation

Le groupe motopropulseur du Spitfire IX est constitué d'un moteur avion Rolls-Royce Merlin série 60 et d'une hélice hydraulique à pas variable Rotol R12/4F5/4 à pales bois.

Le Spitfire IX est équipé d'un moteur à combustion interne Merlin 66 (modèle RM 10 SM), 12 cylindres en V, quatre temps, refroidi par liquide, d'une cylindrée de 27 litres. Equipé d'un carburateur sous pression Bendix-Stromberg capable de fonctionner sous charge G négative, et d'un compresseur centrifuge à deux étages, deux vitesses et refroidisseur intermédiaire.

Le moteur entraîne une hélice quadripale dont le pas variable est modifié par un régulateur à vitesse constante installé à l'avant du moteur, sous le réducteur de l'hélice.

L'hélice Rotol R12/4F5/4 à pas variable est équipée de pales bois, fabriquées selon la méthode Jablo ou Hydulignum, avec un calage "petit pas" à 22° 20' et d'un diamètre de 10'9" (3.27m).

Le moteur est monté sur un bati tubulaire en acier fixé sur une structure ignifugée. Les liaisons électriques et fluides entre le fuselage et le moteurs se font par connecteurs.

Les rapports du réducteur de l'hélice et d'entraînement du compresseur centrifuge du moteur Merlin 66 sont choisis pour obtenir une puissance maximale à basse altitude.

Le réservoir d'huile est monté sous le carter moteur et le radiateur d'huile dans le tunnel sous le plan gauche. Le vase d'expansion du système de refroidissement liquide est installé dans la partie avant du moteur sous le réducteur de l'hélice, les deux radiateurs du système de refroidissement sont situés dans des tunnels sous chaque plan. Le radiateur de refroidissement des deux étages du compresseur centrifuge et l'échangeur intermédiaire se trouvent respectivement sous le plan droit.

Les pipes d'échappement sont de type en queue de poisson, une pour chaque cylindre.

La gestion du moteur est assurée par un secteur manette des gaz installé sur le côté gauche de la cabine. Cet ensemble de commandes comprend les manettes de puissance, du pas de l'hélice et d'arrêt du moteur.

## Moteur

### Histoire

En 1932, Sir Henry Royce souhaitait développer un moteur ayant la fiabilité de sa version Kestrel, combinée à la puissance du moteur "R" Schneider Trophy de 1931 des hydravions de course Supermarine S6B. Le résultat fût appelé P.V.12, un moteur V-12 de 27 litres, à refroidissement liquide et suralimenté par un compresseur à un étage (P.V. pour Private Venture). .

Royce mourut le 22 avril 1933 sans jamais voir tourner ce moteur et sans savoir qu'il deviendrait son modèle le plus produit. Six mois seulement après sa mort, le 15 octobre 1933, eut lieu le premier essai du moteur P.V.12.

Les prototypes de deux entreprises privées, les chasseurs Hurricane et Spitfire, ont été conçus autour du Merlin 'C' de 890 ch (663 kW). Les performances initiales du moteur nécessitaient des améliorations, mais étaient suffisantes pour démontrer le potentiel de ces nouveaux chasseurs monoplan à ailes basses. Rolls-Royce a contribué à hauteur de 7 500 £ pour un coût total de 15 000

£ (soit environ 850 000 £ aujourd'hui) au prototype du Spitfire, le K5054, qui fit son vol initial le 5 mars 1936.

En 1937, après d'importantes modifications de conception de la culasse, le Merlin II développait 1 030 ch (768 kW). Tous les Spitfires et les Hurricanes en service dans la RAF au début de la guerre en septembre 1939 ont été équipés du Merlin II, et le Merlin III en a équipé un plus grand nombre lors de la bataille d'Angleterre en 1940.

Le développement du Merlin n'a jamais cessé et la puissance du moteur à été progressivement augmentée en améliorant les compresseurs et les carburants. En 1942, le Spitfire Mk IX était motorisé par un Merlin 61 de 1280 ch (954 kW) équipé d'un compresseur à deux vitesses et deux étages. Les Mk IX ont vu leurs performances accrues en vitesse et en plafond et ont immédiatement surpassé les adversaires et gagné la maîtrise du ciel. Ce Merlin amélioré a également été utilisé sur d'autres appareils, le plus célèbre étant le North Américain P-51 Mustang qui deviendra l'un des avions de combat les plus performants de la seconde guerre mondiale.

### **Spécifications moteur**

Constructeur: Rolls-Royce Limited

Années de production: 1933 - 1950

Type: Quatre temps 12 cylindres en V à refroidissement liquide.

### **Caractéristiques techniques**

Cylindrée: 27 L

Puissance: 1290 ch (962 kW) at 3000 tours/min au régime de décollage

Puissance spécifique: 35,6 kW/L (47,8 ch/l)

Course: 152.4 mm

Nombre de cylindres: 12

Alésage: 137.16 mm

Soupapes: 2 soupapes d'admission et deux soupapes d'échappement par cylindre

Compresseur : deux étages, deux vitesses, avec échangeur refroidisseur intermédiaire entre le second étage du compresseur et le moteur

Type de Carburant : Essence à indice d'octane 100

Système de lubrification: Carter sec avec pompe à huile

Système de refroidissement : Liquide de refroidissement sous pression, un mélange de 70 % d'eau et de 30 % d'éthylène glycol.

(Le système de refroidissement du compresseur est indépendant de celui du moteur)

Consommation de carburant : 177 l/h - 400 l/hw

Puissance spécifique : 1,58 kw / kg (2,12 cv / kg) à puissance maximale.

### **Dimensions de l'appareil**

Longueur: 2253 mm

Largeur: 781 mm

Hauteur: 1016 mm

Poids à sec: 744 kg (source: Wikipedia)



Type de moteur	Moteur en V, refroidissement liquide, avec réducteur à engrenages, équipé d'un compresseur à deux étages et deux vitesses avec refroidissement par liquide et échangeur refroidisseur.
Nombre de cylindres	12
Agencement des cylindres	2 groupes de 6 cylindres formant un angle de 60°.
Piston – alésage et course	5.4 par 6 pouces (127 par 152.4mm)
Cylindrée	1648 in <sup>3</sup> , ou 27 litres
Taux de compression	6
Compresseur	2 étages, 2 vitesses
Rapports de démultiplication	Vitesse 1 -1/5,79; Vitesse 2 - 1/7,06

### Description de l'architecture

Moteur à combustion interne Merlin 66 (modèle RM 10 SM) refroidi par liquide, 12 cylindres en V, quatre temps, cylindrée de 27 litres, équipé d'un carburateur sous pression Bendix-Stromberg 8D-44-1 capable de fonctionner sous des charges G négatives, et d'un compresseur centrifuge à deux étages et deux vitesses avec un refroidisseur intermédiaire pour refroidir le mélange air-carburant fourni au cylindres.

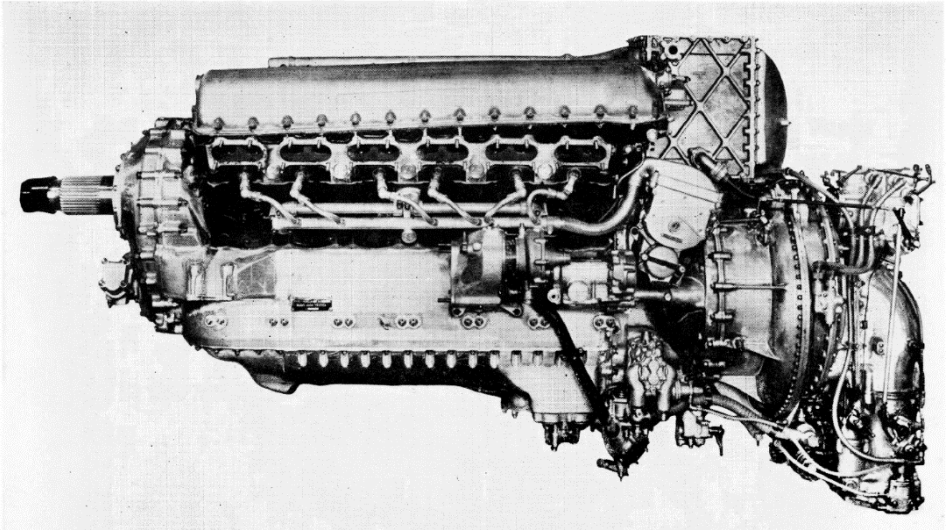


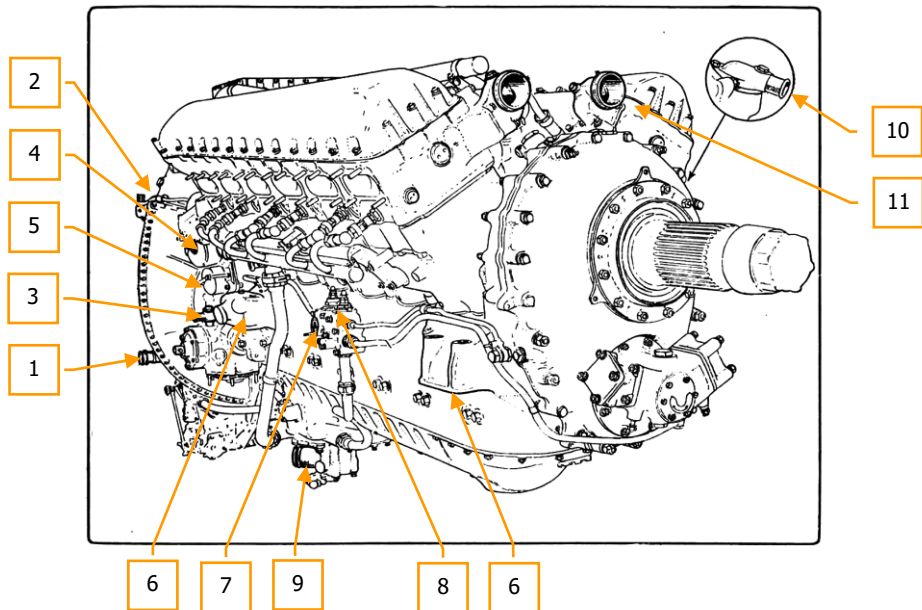
Figure 16: Moteur Rolls-Royce Merlin 66

2 rangées de 6 cylindres, chacune située sur les surfaces supérieures biseautées du carter. Le bloc moteur comprend les culasses, les jupes de cylindre en alliage léger et les chemises de cylindre en acier. Les cylindres moteur sont à chemise humides en acier, fixées par leur partie supérieure au bloc-moteur. La partie inférieure de la chemise, qui est lié au carter avec un emboîtement libre, est étanchéifiée par un joint en caoutchouc serré par un écrou. Chaque cylindre a deux soupapes d'échappement et deux soupapes d'admission. Les soupapes d'échappement sont creuses et refroidies au sodium ; les soupapes d'admission sont pleines et ne sont pas refroidies au sodium. Les sièges des soupapes sont recouverts de Brightray, un alliage nickel-chrome. Les soupapes sont actionnées par un arbre à cames installé au centre de la culasse entraîné par le mécanisme de distribution. Afin de refroidir le bloc-cylindres, des cavités sont aménagées pour la circulation du liquide de refroidissement.

Devant le moteur se trouve un réducteur, composé d'une paire d'engrenages cylindriques, l'un étant monté sur la sortie du vilebrequin et l'autre sur l'arbre du réducteur. L'arbre de sortie est cannelé pour l'installation du mécanisme de variation du pas d'hélice

L'arrière du moteur abrite le réducteur qui transmet le mouvement du vilebrequin aux accessoires: la transmission supérieure et inférieure verticale, les deux magnétos montées des deux côtés du moteur et la pompe du système de refroidissement principal. L'engrenage intermédiaire entraîne les pompes à huile, la pompe hydraulique, la pompe à carburant et la génératrice électrique. L'entraînement manuel et le démarreur électrique sont également montés sur la boîte.

Le compresseur à deux vitesses et deux étages est monté à l'arrière de l'entraînement, tandis qu'un carburateur à deux chambres avec adaptation automatique à l'altitude et régulateur de suralimentation est monté à l'entrée du compresseur. Sur le côté droit du carter moteur se trouve la pompe centrifuge pour le système de refroidissement du compresseur et du refroidisseur d'air.



**Figure 17 : Assemblage du moteur. Vue de droite**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Retour d'huile au réservoir de récupération  | 7. Connecteur du transmetteur de pression d'huile   |
| 2. Entrée de carburant d'amorçage               | 8. Connecteur du transmetteur de température d'huile  |
| 3. Raccordement du reniflard du carter de boîte | 9. Alimentation de la pompe à huile haute pression  |
| 4. Raccordement de la magnéto haute tension     | 10. Raccordement du reniflard du carter de vilebrequin  |
| 5. Connexion de mise à la masse de la magnéto   | 11. Connecteur entre le réservoir d'expansion et le système de refroidissement du moteur principal. |
| 6. Support moteur                               |   |

## Compresseur

Le compresseur centrifuge à engrenages monté sur le moteur Merlin est à deux étages. Il augmente la pression d'air à l'entrée des cylindres moteur augmentant à la fois le coefficient d'admission et la puissance moteur, et maintenant constante la pression d'air à l'entrée des cylindres lors des variations d'altitude..

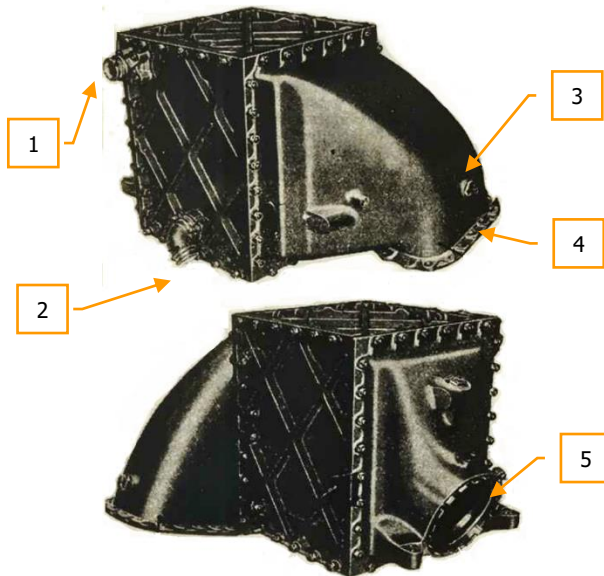
Il est composé de deux roues centrifuges montées sur le même arbre. L'arbre est entraîné en rotation par trois embrayages centrifuges à engrenages. Des coupleurs absorbent les charges inertielles des fortes accélérations du démarrage, tandis que les efforts axiaux sont absorbés par les ressorts de l'arbre de transmission. Le couple est transmis au compresseur par une couronne dentée avec coupleur pendant le fonctionnement en première vitesse, tandis que deux autres embrayages s'enclenchent lorsque le compresseur est réglé pour fonctionner en deuxième vitesse. La commande de l'embrayage, qui conditionne la transmission du couple des engrenages, est activée par l'intermédiaire d'un système de bielle à griffes, lui-même entraîné par un vérin hydraulique, via un galet intermédiaire. Le vérin hydraulique est alimenté par la pression d'huile de la pompe. Le

distributeur à piston du vérin hydraulique est commandée par un levier déplacé par l'actionneur pneumatique de la commande de vitesse du compresseur.

Le passage entre la première vitesse "M.S" (suralimentation moyenne) et la seconde vitesse "F.S" (suralimentation complète) peut s'effectuer automatiquement ou manuellement par un sélecteur à 2 positions dans la cabine. Pour le fonctionnement automatique, l'interrupteur à bascule du côté droit du tableau de bord doit être en position "AUTO". Dans ce cas, le signal sur la bobine de l'actionneur proviendra du commutateur d'altitude qui, à une certaine altitude, alimentera le solénoïde générant l'alimentation en air comprimé du vérin. Le vérin est relié par un levier au tiroir du distributeur hydraulique de commande de l'embrayage de vitesse. L'anéroïde du commutateur d'altitude est réglé pour se déclencher à 14 000 pieds (passage de la première à la deuxième vitesse) en montée et à 12 500 pieds (passage de la deuxième à la première vitesse) en descente. Pour la commande manuelle, l'interrupteur à bascule a une deuxième position - "M.S." - qui coupe le circuit vers le commutateur d'altitude et règle le compresseur sur la première vitesse. Sur le tableau de bord se trouve un interrupteur à lampe qui s'allume lorsque la vitesse du vérin compresseur change. La pression requise dans le système pneumatique pour le fonctionnement du vérin pneumatique est de 150 lb/in<sup>2</sup> (10,34 bars)

### Échangeur refroidisseur

Refroidisseur intermédiaire tubulaire avec refroidissement liquide, conçu pour réduire la température du mélange combustible fourni aux cylindres, installé entre la sortie du compresseur et le collecteur primaire d'entrée. Un vase d'expansion pour le système de refroidissement du compresseur et de l'échangeur est monté sur la cloison coupe-feu.



**Figure 18: Vues externes de l'échangeur refroidisseur**

1. Tuyau de sortie du liquide de refroidissement (vers le vase d'expansion)

2. Tuyau d'entrée pour le liquide de refroidissement du surcompresseur
3. Prise de pression du manomètre de suralimentation
4. Entrée du mélange air/essence provenant du compresseur.
5. Sortie du mélange air/essence refroidi vers la conduite d'admission principale.

## Carburateur

Le mélange air/essence est obtenu par l'admission d'air depuis les deux chambres du carburateur à injection de type Bendix Stromberg (qui est un ensemble prêt à l'emploi) monté à l'avant du compresseur. La quantité de carburant nécessaire est déterminée par la masse de l'air passant par l'entrée d'air du carburateur. L'essence est pulvérisée en entrée du compresseur. Le carburateur fonctionne en conjonction avec la correction automatique d'altitude et le régulateur à pression constante.

Le régulateur à pression constante est un dispositif permettant de maintenir la pression du compresseur dans certaines limites.

L'air entre dans le carburateur par l'entrée d'air située au bas du moteur. Elle est munie d'un volet qui régule le flux d'air, c'est-à-dire que l'air entre dans le circuit d'admission par le filtre à air du compartiment moteur. Le volet est commandé à partir de la cabine par une poignée à deux positions située du côté gauche du cockpit et portant l'inscription "CARB. AIR FILTER CONTROL" (Commande du volet d'admission) :

- "NORMAL INTAKE" (ENTRÉE NORMALE) - Le volet est ouvert.
- "FILTER IN OPERATION" (FILTRE EN FONCTIONNEMENT) - Le volet est fermé et l'air vient du compartiment moteur.

Dans des conditions extrêmes, l'entrée d'air est fermée par un obturateur. Elle doit être fermée pendant le fonctionnement du moteur au sol, c'est-à-dire au roulage, au décollage et à l'atterrissage, ainsi qu'en vol dans des conditions de forte pollution de l'air par la poussière ou le sable.

Le mouvement de la manette des gaz doit être doux et il est recommandé de déplacer la manette à une VI d'environ 200mph.

## Système d'alimentation en huile

Le frottement généré dans le moteur entraîne une perte de puissance, ainsi que l'échauffement et l'usure de ses pièces. Pour le réduire, les surfaces de frottement des pièces sont lubrifiées par de l'huile sous pression qui, en remplissant les interstices, forme un film d'huile séparant les surfaces, réduisant ainsi la friction, l'échauffement et l'usure. De plus, l'huile qui circule entre les pièces élimine les particules d'usure. Le système de lubrification assure ainsi un effet de refroidissement du moteur.

Le système de lubrification moteur est à carter sec. Une pompe à huile à engrenages est montée à l'arrière et en dessous de la trémie d'huile (le fond du carter). Elle comporte un seul étage de pression et deux étages d'aspiration d'huile. En plus de sa tâche principale d'assurer la lubrification du moteur, le système de lubrification assure le fonctionnement de l'hélice à pas variable par une conduite haute pression, ainsi que le fonctionnement du vérin hydraulique pour la commutation de la vitesse du compresseur par une conduite basse pression. Un limiteur de pression la réduit dans la conduite d'huile basse pression. La lubrification du réducteur de l'hélice, des roulements des arbres à cames, des soupapes et des transmissions auxiliaires est assurée par la conduite basse pression.

Le réservoir d'huile est situé sous le moteur et est entièrement couvert par le capot inférieur. L'orifice de remplissage est situé côté gauche du réservoir d'huile, et son emplacement assure le niveau requis de remplissage quand l'avion est parké. Le volume du réservoir d'huile est de 7,5 gallons (7,27 litres), alors que le volume d'espace libre est de 1,6 gallons.

L'huile s'écoule du réservoir à travers le filtre jusqu'au moteur, puis passe par une conduite vers le radiateur, situé sous le plan gauche. Une vanne thermostatique montée sur le radiateur évacue l'huile froide du radiateur, accélérant ainsi le réchauffement du moteur. Lorsque la température augmente encore, l'huile traverse alors le radiateur. L'huile refroidie revient dans le réservoir d'huile. La mousse d'huile est ensuite évacuée du réservoir d'huile par les tubes de ventilation vers le carter moteur. Ainsi, la mousse formée en cas de trop plein du réservoir n'est pas évacuée dans l'atmosphère, mais directement dans le carter. De plus ce système de dégazage protège le système de lubrification de la poussière et de l'humidité de l'air, réduisant ainsi la formation de mousse sur l'huile. Une soupape à double action est intégrée dans la conduite de vidange, maintenant une pression de 2,5 lb/in<sup>2</sup> dans le réservoir d'huile et une pression maximale de 1 lb/in<sup>2</sup> dans le carter du moteur. Un thermomètre en sortie moteur et un manomètre sur le circuit d'huile permettent de surveiller le fonctionnement du système..

Les informations du thermomètre et du manomètre indiquent clairement l'état du système de lubrification de l'avion.

Un système de dilution d'huile par de l'essence permet de faciliter le démarrage du moteur dans des conditions de basse température. Avant l'arrêt du moteur, la soupape d'alimentation en essence de l'admission du moteur s'ouvrira en fonction de la température extérieure. L'essence dilue l'huile lors du mélange, réduisant sa viscosité. Le carburant est amené dans la conduite d'alimentation après le filtre à huile, assurant ainsi aux pièces du moteur une huile de viscosité moindre.

Durée d'ouverture de la vanne de dilution d'huile après filtration :

1. Pour les températures supérieures à -10° C : 1 minute.
2. Pour les températures inférieures à -10° C : 2 minutes.

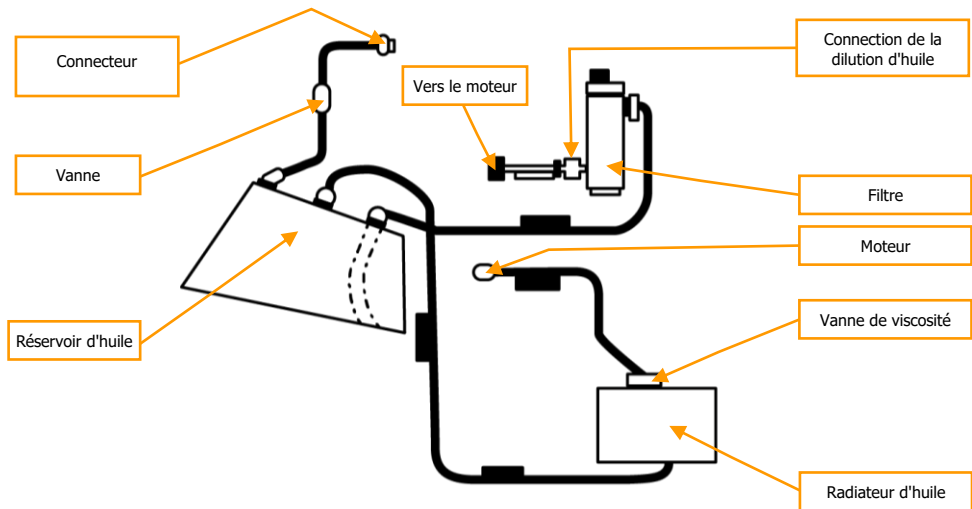


Figure 19 : Pièces et emplacements du système de lubrification.

## Système de refroidissement

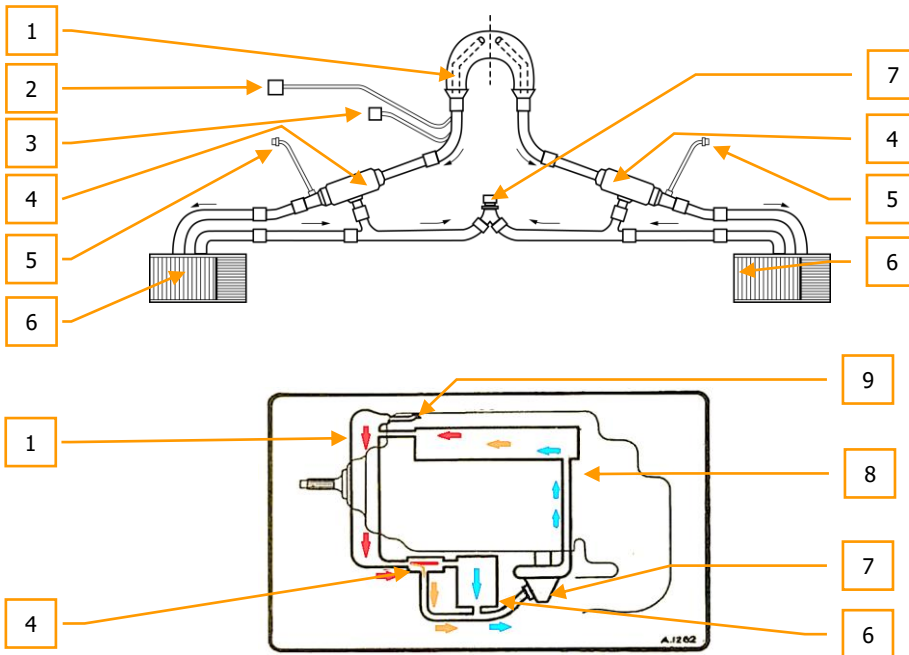
### Système de refroidissement du moteur

Le système de refroidissement utilise un mélange de 70 % d'eau et de 30 % d'éthylène glycol d'un volume de 13,5 gallons. Un vase d'expansion en forme de fer à cheval est monté au-dessus du réducteur de l'hélice. La pompe centrifuge dispose de deux conduites de sortie pour chaque bloc-cylindres et d'une sortie pour la canalisation de la pompe. La pompe envoie le liquide de refroidissement au bloc-cylindres, où il est chauffé en passant dans la cavité des chemises et des culasses, refroidissant ainsi les pièces du moteur. Le fluide réchauffé est ensuite dirigé vers le vase d'expansion, en forme de fer à cheval, monté au-dessus du réducteur de l'hélice. Une soupape vapeur double, installée dans le vase d'expansion, maintient la pression nécessaire dans le système, 2.5 lb/in<sup>2</sup>. La vanne a quatre fonctions différentes : libérer l'air du système pendant le réchauffement ; empêcher le liquide de refroidissement de bouillir jusqu'à une température de 125°C, maintenant ainsi l'équilibre entre la pression et la température dans le système ; servir de soupape de sécurité en cas de surpression ; et enfin, servir de clapet anti retour permettant à l'air d'entrer dans le réservoir tampon en cas de réduction de température dans le système. L'orifice de remplissage du vase d'expansion détermine le niveau de remplissage du système.



Les conduites d'entrée dans le vase d'expansion envoient directement le fluide dans les conduites de sortie, conservant ainsi l'énergie cinétique du fluide et améliorant sa circulation à l'intérieur du système. Les conduites de sortie alimentent en liquide les thermostats situés sur le bord avant de l'aile et dans les radiateurs placés sous chaque demi-plan dans les tunnels formés par leur carénage. Une vanne de purge montée sur les conduites d'alimentation vers les radiateurs permet d'évacuer l'air qui rentre dans le système pendant le remplissage.

Lorsque la température du liquide de refroidissement est inférieure à 80°C, les thermostats envoient le fluide directement vers l'entrée de la pompe, contournant les radiateurs. Les tunnels de radiateurs sont équipés de volets automatiques qui régulent la température du liquide de refroidissement et de l'huile. Ces volets s'ouvrent lorsque le thermostat détecte une température de liquide de refroidissement de 115°C. Le thermostat est installé entre le vase d'expansion et la vanne thermostatique du côté gauche du moteur. Un thermomètre de liquide de refroidissement est installé sur le tableau de bord pour contrôler le fonctionnement du système, tandis qu'un interrupteur installé côté gauche de la cabine permet de vérifier l'état de fonctionnement du système de commande des volets du radiateur. Les volets s'ouvrent lorsque l'interrupteur est actionné. Un technicien placé près de l'avion doit contrôler l'ouverture des volets du tunnel du radiateur.



**Figure 20 : Illustration du système de refroidissement moteur.**

1. Vase d'expansion
2. Thermostat (système de commande des volets de radiateurs)

3. Thermomètre
4. Vanne thermostatique
5. Vanne de purge
6. Coupe du radiateur du système de refroidissement principal
7. Pompe du système de refroidissement
8. Blocs cylindre
9. Vanne vapeur double

### **Système de refroidissement de l'échangeur refroidisseur et du compresseur.**

Un système de refroidissement séparé est prévu pour réduire la température du mélange air-carburant après sa sortie du compresseur. Il est composé d'un échangeur intermédiaire à plateau tubulaire, d'une pompe centrifuge, d'un vase d'expansion et d'un radiateur de refroidissement du fluide circulant dans le compresseur et l'échangeur intermédiaire.

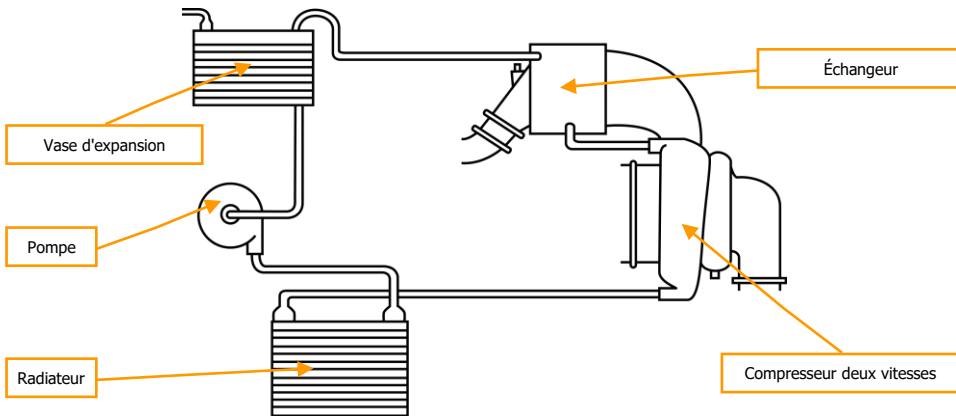
L'échangeur intermédiaire est monté entre le compresseur de suralimentation et le collecteur d'admission.

Le liquide de refroidissement du réservoir tampon est envoyé par une pompe centrifuge séparée dans le radiateur situé dans un tunnel sous le demi-plan droit. Ensuite, le liquide refroidi le corps du compresseur et est envoyé à l'échangeur intermédiaire. Après avoir traversé le radiateur, le liquide de refroidissement passe dans le réservoir tampon. La pression différentielle est assurée par la soupape de sécurité du radiateur intégrée dans la conduite de purge. Le système est autonome et ne nécessite pas d'action du pilote pour fonctionner. Le volume du réservoir tampon est de 5,75 pintes - 5 pintes de liquide de refroidissement et 0,75 pinte d'air.

Sur les versions précédentes de l'avion, un interrupteur thermostatique était installé dans le collecteur d'admission, il réglait le compresseur de suralimentation sur la première vitesse en cas d'augmentation de la température du mélange carburant.

Un interrupteur thermostatique monté sur le carter du compresseur le force en première vitesse si la température du liquide de refroidissement augmente trop.

Le passage en première vitesse est indiqué par le réarmement de l'interrupteur à ressort du tableau de bord. Le passage en deuxième vitesse du compresseur est possible en appuyant sur l'interrupteur après une baisse de la température du mélange gazeux (et/ou du liquide de refroidissement). Cependant, si la température ne diminue pas, par exemple en cas de défaillance du système de refroidissement, l'interrupteur se réinitialise et le compresseur doit être maintenu en première vitesse.



**Figure 21 : Système de refroidissement du compresseur.**

## Hélice

L'hélice ROTOL R12/4F5/4 à quatre pales et pas variable est montée sur l'arbre de sortie du réducteur. Les pales sont en bois compressé traité mécaniquement.

Le calage de l'hélice est automatique, et garde un régime constant en vol, défini par le pilote. Les pales sont automatiquement calées à un angle de  $35^\circ$  (entre  $22^\circ 20'$  et  $57^\circ 20'$ ). Cela permet au pilote d'avoir la pleine puissance du moteur dans toutes les conditions de vol, et d'utiliser le mode de fonctionnement le plus économique du moteur.

Le maintien automatique de la vitesse de rotation est assurée par un régulateur de vitesse situé côté gauche du réducteur de l'hélice.

En fonction de la vitesse du moteur, le régulateur commute le débit d'huile de la conduite haute pression vers le vérin de commande ou la cavité de la casserole d'hélice.

Pour le grand pas, le calage des pales de l'hélice est obtenu par la pression de l'huile sur le piston du vérin ; pour le petit pas, le calage de l'hélice est obtenu par le couple centrifuge des pales elles-mêmes.

Le système de pas d'hélice est composé d'un levier installé à l'intérieur du secteur de manette des gaz, et d'un câble Teleflex qui mène au régulateur de vitesse constante. Le déplacement du levier modifie le régime moteur dans une plage de 3000 à 1800 tr/min.

## Support moteur

Construction tubulaire avec un cadre transversal en U. Le moteur est monté sur quatre supports : deux sur les tubes avant et deux sur le cadre. Points de fixation du moteur : deux de rejointement au niveau du support du couple du fuselage avec les longerons principaux et les entretoises diagonales, tandis que deux autres se fixent sur des attaches situées sur les longerons inférieurs du fuselage, formant ainsi la partie fuselage du longeron principal de l'aile.

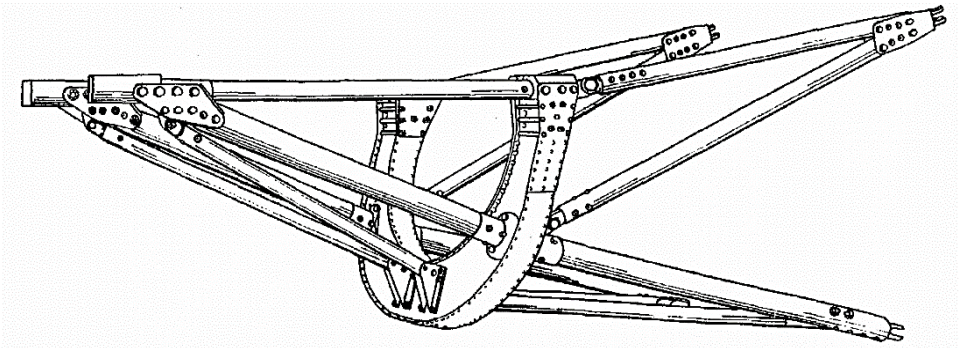


Figure 22 : Support moteur

## Capots moteur

Le moteur est entouré d'un capot facilement démontable, avec des ouvertures ou des trappes dans les zones d'accès au ravitaillement moteur. L'ordre de démontage des panneaux est le suivant : haut, côté, puis capot inférieur. Le capot est maintenu en place par des attaches quart de tour sur le support, en forme d'arc. Pour vérifier le verrouillage, des repères coïncidant avec la direction de la fente de verrouillage en position fermée se trouvent sur le capot. Lors du montage, le bord arrière du panneau doit d'abord être fixé, puis la partie vers le nez de l'avion.

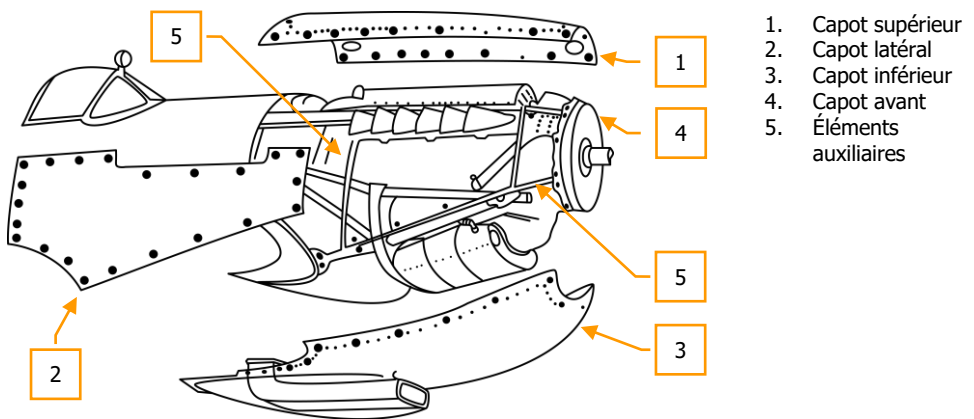
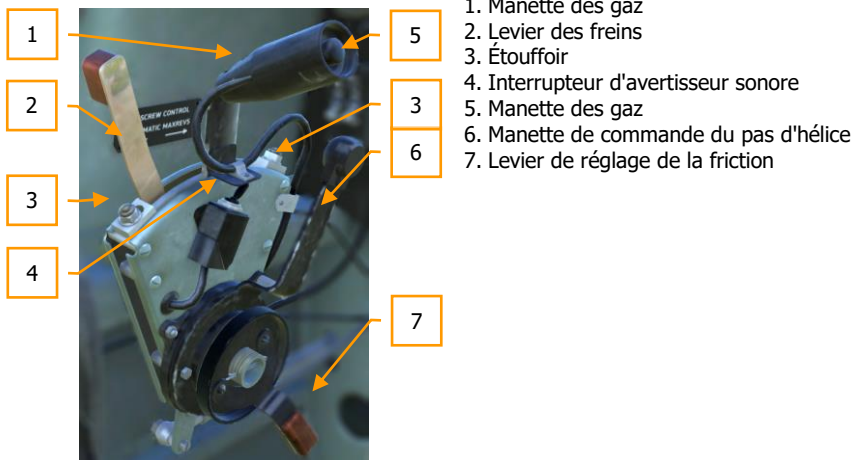


Figure 23 : Capotage moteur

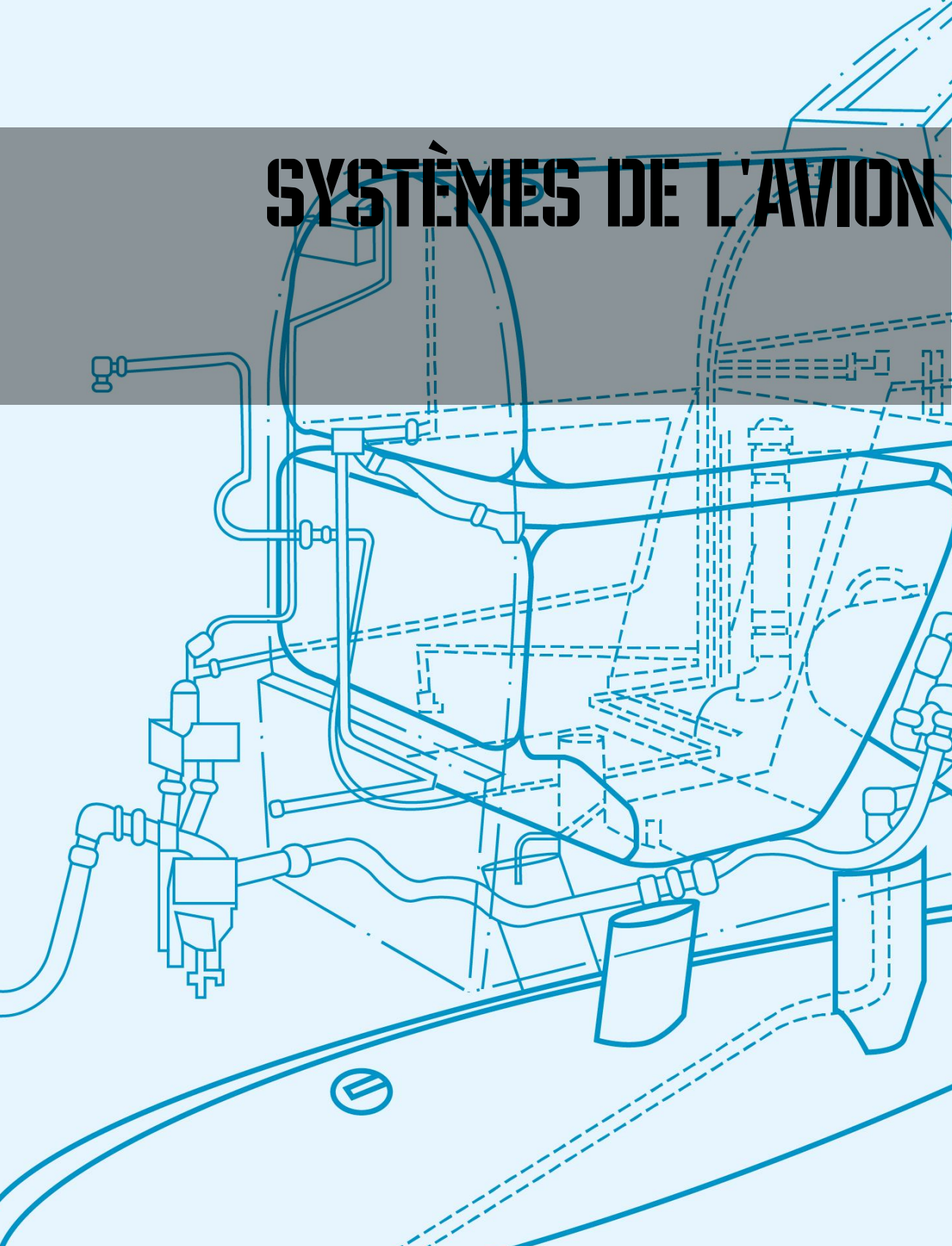
## Gestion du moteur

Le moteur est géré par le secteur manette des gaz.



**Figure 24: Secteur manette des gaz**

# SYSTÈMES DE L'AVION



# SYSTÈMES DE L'AVION

## Système de commande de l'avion

Les commandes de l'avion se font par deux systèmes distincts. L'un pour les commandes longitudinales et latérales et l'autre pour les commandes directionnelles. Les deux systèmes sont indépendants, Les mains du pilote commandent l'élévateur et les ailerons alors que ses pieds commande le gouvernail par l'intermédiaire du palonnier (pédales). La structure des ailerons, élévateur et gouvernail est métallique, entoilée pour l'élévateur et le gouvernail, tandis que le revêtement des ailerons et des compensateurs est en alliage d'aluminium.

Les élévateurs et le gouvernails sont équilibrés par des cornes débordantes.

La profondeur du poste de pilotage et la position élevée du pilote ont conduit les concepteurs à rejeter l'installation d'un manche de commande monobloc. L'avion est équipé d'une poignée circulaire, articulée à sa partie supérieure. Elle est inclinée vers le pilote à 11 ° par rapport à l'axe vertical, l'amplitude angulaire de la partie supérieure est de 41 °.

Les pédales qui se déplacent longitudinalement disposent de deux repose pieds. Le pilote utilise le repose pieds supérieur lors des manœuvres intenses en combat.

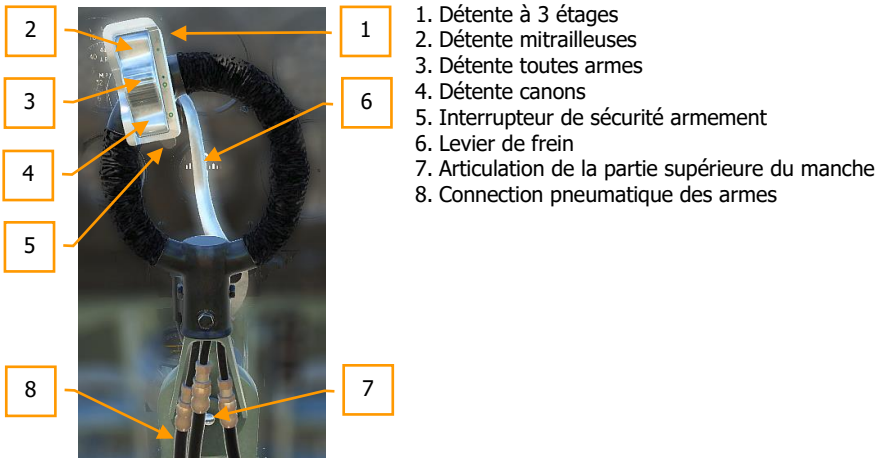
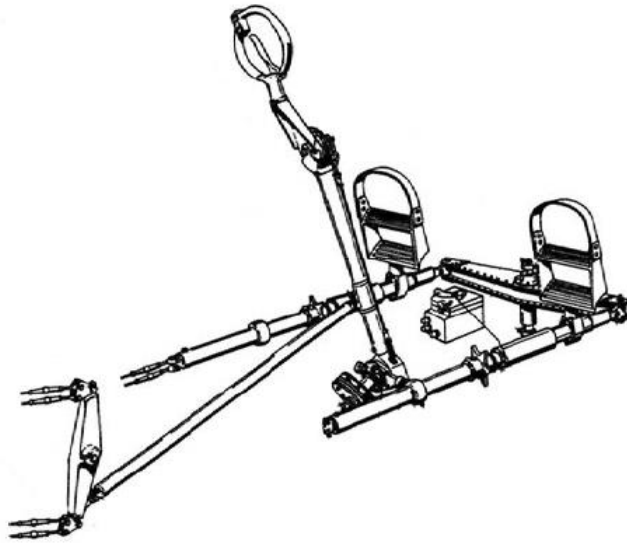


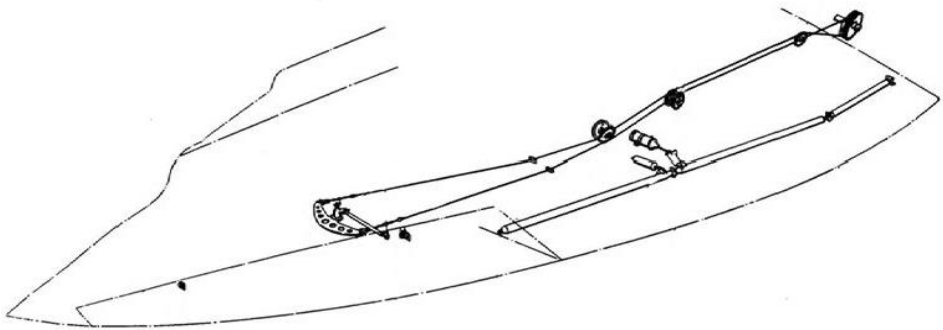
Figure 25 : Poignée de commande



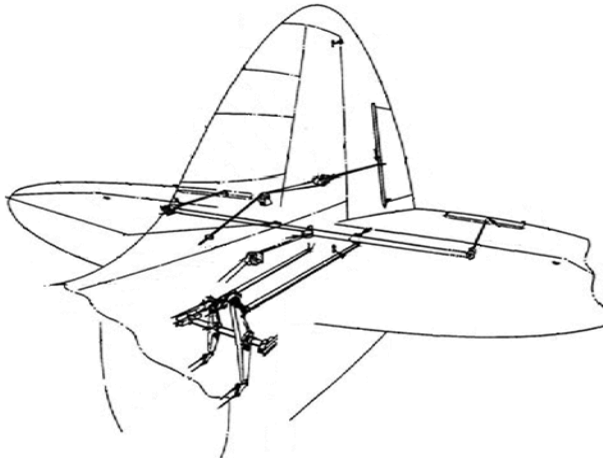


**Figure 26 : Systèmes de commande de vol de l'avion**

La transmission des commandes se fait par des câbles, des biellettes et des leviers.



**Figure 27 : Systèmes de commande des ailerons**



**Figure 28 : Surfaces de l'empennage**

### Ailerons

Les ailerons type FRISE entièrement métallique sont totalement équilibrés. Ils sont fixés au longeron auxiliaire arrière. Le réglage de l'équilibrage se fait par des masselottes de plomb dans un tube. L'ajustement de l'équilibrage en roulis de l'avion est effectué au sol en pliant le bord de fuite de l'aileron.

Angle de déflexion :

- Haut – 26°.
- Bas – 18°.



**Figure 29 : Ailerons**

### Gouverne de direction

Fixée à la dérive par deux charnières. Elle a une structure métallique et un revêtement en tissu imprégné de vernis. Équilibrée par une corne débordante équipée d'une masselotte de stabilisation, la gouverne des premières séries avait le sommet arrondi, les modèles suivants ont été équipés d'une gouverne plus large avec un sommet pointu.

Angle de déflexion :

- Gouverne arrondie - 28°, mesuré à la nervure 6.
- Gouverne pointue – 28.5° mesuré à la nervure 7.



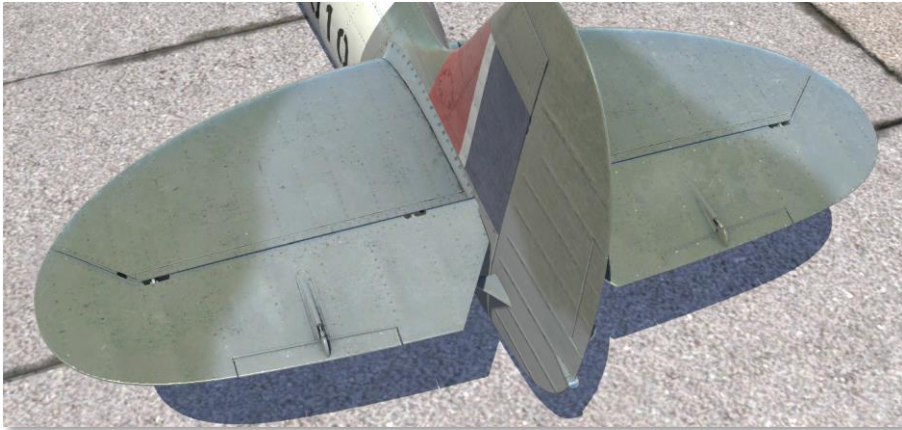
**Figure 30 : Gouverne et surfaces de queue**

### Gouverne de profondeur

Fixée au stabilisateur et en une seule pièce, elle a une structure métallique et un revêtement en tissu imprégné de vernis. Elle est équilibrée par des cornes débordantes qui furent agrandies sur les séries ultérieures.

Angle de déflexion :

- Haut - 28°.
- Bas - 23°.



**Figure 31 : Élévateur**

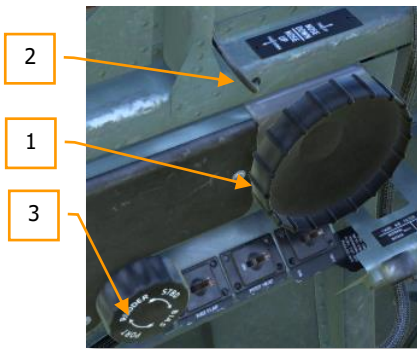
### **Compensateurs**

Pour minimiser les efforts du pilote sur le manche et les palonniers, l'élévateur et le gouvernail de l'avion sont équipés de compensateurs en alliages d'aluminium.

Le compensateur de l'élévateur est commandé par un grand volant (30) côté gauche de la cabine. Côté gauche du tableau de bord un indicateur (24) montre sa position par rapport à l'élévateur. La position neutre de l'élévateur est repérée par 2 barres. De cette position vers "NOSE UP" (Nez vers le haut), deux tours complets sont nécessaires pour amener le compensateur à sa position extrême.

Le compensateur de gouvernail est commandé par une petite roue (27) et n'a pas d'indicateur de position. L'avion a tendance à tourner à droite quand on tourne la roue en sens horaire. Le compensateur de gouvernail est de type flettner et est défléchi cinématiquement en sens inverse du mouvement du gouvernail tout en pouvant être commandé manuellement.

Le sens de rotation de la roue est indiquée dessus, ou sur des plaques à proximité.



1. Compensateur d'élévateur
2. Plaques de repérage du compensateur d'élévateur
3. Compensateur de gouvernail

**Figure 32 : Commande des compensateurs**

Angle de déflexion du compensateur du gouvernail (pour les deux types de gouvernail) :

- Gauche - 18°.
- Droite - 5°.

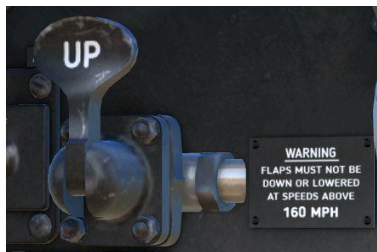
Angle de déflexion du compensateur d'élévateur :

- Haut - 20°.
- Bas - 7°.

## Volets

Quatre volets type "SHRENK" sont montés en deux parties sous chaque aile, la partie principale et une partie plus courte vers l'intérieur. La séparation des volets est due à un pli à la surface inférieure de l'aile, au bord de fuite au niveau de la fixation de l'aile au fuselage. Les volets sont fixés au longeron auxiliaire de l'aile et situés entre les ailerons et l'emplanture de l'aile.

Les volets sont commandés pneumatiquement par un levier situé en haut à gauche du tableau de bord. Pour les abaisser, le levier doit être descendu. La rétraction en vol se fait par la pression aérodynamique de l'air quand le levier est remonté et par un mécanisme à ressort. Au sol, les volets restent rétractés uniquement par la force du mécanisme à ressort, monté à côté du vérin d'abaissement.



**Figure 33 : Levier des volets**

Les volets ont 2 positions - "UP" (retractés), et "DOWN" – complètement déployés  
Angle de déflexion des volets : 85° - 5°.



**Figure 34 : Indicateur des volets sur l'aile**

## Train

Train d'atterrissage principal	
Type	Rétractable, en porte à faux
Voies	5 pieds 8 ½ pouces (1.74 mètre)
Amortisseurs	
Jambes de train à amortisseurs	Vickers Oil-Pneumatic N°91244/L, N°91986
Pression d'air (Amortisseur détendu)	465 lb/in <sup>2</sup> . (32,7 kg/cm <sup>2</sup> )
Roues	"Dunlop" AH.2061
Fourreaux	IJ.13 or IJ.17
Tiges	IJ.8 or IJ.9
Pression des pneus	57 lb/sq. In (4 kg/cm <sup>2</sup> )
ou jambes de train à amortisseurs	Oil-air "Vickers" N°91244
Pression d'air (Amortisseur détendu)	380 lb/sq. In. (26,7 kg/cm <sup>2</sup> )in <sup>2</sup>
Roues	"Dunlop" AH.10019
Fourreaux	IJ.13 or IJ.17
Tiges	IJ.8 or IJ.9
Pression des pneus	54 lb/in <sup>2</sup> (3,8 kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Note: Les jambes No. 91244 sont de type cannelées et ne sont montées que lorsque les jambes à compas ne sont pas disponibles.</b>	
Freins	Pneumatiques, "Dunlop"
Ensemble roulette arrière	
Type	Non rétractable
Jambe amortisseur	Oil-pneumatic "Vickers" N°90356
Pression d'air (Amortisseur détendu)	242 lb/in <sup>2</sup> (17 kg/cm <sup>2</sup> )
Roue	"Dunlop" AH.2184/IX
Fourreau	TA.12 or TA.14
Tube	TA.2 or TA.3
Pression des pneus	47 lb/in <sup>2</sup> (3,3 kg/cm <sup>2</sup> )

Un système de train à trois roues avec amortissement huile-air est installé sur l'avion. Il se compose de deux jambes principales en porte-à-faux et d'une roulette arrière non rétractable. Les deux trains principaux montés dans les panneaux d'aile sont fixés au longeron principal de l'aile. La roulette de queue est montée à l'arrière du fuselage.

Les trains d'atterrissage se rétractent vers l'extrémité des ailes. Ils sont en partie recouverts par des trappes métalliques et sont maintenus en position sortie et rentrée par un verrouillage mécanique. Des indicateurs mécaniques, lumineux et (dans les premières versions) sonores informent de leurs positions.

Les roues sont équipées de freins pneumatiques. Le levier de commande de freinage est monté sur le "volant" du manche de l'avion alors que le système de freinage différentiel est relié aux pédales.



L'étroitesse de la voie de 5 pieds 8.5 pouces (1.74m) (0.153 fois l'envergure) n'exclue pas la possibilité que l'avion bascule latéralement pendant le décollage et l'atterrissage. En raison de la faible hauteur du train d'atterrissage, il était possible que les carénages d'extrémité d'ailes se rompent, surtout lors de l'atterrissage de l'avion sur les pistes sommaires. La faible hauteur des trains d'atterrissage principaux a rendu le Spitfire enclin à se mettre en "pylône".

### Mécanisme du train d'atterrissage

Le système de rétraction du train d'atterrissage est hydraulique. Une pompe montée sur le moteur génère une pression alimentant les vérins respectifs pour déployer ou rétracter les trains d'atterrissage.

Le mécanisme de déploiement de secours du train d'atterrissage est pneumatique, entraîné par un réservoir embarqué gonflé au dioxyde de carbone.

La commande du système de déploiement des trains se fait par le levier de commande du train d'atterrissage (52) installé sur le côté droit de la cabine.

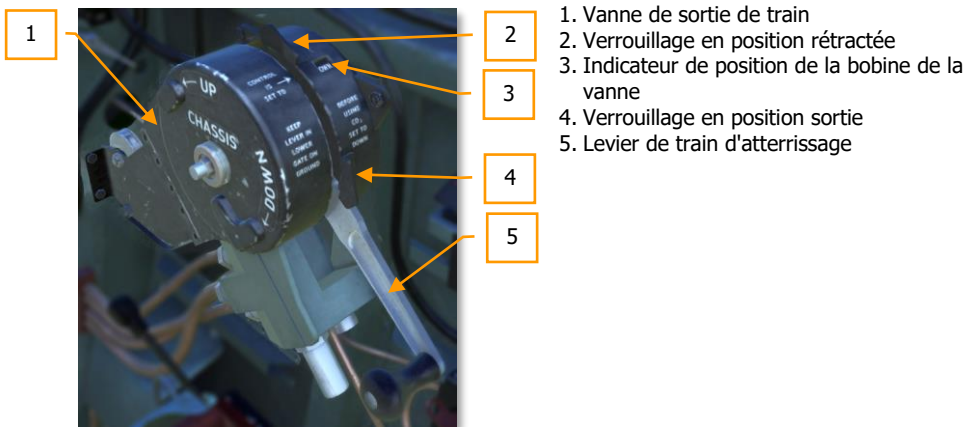


Figure 35 : Commandes du train

## Verrouillage des jambes de train

Les jambes de train sont verrouillées mécaniquement dans les deux positions, par différents systèmes. Celui de la position rétractée est installé dans la tige de l'amortisseur, celui pour la position déployée est fixé à la tige de montage de l'entretoise du mécanisme de montée hydraulique du train. Les verrous sont commandés par un levier à l'aide de câbles, se terminant en chaînes Gall par le levier et les verrous. Les chaînes entraînent les pignons, assurant la rotation de la goupille de verrouillage d'une position à l'autre.

## Fonctionnement du système de train d'atterrissage

Le levier du train d'atterrissage (52) se trouve sur le côté droit de la cabine.

Voici la procédure pour rétracter les trains d'atterrissage :

1. Tirez le levier vers l'arrière et maintenez le pendant une ou deux secondes à l'extrémité de la fente.
2. Poussez le levier régulièrement et sans arrêt vers l'avant et le haut. Cela fait tourner le verrouillage de train sorti vers sa position haute au moyen des chaînes et des câbles et alimente en huile les extrémités supérieures des vérins.

**ATTENTION: le déplacement du levier à l'étape 2 doit être effectué sans délai, sinon le système peut se bloquer.**

3. Lorsque le train d'atterrissage est verrouillé, le levier se verrouillera dans son emplacement avant sous l'effet d'un poussoir intégré à l'unité de commande.

Pour sortir le train d'atterrissage, la procédure de rentrée est inversée.

**ATTENTION : - N'essayez pas de forcer le levier dans les encoches, car cela peut entraîner une coupure d'alimentation hydraulique.**

## Voyants des trains

### Indicateur sur l'unité de commande

Un indicateur mécanique installé sur l'unité de commande affiche la position du levier dans une petite fenêtre avec les mots "DOWN", "UP" et "IDLE". Lors de la sortie des trains, la fenêtre doit afficher "DOWN", et après la rétraction - "UP".

IDLE s'affiche lorsque le système détecte que le levier se trouve dans l'un ou l'autre emplacement. Dans le cas d'un moteur à l'arrêt, l'indicateur peut afficher DOWN mais doit changer en IDLE après le démarrage. Si l'indicateur continue à afficher DOWN, cela indique une éventuelle défaillance de la pompe hydraulique.

### Indicateur visuel électrique

Un panneau indicateur installé sur le côté gauche du tableau de bord comporte deux sérigraphies translucides avec en arrière-plan les mots UP et DOWN respectivement en rouge et vert .

L'un de ces deux voyants sera allumé en fonction de la position du train. UP indique que le train d'atterrissage est entièrement rétracté et verrouillé en position, DOWN qu'il est sorti et verrouillé.

Chaque indicateur est composé de deux voyants connectés en parallèle. Des volets recouvrent la partie avant du panneau et diminuent la luminosité en vol de nuit.

Le système de signalisation comporte trois fins de course installés dans le circuit. Le premier interrupteur est activé lorsque le train d'atterrissage est en position rétractée (circuit "UP"), le deuxième est déclenché lorsque le train est sorti (circuit "DOWN") et le troisième situé dans le boîtier de verrouillage et commun aux deux circuits est déclenché lorsque la broche de verrouillage est dans son logement.

Le commutateur pour le circuit DOWN est installé sur le secteur de la manette des gaz et est activé en poussant vers l'avant l'interrupteur. Il doit toujours être remis manuellement en position d'arrêt avant de stationner l'avion afin d'éviter de décharger les batteries.

### **Indicateur de position mécanique**

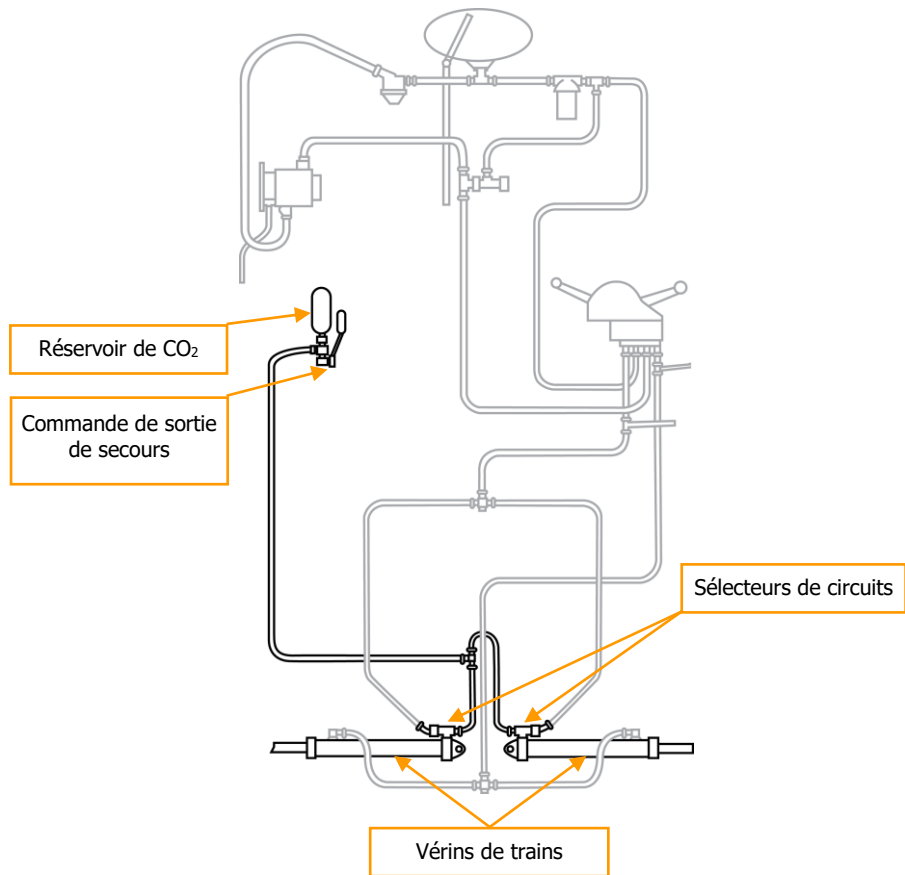
Sur les modèles antérieurs de l'avion, des indicateurs mécaniques de position du train étaient installés. C'étaient des tiges, montées sur chaque train qui dépassaient de la surface supérieure des ailes de l'avion. La tige (peinte en rouge vif) dépassait des ailes lorsque le train d'atterrissage était sorti et n'était pas visible quand le train d'atterrissage était rétracté.

### **Avertisseur sonore**

Un système d'avertissement sonore était installé sur les modèles antérieurs de l'avion, il s'activait quand la manette des gaz était tirée complètement vers l'arrière alors que le train était rentré. Pour désactiver l'alarme, le pilote devait pousser la manette afin que la butée du levier appuie sur le bouton-poussoir. Alternativement, le pilote pouvait simplement déployer le train d'atterrissage.

## **Système de sortie de secours du train**

En cas de défaillance du système hydraulique, la sortie du train est effectuée par la pression du réservoir de dioxyde de carbone dans les vérins d'entraînement du train d'atterrissage. Le réservoir est monté sur le côté droit du poste de pilotage près du siège du pilote. Le collet du réservoir (contenant 90 g de dioxyde de carbone) est scellé hermétiquement, et dispose d'un levier peint en rouge (étiqueté "EMERGENCY ONLY") pour la sortie de secours. Le levier est relié à un piston à ressort avec une aiguille qui perce le joint et transmet le gaz dans le système de train. Le levier est équipé d'un mince frein en fil de cuivre comme protection supplémentaire contre toute utilisation accidentelle.



**Figure 36 : Système de sortie de secours des trains**

La canalisation est divisée par un té et est reliée à l'arrière des vérins hydrauliques par un sélecteur de circuit recevant également la pression hydraulique.

Le sélecteur de circuit sert à isoler le circuit hydraulique en cas d'utilisation du système de sortie de secours. Il est installé sur la partie arrière du vérin hydraulique et comporte trois orifices. L'un relié au vérin hydraulique, le second pour le raccordement à la ligne hydraulique et le troisième pour le raccordement à la bouteille de gaz du système de secours. En conditions de fonctionnement normales, un tiroir à ressort obture l'orifice qui conduit au réservoir de dioxyde de carbone, permettant au fluide hydraulique de se déplacer librement dans la canalisation. Lorsque le système de secours est activé, la pression du dioxyde de carbone dans le système force le tiroir à ressort en

fin de course, obturant l'orifice du circuit hydraulique des vérins. Le dioxyde de carbone entre dans la chambre arrière des vérins et force le train dans la position déployée.

### **Fonctionnement du système de secours**

En cas de défaillance du système hydraulique et avant d'engager le système de secours, le pilote doit d'abord s'assurer que le levier du train d'atterrissage est en position DOWN. Ensuite, le pilote doit pousser le levier de sortie de secours vers l'avant et vers le bas. Le déplacement angulaire du levier de secours est d'environ 100 ° pour la perforation du joint d'étanchéité du cylindre. Après cette première étape, un ressort de rappel et la pression du gaz renvoient le piston à sa position initiale, et le gaz est introduit dans le mécanisme hydraulique.

Si le pilote ne parvient pas à mettre le levier du train d'atterrissage en position DOWN, alors, lors de l'activation du système de secours, le train d'atterrissage ne pourra pas se déployer. Dans ce cas, la canalisation alimentant le dioxyde de carbone vers les vérins de train doit être dépressurisé au moyen d'un pied-de-biche.

Après avoir engagé le système, aucune tentative ne doit être faite pour remettre le levier dans sa position d'origine jusqu'à ce que le réservoir soit remplacé.

## SYSTÈME HYDRAULIQUE

Le système hydraulique est conçu pour alimenter le système de sortie du train d'atterrissage.

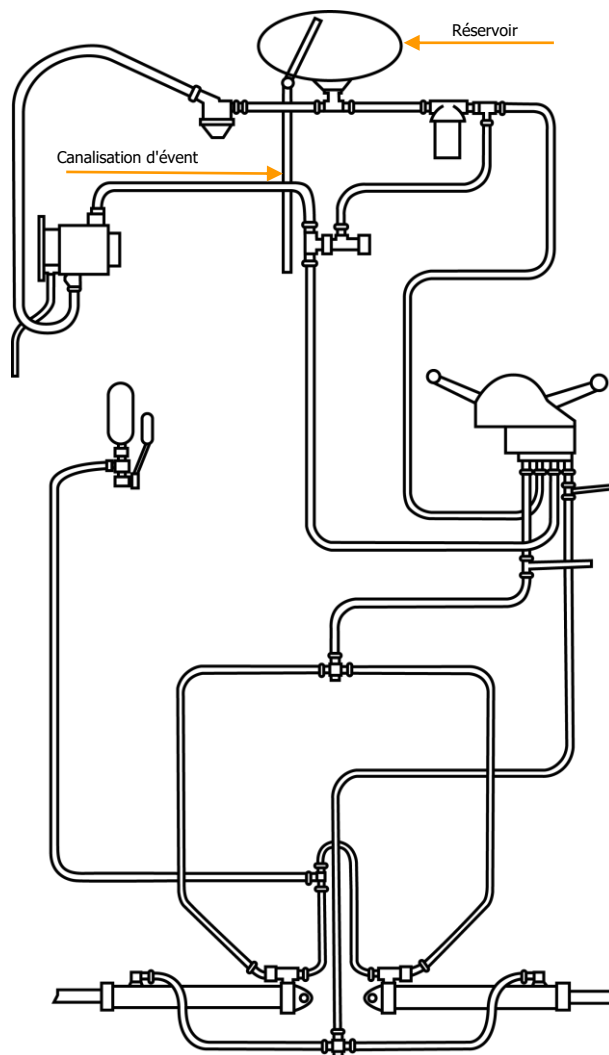


Figure 37 : Système hydraulique

La source de pression est une pompe hydraulique montée sur le côté droit du moteur. Le fluide hydraulique passe du réservoir à la pompe par l'intermédiaire d'un filtre A.G.S. Le système utilise l'huile au standard anglais DT.D. 585, ou un mélange à parts égales de glycerol et d'éthanol, avec une résistance d'au moins 78°. Le volume du système hydraulique est de 1,06 gallon (4,82 litres). Après la pompe, le fluide hydraulique alimente au travers de la soupape de sécurité le levier du train d'atterrissage monté sur le côté droit du poste de pilotage. Du levier, des conduites relient les deux chambres du mécanisme de levage du train. Le levier du train dirige le fluide hydraulique vers la chambre requise du mécanisme du train en fonction de l'opération souhaitée, déploiement ou rétraction. La ligne de vidange des vérins de train d'atterrissage ramène le fluide hydraulique au réservoir à travers un filtre Vokes, dont l'entrée est reliée par une canalisation à une soupape de sécurité. Le tuyau de vidange du réservoir passe sur le côté droit du couple et derrière le fond le long du blindage.

### Réservoir hydraulique

Le réservoir du système hydraulique est fixé par deux attaches à la cloison ignifuge, en haut à droite. Le goulot de remplissage du réservoir est équipé d'une gaze et d'un filtre à bandelettes. Le niveau de fluide hydraulique dans le réservoir est contrôlé par la jauge.

### Pompe hydraulique

La pompe hydraulique H Mk. IV est située sur le bloc-cylindres droit et est entraînée par l'arbre à cames de distribution du moteur.

### Soupape de sécurité

Placée sur le devant de la cloison pare feu, sur la canalisation d'alimentation de la pompe au levier du train, elle se déclenche en cas d'augmentation de pression dans la ligne d'alimentation à  $1250 \pm 50$  lb/in<sup>2</sup> ( $87,88 \pm 3,52$  kg/cm<sup>2</sup>) et le liquide de la pompe est déchargé dans le réservoir hydraulique, en contournant le verin du train.

### Unité de commande du train d'atterrissage

L'unité de commande se compose d'un secteur abritant le levier de commande et le mécanisme, et un corps à trois cylindres - l'un contenant un tiroir, l'autre un ressort de centrage et le dernier un piston de déconnexion. Le cylindre contenant le tiroir contient des rainures angulaires communiquant avec les raccords des quatre canalisations, l'entrée de pression, le retour et les lignes de retrait / déploiement sur les vérins de train d'atterrissage.

Le tiroir de distribution présente un alésage dirigeant le fluide hydraulique depuis l'entrée de pression dans la conduite de vidange pour le déploiement ou la rétraction en fonction de la position du tiroir dans le cylindre. Le tiroir est déplacé par la tige attachée à un levier d'actionnement (5) pivotant sur un axe dans le secteur. Ce levier (5) est entraîné par une bague en croissant (7) qui s'engage avec le levier près de la fin de course du levier de commande (9) auquel il est fixé.

Au levier (5) est également fixé la tige de centrage par ressort (6) qui maintient le piston (3) en position repos lorsque le fluide s'écoule de l'entrée vers l'échappement. Un cliquet à ressort (18) est utilisé pour maintenir le piston en position HAUTE ou BASSE contre l'action du ressort. Le cliquet s'engage dans une des deux encoches du rochet (16) sur l'axe du levier lorsque le levier de commande est poussé en position HAUTE ou BASSE. Le cliquet est désengagé par une came (17) montée sur la bague en croissant (7) lors du déplacement du levier de commande.

Le cliquet est également débrayé à la fin du fonctionnement du train par l'augmentation de la pression du fluide dans l'unité et le chargement du piston de coupure (19) qui est forcé le long de son cylindre pour pousser le cliquet hors de son logement par le rochet et permettre au ressort



central de ramener le piston en position initiale. La pression hydraulique nécessaire au fonctionnement du piston de coupure est de  $80,85 \pm 3,52 \text{ kgf/cm}^2$  ( $1150 \pm 50 \text{ lb/in}^2$ ).

Fixée au levier (5) une plaque indicatrice (10) pivote sur le même axe et affiche, à travers une ouverture dans le secteur, DOWN, IDLE ou UP, en fonction de la position du piston recentré par ressort dans le cylindre.

Le levier de commande (9) se déplace latéralement sur la bague en croissant et est chargé par un ressort (14) qui le pousse dans l'encoche à chaque extrémité de la fente lorsqu'il est déplacé au-delà des butées.

Un pignon (15) portant une chaîne à laquelle sont reliés les câbles qui actionnent les broches de verrouillage du train d'atterrissage qui s'engagent dans le longeron est aussi monté sur l'axe et actionné par le levier de commande. Un jeu de  $9^\circ$  existe entre le levier et le pignon, de sorte que le mouvement du levier entre et hors des encoches n'affecte pas les broches de blocage.

Montée sur la bague en croissant (7) une came (8) active les contacts électriques (20) lorsque le levier de commande est proche de sa fin de course dans chaque direction, ces contacts servent de commutateur de changement pour les indicateurs ROUGE et VERT du train.

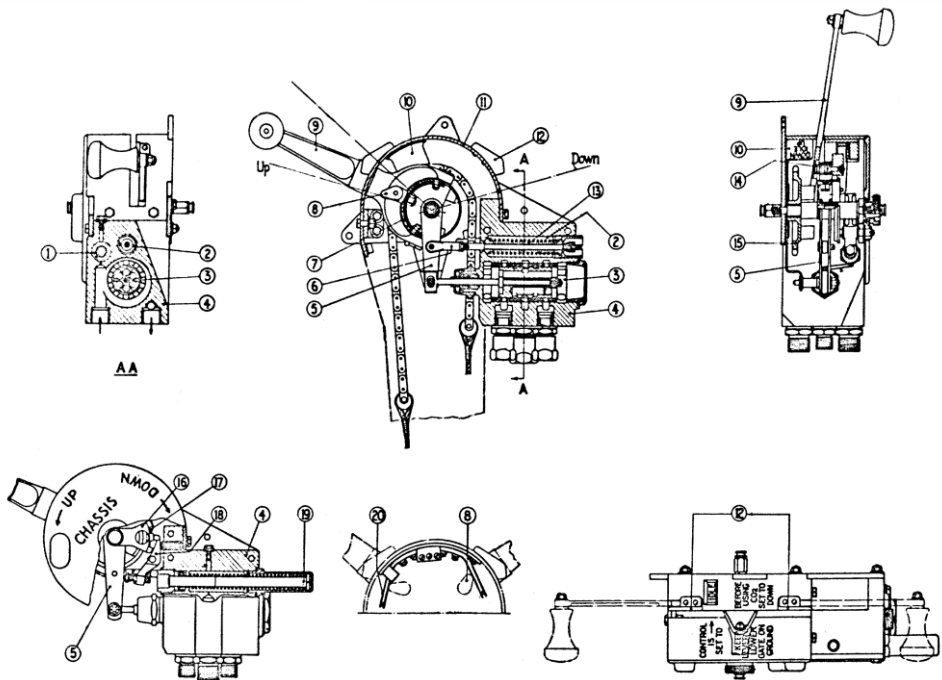


Figure 38 : Unité de commande de train d'atterrissage.

## FONCTIONNEMENT DE L'UNITE DE COMMANDE

Lorsque le levier se trouve dans l'encoche à l'extrémité UP ou DOWN du secteur, le fluide de la pompe entraînée par le moteur pénètre dans la commande par l'entrée de pression et passe directement à la sortie d'échappement pour retourner au réservoir. Dans cette situation, le système est au ralenti (A).

Pour monter le train d'atterrissage, le levier de commande doit être déplacé de 9° en sens horaire, puis latéralement pour sortir de l'encoche en ensuite dans le sens anti horaire jusqu'à la position HAUT sur le secteur. Le temps nécessaire au mouvement complet doit être d'environ une seconde. Pendant ces mouvements du levier, le piston bouge de la façon suivante:

1. *Mouvement initial de 9° en sens horaire ("B"):*  
Le piston est déplacé le long du cylindre et est retenu par le cliquet s'engageant dans le côté supérieur de la dent centrale du rochet, fermant ainsi le circuit de dérivation et dirigeant le fluide sous pression sur les côtés DOWN des vérins. Le fluide des côtés HAUT des vérins est évacué du cylindre et de la soupape vers le réservoir. Comme le train est déjà sorti, aucun mouvement ne peut avoir lieu, mais la pression dans les vérins soulage les goupilles de blocage du poids du train d'atterrissage. Le jeu entre le levier de commande et les câbles de verrouillage permet ce mouvement de 9 ° sans affecter la goupille de verrouillage.
2. *Sortie de l'encoche:*  
Les broches de verrouillage sont déverrouillées.
3. *Premiers 9° du mouvement en sens anti horaire ("C") :*  
Le jeu entre le levier de commande et les câbles est repris.
4. *Mouvement suivant de 132° en sens anti horaire ("D") :*  
Au cours de la première partie de ce mouvement, le cliquet est déclenché par une came et le piston est déplacé dans le cylindre par le ressort de centrage en position repos. Soulagé du poids du train d'atterrissage, les goupilles de verrouillage tournent librement de la position BASSE en position HAUTE.
5. *mouvement final de 9° en sens anti horaire ("F") :*  
La rotation des axes de verrouillage est terminée et, simultanément, le piston de la vanne est déplacé à l'autre extrémité du cylindre, position dans laquelle il est retenu par le cliquet en prise avec la face inférieure de la dent centrale du rochet ; ainsi le circuit bypass est refermé et le fluide sous pression est dérivé vers la face UP des vérins. Le fluide provenant des côtés inférieurs des vérins est évacué depuis le cylindre et la vanne vers le réservoir. La pression du fluide pendant la montée du train d'atterrissage est d'environ 200 lb/in<sup>2</sup> (14 kgf/cm<sup>2</sup>).
6. *Fin du mouvement anti-horaire ("G"):*  
À la fin du déplacement du train d'atterrissage, la pression dans le système augmente jusqu'à ce qu'elle soit suffisante pour faire fonctionner la coupure, dont le piston est logé dans une chambre en communication avec l'entrée de pression de la soupape. Le ressort de coupure est comprimé et l'extrémité saillante du piston de coupure entre en contact avec la vis de fixation dans le cliquet, désengage le cliquet permettant au piston de soupape de revenir en position de repos sous l'action du ressort de centrage.
7. *Mouvement final de 9° en sens horaire ("H") :*  
Avec le retour de la vanne en position repos, le levier de commande entre simultanément de 9° dans l'encoche, verrouillant ainsi les broches. Ce dernier mouvement du levier est automatique, mais à la fin de son mouvement en sens anti horaire, le levier peut être poussé à la main dans l'encoche.

Pour abaisser le train d'atterrissage, le levier manuel doit être déplacé vers la position DOWN sur le secteur, la séquence d'opérations est inverse de celle de montée.

## SYSTÈME PNEUMATIQUE

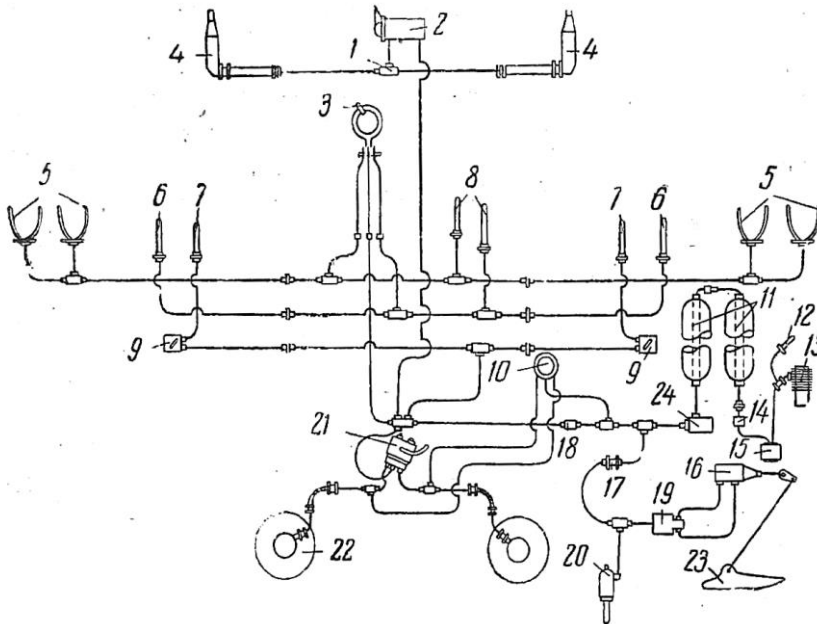
Le système pneumatique actionne les freins de roue, les mitrailleuses Browning, les canons Hispano, la ciné-mitrailleuse et les volets. Deux bouteilles de stockage sont alimentées par un compresseur entraîné par le moteur et alimentent les différentes unités du système dont un schéma est illustré ci-dessous.

Le compresseur, un HEYWOOD type SH.6 / 2, est monté à l'extrémité arrière du bloc-cylindres tribord du moteur. L'air fourni par le compresseur passe à travers une vanne de régulation, type A.R.300-1, un piège à huile et à eau, type O.W.T./46 jusqu'aux bouteilles. Le piège à l'huile et à eau est incorporé dans le système pour recueillir tout brouillard d'huile ou d'eau contenu dans l'air fourni aux bouteilles. Le piège devait être vidangé après chaque dix heures de vol.

Les bouteilles sont montées côté tribord du fuselage, directement derrière le poste de pilotage, et sont connectés en série au système. Lorsqu'elles sont pleines, elles contiennent de l'air à une pression de 300 lb/pouce<sup>2</sup> (20,68 bars ). À partir des bouteilles, l'air passe par un filtre puis par un réducteur de pression (AHO 16402) qui abaisse la pression à 140 lb/pouce<sup>2</sup> (9,65 bars) pour le fonctionnement des différentes unités, listées ci-dessous :

- Mécanisme d'armement des canons Hispano.
- Mécanisme de tir des canons Hispano.
- Mécanisme de tir, d'armement et de sécurité des mitrailleuses Browning.
- Ciné mitrailleuse.
- Commande de freins différentiels Mk II, situés dans le cockpit derrière le manche.
- Boutons de commande de tir, situés sur la partie supérieure du manche.
- Commande de volet, situé sur la partie supérieure gauche du tableau de bord.

Le système dispose également d'un embout pour le gonflage du système pneumatique situé sur le côté gauche du moteur, accessible par la trappe de ravitaillement du réservoir d'huile du moteur.



**Figure 39: Système pneumatique**

1. Vanne de coupure
2. Vanne de commande des volets
3. Bouton de tir
4. Vérins des volets
5. Mécanisme de tir, de sécurité et d'armement
6. Tir canon
7. Armement canon
8. Ciné mitrailleuse
9. Valve de commande d'armement canon
10. Manomètre à trois aiguilles
11. Bouteilles d'air
12. Embout de gonflage embarqué
13. Compresseur Heywood
14. Réducteur de pression
15. Séparateur de brouillard d'eau et d'huile
16. Vérin de volet de radiateur
17. Valve de pression minimum
18. Réducteur de pression
19. Électrovanne de commande du vérin de volet de radiateur
20. Vérin de commande de vitesse du compresseur moteur
21. Freins différentiels
22. Roues du train d'atterrissage

- 23. Volet du radiateur
- 24. Filtre à air

### **Vanne de commande des volets**

Composée d'un corps contenant une vanne et deux connexions de tuyau. Le corps de la vanne traverse le tableau de bord et est équipé d'un capuchon comportant un levier de commande et un piston à ressort.

Le mouvement du levier vers DOWN appuie sur le piston et le clapet et permet à l'air comprimé de circuler dans la vanne vers l'unité de commande. Lorsque le levier est relevé en position UP, le piston se déplace sous l'action du ressort et permet de fermer la vanne. En même temps, un trou dans le piston s'aligne avec un trou dans le capuchon et permet à l'air de l'unité de commande de s'échapper à l'atmosphère.

### **limiteur de débit**

La pièce en T, reliant la canalisation de la vanne de commande aux vérins des volets dans l'aile est équipée d'un limiteur de débit sous forme de deux disques à orifices calibrés. Ce limiteur permet d'éviter une alimentation d'air trop violente dans les vérins des volets.

### **Volet à vérin**

Le volet à vérin est monté au centre sur des paliers sur la structure du plan principal. Il contient un vérin dont l'extrémité de tige est reliée au levier de commande des volets. Avec le levier de commande en position DOWN, de l'air comprimé entre dans le raccord du tuyau à l'extrémité du vérin et le force à abaisser le volet. Lorsque le levier est déplacé vers la position UP, l'air s'échappe à l'atmosphère et le volet est relevé par le vent relatif, assisté par une boîte à ressort.

### **Boîte à ressort**

Utilisée pour rétracter les volets. Il s'agit d'un ressort de compression fixé à une tige et enfermé dans un cylindre pivotant sur le longeron arrière du plan principal à l'extérieur du cylindre de commande de volet. La tige est fixée à un levier sur le longeron du volet et l'action du ressort remonte le volet lorsque l'air est purgé du cylindre de commande.

### **Ciné mitrailleuse**

La cinémitrailleuse G42B, montée dans l'aile tribord, est actionnée par le système pneumatique, un conduit étant connecté sur la canalisation de tir des armes. Le fonctionnement du bouton de tir sur la poignée de la colonne de commande actionne la cinémitrailleuse en continu tant que le bouton est enfoncé. La connexion entre l'alimentation en air et la cinémitrailleuse se fait par un interrupteur électropneumatique.

### **Mitrailleuses Browning**

Les mitrailleuses de chaque aile sont alimentées en air par une canalisation reliée au bouton de tir sur la poignée du manche. La canalisation de chaque arme se termine par une pièce en Y, les armes sont équipées de raccords à écrou par lesquels des tuyaux flexibles se fixent dans l'unité de tir et de sécurité et la culasse de l'arme.

### Canons Hispano

Les mécanismes d'armement et de tir pneumatique des canons Hispano (reliés les uns aux autres par des flexibles blindés) sont reliés à la même canalisation que le mécanisme de déclenchement de tir. Le rechargement des armes ne peut être effectué qu'au sol.

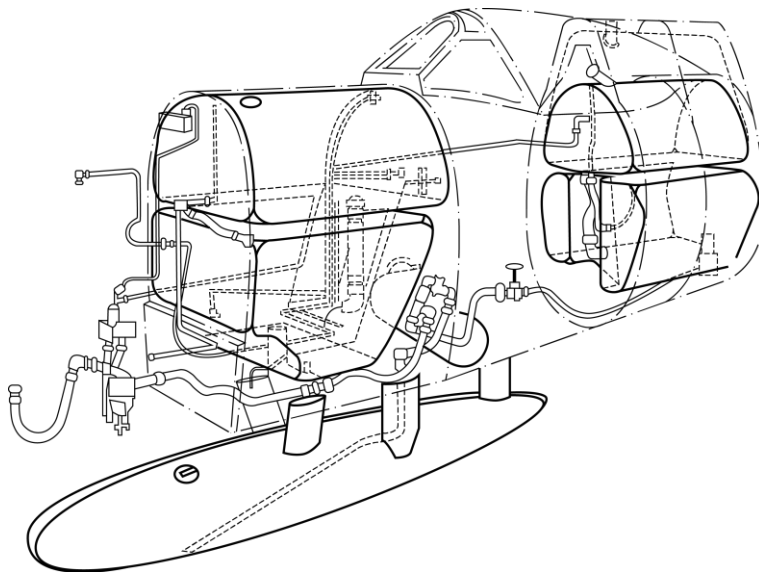
### Freinage

La poignée de commande du frein (reliée à la vanne par un câble Bowden) ouvre la valve relais du frein. En fonction de la pression exercée sur la poignée, la valve régule le débit d'air vers les freins. Le freinage différentiel régule la pression dans les freins en fonction de la flexion des pédales. Un manomètre triple sur la partie inférieure gauche du tableau de bord indique la pression sur chaque roue et la pression dans le réservoir. La pression normale est d'environ 80-90 lb/in<sup>2</sup>.

## SYSTÈME DE CARBURANT

Les fonctions principales du système de carburant sont le stockage de l'approvisionnement en carburant embarqué de l'avion et la circulation du carburant dans les réservoirs et dans le moteur. Le système de carburant utilise une essence d'octane 100 et est alimenté à partir de deux réservoirs montés dans le fuselage derrière la cloison pare-feu. Un réservoir de 37 gallons de capacité est monté sur le fond des couples de fuselage 6 et 7. L'autre, d'une capacité de 48 gallons, est monté au-dessus du réservoir inférieur sur quatre supports sur les longerons supérieurs et est protégé par un blindage couvrant le réservoir derrière la cloison pare-feu. Au dessus, le réservoir supérieur est recouvert d'un panneau amovible qui forme le carénage supérieur du fuselage. Les deux réservoirs sont interconnectés par un tuyau d'alimentation. La ventilation est assurée par deux tubes installés dans la partie supérieure avant du réservoir de carburant supérieur. Une canalisation relie les réservoirs inférieurs et supérieurs, et la seconde passe à travers la paroi arrière du réservoir de carburant supérieur et sort en dessous du carénage du radiateur situé en sous l'aile droite.

Le carburant du réservoir supérieur s'écoule par gravité dans le réservoir inférieur. Une canalisation mène du robinet du réservoir inférieur à un filtre de type A.G.S. sur le côté avant de la cloison. La sortie du filtre aboutit à la pompe du moteur, puis au raccordement arrière d'un radiateur de carburant, monté dans le congé de raccordement du bord d'attaque du plan principal bâbord. Depuis le raccord avant du radiateur, le carburant passe au régulateur de pression puis au carburateur. L'air évacué du séparateur est dirigé vers le réservoir supérieur. Lors de l'alimentation en carburant à partir des réservoirs externes, l'accès au séparateur d'air est fermé par une vanne spéciale afin d'éviter que le réservoir supérieur ne déborde. Cette vanne est reliée à la vanne d'admission de carburant des réservoirs externes.



**Figure 40: Composants du système carburant de l'avion**

L'image ci-dessus montre l'emplacement des composants du système de carburant, le système est représenté avec les réservoirs de carburant internes à l'arrière et un réservoir en forme de cigare de 50 gallons (227L) pour les Mk. IX et Mk.XIV.

Afin d'éviter l'ébullition du carburant à haute altitude en conditions météorologiques chaudes, le système de carburant est équipé d'un système de pressurisation des réservoirs d'essence qui se déclenche automatiquement à des altitudes supérieures à 20000 pieds. Une soupape anéroïde alimente l'air, pressurisé par une pompe à vide, dans les réservoirs d'essence. La pression, cependant, diminue l'auto-étanchéité des réservoirs et ne doit être activée que lorsque le témoin d'alerte de pression de carburant s'allume. Par temps très chaud à très haute altitude, les réservoirs sous pression peuvent se déformer, et la pression doit alors être éteinte. Le robinet de pressurisation est sur le côté tribord du poste de pilotage immédiatement en dessous du tableau de bord.

Le système de pressurisation est désactivée par défaut et il ne doit être activée que quand le voyant rouge indique que la pression du carburant a chuté en dessous de 10 lb/in<sup>2</sup>.

La commande du système de pressurisation de carburant se trouve sous le côté droit du tableau de bord.

La soupape de désactivation de la pressurisation des réservoirs installée sur la ligne de ventilation des réservoirs de carburant permet un échappement immédiat de la pression des réservoirs de carburant en cas de dommages aux conduites ou aux réservoirs de carburant, car les protections du réservoir inférieur se dégradent en cas de surpression. La vanne est située dans un carénage de l'aile droite, et la commande est située à droite et en dessous du siège pilote.

Une pompe manuelle oscillante est montée sur le côté tribord du poste de pilotage des premiers appareils motorisés par un moteur Merlin 66. La pompe est alimentée par le réservoir inférieur du fuselage et alimente la ligne principale d'alimentation en carburant en un point entre le robinet de carburant principal et le clapet anti-retour. Conçu pour remplir le circuit d'alimentation de l'avion,



activer la pompe et remplir le carburateur avant de démarrer le moteur. Elle peut également être utilisée comme pompe de secours en cas de panne de la pompe entraînée par le moteur. Après avoir épuisé les réservoirs extérieurs de l'avion, lors de la commutation vers le réservoir principal, il est nécessaire d'alimenter le moteur en essence au moyen de la pompe manuelle jusqu'à un fonctionnement stable. La pompe manuelle oscillante, installée sur le côté tribord du cockpit derrière le commutateur de commande de l'éclairage d'identification, peut être utilisée pour tirer du carburant du réservoir inférieur.

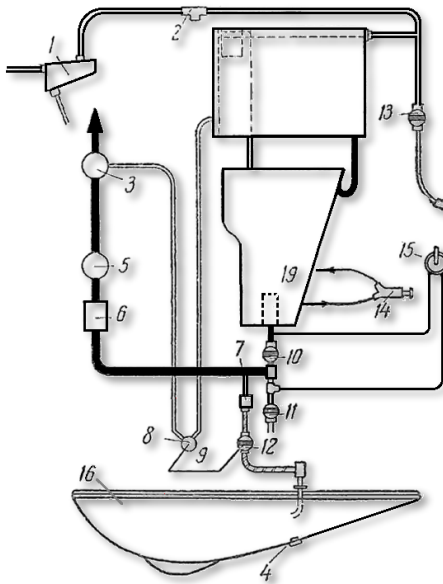
Une pompe d'amorçage Ki-gass utilisée pour remplir les cylindres du moteur et les conduites d'essence avec du carburant avant le démarrage du moteur est situé sur le côté droit du couple N° 8 du fuselage. L'essence du bas du réservoir inférieur passe par une canalisation dans les buses d'aspiration moteur par la pression créée par la pompe.

Le carburateur à injection Bendix-Stromberg, contrairement aux carburateurs à flotteur, fournit une alimentation continue de carburant dans le moteur sous G négatifs et lors des manœuvres violentes.

la jauge d'essence électrique fonctionne avec un capteur monté dans le réservoir inférieur. La jauge et le bouton d'alimentation sont situés en bas à droite du tableau de bord. La jauge mesure la quantité d'essence dans le réservoir, mais seulement lors de l'appui sur le bouton. L'indicateur dispose de deux échelles : l'échelle inférieure est utilisée pour mesurer l'essence en vol et l'échelle supérieure pour l'utilisation au sol (lorsque l'avion est en position tricycle).

Une lampe témoin est installée à côté de la jauge d'essence et est déclenchée lorsque la pression de la pompe à carburant est inférieure à 10 lb/in<sup>2</sup>. La lampe est alimentée par un interrupteur sur le secteur de la manette des gaz.

Des réservoirs supplémentaires de 30, 45, 90 ou 170 gallons peuvent être installés sur l'avion pour des vols à longue distance. Une vanne séparée commande l'alimentation en carburant des réservoirs largables et se trouve sur le côté droit du couple N°9 du fuselage. La poignée de la vanne est située sur le côté droit du poste de pilotage. Le réservoir largable est largué par une traction vers le haut sur la poignée basse en bas du côté tribord du poste de pilotage à côté du levier du robinet de réservoir largable. La poignée ne peut pas être utilisée tant que le levier du robinet n'est pas déplacé vers l'avant en position OFF.



1. Séparateur d'huile par le vide
2. Vanne de régulation de pression et évent
3. Purgeur d'air du carburateur
4. Drain
5. Pompe à carburant
6. Filtre
7. Clapet anti-retour
8. Vanne de séparateur
9. Vanne de liaison
10. Robinet principal de carburant
11. Robinet de drain
12. Robinet de carburant du réservoir auxiliaire
13. Vanne du système de drain
14. Pompe d'amorçage
15. Pompe manuelle oscillante
16. Réservoir largable de 30 ou de 90 gallons
17. Réservoir supérieur de 47 gallons
18. Réservoir inférieur de 38 gallons

**Figure 41: Système d'alimentation en carburant**

## SYSTÈME D'OXYGÈNE

L'oxygène est fourni au pilote à partir d'un seul réservoir d'une capacité de 750 litres au travers d'un économiseur. L'oxygène du réservoir (sous haute pression : 1800 lb/in<sup>2</sup>) entre dans le régulateur équipé d'un filtre et d'une vanne de régulation de pression qui réduit la pression d'oxygène à environ 40 lb/in<sup>2</sup>. L'oxygène entre ensuite dans l'économiseur à la sortie d'un filtre. Il s'écoule vers le masque du pilote à travers un tube en caoutchouc provenant de l'économiseur sous le siège et fixé au côté droit du poste de pilotage.

Le réservoir a été placé dans la partie arrière du fuselage, entre les couples 16 et 17, sur le côté droit au-dessus du longeron de référence. Le réservoir est fixé sur un châssis par deux brides à ouverture rapide. Le châssis, à son tour, est boulonné et riveté sur les couples et le revêtement. Si nécessaire, un deuxième réservoir peut être installé directement entre les couples 18 et 19.

L'économiseur est monté entre les couples 12 et 13 sur le côté port du fuselage en dessous du longeron de référence.

Le régulateur d'oxygène Mk. XIA (VIII A) est situé en haut à gauche du tableau de bord. Une vanne supplémentaire (39) est montée sur le côté droit du poste de pilotage.

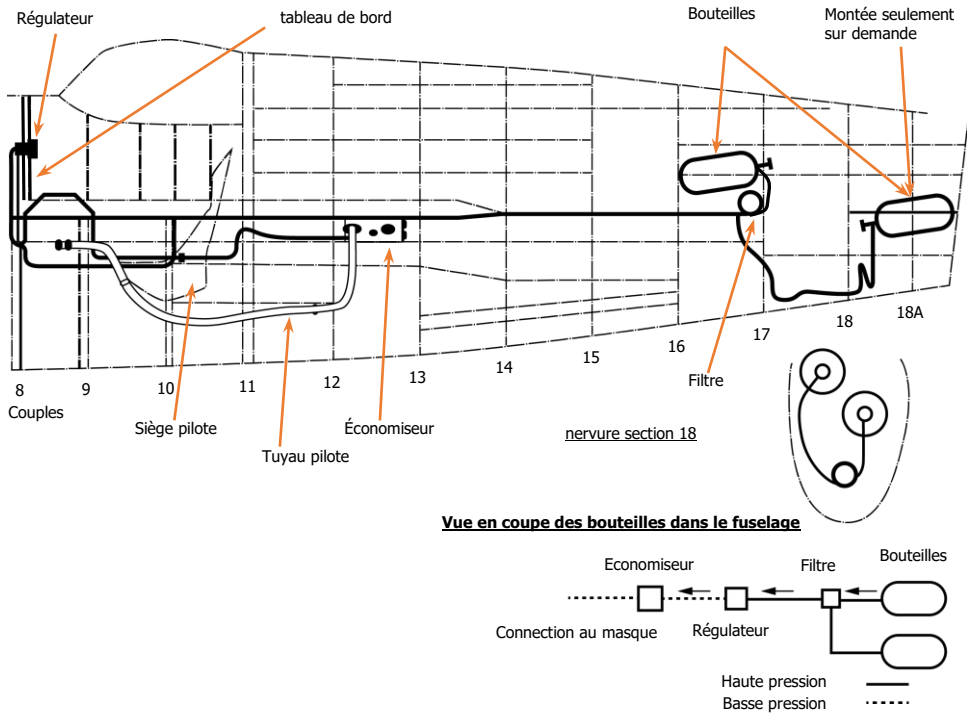


Figure 42: Système d'oxygène

## SYSTÈME ÉLECTRIQUE

L'avion utilise un circuit d'alimentation en 12 volts et un système d'alimentation électrique non blindé à deux fils . Les sources d'énergie électrique sont : 1.) les générateurs connectés en parallèle, avec les fils venant du moteur de l'avion, et 2.) une batterie au plomb-acide.

Les composants suivants de l'avion sont les principaux consommateurs d'énergie électrique :

1. Le démarreur électrique du moteur
2. La jauge électrique de carburant
3. Le système lumineux et sonore d'avertissement du train d'atterrissage
4. Les systèmes spécialisés et de radio communications
5. Chauffage des tubes pitot
6. L'équipement d'éclairage nocturne composé des : feux de navigations, d'identification, d'éclairage du cockpit et du viseur
7. Électrovanne de dilution d'huile

## Electricité

### Générateur

Le générateur de type LX est un générateur électrique à quatre bornes avec une excitation dérivée. Il est entraîné par le moteur de l'avion via un accouplement flexible qui protège l'arbre du générateur des dommages. Le générateur est monté sur une bride spéciale sur le côté gauche du moteur à l'aide de quatre boulons. Le refroidissement en vol du générateur s'effectue par un flux d'air à contre-courant à travers les deux tuyaux sortant de la gaine de refroidissement : l'un pour la prise d'air et l'autre pour l'échappement. Le commutateur est situé en haut à droite du tableau de bord. Un fusible 60A est prévu pour protéger le générateur des courts-circuits et des surcharges brusques. Il a les caractéristiques suivantes :

- Puissance – 750W.
- Tension – 13.5V.
- Intensité – 40A.
- RPM (tr/min) minimum - 3500.
- RPM (tr/min) maximum - 6000.

Un voyant rouge repéré "POWER FAILURE" sert à surveiller le fonctionnement du système électrique, monté sur le côté gauche de la cabine près de la boîte à fusibles. L'alarme est déclenchée lorsqu'il n'y a pas d'alimentation de la batterie par le générateur.

### Boîtier du régulateur de tension

Régulateur de tension "F" sans contact. Le régulateur fournit une tension constante de 13 à 14,5V quelle que soit la vitesse du moteur et la variation de charges du générateur en fonctionnement. Le limiteur de courant protège le générateur des surcharges. Tous les composants de la boîte de régulation sont montés sur une plaque de base qui est équipée d'un connecteur. Le régulateur est installé derrière l'appui-tête du siège sur le couple 11.

### Relais de minimum

Le relais de minimum connecte le générateur au réseau de bord lorsque la tension atteint un minimum de 13 à 14 V, et le déconnecte à basse vitesse ou à la coupure du moteur de l'avion. Il s'agit d'une unité séparée montée sur le côté gauche du fuselage séparée de la boîte de régulation.

Hors du capot du relais, il existe deux prises pour connecter une lampe portable ou un voltmètre. Le relais de minimum sert de protection contre la démagnétisation du générateur, possible pendant le fonctionnement en parallèle du générateur avec la batterie. Pendant le démarrage du moteur ou pendant le vol au ralenti lorsque le générateur ne produit pas sa tension maximale en raison du faible régime, le courant de la batterie tend à passer à travers le générateur et à le faire tourner en moteur électrique. Ce phénomène dans les générateurs en dérivation s'accompagne d'un changement de polarité dans le même sens que le rotation, après quoi le générateur cesse de fonctionner comme Dynamo. Dans de tels cas, le relais de minimum coupe automatiquement le générateur de la chaîne d'alimentation, la charge du réseau supprime le courant de la batterie et le générateur démarre au ralenti. Dès que la tension du générateur revient à des valeurs normales, le relais de minimum active automatiquement le générateur pour alimenter le réseau et charge la batterie.

### **Batterie d'accumulateur**

Batterie embarquée à l'acide "B" montée dans un bloc d'ébène. A les caractéristiques suivantes :

- Tension – 12V.
- Capacité, 10 heures de charge - 40 A/h
- Capacité, 5 heures de charge - 27 A/h.
- Capacité, 1 heure de charge - 19 A/h.

La batterie est installée dans le fuselage entre les couples 17 et 18 sur un support en bois sans conteneur ni isolant. Les bornes de sortie de la batterie sont en forme de tubes avec filetage, sur lesquels des écrous maintiennent les embouts spéciaux des fils de sortie.

### **Voltmètre**

Un voltmètre montrant la tension du générateur sur une échelle de 0 à 20 V est installé sur le côté droit du tableau de bord.

### **Boîtier de filtres**

Une boîte de filtres, composée de six bobines toroïdales et de six condensateurs, est incluse dans le circuit du générateur afin de réduire l'interférence avec les récepteurs radio.

Monté à gauche du sous-châssis générateur, et relié à lui par des fils dans une tresse de protection. Les fils sortant du boîtier n'ont aucun blindage.

### **Prises de parc**

L'avion dispose de deux prises spéciales destinées à être utilisées sur les aérodromes, reliant le circuit d'alimentation embarqué à une source terrestre. Une est montée sur le couple du sous-châssis sur le côté droit du moteur. L'utilité principale de cette prise est d'alimenter le démarreur. La deuxième est située sur le côté gauche du fuselage sur le couple 11 derrière le cadre du siège, dans le carénage de l'aile. Son utilité principale est l'alimentation de l'équipement radio lors de son utilisation pendant les vérifications au sol. L'insertion de la fiche d'alimentation d'aérodrome s'accompagne d'une rotation des capots, qui déconnecte le moins de la batterie d'accumulation du réseau.

### **Réseau d'alimentation**

L'avion utilise un réseau d'alimentation à deux fils, dont la totalité est montée sans blindages, à l'exception de la partie du circuit qui passe du générateur au boîtier de filtres. La protection des installations électriques est assurée par des fusibles situés dans trois boîtiers fermés. Un ensemble de fusibles de rechange se trouve à l'intérieur de chaque boîtier à l'intérieur du couvercle. Les unités sont installées le long du côté bâbord de la cabine. Les couvercles sont repérés avec le nombre de fusibles (selon les schémas du circuit) et le nom des composants de l'aéronef protégés qu'ils

protègent. Chaque circuit est initialement identifié par un nombre correspondant à son numéro de fusible. Ceci à l'aide de ruban adhésif enroulé autour de chaque extrémité du câble. Lorsque le circuit se divise, des nombres plus élevés sont utilisés comme le montre le repérage du câblage. La polarité est identifiée par la couleur de base de la bande. La couleur appropriée est représentée sur les diagrammes avec une lettre après le numéro de circuit, p.ex. R = Rouge et B = Bleu. Lorsque des câbles noirs sont utilisés, les couleurs de service sont indiquées par un ruban adhésif fixé au câble, par ex. Jaune pour l'électrique, bleu pour le moteur, rouge pour la radio. Les boîtes de distribution sont installées dans les endroits où les prises d'aéronefs ainsi que les fils de branchement sont accessibles. Les boîtes sont repérées comme suit : T. B. 1 T. B. 2 T. B. 3, etc. sur les schémas. À l'intérieur du couvercle de boîtes à fusibles, un tableau montre le repérage des câblages.

## Consommateurs

- Démarreur
- Système d'avertissement des trains
- Collimateur
- Ciné mitrailleuse
- Largage bombes et fusées
- Feux de navigation
- Feux d'identification
- Éclairage cockpit
- Chauffage des tubes pitot
- Électrovanne de dilution d'huile

Les descriptions approfondies des composants susmentionnés se trouvent dans leurs sections respectives.

Une illustration du système électrique se trouve ci-dessous.

### Démarreur moteur

Le démarreur est monté sur le côté tribord du moteur et une bobine de suralimentation est montée sur le côté tribord de la cloison ignifuge. Ils sont contrôlés par deux poussoirs montés au centre du tableau de bord, la connexion au démarreur se fait par un relais magnétique, fixé sur le châssis du moteur. Les principaux interrupteurs magnétiques sont montés sur le bas du tableau de bord. La bobine de démarrage du système d'allumage est installée sur la cloison pare-feu, à droite. Le courant alimente le démarreur à partir de l'accumulateur, ou encore par un accumulateur externe qui peut être connecté par une prise montée sur le support du moteur tribord. Le système électrique est illustré ci-dessous.

L'insertion de la fiche d'alimentation de parc s'accompagne d'une rotation des capots, qui déconnecte le moins de la batterie du réseau. Les prises ont des diamètres différents : pour les conducteurs positifs, une prise plus grande est utilisée et une plus petite pour les conducteurs négatifs.

La commande du survolteur se fait par les boutons du tableau de bord à droite du bouton de démarrage.

Pour les protéger contre un appui accidentel, les deux boutons sont protégés par des capuchons à ressort.

Un fusible de 10A protège le circuit du relais et de la bobine de déclenchement.

Le temps d'activation du démarreur ne doit pas dépasser 10 secondes, après quoi une pause de 10 à 15 secondes est nécessaire.

Lors de l'activation, le démarreur consomme un courant de 250 - 275A.

Le démarrage du moteur devrait généralement être effectué à l'aide d'une source d'alimentation au sol (c'est-à-dire les batteries d'aérodrome).

## **Magnéto**

Deux magnétos (B.T.H C6SE-12S ou Rotax NSE12-4) sont installés sur le moteur.

La magneto est une unité combinant un générateur d'énergie électrique et un transformateur avec un distributeur pour les circuits haute tension. Elle est composée d'un rotor aimanté, de l'armature, des enroulements primaires et secondaires du transformateur, du contacteur, du condensateur, de la plaque de distribution et du régulateur d'allumage. Le rotor est un aimant permanent qui est la source d'énergie magnétique. Un flux magnétique alternatif est créé dans le noyau du transformateur lors de la rotation du rotor, entraînant une force électromotrice dans les enroulements du transformateur. La fermeture du contacteur à la masse entraîne un courant primaire basse tension dans l'enroulement primaire du transformateur. À ce moment, lorsque la force du courant atteint sa valeur maximale, la came rotative du contacteur tourne autour de son axe et les contacts s'ouvrent très rapidement. Il y a également une coupure du courant primaire et une forte variation du flux magnétique dans le noyau du transformateur. Un condensateur monté en parallèle des contacts du contacteur réduit drastiquement le flux magnétique à l'ouverture ce qui réduit l'arc et empêche la fusion des contacts.

Lors d'un changement de flux magnétique, un courant haute tension se produit dans l'enroulement secondaire du transformateur. Ce courant est transmis par le contact principal via la borne haute tension à travers la plaque de distribution et la brosse de distribution au générateur d'étincelle, d'où il passe par des fils vers les électrodes des bougies provoquant l'étincelle entre les électrodes centrales et extérieures des bougies d'allumage. Le courant haute tension généré dans l'espace entre les électrodes produit une étincelle électrique qui allume le mélange comprimé dans la chambre de combustion. Le régulateur d'allumage est un régulateur centrifuge normal.

L'aimant du rotor de la magnéto est relié au vilebrequin par engrenages et ne tourne donc que pendant le fonctionnement du moteur. Le rapport d'engrenage de l'entraînement magnétique est de 1,5 : 1. Lorsque l'arbre du moteur tourne, les étincelles sont produites dans la séquence correcte aux cylindres.

## **Bobine de survolteur Rotax N.I.K A/M**

Les magnétos ne conviennent pas au démarrage du moteur, de sorte que le moteur est équipé avec un survolteur, qui fonctionne à partir de la batterie ou d'une source au sol. Le survolteur n'est pas une source d'alimentation, mais un transformateur qui transforme un courant continu basse tension en courant pulsé haute tension. (15000-18000 V)



## Équipement radio

### Équipement de communication radio

L'avion est équipé d'un poste radio HF A.R.I. 1063. L'émetteur-récepteur T. R. 1196A est configuré sur quatre fréquences spécifiques pour une utilisation en communication bidirectionnelle aérienne entre les aéronefs et les services au sol. La commutation de fréquence se fait au moyen d'une télécommande de type 4, installée sur le côté gauche du poste de pilotage. La plage de fréquence de la station de radio est de 100 à 156 MHz. La portée radio entre l'aéronef et les postes de commande au sol dépend de l'altitude :

Altitude, pieds	portée, miles
1000	30
3000	70
5000	80
10000	120
15000	150
20000	180

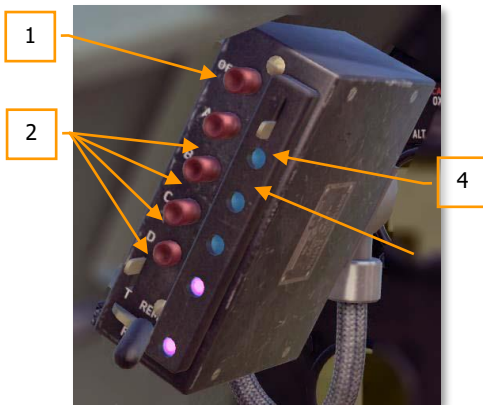
La radio T.R.1196 comporte les éléments suivants : émetteur type 22 (10R / 23), récepteur type 25 (10P / 11), montés dans un boîtier. Accessoires de la radio HF : Alimentation type 104 (10K / 238) 12V, panneau de commande Type 4, antenne filaire, prise casque Type 359.

L'émetteur-récepteur est monté sur quatre goujons antivibratoires sur un support sur le côté tribord du fuselage entre les 14ème et 15ème couples. L'alimentation est montée sous l'émetteur-récepteur. Une trappe d'accès à l'ensemble radio se trouve sur le côté gauche du fuselage pour faciliter la maintenance. Le panneau de commande est monté sur le support sur le côté gauche du poste de pilotage. Il comporte des boutons pour la commutation de fréquence, un bouton d'arrêt, un sélecteur de mode et un rhéostat pour l'éclairage des voyants de la fréquence sélectionnée. Le connecteur du casque est placé sur le côté droit du poste de pilotage derrière le 10ème couple. L'antenne filaire est fixée entre le mât monté dans la partie supérieure du fuselage sur le couple 12 et l'isolant sur l'aileron de queue.

### Boîtier de commande du système radio

Le boîtier de contrôle "Type 4" (110J / 71) est conçue pour basculer entre les canaux radio lors des communications radio bidirectionnelles. La station de radio dispose de 4 canaux pré-réglés à cette fin. La sélection des canaux se fait par des boutons de sélection des canaux, repérés A, B, C et D en façade du boîtier. A côté de chaque bouton un signal lumineux met en évidence le canal sélectionné. Des filtres légers sont prévus pour diminuer leur lueur lors des vols crépusculaires et nocturnes. Éteignez la radio en appuyant sur le bouton OFF sur la partie supérieure de l'avant du boîtier. Au bas du panneau se trouve un interrupteur à bascule étiqueté "T-R-REM". Ce commutateur définit les trois modes de fonctionnement :

- T - Émetteur
- R - Récepteur
- REM - Réseau



1. Interrupteur d'alimentation du système radio
2. Commutateurs de sélection de canal
3. Voyant de station sélectionnée
4. Curseur de filtre de lumière
5. Interrupteur à bascule de mode
6. Broche de blocage du bouton poussoir.

**Figure 43: Boîtier de commande radio**

## Système IFF

L'avion est équipé d'un système de transpondeur d'identification A.R.I. de type 5025 (IFF - Identification Friend ou Foe). Le transpondeur se compose de : un récepteur R.3067, monté derrière la station de radio, des unités de commutation Type 90 et Type 89, du panneau de commande Type B, d'une antenne fouet Type 90. Les commandes du transpondeur comprennent un commutateur de type F qui active le transpondeur, un commutateur de type D qui contrôle la transmission des signaux de détresse et deux boutons-poussoirs qui activent le détonateur. Le panneau de commande est monté sur le côté tribord du poste de pilotage juste en avant du couple 10. Le détonateur doit être actionné lors d'un atterrissage forcé en territoire ennemi en appuyant simultanément sur les deux boutons. Un capteur d'accident est prévu pour l'autodestruction automatique de l'unité IFF lors de la détection de chocs importants. L'antenne du transpondeur, broche 90, est montée sur la surface inférieure de l'aile droite.

## Équipement de navigation

L'équipement de navigation de l'avion se compose du compas magnétique P.8.M (6A / 726) installé sur la partie inférieure centrale du tableau de bord, et du gyroscope Mk.1A (6A / 1298) du tableau de bord pour le vol sans visibilité. La partie principale de la boussole est un compas magnétique qui porte le nom de rose des vents. C'est un élément sensible comprenant un système d'aimants, d'antennes, de fils amortisseurs, d'indicateur de cap, un axe central et un flotteur creux réduisant son poids dans le liquide. Les axes des aimants sont parallèles à l'axe 0° -180°, appelé axe de la rose des vents. Les pôles analogiques sont alignés. L'axe de la boussole repose sur des pièces en pierre dure (saphir, agate) placées dans la base de la boussole et son capot. À l'intérieur de la cuvette de la boussole (un récipient en aluminium hermétiquement scellé par un couvercle en verre) se trouve la colonne qui sert de support à la rose des vents de la boussole. Sous le verre se trouve la ligne de

référence - un fil mince, placé pour servir de repère lors de la détermination de la course de la rose des vents. La cuvette de la boussole contient un liquide amortissant ses oscillations. La cuvette du compas est reliée à une membrane ondulée en laiton mince utilisée pour compenser les variations du volume de fluide en raison des changements de température. Fixé sous la cuvette, une unité de correction 6A / 6B ou 1032/1752 compense l'écart de demi-cercle. La cuvette du compas est remplie de naphtha. Deux cartes d'écart sont installées au milieu de la partie inférieure du tableau de bord : à gauche celle à utiliser avec un réservoir externe de fuselage, à droite celle à utiliser sans.

Le gyrocompas n'indique pas automatiquement la route et indique plutôt l'écart par rapport à une route donnée, mesurée par le compas magnétique P8.



**Figure 44: Compas P.8.M**

## Équipement d'éclairage

L'équipement d'éclairage de l'avion se compose des feux de navigation, d'identification, d'éclairage de cabine et des phares d'atterrissage.

### Feux de navigation

L'interrupteur de commande des feux de navigation est monté sur le côté gauche du poste de pilotage. Les lampes de 20W d'extrémité d'ailes droite et gauche sont équipées d'un couvercle métallique en forme de dôme qui fixe solidement l'écran de verre coloré sur le corps de la lampe. La lampe de queue de 10W est insérée dans un support sur le bord de fuite du gouvernail et est recouverte d'un dôme vissé.

### Feux d'identification

Les feux d'identification inférieurs sont destinés à communiquer avec les équipes au sol alors que les feux supérieurs servent à la communication entre les aéronefs.

La commande des feux d'identification se fait par un actionneur spécial (Type C), situé sur le côté tribord de la cabine. Il se compose de deux commutateurs, le commutateur gauche pour le bas, le droit pour le haut et le code Morse. Chaque commutateur a trois positions fixes : "STEADY" pour un éclairage indéfini, "OFF" pour désactivé et "MORSE" utilisé pour les transmissions en code Morse.



**Figure 45 : Manipulateur Morse**

Le manipulateur Morse est réglable en tournant la petite bague dans le coin supérieur gauche de l'interrupteur. La position de la bague est fixée avec un loquet spécial, qui est dans la bague de collet correspondante.

Consommation électrique des feux d'identification : inférieurs: 35W, supérieurs : 16W.

Le support des feux supérieurs est monté sur le haut du fuselage à l'intérieur. Sur le fuselage, une fente, fermée par un capot simplifié en Plexiglas transparent permet de les voir.

Le feu orienté vers le bas a un réflecteur et a une lampe dépolie. Une ouverture, recouverte de plexiglas orange, est faite sur la face inférieure du fuselage pour la lampe tournante inférieure. Si nécessaire, le plexiglas peut être changé en rouge ou vert.

### Phares d'atterrissage

Les phares d'atterrissage installés sur le Spitfire IX ont été démontés.

### Éclairage de la cabine

Deux lampes de cockpit sont installées, une de chaque côté du poste de pilotage. La lampe du côté tribord est montée de manière à pouvoir être déplacée verticalement vers le haut ou vers le bas, La lampe du côté bâbord, montée sur un support universel, peut être allongée et tournée pour éclairer le tableau de bord. Les deux lampes sont capotées pour éviter l'éblouissement et sont contrôlées par les variateurs, type A, montés au centre du tableau de bord.

## Équipements auxiliaires

### Lanceur de fusées

Un lanceur de fusée Plessey à six coups est installé dans la partie arrière supérieure du fuselage entre les couples 16 et 17. Il tire des fusées de 1,5 pouce lorsque la poignée est tirée. Après le tir, la poignée revient en position. Le sélecteur est situé au-dessus de la poignée de tir. La commande de cet appareil est monté sur le couple 10 du côté bâbord. Le lanceur de fusée est armé par l'ouverture sur le côté droit du fuselage entre les couples 17 et 18. La découpe dans le placage du revêtement sous le nez du lanceur est scellée par une toile avant le décollage.

### Système de dégivrage

Pour dégivrer le pare-brise, un système de dégivrage est installé. Il comprend un réservoir contenant un mélange d'eau distillée et d'éthylène glycol en quantités égales, une pompe et une soupape à aiguille pour réguler le flux de liquide, un robinet ON / OFF et des tuyaux conduisant à un diffuseur à partir duquel le liquide est pulvérisé vers le haut sur l'extérieur de la façade du pare-brise. Un tuyau conduit également du robinet de commande au tuyau entre le réservoir et la pompe pour permettre à tout excès de liquide dans la pompe de retourner au réservoir lorsque le robinet est fermé. Le réservoir, la pompe et le robinet sont tous sur le côté tribord du poste de pilotage.

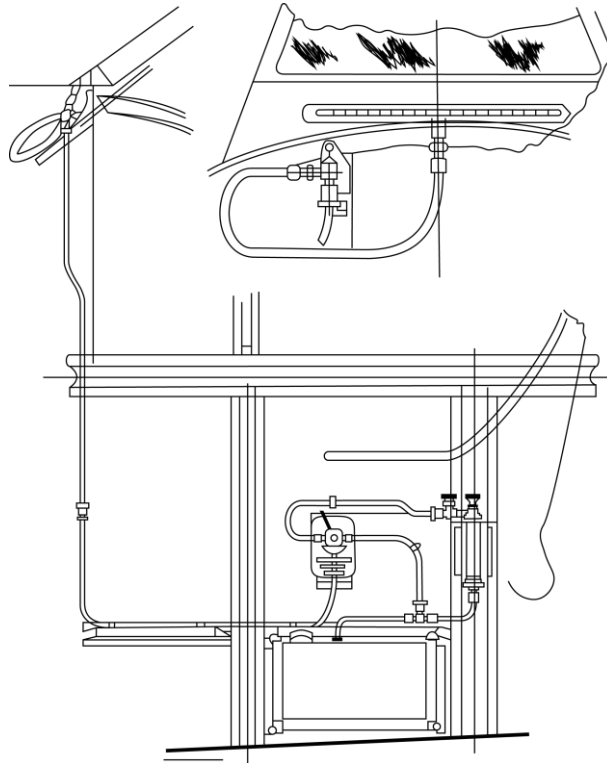


Figure 46 : Système de dégivrage du pare-brise

### Tube de Pitot chauffé

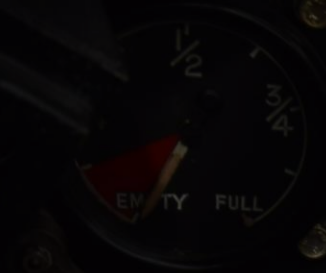
L'élément chauffant du tube de Pitot consomme 115W et est commandé par un interrupteur monté sur le côté bâbord du poste de pilotage entre les couples 9 et 10. Pour éviter une décharge excessive de l'accumulateur et pour éviter d'endommager l'isolant par un excès de chaleur, l'élément doit être éteint à l'atterrissage.

DOWN OR LOWERED  
AT SPEEDS ABOVE  
160 MPH

ATOR MK VIII C  
744

OXYGEN  
PLY AVAILABLE

# COCKPIT



PULL OUT FOR TIGHT USE



Direction	Distance
N.	0
N.E.	45
E.	90
S.E.	135
S.	180
S.W.	225
W.	270
N.W.	315

ON OFF ON  
FLOOD LIGHTS

MEAN  
DOWN  
LANDING  
LAMPS



## COCKPIT

Le poste de pilotage comprend les commandes de l'avion et du moteur, le tableau de bord, les instruments et équipements des deux côtés (avec les manettes de commande) et l'équipement supplémentaire monté sur la paroi arrière du poste de pilotage. Voir ci-dessous pour l'image détaillée du cockpit.



Figure 47: Cockpit du Spitfire



# Tableau de bord

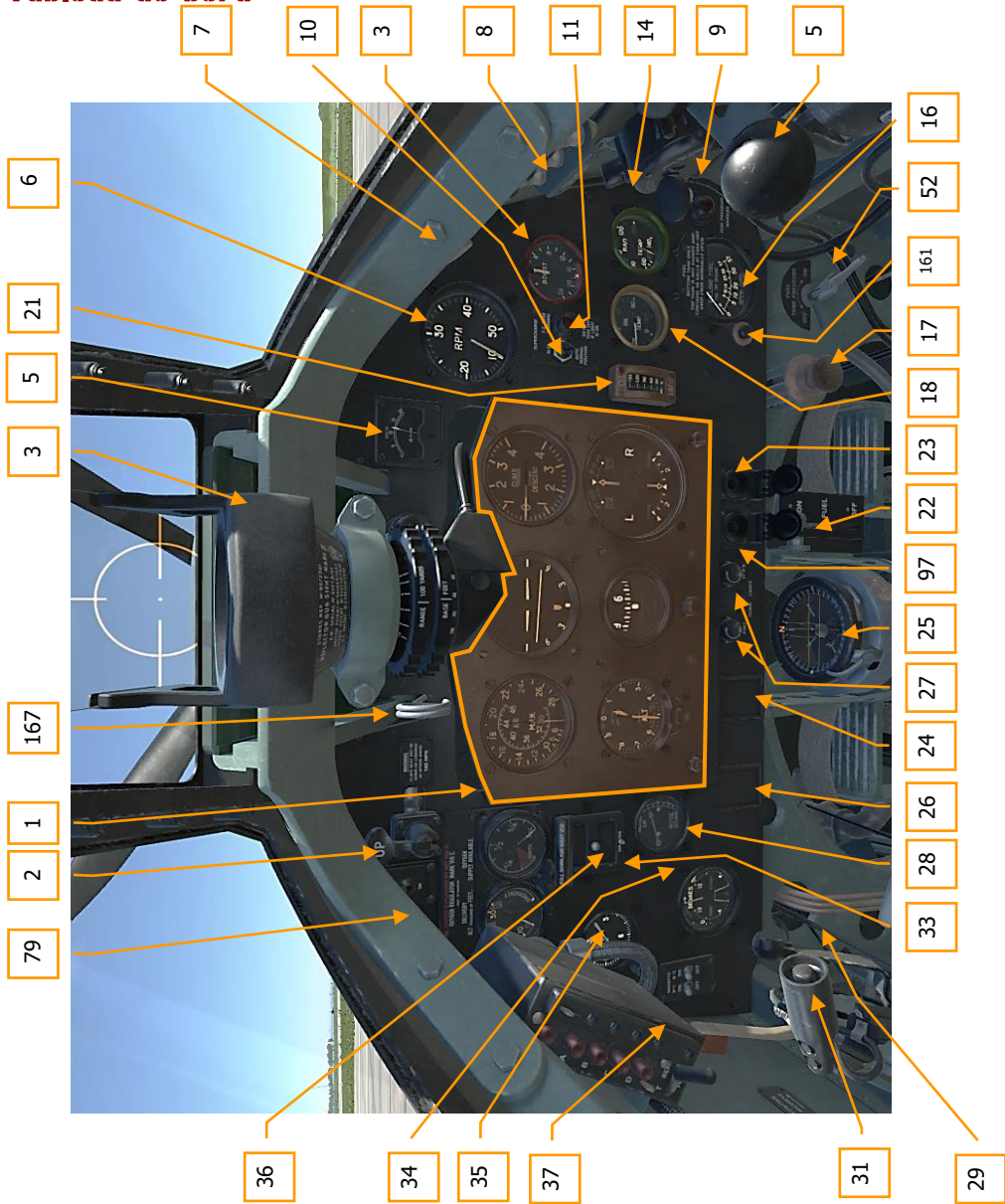


Figure 48: Instruments du Spitfire



1. Panneau de vol sans visibilité
2. Vanne de commande des volets
3. Viseur Gyroscopique collimaté Mk II.
4. Bati du connecteur du viseur.
5. Voltmètre.
6. Tachymètre.
7. Aérateur du cockpit.
8. Ampoules de rechange du réticule du viseur
10. Interrupteur à bascule de vitesse du compresseur
11. Voyant d'activation de la deuxième vitesse du compresseur
13. Manomètre d'admission (PA).
14. Thermomètre du liquide de refroidissement
15. Pompe à carburant manuelle.
16. Jauge de carburant.
17. Pompe d'amorçage (a).
18. Thermomètre d'huile moteur.
19. Voyant de pression carburant
21. Manomètre d'huile moteur.
22. Robinet de carburant.
23. Interrupteur de démarrage moteur.
24. Plaquette de déviation du compas.
25. Compas magnétique.
26. 2eme plaquette de déviation du compas.
27. Rhéostat d'éclairage cockpit
28. Indicateur du compensateur de profondeur.
29. Manomètre pneumatique à trois aiguilles.
31. Interrupteurs à bascule des magnétos.
33. Système d'avertissement du train d'atterrissage.
34. Régulateur d'oxygène
35. Débitmètre d'oxygène.
36. Manomètre d'oxygène.
37. Boîtier de commande de la radio
52. Vanne de coupure de la pressurisation du réservoir.
79. Interrupteur des feux de navigation.
97. Bouton du survolteur bobine.
161. Bouton de la jauge carburant.
166. Largage d'urgence des bombes
167. Manette du filtre lumineux du collimateur

## Tableau de bord

Le tableau de bord se compose de 2 parties. La partie centrale en alliage d'aluminium de 3 mm d'épaisseur accueille les instruments de base pour le contrôle du vol et de la navigation . Le panneau de pilotage de vol sans visibilité est monté sur trois supports amortisseurs afin de réduire les dommages potentiels aux équipements. A droite du tableau de bord se trouvent les instruments de gestion de la puissance moteur et à gauche les dispositifs de commande des systèmes auxiliaires de

l'avion. En bas se trouvent le compas, le robinet de carburant principal, la pompe d'amorçage et la vanne de pressurisation du réservoir de carburant.



Figure 49: Tableau de bord

## Panneau de vol sans visibilité

Le tableau de bord standard du dernier modèle 6A/760 pour le vol sans visibilité est installé sur l'avion.



**Figure 50: Panneau de vol sans visibilité (dernier modèle)**

Sur le panneau de vol sans visibilité se trouvent les instruments de vol et de navigation suivants :

### Anémomètre Mk.IXF (6A/587)

Utilisé pour mesurer la vitesse air de l'avion en vol. La vitesse air est la vitesse de l'avion par rapport à l'air. L'anémomètre est basé sur le principe de la mesure de différentes pressions aérodynamiques en vol (forces de résistance au flux d'air entrant par unité de surface du corps en mouvement). Un tube de Pitot évolué, composé de deux tubes coudés concentriques dont les orifices, en communication avec l'air dont on veut mesurer la vitesse, sont disposés de façon particulière. Les tubes sont reliés à leurs chambres de mesure respectives. Une capsule anéroïde mesure la différence de pression entre les deux tubes, c'est-à-dire la pression dynamique et la pression totale, et permet donc de calculer la vitesse d'écoulement de l'air autour du tube. La pression statique est prise à l'intérieur du tube (pression ambiante). la capsule se dilate en cas d'augmentation de la vitesse de vol ou se comprime en cas de diminution de cette vitesse en fonction uniquement de la pression dynamique. La déformation de la capsule est ensuite transmise mécaniquement à l'aiguille de l'anémomètre. Le boîtier est hermétiquement clos. L'appareil communique avec le tube de Pitot par deux raccords de sortie reliés aux canalisations statique et dynamique. Lorsque l'avion est au sol, le

tube de Pitot est recouvert, ce qui l'empêche de se boucher. Le cadran affiche une double échelle concentrique graduée en miles par heure (mph). Les lectures sur l'échelle extérieure vont de 60 mph à 280 mph, puis de 280 à 480 mph sur l'échelle intérieure. Les intervalles des graduations sont de 5 mph pour les deux échelles.

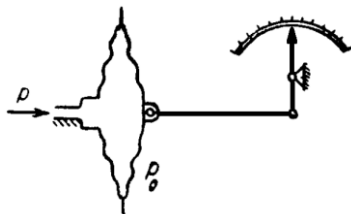


Figure 51 : Schéma de principe de l'anémomètre



Figure 52: Anémomètre

### Horizon artificiel Mk.1B (6A/1519)

Conçu pour déterminer la position de l'avion par rapport au plan horizontal pendant le vol sans visibilité (vsv). L'horizon artificiel est un instrument important du vsv, puisqu'il permet de maintenir la position horizontale de l'avion sans réellement voir le sol. Ces indications sont affichées en temps réel indépendamment des contraintes inertielles. Il réagit instantanément aux changements d'attitude et n'oscille pas pendant les accélérations qui rythment le vol.

Le fonctionnement de l'horizon artificiel est basé sur les propriétés d'un gyroscope à trois degrés de liberté dont l'axe est corrigé au moyen d'une compensation pendulaire..

La face avant de l'appareil se compose d'un écran noir avec une ligne horizontale, recouverte d'une peinture luminescente représentant l'horizon. La silhouette de l'avion est fixe et parallèle au plan des ailes de l'avion, la ligne symbolisant la ligne d'horizon est mobile et reste parallèle à l'horizon terrestre. L'angle entre la silhouette de l'avion et la ligne d'horizon donne l'inclinaison de l'avion. La distance entre le centre de la ligne et la silhouette de l'avion est proportionnelle à l'assiette de l'avion. Des repères pour les angles d'inclinaison graduent la partie inférieure de l'appareil.



Figure 53: Horizon artificiel

### Variomètre Mk. 1A(6A/942)

Conçu pour indiquer les variations d'altitude, c'est-à-dire la vitesse de montée ou de descente. Les indications du variomètre sont essentielles pour le pilote à toutes les étapes du vol. Pour effectuer un vol horizontal, il est nécessaire pour maintenir une altitude constante, mais les indications des altimètres ne peuvent varier de façon discernable qu'en cas de changements d'altitude suffisamment importants (de quelques dizaines de mètres). Cet indicateur, étant un instrument suffisamment sensible, réagit à des variations mineures des taux de montée ou de descente, permettant ainsi de maintenir l'avion à l'horizontale. Lors d'une descente en plané, d'un piqué ou d'une montée, l'indicateur de vitesse verticale permet également d'établir rapidement le mode de montée ou de descente souhaité.

Le principe de fonctionnement de l'instrument est basé sur la mesure de la pression relative dans un espace clos communiquant avec l'atmosphère au moyen d'un tube capillaire (voir l'illustration).

En vol horizontal, la pression (atmosphérique) dans le boîtier et dans la capsule anéroïde sont équilibrées. la capsule ne détecte aucune différence de pression, l'aiguille reste donc sur zéro.

La pression atmosphérique ( $p$ ) diminue lors de la montée. L'air de la capsule commence à passer à travers un tube capillaire vers le boîtier clos ( $p_1$ ). Le capillaire a un diamètre plus petit, de sorte que la pression ( $p$ ) dans celle-ci n'a pas le temps de s'équilibrer avec la pression du boîtier ( $p_1$ ). La pression dans la capsule ( $p$ ) est inférieure à la pression ( $p_1$ ) dans le boîtier d'une quantité proportionnelle à la vitesse d'équilibrage. Sous l'influence de la différence de pression, la capsule se contracte et déplace la flèche vers le haut à partir de zéro. La pression externe cesse de changer dès que l'avion cesse de monter ; la pression dans le boîtier ( $p_1$ ) s'équilibre avec la pression atmosphérique ( $p$ ), et la flèche est ramenée à zéro.

Lors d'une descente, la pression ( $p$ ) à l'intérieur de la capsule augmente, et la pression à l'intérieur du boîtier ( $p_1$ ) diminue proportionnellement à la vitesse de descente. De par cette différence de pression ( $p_1 - p$ ), la capsule se dilate et déplace la flèche vers le bas à partir de zéro.

Ces indications peuvent subir un retard dû au fait que le changement de mode de vol peut prendre un certain temps (habituellement quelques secondes) pour établir une différence de pression à l'intérieur et à l'extérieur du boîtier.

L'aiguille doit rester sur zéro pendant le vol horizontal.

L'échelle est graduée de 0 à 4000 pieds / min. Les intervalles de graduation sont de 200 pieds / min.

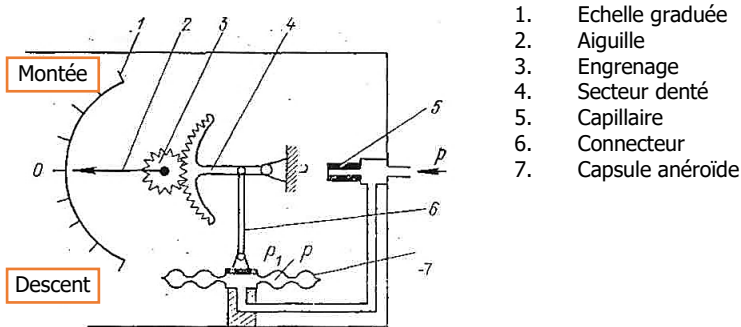


Figure 54 : Schéma de principe du variomètre



Figure 55: Variomètre

### Altimètre Mk. XIVA (6A/685)

Conçu pour déterminer l'altitude barométrique de vol sur le principe de la mesure de la pression statique de l'air entourant l'avion. Plus la pression de l'air diminue, plus l'altitude de l'avion est élevée par rapport au niveau de la mer.

L'altimètre est un baromètre métallique, l'élément déformable est une capsule anéroïde étanche placée dans un boîtier hermétique qui est en communication avec la chambre statique du tube de Pitot. La pression de l'air extérieur sur le boîtier est compensée par la résistance des membranes. La déformation du centre de la capsule barométrique est plus grande près du sol et diminue en fonction de l'altitude, c'est-à-dire que les pressions externes diminuent. Le mouvement du centre de la membrane est transmis mécaniquement à l'aiguille.



Le boîtier est étanche et communique avec la prise statique du tube de Pitot. Le même circuit de pression statique que l'anémomètre est utilisé

L'altimètre possède trois aiguilles. Les unités pour chaque aiguille sont indiquées sur le périmètre de la pointe de l'aiguille.

La flèche longue et étroite indique l'altitude en centaines de pieds, la flèche large et moyenne indique les milliers de pieds. La flèche étroite et courte indique l'altitude en dizaines de milliers de pieds.

L'altimètre est muni d'un réglage de la pression barométrique. En tournant une molette, on déplace la plage de pression dans la fenêtre du bas du cadran. Lors du réglage de l'échelle barométrique de l'altimètre une erreur maximale de 3 graduations est admissible.



Figure 56: Altimètre

### Gyrocompas Mk.IA (6A/1298)

Conçu pour aider le pilote à maintenir l'avion sur un cap précis et pour effectuer des virages au taux souhaité. Le gyrocompas est construit sur le principe d'un gyroscope à deux degrés de liberté monté sur cardan, l'axe du rotor du gyroscope est horizontal.

Le gyrocompas n'indique pas automatiquement le cap et indique plutôt un écart par rapport au cap donné mesuré par le compas magnétique P8 installé dans la partie inférieure centrale du tableau de bord. A cette fin, l'écart de cap du gyrocompas peut être réglé par le pilote à l'aide d'une molette de recalage située au bas de l'appareil. Toutes les 10-15 minutes de vol, ses indications sont comparées à celles, stabilisées, du compas et, si nécessaire, corrigées par la molette. Ce recalage est dû à l'accumulation des erreurs au fil du temps (jusqu'à 2°~3° chaque 10-15 min.). Le gyrocompas doit être utilisé en relation avec le compas magnétique.

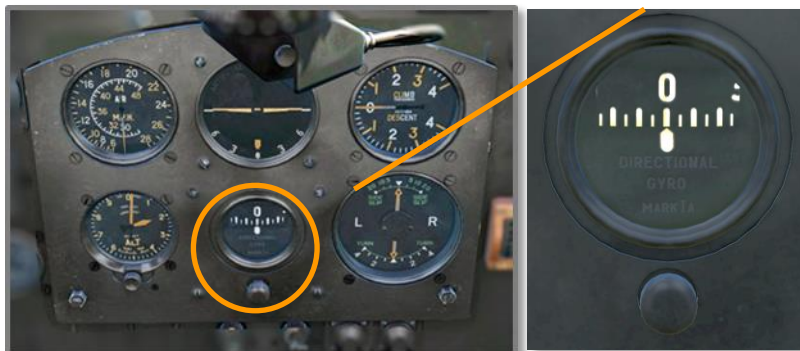
Les indications du gyrocompas, ainsi que celles de l'horizon artificiel sont inertielles et sont instantanées. Pour cette raison, le gyrocompas est utilisé pour le vol sans visibilité.

La paroi avant du boîtier de l'instrument est munie d'une fenêtre circulaire, hermétiquement scellée par un panneau de verre. Derrière la vitre se trouve un cadran cylindrique dans une ouverture rectangulaire et un indicateur de cap. La rose des vents du gyroscope est visible à travers la fenêtre ; elle est graduée de 0 à 360° avec des graduations tous les 5°. La numérotation de la rose se fait tous les 30°, et les nombres sont écrits sans le dernier zéro, c'est-à-dire que l'inscription "9" indique 90° et ainsi de suite. Tous les marquages, ainsi que l'indicateur de cap sont recouverts d'une peinture

luminescente. Sous la fenêtre se trouve une molette de réglage de la valeur souhaitée sur l'indicateur de cap qui sert aussi de dispositif de verrouillage lorsque l'appareil est désactivé.

Comme tous les instruments gyroscopiques, le gyrocompas est sensible aux anomalies du système d'alimentation ou à l'étanchéité du boîtier. Lorsque celle-ci est altérée, la dérive du gyroscope est perturbée et sa stabilité perdue. Le gyrocompas est également sujet à des imprécisions lors du pilotage. Lors d'un virage avec un grand taux de roulis transversal, le cadre vertical de l'instrument s'incline à un angle égal au roulis absolu de l'avion. Il en résulte une erreur de précession dans la détermination du cap de l'ordre de 4°.

Lors d'un vol acrobatique, ainsi qu'à l'atterrissage et au roulage, le pilote doit pousser le bouton afin d'éviter une détérioration prématurée de l'appareil. Le gyrocompas permet des variations d'assiette et d'inclinaison de 55° maximum. Si ces valeurs sont dépassées, le pilote doit appuyer sur le bouton puis réintroduire les valeurs désirées.



**Figure 57: Gyrocompas**

### Indicateur de virage et de dérapage Mk.IB (6A/1302)

Conçu pour afficher les mouvements de lacet et de dérapage. Le fait d'initier un virage de correction pour maintenir un cap sur le compas magnétique améliore la précision du pilotage en ligne droite, car la flèche de l'indicateur d'inclinaison réagit plus rapidement et plus précisément à la dérive de l'avion par rapport à la trajectoire en ligne droite que le compas magnétique. La combinaison de l'indicateur d'inclinaison et de l'indicateur de dérapage permet de bien synchroniser un virage à une vitesse donnée.

L'action de l'indicateur de virage est basée sur les propriétés de la précession d'un gyroscope à deux degrés de liberté monté sur cardan. La direction de l'axe du cardan coïncide avec celle de l'axe longitudinal de l'avion. L'amortisseur de l'indicateur d'inclinaison est destiné à amortir le mouvement de l'aiguille. S'il n'y avait pas d'amortisseur, le moindre mouvement de lacet ferait basculer l'aiguille si brutalement qu'il serait impossible de piloter l'avion en utilisant les indications de l'instrument.

L'indicateur de dérapage est basé sur le principe du pendule





Figure 58: indicateur de dérapage

## Tableau de bord coté gauche

Le côté gauche du tableau de bord contient les éléments suivants :

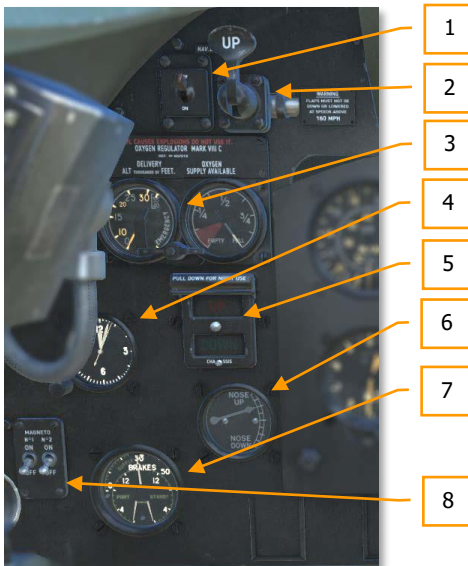


Figure 59: Tableau de bord coté gauche

1. Interrupteur des feux de navigation (5C/543)
2. Vanne de commande des volets (SHT 6/34959)
3. Groupe d'oxygène Mk.VIIC (6D/513.)
4. Chronomètre de bord Mk.IV (106A/322)
5. Voyants de position des trains (SHT 54/30036)
6. Indicateur de position du compensateur de profondeur(SHT 9/30034)
7. Manomètre 3 aiguilles Mk.IC (6A/1754)
8. Interrupteurs de commande des magnétos (5C/548)

### **Interrupteur des feux de navigation (5C/543)**

Interrupteur à bascule connecté aux feux de navigation supérieur, de la queue et des ailes.



**Figure 60: Interrupteur des feux de navigation**

### **Vanne de commande des volets (SHT 6/34959)**

La constitution de la vanne et son principe de fonctionnement sont abordés en détail dans la section de la vanne à clapet.

Les volets sont rentrés lorsque la vanne est en position haute. En position basse, ils sont déployés. Il n'y a pas de position intermédiaire pour le commutateur. Les volets se déploient à un angle de 85°. Une plaque est montée près de la valve pour rappeler au pilote que la vitesse de vol maximale autorisée avec les volets déployés est de 160 milles/heure.

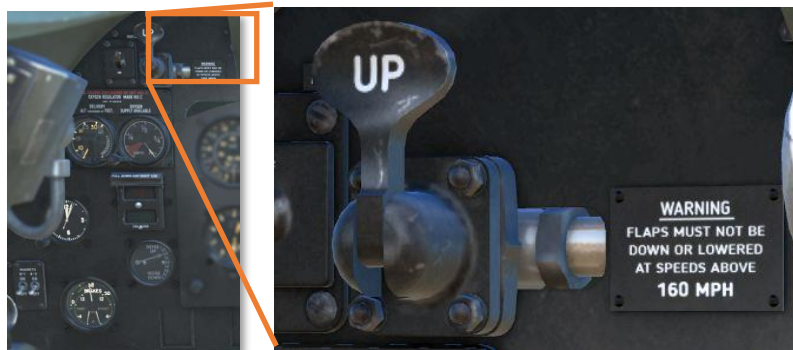


Figure 61: Vanne de commande des volets

### Groupe oxygène Mk.VIIC (6D/513)

Le groupe d'oxygène sert à contrôler le débit d'oxygène du réservoir de bord vers le masque à oxygène du pilote. Les manomètres installés sur la face avant servent à indiquer au pilote la quantité d'oxygène disponible dans le réservoir. Un deuxième cadran - le débitmètre d'oxygène - surveille l'apport correct de la quantité d'oxygène requise dans le masque du pilote en fonction de l'altitude de vol. Le principe de fonctionnement du débitmètre d'oxygène est basé sur l'utilisation d'un jet d'oxygène à haute vitesse dirigé vers la lame de la flèche de l'instrument. La déviation des lames (flèches) est déterminée par l'échelle de l'altimètre, qui correspond à une certaine quantité d'oxygène nécessaire. Si l'altitude indiquée par l'indicateur de débit correspond à l'altitude de vol réelle, on peut supposer que l'appareil fonctionne correctement.

Un réducteur de pression est installé entre les manomètres. L'oxygène du réservoir embarqué est fourni par le module régulateur, puis par un tuyau flexible jusqu'au masque pilote.



Figure 62: Unité oxygène

### Montre d'aviation Mk.IV (106A/322)

La montre est conçue pour afficher l'heure actuelle en heures, minutes et secondes. Elle possède un remontoir au bas de l'appareil. Le mécanisme du pendule est utilisé comme principe de fonctionnement. La conception est celle d'une montre classique à ressort spirale avec balancier rotatif. L'autonomie de fonctionnement est de 8 jours.

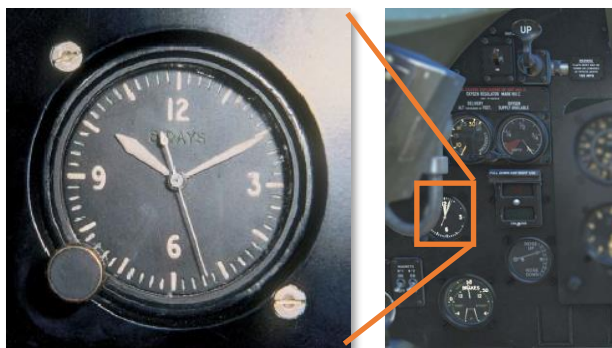


Figure 63: Montre

### Voyants de position des trains (SHT 54/30036)

Indique la position du train d'atterrissage. Le panneau de signalisation correspondant s'allume lorsque le train d'atterrissage est rentré ("UP") ou déployé ("DOWN"). En haut du panneau se trouve un obturateur pour diminuer l'éclairage pour les vols de nuit. L'alarme du circuit de position DOWN (abaissé) comporte un interrupteur qui ouvre le circuit lorsque l'avion est stationné. L'interrupteur se trouve sur la colonne de commande du moteur. Lorsque vous déplacez la manette des gaz vers l'avant, l'interrupteur est activé et la chaîne de position déployée est mise sous tension. Après le roulage et l'arrêt du moteur, cet interrupteur doit également être mis en position OFF manuellement afin d'éviter une décharge inutile de la batterie.

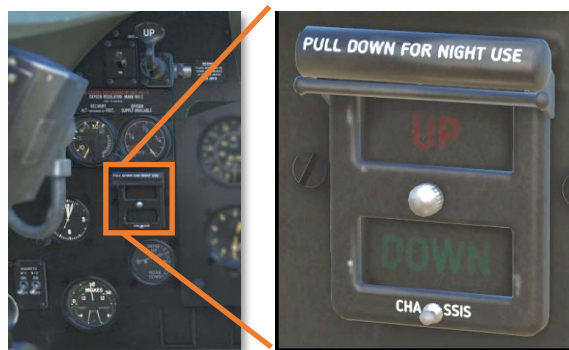


Figure 64: Voyants de position des trains

### Indicateur de position du compensateur d'élevateur (SHT 9/30034)

Indique visuellement au pilote le réglage du tab de profondeur. La flèche dans la partie supérieure de l'échelle indique que l'avion est compensé vers le haut et vice versa.



Figure 65: Indicateur de compensation de la profondeur

### Manomètre pneumatique à trois aiguilles (6A/1754)

Dispositif de contrôle du bon fonctionnement du système pneumatique. Un indicateur à trois aiguilles combine, en un seul appareil : la pression pneumatique dans le système de l'avion et dans les freins à air des roues. Trois cadran gradués sont présents : pression du système pneumatique de 0 à 600 lb/in<sup>2</sup> ( 0 à 40 bars), manomètres freins gauche et droit de 0 à 130 lb/in<sup>2</sup> (0 à 9 bars ). Les échelles sont disposées de telle sorte que, sous les valeurs normales mesurées, les aiguilles forment un symbole facilitant la surveillance de l'instrument ; il n'est donc pas nécessaire de lire la mesure pour chaque aiguille, ce qui permet au pilote d'évaluer l'état du système uniquement par la disposition des flèches.

La partie supérieure de l'échelle est destinée à contrôler la pression de l'air comprimé, les échelles inférieures gauche et droite indiquent la pression d'air dans les freins de roue. En haut du manomètre se trouve un index marquant la pression maximale admissible dans le système pneumatique.



Figure 66: Manomètres pneumatique

### Interrupteurs de commande des magnéto (5C/548)

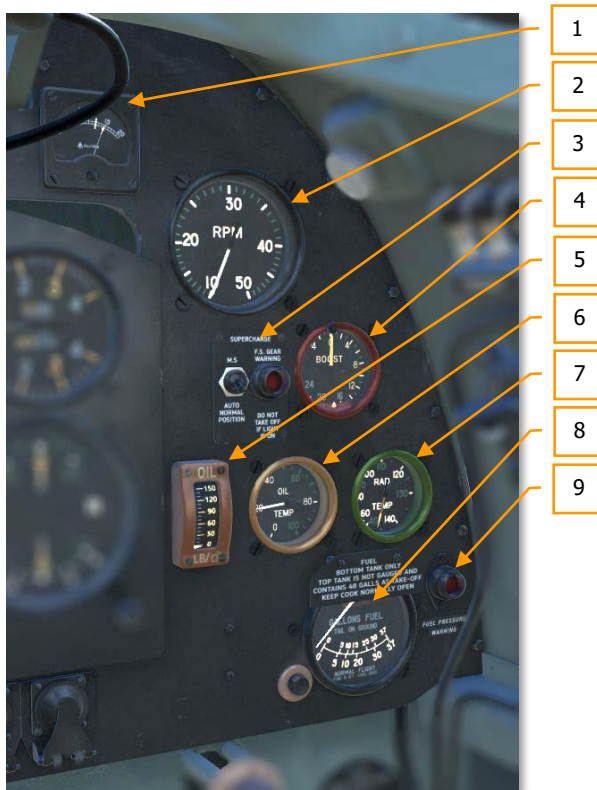
La magnéto est une génératrice magnéto-électrique qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans certains moteurs à combustion interne à essence où la batterie n'est pas utilisée, la magnéto fournit une impulsion électrique aux bougies d'allumage. Dans les avions, chaque cylindre dispose généralement de deux bougies d'allumage reliées chacune à une magnéto différente. Cette conception crée une redondance en cas de défaillance de l'une des magnétos et deux étincelles assurent une combustion plus complète et plus efficace du mélange de carburant.



Figure 67: Interrupteurs magnéto

## Tableau de bord droit

Côté droit du tableau de bord se trouvent le voltmètre, le tachymètre, la jauge de carburant, la pression d'admission, ainsi que les voyants de signalisation du compresseur, les contrôles de température et le système de carburant.



**Figure 68: Tableau de bord droit**

1. Voltmètre (5U/1636)
2. Tachymètre Mk.IX G (6A/1191)
3. Panneau de commande du compresseur (SHT183/35134)
4. jauge de suralimentation Mk.IIIL (6A/1427)
5. manomètre d'huile Mk.XIV (6A/570)
6. Thermomètre d'huile Mk.IA (6A/1094)
7. Thermomètre de liquide de refroidissement Mk.VIII (6A/1100)
8. Jauge varburant Mk.IV (6A/704)
9. Voyant d'alerte de pression carburant (5C/1069)



### Voltmètre (5U/1636)

Conçu pour mesurer et afficher la tension du réseau électrique de bord de l'avion. L'instrument de mesure du DC (courant continu) est basé sur la déviation d'une aiguille fonction de la tension du réseau DC. L'angle de déviation de l'aiguille est proportionnelle à la tension appliquée aux bornes de l'instrument. L'échelle graduée est de 0-20 V. La valeur normale de la tension du système est de 12 V. Pour des raisons de commodité, une marque est placée à 12 V.

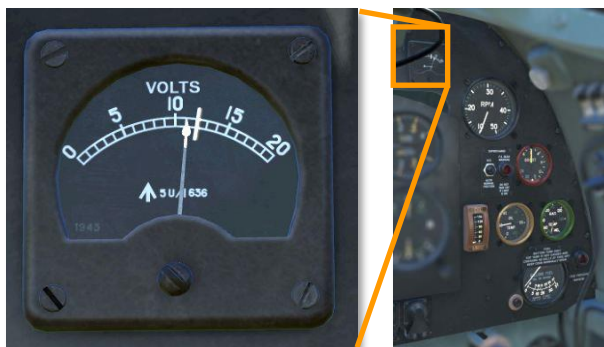


Figure 69: Voltmètre

### Tachymètre Mk.IX G (6A/1191)

Le tachymètre sert à mesurer la vitesse de rotation de l'arbre moteur principal (vilebrequin). La vitesse de rotation est exprimée en nombre de tours par minute. Le tachymètre affiche cette vitesse en temps réel. En se référant aux indications du tachymètre, le pilote règle le moteur pour maintenir le régime requis pour le type de vol donné.

Le tachymètre est de type centrifuge, construit sur le principe de la mesure de la force centrifuge développée par une masse en rotation. Un flexible transmet le mouvement de rotation au tachymètre depuis l'arbre à cames du bloc cylindres gauche. L'échelle de l'instrument est graduée de 1000 à 5000 RPM (tr/min). Les deux zéros de droite sont éliminés. Les graduations représentent des incréments de 100 tours/minute. Les graduations de l'instrument sont luminescentes.





**Figure 70: Tachymètre****Panneau de commande du compresseur (35 134-183)**

Le panneau se situe à gauche du manomètre d'admission et inclut un interrupteur et un voyant d'alerte. Le compresseur effectue automatiquement son changement de vitesse en fonction du signal du capteur d'altitude monté derrière le cockpit. Cependant, le pilote peut forcer le compresseur à revenir en première vitesse. L'interrupteur a deux positions :

- AUTO NORMAL POSITION – changement de vitesse automatique
- M.S. – passage forcé en première vitesse.

Voyant rouge d'alerte repéré "F.S. GEAR WARNING". Allumé, il avertit le pilote du fonctionnement du compresseur en deuxième vitesse. Si cette alerte est active avant le décollage, celui-ci doit être immédiatement arrêté afin d'identifier la cause du problème et d'y remédier.

**Figure 71: Panneau de commande du compresseur****Indicateur de la pression de suralimentation Mk.III. (6A/1427)**

Pour maintenir la puissance du moteur de l'avion, il est nécessaire de s'assurer que le rapport de masse entre l'air injecté dans les cylindres et le carburant est d'environ 13:1. Donc, la masse de l'air doit être 13 fois plus élevée que la masse de carburant dans le mélange. La masse d'un même volume d'air est directement proportionnelle à la densité de l'air. Avec l'augmentation de l'altitude de vol et la diminution de la densité de l'air, la proportion requise dans le mélange diminue également et avec elle, la puissance du moteur. Il est impossible de maintenir les proportions normales en réduisant la quantité de carburant tout en maintenant la puissance du moteur, car la masse totale du mélange est réduite. La puissance du moteur diminue considérablement à mesure que l'altitude augmente : à une altitude de 5000 m, la puissance du moteur est environ la moitié de ce qu'elle serait au niveau de la mer. Afin de maintenir la puissance du moteur à haute altitude, un compresseur y est installé. Ce compresseur reçoit le mélange de carburant en sortie du carburateur, le comprime et après refroidissement le refoule dans les pipes d'admission du moteur, ce qui augmente la densité du mélange. La pression dans les pipes d'admission (PA) dépend de la vitesse du compresseur et de l'altitude de vol. A chaque instant en vol, le pilote doit être capable de contrôler la pression d'admission (PA). Pour mesurer la pression dans les pipes d'admission du moteur, on utilise un instrument appelé manomètre à vide ou manomètre de suralimentation du

compresseur. Le manomètre fonctionne sur le principe d'une capsule anéroïde et mesure l'augmentation de pression par rapport à l'atmosphère. Lorsque le moteur ne tourne pas, la pression dans le tuyau d'admission est égale à la pression atmosphérique : l'aiguille sera donc à 0, l'échelle est graduée par incrément de 1 lb/in<sup>2</sup>. Ces chiffres indiquent la différence de pression absolue entre la sortie du compresseur et la pression atmosphérique en lb/in<sup>2</sup>.



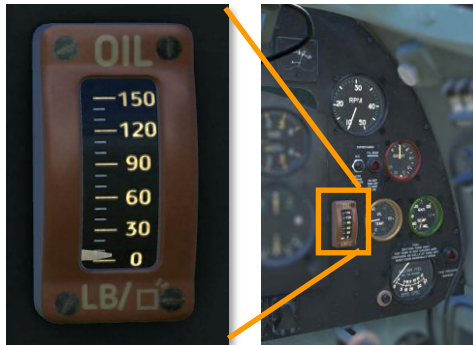
**Figure 72: Manomètre d'admission (PA)**

### **Manomètre d'huile Mk.XIV (6A/570)**

La circulation ininterrompue de l'huile dépend de la différence de pression entre la conduite d'huile et le carter. Cette différence est mesurée par le manomètre d'huile. Il contrôle le flux ininterrompu de lubrification et avertit le pilote en cas de défaillance du système de lubrification. Cet instrument est un manomètre différentiel à tube de Bourdon. Le boîtier de l'appareil n'est pas hermétiquement clos car la différence de pression entre la pression ambiante et le carter d'huile est négligeable par rapport à celle mesurée de l'huile. La pression d'huile est mesurée dans un réservoir spécifique installé dans le compartiment moteur.

La pression d'huile est mesurée dans un réservoir spécifique installé dans le compartiment moteur. Elle est transmise au boîtier récepteur et est captée par un soufflet dont la cavité intérieure est reliée à un manomètre au moyen de tube de raccordement.

La soupape à soufflet, le tube capillaire et le tube de Bourdon sont remplis de toluène. Le récepteur et le manomètre sont solidaires, soudés ensemble par un tube de raccordement. la viscosité du toluène ne change pas à basse température et il ne gèle pas. La plage de mesure est comprise entre 0-150 lb/in<sup>2</sup>. L'instrument est gradué de 0 à 150 lb/in<sup>2</sup> par incréments de 10 lb/in<sup>2</sup>. Les valeurs, les graduations, ainsi que l'extrémité de la flèche sont luminescentes.



**Figure 73: Manomètre d'huile**

### **Thermomètre d'huile Mk.IA (6A/1094)**

Le fonctionnement du moteur produit une grande quantité de chaleur, et la surchauffe du moteur abaisse la limite d'élasticité du métal. Par conséquent, les pièces peuvent se déformer.

La température du moteur est déterminée indirectement par celle du liquide de refroidissement, car le réfrigérant balaie les parois externes des cylindres et absorbe leur chaleur. Avec l'élévation de la température du moteur, celle du liquide réfrigérant augmente également. La température de l'huile et du liquide de refroidissement est mesurée par des thermomètres à vapeur qui contrôlent la température du moteur, la qualité du lubrifiant et avertissent le pilote d'une éventuelle surchauffe.

La base de fonctionnement de ces thermomètres à vapeur est la mesure des variations de pression des vapeurs saturées de fluides à bas point d'ébullition. Si un tel liquide est placé dans un espace fermé et chauffé à son point d'ébullition, il sera converti en vapeur. La quantité de vapeur augmente la pression dans l'espace clos. A une certaine valeur de pression, l'évaporation s'arrête et l'équilibre se produit. L'espace au-dessus du liquide dans lequel il n'y a plus d'évaporation est appelé saturé. Les vapeurs elles-mêmes sont également appelées saturées. Avec une nouvelle augmentation de la température, l'évaporation du liquide reprend jusqu'à ce que l'espace soit à nouveau saturé de vapeur, mais à une pression plus élevée. Chaque valeur de la température mesurée correspond à une pression de vapeur spécifique. Cette propriété de la vapeur saturée est utilisée pour mesurer la température.

L'indicateur du thermomètre à vapeur se compose d'un récepteur, du tuyau de raccordement et du manomètre. Le réservoir se présente sous la forme d'un récipient métallique fermé rempli d'un liquide bouillant. L'espace au-dessus de la surface du liquide communique avec l'intérieur du tube de Bourdon par un conduit. Le récepteur est immergé dans un environnement dont la température doit être mesurée. Avec l'augmentation de la température mesurée, la pression de vapeur augmente, le tube de Bourdon fléchit et déplace la flèche indiquant la température mesurée. Lorsque la température mesurée diminue, une partie de la vapeur se condense et la pression baisse, ce qui provoque un mouvement inverse de la flèche.

La plage de mesure est de 0-100° C. L'incrément des graduations est de 5° C. Tous les repères et indicateurs sont luminescents.



Figure 74: Thermomètre d'huile

### Thermomètre de liquide de refroidissement Mk.VIII (6A/1100)

De construction similaire au thermomètre à vapeur mesurant la température d'huile.

Plage de mesure de 40-140°C. L'incrément des graduations est de 5°C. Tous les marqueurs et indicateurs sont luminescents.



Figure 75: thermomètre du système de refroidissement

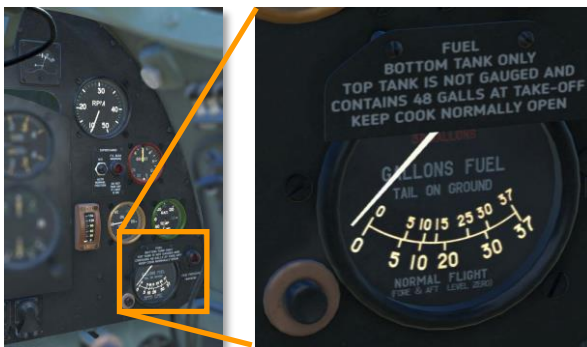
### Jauge carburant Mk.IV (6A/704)

La jauge carburant est l'instrument qui informe le pilote de la quantité de carburant présente dans les réservoirs de l'avion. La durée du vol de l'avion est déterminée par la quantité de carburant, il est donc nécessaire de connaître à tout moment de la quantité de carburant restant. Le circuit de carburant de l'avion est muni d'une jauge d'essence à flotteur qui mesure uniquement la quantité de carburant inférieure.

Le composant principal de la jauge d'essence est le flotteur qui repose sur la surface du carburant dans le réservoir. Lorsque le niveau de carburant change, le flotteur suit le niveau et, à l'aide du mécanisme de transmission, déplace l'indicateur pour qu'il corresponde aux niveaux de carburant

restants. La jauge d'essence est alimentée électriquement par le courant continu en transmettant ses données à la cabine.

L'indicateur de niveau de carburant est un instrument de mesure électromagnétique. La base de son fonctionnement est l'effort du champ magnétiques de la bobine générée par un courant sur l'armature faite d'un métal mou. L'échelle de la jauge d'essence est en deux parties. L'échelle supérieure est utilisée pour mesurer la quantité de carburant au sol, lorsque l'avion est dans sa position à trois points. L'échelle inférieure est utilisée pour la mesure du carburant en vol. La valeur maximale est égale au volume du réservoir inférieur : 37 gallons (168 litres). Pour vérifier le niveau de carburant, vous devez appuyer sur le bouton (5CW / 4187) en bas à gauche de l'indicateur afin d'alimenter la jauge d'essence à partir du réseau de bord.



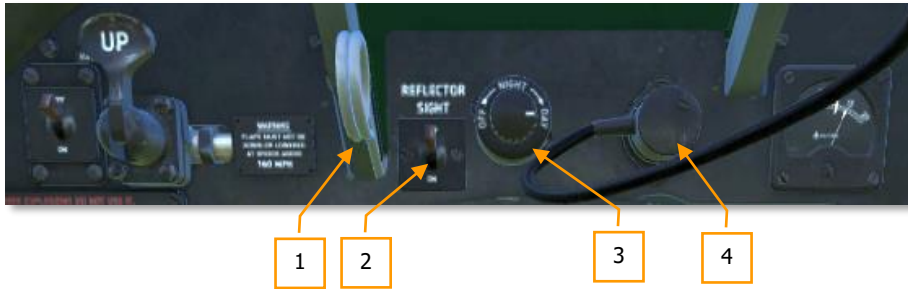
**Image 76 : Jauge de carburant**

### Voyant d'alerte de pression carburant

À gauche de la jauge d'essence un interrupteur à lampe se déclenche en cas de chute de pression (inférieure à 10 lb/in<sup>2</sup>) de la pompe à essence. Le circuit du capteur de pression de carburant est alimenté par celui qui alimente les voyants du train d'atterrissage et est également commandé par un interrupteur sur la colonne des leviers de commande moteur.



**Figure 77: Voyant d'alerte de pression carburant**



## Partie supérieure du tableau de bord

### 1. Filtre optique du viseur collimaté

Dans des conditions d'éclairage très lumineuses, un filtre optique est utilisé pour faciliter la visée. Pour placer le filtre devant le réflecteur, tirez sur l'anneau qui le déplace sur la réticule..

### 2. Tambour de visée à collimateur

Un interrupteur séparé active le viseur.

### 3. Rhéostat d'éclairage artificiel du viseur collimaté

La luminosité de l'éclairage du viseur est contrôlée par ce rhéostat.

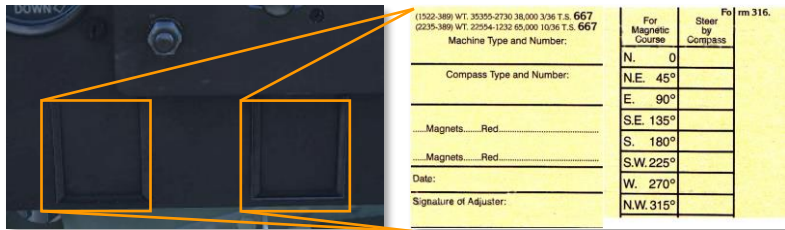
### 4. Assemblage du connecteur de viseur collimaté

Un connecteur est installé sur le tableau de bord pour connecter le viseur collimaté à l'alimentation électrique de bord de l'avion.

## Partie inférieure du tableau de bord

### Carte des déviations magnétiques

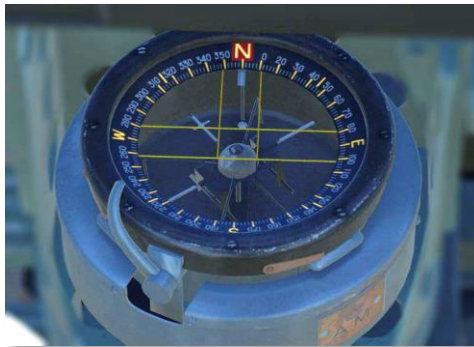
Deux supports pour plaquettes indiquant la déviation du compas magnétique sont installés, aussi bien pour les vols avec et sans réservoirs externes..



**Figure 78 : Côtés avant et arrière**

### Compas P.B.M (6A/726)

Une compas magnétique est monté sur un support spécial sur la partie centrale inférieure du tableau de bord.



**Figure 79: Compas**

### Rhéostat d'éclairage cabine

Pour l'éclairage de la cabine dans des conditions de faible luminosité. Les deux côtés du cockpit sont équipés de deux projecteurs. L'allumage des lampes et le réglage de leur luminosité sont contrôlés par deux rhéostats sur la partie inférieure du tableau de bord.

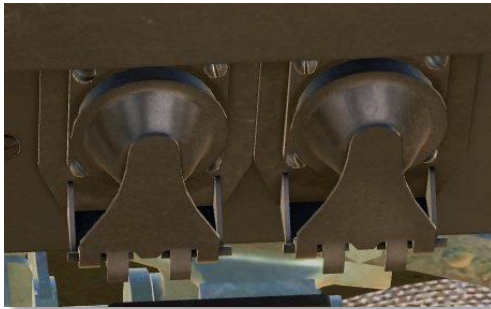


**Figure 80: Panneau de commande de l'éclairage cabine**

### Boutons de démarrage

La bobine de démarrage et le démarreur électrique doivent être alimentés pour que le moteur puisse démarrer. Le bas du tableau de bord comporte deux boutons à cet effet. Pour éviter toute action involontaire, les boutons sont équipés de couvercles à ressort.

Le bouton de gauche alimente la bobine de démarrage (survolteur), le bouton de droite commande le démarreur électrique.



**Boutons de démarrage**

### Vanne principale de carburant

La vanne principale de carburant est montée à droite de la boussole. Elle coupe le flux d'essence entre le réservoir et la pompe de carburant du moteur.





**Vanne principale de carburant**

### **Pompe d'amorçage du moteur**

Pour faciliter le démarrage du moteur, le système de carburant est équipé d'une seringue d'amorçage qui alimente le moteur directement depuis le fond du réservoir dans la tubulure d'admission du moteur.



**Figure 83: Pompe d'amorçage du moteur**

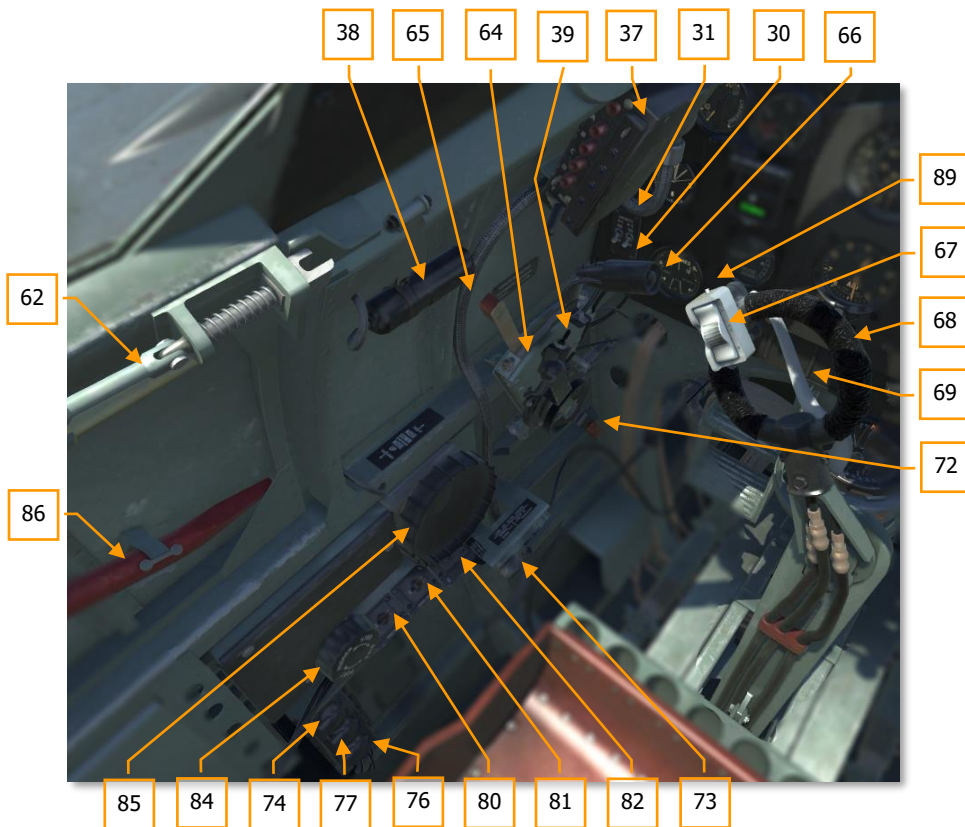
### **Vanne de pressurisation du réservoir**

Le côté inférieur droit du tableau de bord intègre le robinet de pressurisation du réservoir de carburant. La position normale est "OFF". La pressurisation du réservoir doit être activée lorsque l'alarme de basse pression carburant est activée.



**Vanne de pressurisation du réservoir**

## Côté gauche

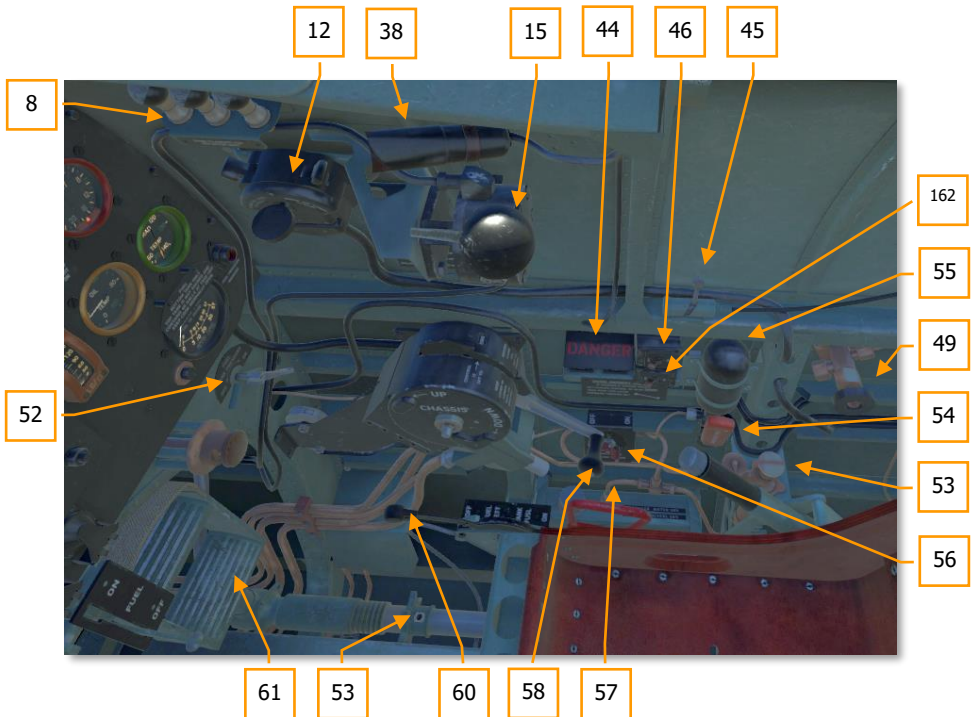


- 30. Manette de commande des gaz
- 31. Interrupteurs de démarrage
- 37. Unité de commande radio
- 38. Projecteur du poste de pilotage
- 62. Poignée de porte du poste de pilotage
- 63. Plaquette indicatrice de la cinémitrailleuse
- 64. Commande du pas de l'hélice
- 65. Manette de l'étouffoir
- 66. Bouton de largage des bombes
- 67. Bouton de tir des mitrailleuses

- 68. Poignée du manche à balai
- 69. Levier de frein
- 70. Bouton de cinémitrailleuse
- 72. Manette de réglage de la dureté de la manette des gaz
- 73. Commande du volet de carburateur
- 74. Bouton de dilution de l'huile
- 75. Prise de test de l'ampèremètre de la pompe à carburant

- 76. Bouton-poussoir de test de volets radiateur
- 77. Bouton-poussoir de test du compresseur
- 78. Bouton-poussoir de test de la pompe à carburant
- 80. Interrupteur chauffage pitot
- 81. Interrupteur principal des cinémitrailleuses
- 82. Interrupteur de la pompe à carburant
- 83. Voyant de panne génératrice
- 84. Compensateur en lacet
- 85. Compensateur en profondeur
- 86. Pied de biche largage verrière
- 89. Sureté pour le tir mitrailleuses

## Côté droit



- 8. Ampoules de recharge du colimateur
- 12. Boîtier de commande de la signalisation
- 15. Pompe manuelle oscillante
- 38. Projecteur du poste de pilotage
- 39. Interrupteur principal du phare d'approche
- 42. Verrouillage de la fixation du verrou de commande
- 43. Tube d'alimentation en oxygène
- 44. Boutons poussoirs d'autodestruction de l'I.F.F.
- 45. Commande de déverrouillage du harnais
- 46. Interrupteur principal radio I.F.F.
- 47. Câche de sécurité de l'autodestruction de l'IFF
- 48. Prise de chauffage des vêtements

- 49. Robinet d'alimentation en oxygène
- 50. Dispositif de verrouillage des commandes (au parking)
- 51. Microphone / Prise téléphonique
- 52. Robinet de pressurisation du carburant
- 53. Poussoir de pompe de dégivrage du pare-brise
- 54. Levier de commande de sortie de secours du train
- 55. bouteille de CO2 pour la sortie d'urgence du train
- 56. Robinet du liquide dégivrant du pare-brise
- 57. Poignée de largage de largage du réservoir supplémentaire
- 58. Levier de sortie du train
- 59. Molette de réglage des palonniers
- 60. Levier de commande du robinet de carburant du réservoir largable
- 61. Palonnier
- 162. Interrupteur de détresse radio I.F.F.

# PERFORMANCE DE VOL



## Vérifications pré-vol

Vérifier les points suivants :

- Le levier de l'etouffoir doit être en position arrière (fermée).



- Le levier de la vanne de train d'atterrissage doit être en position arrière (déverrouillage), et le levier de déverrouillage d'urgence du train doit être verrouillé en position verticale.



- les robinets du réservoir largable de carburant doivent être en position OFF (fermé).



- La poignée du robinet de carburant doit être en position OFF.



- S'assurer que tous les périphériques de vol sont correctement connectés (joystick, pédales, etc.) et affectés à leurs fonctions respectives. Testez les pédales de direction - regardez la partie arrière de l'avion et assurez-vous que le gouvernail de direction débat correctement à gauche et à droite. Utilisez les touches ou les axes désignés : [Num4] ou [Num6] pour regarder en arrière, [Z] ou [X], ou les axes du gouvernail pour le commander. Ensuite, testez les fonctions des axes X et Y du manche à balai. Poussez complètement le manche à balai vers l'avant, puis tirez de la même manière et observez le plan de profondeur. Ensuite, vérifiez le débattement des ailerons en déplaçant le manche de gauche à droite.
- Les deux magnétos doivent être en position OFF.



- Le robinet de pressurisation du réservoir de carburant doit être en position OFF.



- la pression d'air dans le système pneumatique selon le manomètre à trois aiguilles doit afficher une pression d'au moins 250 lb/in<sup>2</sup> alors qu'à pleine charge il affiche 300 lb/in<sup>2</sup>.



- Caler l'altimètre à 0. Pour ce faire, placer le curseur sur la molette de l'altimètre et régler avec la molette de la souris.





- Les volets doivent fonctionner. Placer le levier des volets en position basse (déployée) ; pour ce faire, appuyer sur [F] ou sur le bouton gauche de la souris avec le curseur sur le levier en surbrillance. Regarder à gauche et à droite de l'avion et assurez-vous que les deux indicateurs mécaniques situés sur les ailes de l'avion sont sortis. Remettre ensuite le levier des volets en position haute (retrée) et assurez-vous que les indicateurs mécaniques sont revenus à leur position d'origine.



- Assurez-vous du bon fonctionnement de la partie mobile de la verrière - [LCtrl+C] ferme la verrière, [LShift+C] l'ouvre. Vérifiez s'il y a de la saleté sur le plexiglas et si les loquets de déverrouillage d'urgence sont fermés.
- Déplacer la manette des gaz vers l'avant jusqu'à ce que le système d'avertissement visuel situé sur la colonne de commande du moteur s'active. Appuyez sur [Num+] ou pousser la manette des gaz vers l'avant.



- Dans le même temps, vérifiez: 1, que le voyant d'état du train d'atterrissage affiche "DOWN" en vert. 2, que le voyant ambre de pression de carburant est allumé. Une fois les systèmes d'avertissement testés, remettez la manette des gaz à sa position initiale en appuyant sur [Num-] ou en la ramenant vers l'arrière.



- Vérifier la quantité de carburant dans les réservoirs. Appuyez sur le bouton de la jauge et observez la flèche. Relâchez le bouton après avoir vérifié.



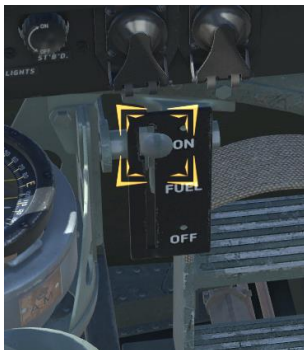
L'avion est maintenant prêt pour le démarrage du moteur.

Pour démarrer le moteur, effectuez les procédures suivantes :

- Serrer les freins pour que l'avion reste en place pendant le démarrage du moteur. Placer le curseur de la souris sur le levier vertical situé derrière le manche à balai (encadré sur la figure) et positionnez-le à droite avec la molette de la souris.



- Placez la poignée du robinet de carburant en position ON. Cliquez avec le bouton gauche de la souris sur le levier (encadré sur la figure) ou appuyez sur [T].



- Avancer la manette des gaz de 10-12 mm à partir de la position la plus en arrière. Appuyer sur [Num+] ou avancer la manette des gaz de votre système de joystick.



- Placez le levier de pas à sa position la plus en avant. Appuyer sur [PageUp] ou déplacer l'axe de la manette de pas.



- Placez le levier du filtre à poussière sur sa position la plus en avant (FILTER IN OPERATION). Appuyer sur [H] sur le clavier ou cliquer sur le levier (encadré sur la figure) jusqu'à sa position la plus en avant.

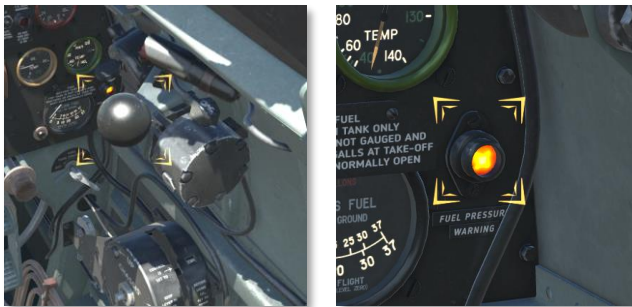


- Déverrouillez la poignée de la pompe d'amorçage. Passez la souris sur le bouton de la pompe (encadré sur la figure) et utilisez la molette de la souris. Effectuez ensuite le nombre requis de mouvements complets de la pompe d'amorçage afin de gaver le moteur. Pour ce faire, appuyez et maintenez enfoncée la touche [Insert] ou le bouton gauche de la souris avec le curseur sur le bouton de la pompe (encadré sur la figure) . Le tableau suivant indique le nombre de mouvements complets à effectuer par la pompe à piston en fonction de la température extérieure :

Température de l'air extérieur, °C	+30°	+20°	+10	0°	-10° ~ - 20°
Nombre de mouvements complets	2 - 3	4	5	5 - 6	Jusqu'à 15



- Créez une pression de carburant à l'aide de la pompe oscillante (15-20 coups) jusqu'à ce que le témoin lumineux s'éteigne. Appuyez sur [LCtrl+Insérer] ou cliquez sur la section (encadrée sur la figure) dans le cockpit.



- Activez les deux magnétos en plaçant leurs interrupteurs en position ON. [LShift+End] et [RShift+End], ou cliquez sur les commutateurs (encadrés sur la figure) .



- Tirez en arrière les capuchons de protection des boutons des bobines de démarrage et du démarreur, cliquez sur ces capuchons (encadrés sur la figure) .



- Appuyez simultanément sur les boutons des bobines de survoltage et du démarreur : les touches sont respectivement [Home] et [Delete]. Après les premiers toussotements du moteur, déplacez le levier de l'étouffoir vers l'avant en appuyant sur [M] sur le clavier ou cliquez dessus avec la souris. Relâchez ensuite les boutons des bobines de survoltage et du démarreur.



- Si le démarrage du moteur échoue, tirez le levier de l'étouffoir vers l'arrière et répétez le processus à partir du gavage moteur.



## Mise en chauffe du moteur

- Une fois le démarrage du moteur effectué, ramenez la manette des gaz à sa position la plus en arrière.



- Assurez-vous que la pression d'huile est comprise entre 60-120 lb/in<sup>2</sup>.



- Repositionnez les capuchons de protection des boutons des bobines de démarrage et de suralimentation en cliquant dessus.





- Verrouillez la poignée de la pompe d'amorçage en la mettant en surbrillance avec le curseur ou en la faisant tourner avec la molette de la souris.



- Réglez la manette des gaz sur une position correspondant à 1000-1200 tr/min au tachymètre.



- Continuez de chauffer le moteur en maintenant un régime de 1000-1200 tr/min jusqu'à ce que la température de l'huile atteigne 20°C et que la température du liquide de refroidissement atteigne 60°C (indiquée par les instruments gauche et droit respectivement).



## Accélération du moteur

Pendant le point fixe moteur, vérifiez deux fois les instruments de contrôle, qui doivent afficher les paramètres suivants :

Modes de fonctionnement de base du moteur Merlin 66, avec du carburant indice d'octane 100.								
Mode Données de base	Décollage		Combat		Nominal		Croisière	
	Ière vitesse.	IIème vitesse.	Ière vitesse.	IIème vitesse.	Ière vitesse.	IIème vitesse.	Ière vitesse.	IIème vitesse.
Puissance en chevaux	1325	-	1680*	1440	1310	1135	985	865
			1750**	1630	1410	1315	1095	1030
T/MIN	3000	-	3000	3000	2850	2850	2650	2650
Pression d'admission lb/in <sup>2</sup> mm de mercure (Hg)	+12	-	+18	+18	+12	+12	+7	+7
	1350		1690	1690	1380	1380	1120	1120
Limites d'altitude en m. (sans flux d'air dynamique)	305	-	1680	4960	2750	5800	3660	6330
Temps de fonctionnement ininterrompu, en minutes.	5	-	5	5	60	60	Non limité	Non limité

\*- Données au niveau de la mer

\*\* - Données au voisinage de ces altitudes.

23. A l'aide de la manette des gaz, réglez une pression de suralimentation de 4 lb/in<sup>2</sup> et vérifiez le débit carburant :

- 1.) Test de l'activation du deuxième compresseur: Normalement, le sélecteur de vitesse du compresseur situé sur le tableau de bord devrait être réglé sur "AUTO" (changement de vitesse automatique). Cliquez sur le bouton situé sur le côté gauche du siège du pilote pour tester l'activation de la deuxième vitesse du compresseur.

Le voyant rouge allumé sur le panneau compresseur sert de confirmation de l'activation réussie de la deuxième vitesse du compresseur.

**REMARQUE. Avant d'activer la deuxième vitesse, assurez-vous d'abord que la pression du système pneumatique n'est pas inférieure à 150 lb/in<sup>2</sup>.**

- 1.) Test de fonctionnement du régulateur d'hélice : Déplacez le levier de pas de sa position la plus en avant à la position arrière, le régime doit chuter de 250 à 300 tr/min. Ramenez le levier jusqu'à sa position la plus en avant, le régime doit reprendre sa valeur initiale.
- 2.) Test de fonctionnement du régulateur automatique de température du fluide de refroidissement et de l'huile: Appuyer sur le bouton de commande des volets de radiateurs. L'ouverture des volets de radiateur doit être contrôlée par le mécanicien situé près de l'avion.
- 3.) Avec la manette des gaz, réglez une pression de 9 lb/po<sup>2</sup> et, en coupant alternativement les magnétos, assurez-vous du bon fonctionnement du système d'allumage en vérifiant la diminution du régime et à l'oreille. La diminution de la vitesse de rotation avec une magnéto en fonctionnement, par rapport celle lorsque les deux sont actives, ne doit pas dépasser 100 tr/min.
- 4.) Vérifiez la réponse du moteur et son fonctionnement en mode décollage : réglez la pression à 12 lb/po<sup>2</sup> pendant 2 à 3 secondes en utilisant la manette des gaz à un régime de 3000 tr/min.
- 5.) Lorsque du test moteur, s'assurer des points suivants :
  - Maintenir le manche à balai vers soi, "au ventre"
  - Faire maintenir la queue de l'avion par 2 personnes.
  - Ne pas permettre une augmentation de la température du liquide de refroidissement au-delà de 120°C et de la température de l'huile au-delà de 85°C.
  - Vérifiez le bon fonctionnement de la génératrice (vérifiez le voltmètre) et testez l'équipement radio pour une communication bidirectionnelle.

## Décollage et montée

### Roulage

1. Avant le roulage, assurez-vous du bon fonctionnement de tous les instruments et vérifiez la position des manettes et autres leviers.
  - Température du liquide de refroidissement entre 60° C - 120° C.
  - Température d'huile entre 20° C - 80° C.
  - Placez la manette de pas dans la position "mode de décollage". (entièrement à l'avant)
  - Robinets des réservoirs largables fermés.
  - Robinet du réservoir principal ouvert.
  - Actionneur du train sur la position 'DOWN'.
  - Pression d'air du système pneumatique d'au moins 220 lb/in<sup>2</sup>.
  - Sécurité d'armement engagée
  - Systèmes radio allumés et réglés sur les fréquences assignées.
2. Attachez et ajustez votre harnais!
3. Donnez l'ordre d'enlever les cales de roue. Après confirmation de l'opération, commencez à rouler.
4. Vérifiez deux fois le bon fonctionnement des freins pendant le roulage. Appuyez à fond sur les freins en tirant le manche vers soi, l'avion doit rester en place moteur tournant (jusqu'à un régime maxi de 1800 tr/min).

5. Pour une meilleure vue de la zone environnante, haussez le siège pilote et ouvrez la verrière.

**NOTE**

1. *Il est dangereux de rouler rapidement sur un terrain accidenté. En raison de la voie étroite du train d'atterrissage de l'avion, lorsqu'une roue heurte une surface inégale, l'avion peut entrer en contact avec le sol.*
2. *Réduire le temps de fonctionnement du moteur et le temps de roulage par temps chaud, car le moteur peut rapidement surchauffer.*
3. *Il est interdit de circuler sur un terrain meuble sans escorte à l'arrière de l'avion.*
4. *Le manche à balai doit être tiré à fond vers l'arrière pendant le roulage.*

**Avant le décollage**

- 1.) Avant de le décollage, vérifiez une fois de plus si tous les systèmes sont normaux : vérifiez les instruments et leurs indications. Vérifiez la position des éléments suivants :
  - i. Compensateurs de profondeur réglés au neutre, compensateurs de lacet réglés à 7-8 mm à droite pour contrer la tendance de l'avion à embarquer à gauche.
  - ii. Robinet du réservoir de carburant principal sur 'ON'.
  - iii. Robinet des réservoirs largables sur 'OFF'
  - iv. Vanne de suralimentation en position 'OFF'.
  - v. Manette de pas complètement vers l'avant.
  - vi. Levier des volets en position 'UP' (retrés)
- 2.) Freinez et augmentez le régime moteur (RPM).
- 3.) Vérifiez s'il y a des débris sur la piste et vérifiez les alentours.

**Décollage**

- 1.) Accélérez jusqu'à une valeur de suralimentation de 8-12 lb/in<sup>2</sup> en fonction de la charge de l'avion et de l'état du terrain. Selon l'accélération, commencez à relâcher le manche afin de lever la queue pour la position de décollage. Compensez la tendance de l'avion à embarquer vers la gauche en mettant du pied à droite et essayez de maintenir la trajectoire de décollage aussi droite que possible.

Le décollage intervient vers une vitesse air indiquées de 90-95mph (VI)

- 2.) Pour éviter une perte de vitesse résultant d'une prise d'altitude trop rapide, ne pas monter immédiatement après le décollage, mais augmenter la vitesse indiquée vers 140mph en maintenant une trajectoire horizontale près du sol, puis commencez à monter et rétractez le train d'atterrissage.
- 3.) Pour rétracter le train d'atterrissage, tirez le levier de commande du train d'atterrissage vers l'arrière et sortez-le de la rainure, puis poussez-le en avant en l'appuyant contre la platine. Laissez le levier dans cette position et surveillez les voyants de position. Dès la rétraction du train d'atterrissage, le voyant vert ('DOWN') s'éteint et quand le train d'atterrissage est rentré et verrouillé, le rouge ('UP') s'allume. Le levier du train d'atterrissage s'arrête automatiquement - le levier descend dans la rainure supérieure et la valve hydraulique sur le

secteur du levier du train d'atterrissage indique la position "IDLE" (neutre). De plus, lorsque le train d'atterrissage se rétracte, le pilote entend les roues se caler dans les ailes.

Si le train d'atterrissage ne se rétracte pas, répéter l'opération et maintenez le levier vers l'avant. Les trains sortis et déverrouillés ralentissent l'avion et peuvent entraîner une surchauffe du moteur..

**NOTE. Après avoir rétracté le train d'atterrissage, il est nécessaire de désactiver le filtre anti-poussière.**

### Montée

1. Pour atteindre la vitesse de montée maximale, le pilote peut utiliser la puissance maximale (Pk=12 lb/in<sup>2</sup>, n=2850 tr/min). Dans des situations extrêmes, le mode combat peut même être utilisé (Pk=18 lb/in<sup>2</sup>, n=3000 RPM), mais pas plus de 5 minutes.
2. Dans tous les cas où la vitesse de montée maximale n'est pas requise, elle peut être effectuée avec une pression de 7 lb/in<sup>2</sup> et 2650 tr/mn. Cela permet d'économiser du carburant et d'augmenter l'autonomie de vol.
3. Consultez le tableau suivant pour connaître les vitesses optimales à afficher pour atteindre certaines altitudes :

Altitude		Vitesse
De (ft)	à (ft)	mph
<b>0</b>	12000	185
<b>12000</b>	15000	180
<b>15000</b>	20000	170
<b>20000</b>	25000	160
<b>25000</b>	30000	150
<b>30000</b>	33000	140
<b>33000</b>	37000	13°
<b>37000</b>	40000	120
<b>40000</b>	-	110

4. Lors de la montée, vérifiez que les températures du liquide de refroidissement et de l'huile ne dépassent pas respectivement 125° et 90° C .
5. La commande des volets de radiateur est automatique en fonction de la température du liquide de refroidissement. Les volets s'ouvrent à des températures supérieures à 115°C. En cas de défaillance du système, ils peuvent être ouverts en appuyant sur le bouton situé sur le côté gauche du siège pilote.
6. La 2ème vitesse du compresseur s'enclenche automatiquement à 13500-14000 pieds en montée. En descente, le compresseur revient à la 1ère vitesse en dessous de 12500 pieds.
7. S'il est nécessaire d'utiliser la 1ère vitesse passé 13500-14000 pieds, positionnez le sélecteur du tableau de bord sur MS.

8. La vanne de suralimentation doit être réglée sur OFF. Ne l'activez qu'en réponse au voyant rouge signalant une perte de pression de carburant (inférieure à 10 lb/in<sup>2</sup>).
9. Règles d'utilisation des réservoirs de carburant :  
Démarrage, mise en chauffe du moteur, décollage : Utilisez les réservoirs principaux. Changez l'alimentation en carburant pour utiliser les réservoirs externes qu'à des altitudes supérieures à 2000 pieds (600 m) et seulement lorsque les réservoirs externes sont en place.
10. Avant de larguer les réservoirs externes contenant encore du carburant, branchez d'abord les réservoirs de carburant principaux, puis larguez-les.
11. Si les réservoirs externes sont vides ou s'ils ont été largués, s'assurer que la vanne des réservoirs externes est complètement fermée. Si elle n'est pas complètement fermée, le système aura une prise d'air entraînant des ratés moteur.
12. Vérifiez périodiquement le niveau de carburant restant en vol en appuyant sur le bouton de jauge de carburant. La jauge commencera à indiquer le niveau restant seulement quand le niveau dans réservoir inférieur diminuera .

### Préparation des armes pour leur utilisation en vol

13. Retirer la sécurité d'armement en la déplaçant de gauche à droite. Un téton sortira de la partie supérieure du système de détente signifiant que les armes sont prêtes à l'emploi..
14. Réglez l'intensité du réticule en utilisant le rhéostat situé sous le viseur du tableau de bord. Le rhéostat a trois positions - OFF, NIGHT et DAY.

### Test en vol du système radio

15. En vol, appelez périodiquement les stations au sol pour vérifier le fonctionnement de la radio.
16. En cas de perte de contact avec la station au sol, renouvelez les transmissions jusqu'au rétablissement des communications selon le programme validé par le chef des communications.

## Vol en palier

1. Les virages à grande inclinaison peuvent être effectués à une VI minimum de: 150 mph sans réservoirs externes et 175 mph avec.
2. Les vols opérationnels, le redéploiement, les vols de patrouille, la reconnaissance de zones cibles, les vols dans les unités de réserve (à l'exception de la voltige aérienne et de l'entraînement au combat aérien) doivent être effectués au régime économique.
3. Lorsque vous changez de mode de vol pour réduire la vitesse, effectuez ces étapes dans l'ordre suivant :
  - Réglez la vitesse requise (réduisez) avec la manette des gaz.
  - Réglez la vitesse de rotation voulue avec le levier de pas.
  - Si l'avion décélère trop, revenir à la vitesse requise avec la manette des gaz.
4. - Lors d'un changement de mode de vol pour augmenter la vitesse, effectuer ces étapes dans l'ordre suivant :
  - Réglez la vitesse de rotation voulue avec le levier de pas.
  - Avec la manette des gaz, augmentez la PA pour atteindre la vitesse voulue. Veiller à ne pas dépasser les limitations de PA en fonction du mode de vol choisi.
5. Pour atteindre les vitesses maximales ( en contact avec l'ennemi, poursuite, combat aérien et retraite), le moteur doit être réglé pour fonctionner selon le mode de vol

nominal ou de combat (selon les circonstances.) Pour ce faire, réglez d'abord les RPM (tr/min), puis la PA correspondant au mode de vol choisi.

**NOTE. Le fonctionnement du moteur en mode combat est autorisé pour des périodes ne dépassant pas 5 minutes. En outre, les températures de l'huile et du liquide de refroidissement ne doivent pas dépasser les limites.**

6. L'avion est facilement équilibré par les compensateurs sur l'ensemble du domaine de vol horizontal. Un aéronef correctement compensé peut suivre une trajectoire de vol sans intervention du pilote.
7. Le décrochage pendant le vol horizontal sur un appareil ayant une masse normale et un moteur à régime réduit se produira dans les conditions suivantes:
  - Train et volets rentrés - 85mph VI.
  - Train et volets sortis – 75mph VI.

Distance franchissable et durée du vol selon les différents modes de vol (sans réservoirs externes) Masse=3392 KG, Carburant=392 L.							
Mode de vol	Altitude	VI	T/MIN	Consommation de carburant		Jusqu'à ce que les réservoirs soient vides	
	ft	mph		L/km	L/hr	Distance en vol horizontal, km	Durée en vol horizontal, H:MIN
	m	km/h					
Distance à vitesse maximum	21600	256	2570	0.52	295	595	1:03
	6600	410					
Distance à vitesse de croisière	16400	245	2360	0.475	237	685	1:22
	5000	394					
Distance maximale	3280	187	1800	0.395	125	880	2:46
	1000	300					

### Commandes des armes

1. La commande des canons se fait par le système pneumatique et les détentes installées sur le manche à balai .
2. Le tir aux canons et aux mitrailleuses peut être effectué indépendamment ou simultanément. En appuyant sur la partie supérieure de la détente, on tire avec les mitrailleuses, sur la partie inférieure avec les canons et sur la partie centrale avec les deux types d'armes.
3. Le rechargement des armes ne peut être effectué qu'au sol.
4. Les tirs doivent être brefs et contrôlés, par rafales de 10 à 15 coups pour les mitrailleuses et de 3 à 5 coups pour les canons.

### Largage d'urgence de la verrière

Lors de l'évacuation d'urgence de l'avion, la verrière peut être larguée par le levier de largage d'urgence : tirer la balle en caoutchouc situé sur la partie supérieure de la

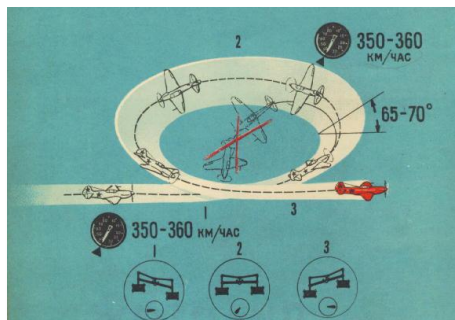
verrière vers l'avant et ensuite vers le bas, puis pousser la partie basse de la verrière avec les coudes. Dans les situations extrêmes, utiliser le pied-de-biche qui se trouve à l'intérieur de la porte gauche.

## Vol

1. Les acrobaties aériennes et les décrochages ne peuvent être effectués que sur un appareil sans réservoirs externes.
2. Avant d'effectuer des manœuvres de voltige, compensez l'avion à une vitesse indiquée de 200mph.
3. Les manœuvres de voltige doivent être exécutées par des mouvements souples des surfaces de commande. Les mouvements brusques et rapides pouvant conduire à des G excessifs sont interdits.
4. Les virages inclinés et l'accélération en début de combat, les boucles, les immelmans et les déclenchés peuvent être effectués à la puissance continue maximale ( $P_k=12 \text{ lb/in}^2$ ,  $n=2850 \text{ tr/min}$ ). Dans des cas spéciaux, lorsque les circonstances exigent les capacités maximales absolues du moteur de l'avion, les pilotes peuvent passer en mode combat du moteur pour des périodes ne dépassant pas 5 minutes. ( $P_k=18 \text{ lb/in}^2$ ,  $n=2850 \text{ tr/min}$ ) Pendant les manœuvres verticales, gardez à l'esprit que les chiffres de vitesse indiqués sur les instruments donneront des valeurs inexactes (plus faibles).

## Virages inclinés

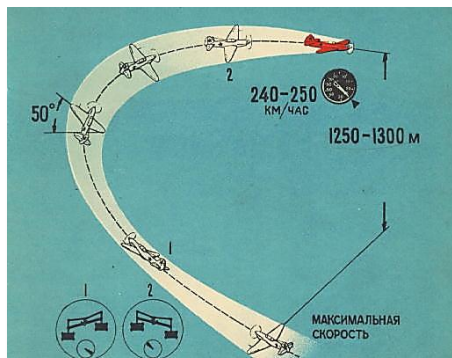
1. La vitesse optimale pour des virages à inclinaison de  $65-70^\circ$  est de 185mph (VI) en fonctionnement nominal du moteur. A cette inclinaison, le temps minimal pour un virage de  $360^\circ$  à une altitude de 3000 pieds est de 17-18 secondes.
2. L'avion effectue des virages réguliers et peut facilement inverser un virage. Dans un virage à gauche, l'avion a une légère tendance à piquer, et vice versa.
3. Lorsque vous tirez sur le manche pour virer, si l'avion vibre un peu et commence à déraper, relâchez légèrement le manche, le dérapiage cessera et l'avion continuera son virage.





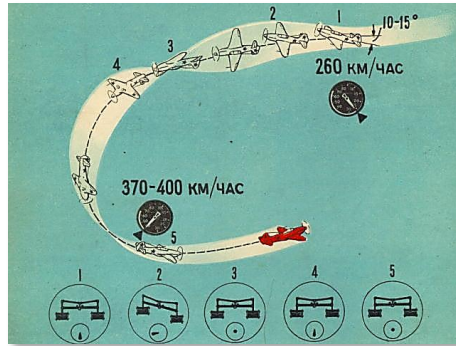
## Chandelle

1. Pour effectuer une chandelle, le moteur doit être réglé à la puissance continue maximale et la vitesse doit être poussée à son maximum (à des altitudes de 21000 pieds au-dessus du sol - 310mph VI), après quoi le manche doit être tiré doucement vers l'arrière et dans la direction désirée, en combinaison avec le mouvement du gouvernail dans la même direction. Cela permet à l'avion de monter en spirale ascendante avec un roulis allant jusqu'à 50°.
2. Terminez la manoeuvre à une VI de 140-150mph alors que le moteur tourne à la puissance maximale. L'avion aura gagné 1900 pieds d'altitude..
3. Si vous effectuez cette manoeuvre avec une inclinaison excessive, l'avion perdra rapidement de la vitesse et prendra moins d'altitude.



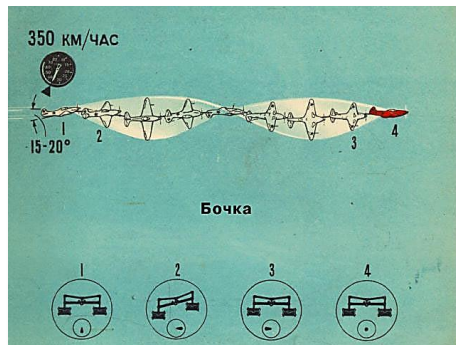
## Retournements ou Split-S

1. Les retournements sont effectués à des vitesses de 150mph VI. En 2-3 secondes, déplacez doucement le manche dans la direction désirée à environ 3/4 de son débattement, et accompagnez aux palonniers de la moitié de leur débattement maximum.
2. À environ 20 à 30° du demi tonneau, interrompre le roulis en plaçant les deux surfaces de commande en position neutre.
3. Une fois le roulis stoppé, réduisez les gaz et tirez légèrement sur le manche pour engager l'appareil en piqué.
4. Après avoir gagné 220-230 mph de VI, reprenez en douceur un vol horizontal sans dépasser les limites de facteur de charge.
5. Si, après le retournement, une autre manoeuvre verticale est nécessaire, l'accélération qui a lieu pendant la phase de piqué doit être faite à un angle ne dépassant pas 40° par rapport à l'horizon, suivi d'une diminution progressive de l'incidence.
6. Cette manoeuvre entraîne une perte d'altitude de 1300 -1400 pieds



### Tonneau

1. Les tonneaux sont effectués à la VI de 160-170mph, l'avion doit être compensé préalablement pour le vol horizontal. Commencez par cabrer l'avion de 10-15° ; puis, déplacez simultanément et en douceur le manche et les palonniers de la moitié de leur débattement maximal dans la direction désirée. Stoppez le roulis à environ 10-20° de la position horizontale en ramenant le manche et les palonniers au neutre. Cette manœuvre, réalisée idéalement, dure 5 à 6 secondes.
2. La technique d'exécution d'un tonneau est identique quelle que soit le sens, mais un tonneau à droite doit être effectué plus énergiquement.
3. Un déplacement excessif du manche, des tractions minimales en entrée, entraîneront une variation significative de la vitesse de roulis et feront vibrer l'avion.

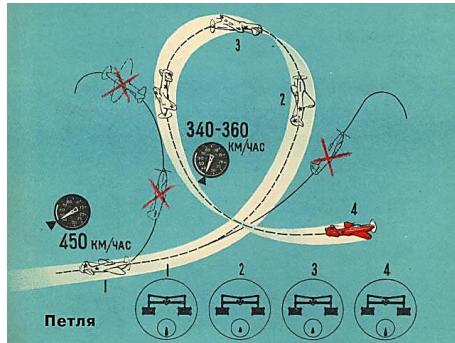


### Boucle

1. Les boucles sont effectuées à des VI de 230-240mph. Avant d'effectuer la manœuvre, accélérez pour que l'avion atteigne la vitesse requise avant de cabrer. Tirez doucement le manche vers vous pour amorcer la montée et

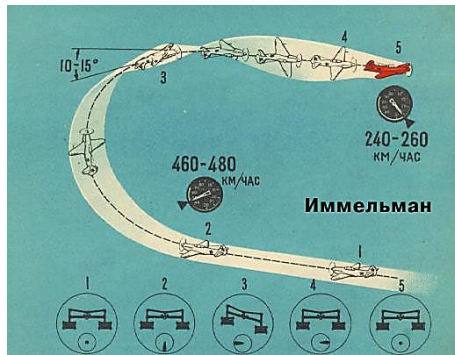
maintenez cette position jusqu'à ce que l'avion commence à piquer en fin de manœuvre.

2. Lorsque l'avion débute la phase de piqué, réduisez lentement les gaz pour contrôler l'accélération.
3. En atteignant 220-230 de VI, sortez l'avion de son piqué.
4. Le manche doit être tiré vers l'arrière pendant la partie ascendante de la manœuvre, sinon l'avion perdra de la vitesse et décrochera. Une exécution correcte donne un gain d'altitude de 400-500 pieds.



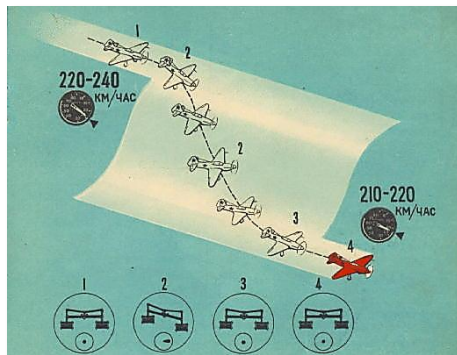
### Rétablissement (Immelmann)

Pour effectuer un rétablissement, il faut accélérer l'avion à une vitesse de 250-260 mph. La première moitié de l'Immelman est exécutée de la même manière que la première moitié de la boucle. Lorsque l'avion est en position inversée et que l'horizon apparaît au milieu de l'écran anti-éblouissement, effectuez un demi tonneau. A 10-15° de l'horizontale, ramener le manche et les palonniers au neutre. La vitesse normale à la sortie devrait être d'au moins 140 mph. L'avion gagne 1700-1800 pieds après un rétablissement.



## Dérapage

L'avion glisse régulièrement avec un roulis jusqu'à 40° (avec le train d'atterrissage et les volets) ; la vitesse d'entrée étant de 130mph, la sortie à pas moins de 120 mph. Pour sortir du dérapage, corrigez avec les palonniers, ajustez l'angle de plané normal. Maintenir la direction du vol avec les ailerons.



## Décrochages

Les mises en vrille sont permises pour l'entraînement : seulement jusqu'à deux tours à une altitude d'au moins 10 000 pieds.

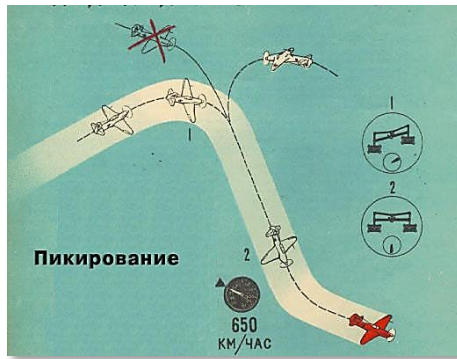
Pour sortir d'une vrille, pousser le gouvernail au maximum dans la direction opposée à la vrille tout en tirant sur le manche.

Une fois que l'avion cesse sa rotation, placer les gouvernes au neutre, vers une VI de 150 mi/h en piqué, l'avion revient au vol horizontal.



## Piqué

1. Avant d'effectuer un piqué, il faut d'abord compenser l'avion pour un vol horizontal à une VI de 280mph.
2. Le piqué peut être effectué depuis n'importe quelle position avec un régime moteur ne dépassant pas 2850 tr/min, la manette des gaz étant réglée à au moins 1/3. Les valeurs de RPM (tr/min) et de PA ne doivent pas dépasser les valeurs maximales autorisées en mode combat.
3. L'avion descend régulièrement à n'importe quel angle.
4. Une VI de 450mph est la vitesse maximale en piqué, atteinte en 20 secondes au régime maximal de 3150 tr/min.
5. Sortez du piqué en tirant doucement sur le manche. Les sollicitations brusques peuvent entraîner des G excessifs, ce qui peut induire une perte de connaissance du pilote ou même des dommages importants sur la cellule.
6. La perte totale d'altitude lors d'un piqué à VI maximale de 450mph est de 5000 pied



## Atterrissage

### Préparation à l'atterrissage

1. Engagez les sécurités d'armement. Assurez-vous que :
  - Le levier de pas est réglé sur plein petit pas. (position la plus vers l'avant)
  - la deuxième vitesse du compresseur est désactivée (lumière rouge éteinte)
  - Les manomètres indiquent 220 lb/in<sup>2</sup> dans le circuit d'air et 800 lb/in<sup>2</sup> dans le circuit de freinage.
2. Ouvrir la verrière.

### Sortie normale des trains

1. Sortir le train à une VI de 150-160mph avant le troisième virage.  
Avant de sortir le train d'atterrissage :
  - 1) Pendant 2 à 3 secondes, maintenez le levier du train d'atterrissage dans sa position la plus en avant pour le déverrouiller.

- 2) Tirer fortement le levier jusqu'à sa position la plus en arrière et laissez-le là. Le levier se verrouille automatiquement dans son encoche dès que le train d'atterrissage se verrouille en position sortie. L'indicateur de la vanne hydraulique affichera à nouveau IDLE.
- 3) S'il y a une résistance lorsque vous essayez de tirer le levier vers l'arrière, répéter l'étape 1, mais cette fois maintenez le levier pendant plus longtemps (3-5 secondes.) Dans ce cas, aidez au déverrouillage en réduisant la vitesse à 120-130 mi/h et en abaissant le régime à 1200-1800 tr/min, ou en baissant brièvement et énergiquement le nez vers le bas.
- 4) Une fois le voyant vert (DOWN) du train d'atterrissage allumé, vérifiez deux fois la sortie et le verrouillage du train d'atterrissage.

### Sortie de secours des trains

Si le circuit hydraulique tombe en panne après que toutes les mesures ci-dessus ont été prises, les pilotes sont autorisés à utiliser le système de sortie de secours du train d'atterrissage.

- Tirez la poignée de sortie du train vers le bas.
- brisez le sceau et placez la poignée de secours dans la position la plus en avant.
- assurez-vous que le train d'atterrissage est sorti avec succès.

### Descente en vol plané

1. La descente en vol plané en ligne droite s'effectue à une VI de 100-120 mph avec train d'atterrissage et volets rentrés; et une VI de 100-110 mph avec train et volets sortis.
2. Évitez de trop refroidir le moteur. Dans les longues descentes en planeur, augmentez le régime moteur à 2400-2500 tr/min pendant 5-6 secondes toutes les 3-4 minutes.
3. L'accélération fiable du moteur est garantie lorsque la température du liquide de refroidissement n'est pas inférieure à 60°C et que la température de l'huile n'est pas inférieure à 20°C.
4. Le dernier virage en approche doit être effectué à une VI de 150mph. (en supposant que l'approche finale débute à une altitude d'au moins 500 pieds.)
5. Déployer les volets à une VI maximale de 160 mph en abaissant leur poignée.
6. Vérifiez les témoins sur les ailes pour s'assurer que les volets sont effectivement sortis.
7. **REMARQUE. En cas de mauvais fonctionnement du système pneumatique et de perte de pression (inférieure à 120 lb/in<sup>2</sup>), effectuer l'atterrissage avec les volets rentrés, en réservant l'air comprimé au freinage.**
8. Après le déploiement des volets, tirez doucement sur le manche pour réduire la VI à 100-110 mph VI, qui est la vitesse de vol plané normale.

### Remise des gaz

S'il est nécessaire de remettre les gaz :

- Poussez lentement la manette des gaz au maximum.
- rétractez le train d'atterrissage (voler avec le train d'atterrissage sorti peut provoquer une surchauffe du liquide de refroidissement) et commencez la montée.
- à une altitude d'au moins 300 pieds et à VI de 130 mi/h, rentrez les volets.

### Atterrissage

1. Lors d'un atterrissage avec les volets déployés, effectuez l'arrondi à une altitude de 6-7 mètres ; lorsque les volets sont rentrés, cela doit être fait à 5-6 mètres. Toucher à 0.25m-0.5m.

2. Pour un atterrissage trois points, ne tirez pas complètement sur le manche.
3. Après le touché des roues, appuyez périodiquement sur la poignée des freins. Évitez de freiner brusquement car l'avion risque de piquer du nez - ne commencez à freiner que lorsque le manche est complètement tiré vers l'arrière.
4. Une fois que votre vitesse au sol est sous contrôle, rentrez les volets en replaçant la poignée en position UP.
5. Observez la piste et poursuivez le roulage.

### **Après le roulage**

1. Refroidir le moteur en le laissant tourner pendant 2 à 3 minutes à un régime de 800-1000 tr/min.
2. Arrêtez le moteur en tirant le levier de l'étouffoir de sa position la plus en avant jusqu'au cran vers l'arrière, puis pousser lentement la manette des gaz vers l'avant.
3. Après l'arrêt du moteur, mettez les magnétos sur OFF et fermez le robinet de carburant.
4. Coupez tous les systèmes électriques.

### **Après le vol**

Informez le mécanicien de tout problème survenu à l'appareil pendant le vol pour y remédier

# ARMEMENT





## Armement

L'avion est armé de mitrailleuses et de canons et a également la possibilité de transporter trois bombes sur trois points d'emports : l'un au centre et les autres sous chaque aile.

## Canons

L'armement de type canon de l'avion est composé de deux Hispano MKII de 20 mm, chacun avec une capacité de 120 obus. Les canons sont complétés par quatre mitrailleuses Browning .303 calibre (7.69mm), d'une capacité individuelle de 350 balles.

Ces armes sont montées dans les ailes de l'avion sur des supports spéciaux.

Le calcul de la trajectoire s'effectue à l'aide du réflecteur montée sur un support au-dessus du tableau de bord. Le tir des armes est commandé par une vanne pneumatique contrôlée par un bouton monté sur le manche de l'aéronef.

L'air comprimé fourni par le compresseur alimente en air le vérin. La gestion des tirs est faite par le déclencheur.

1. En appuyant sur la partie supérieure de la détente, on actionne les mitrailleuses.
2. La partie inférieure de la détente déclenche les canons.
3. L'appui sur la partie centrale de la détente déclenche le tir simultané des deux types d'armes.

Un levier est situé sous le déclencheur. Lorsqu'il est tourné vers la gauche, le mécanisme de sécurité de la détente est engagé, vers la droite, la sécurité est désengagée.

Le rechargement des armes ne se fait qu'au sol. Les canons disposent d'un système de réarmement pneumatique, tandis que les mitrailleuses sont réarmées par un câble spécial.

Le réarmement pneumatique des canons se fait par une vanne spéciale, installée dans les compartiments des armes, située à l'arrière-droite pour l'aile gauche et à l'arrière gauche pour l'aile droite.

Pour recharger le canon du plan droit, il faut appuyer sur le levier de la vanne, tandis que le levier du plan gauche doit être tiré vers le haut. Le système de chargement pneumatique est alimenté par un réservoir spécial avec une pression de 250-300 lb/in<sup>2</sup>.

Avant le décollage, les ouvertures du revêtement sous les armes doivent toujours être scellées avec une doublure en tissu. Les tubes des canons doivent également être couverts (au sol).

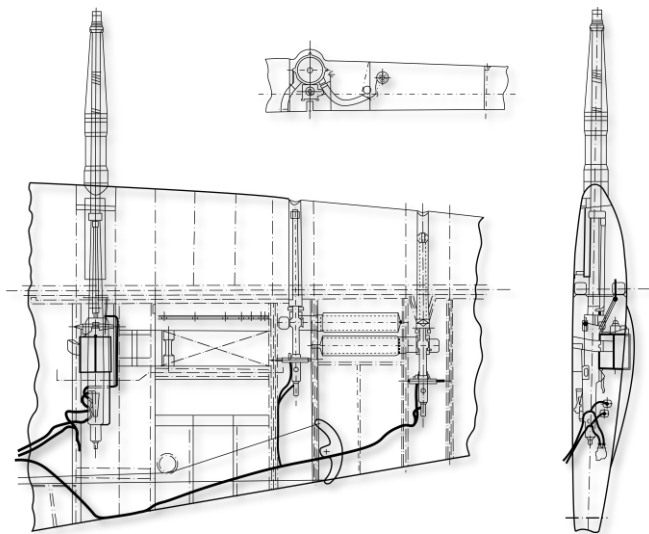
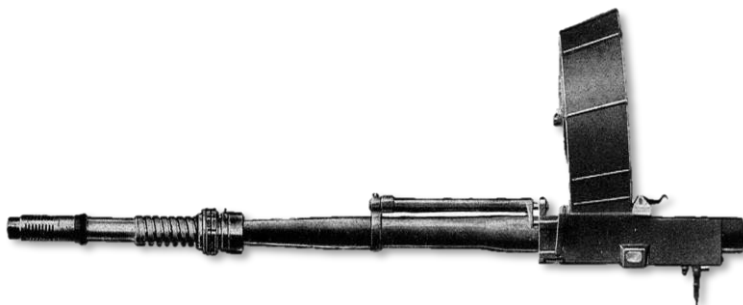


Figure 86: Montage des armes de 0.303 in et de 20mm

## Canon "HISPANO" Mk. II

### Histoire du développement

Le Royaume-Uni, à la veille de la Seconde Guerre mondiale, a débuté un programme pour le développement d'un avion de chasse armé de canons et une licence a été acquise pour la fabrication du canon français HS.404. Ce choix (qui s'est avéré être en faveur des fabricants d'armes français) n'a pas été fait immédiatement. La possibilité d'acquérir une licence pour les armes suisses Oerlikon a d'abord été envisagée. En 1936, la démonstration d'un prototype fonctionnel du HS.404 a été faite à Paris. Les démonstrations ont prouvé la supériorité de l'arme française sur l'Oerlikon. Alors que les dimensions et le poids étaient similaires, le canon français s'est avéré plus rapide et plus destructeur. En conséquence, l'arme française a été adoptée par la Royal Air Force sous la dénomination Hispano Mk.I. Néanmoins, il a fallu beaucoup de temps pour obtenir l'autorisation d'acheter la licence, de régler toutes les formalités nécessaires, de créer la branche de la société Hispano à Gratham (the British Manufacturing And Research Company - BMARCO), pour traduire toute la cotation des plans de millimètres en pouces, pour configurer les installations de production, tester et affiner les prototypes des armes, puis éliminer toutes les difficultés inhérentes à l'installation des canons dans les ailes d'un avion.



**Figure 87: Canon HS.404 avec chargeur tambour de 60 obus**

Pour cette raison, les armes Hispano n'ont pas pu jouer un rôle important dans la bataille d'Angleterre. Les Britanniques commençant à installer les canons Hispano sur leurs avions seulement en 1940, d'abord sur leurs chasseurs lourds Westland Whirlwind, et plus tard sur le Bristol Type 156 Beaufighters (appelé parfois simplement "Beau"). Ainsi, les avions de la Royal Air Force eurent à leur disposition un nouvel armement sous la forme d'un puissant canon.

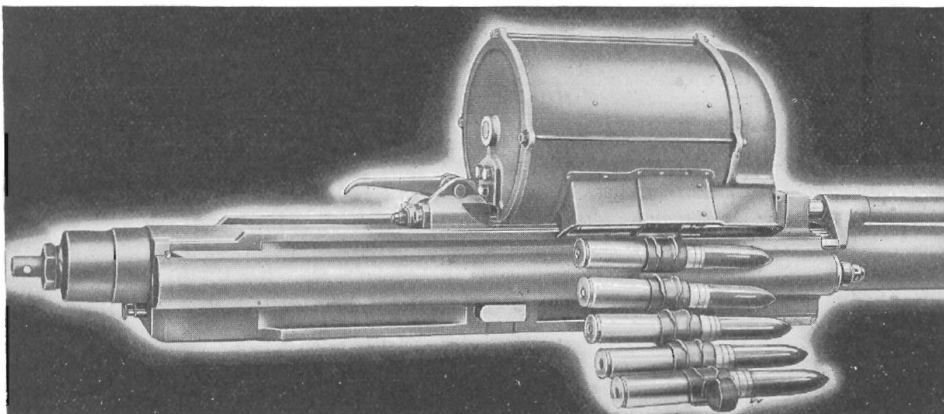
Cependant, lors de la bataille d'Angleterre, il apparut évident que les batteries de 8 mitrailleuses petit calibre - l'armement traditionnel des avions de chasse à l'époque - étaient complètement inadapté et que l'arme principale sur les chasseurs devrait être les canons automatiques.

L'expérience en combat air-air sur les Beaufighters, utilisés en partie comme chasseurs de nuit, a encore souligné la nécessité d'un mécanisme d'alimentation à bande pour les canons automatiques. Sur ces chasseurs, la tâche de recharger les canons a été déléguée à l'opérateur radar et, dans des conditions d'obscurité totale, dans un avion manoeuvrant, il fallait changer les gros chargeurs tambour de 60 obus en ne se guidant pratiquement qu'au toucher. Des essais ont été effectués pour installer des canons dans les ailes des chasseurs Hurricane et Spitfire, ce qui a entraîné plusieurs nouveaux problèmes. Lors de manoeuvres énergiques, les canons avaient tendance à se coincer et fonctionnaient mal en général. Juin 1940 a vu la participation du premier (et seul) escadron, le 19e, équipé d'un Spitfire Mk.IB avec canon. Chaque avion portait une paire de canons Hispano Mk.I. Les résultats de cette expérience se sont révélés vraiment catastrophiques. Les canons s'enrayaient avec une telle fréquence, et souvent dès le premier tir, que les pilotes ont immédiatement exigé que leurs avions soient remplacés par les modèles habituels équipés de mitrailleuses.

Le problème résultait du fait que les canons ont d'abord été conçus pour être installés sur le moteur, fixés sur le carter des cylindres, massif, solide et rigide. Il fallut constater qu'une telle stabilité de montage dans les ailes était pratiquement impossible. En outre, les canons durent être installés côte à côte afin de faire place aux chargeurs tambours à l'intérieur des ailes, ce qui s'est avéré être une autre raison de l'échec. L'obtention d'un fonctionnement à l'épreuve des pannes des canons exigeait un investissement significatif en temps pour régler ces problèmes et, par conséquent, le haut commandement de l'armée de l'air britannique a commencé à douter de la faisabilité des canons sur les avions de chasse, alors que le ministère de la guerre plaidait des spécifications pour le développement d'un nouveau chasseur équipé de 12 mitrailleuses.

Cependant, la conception du canon a été rapidement terminée et le mécanisme d'alimentation par bandes développé par Martin-Backer a été mis en œuvre. L'arme modifiée est entrée en service et a vu son utilisation sur les avions de la Royal Air Force et de la Marine à partir de 1941 sous la dénomination d'Hispano Mk.II. Au lieu de 8 mitrailleuses, 4 canons de ce genre ont été montés sur

des chasseurs hurricane et sur certaines versions du Spitfire conçues principalement pour les climats tropicaux et chauds. La plupart des Spitfire n'ont eu que 2 canons aux côtés de 4 mitrailleuses petit calibre ou de 2 mitrailleuses lourdes.



**Figure 88: Canon Hispano Mk.II à bandes**

Les munitions nécessitaient également des améliorations. Le détonateur des obus hautement explosifs standard s'est révélé trop sensible, ce qui signifie qu'ils explosaient trop souvent lors du contact avec le revêtement de l'avion cible et non pas dans les éléments les plus vulnérables de la cellule, ce qui aurait été plus souhaitable. Les tests ont montré que, dans de nombreux cas, les obus entièrement métalliques sans charge explosive infligeaient des dégâts considérables aux avions ennemis. En 1941, les nouveaux obus hautement explosifs avec un détonateur à retardement ont été créés, ainsi que des projectiles hautement explosifs incendiaires. Des obus entièrement métalliques ont également été utilisés avec les obus HE jusqu'à la mise au point de nouveaux obus perforants incendiaires. Ces nouveaux projectiles étaient composés d'un corps d'obus explosif rempli d'un composant incendiaire SR379 (dont la composition était de 47% d'alliage aluminium-magnésium, 50% de nitrate de baryum et 3% de paraffine), mais qui n'avait pas de détonateur, seulement une pointe en métal. À partir de 1942, la dotation de combat standard pour les armes Hispano était composée d'un nombre égal de HE et de AP incendiaires, en alternant 2 par 2 ou 1 par 1.

## Description

Le canon automatique fonctionne de façon mixte.

La pression des gaz passant par un trou dans le canon jusqu'au piston fournit la force nécessaire pour déverrouiller la culasse après le départ du coup. Le recul de la culasse est causé par du gaz sous pression sur le piston de refoulement, comme sur une arme à culasse non calée. En raison de ce principe d'automatisation, il n'est pas possible d'équiper le canon d'un synchroniseur pour tirer à travers le disque de l'hélice.

## Spécifications du canon

1. Calibre .... 20 mm.
2. Longueur totale... 2565 mm (avec réducteur de recul), 2413.4 mm (avec cache flamme)
3. Longueur du tube ... 1708 mm.
4. Poids du canon, avec unité de montage avant... 53.75 kg.
5. Capacité en munitions... 20x110, obus d'entraînement, HE, HE-Incendiaires, AP-Incendiaires.
6. Poids d'un obus ... 0.255 kg.
7. Cadence de tir ... 570 - 620 Coups/Mn.
8. Vitesse à la bouche ... 853.4 m/s.
9. Rayures du canon ... 9.

Les canons sont installés dans un compartiment d'aile entre les 8ème et 9ème nervures. Le support avant est intégré au bord avant de l'aile et se compose de deux excentriques avec lesquels est réglée la convergence des canons. Le support arrière permet au canon de prendre toute position, aligné avec le support avant pendant la mise à zéro. Pour s'assurer que le mécanisme d'alimentation reste fixe pendant le tir, une tige est montée entre le longeron et le tambour à munitions. Le canon est alimenté par bandes de munitions, stockées dans une boîte.

Les compartiments à munitions sont situés entre les nervures 10 et 13 derrière le longeron principal. Le compartiment peut contenir 120 obus. Le panneau inférieur et le couvercle à charnière supérieur sont constitués d'une feuille de duralumin d'une épaisseur de 10 S.W.G (3,251 mm). La cloison avant a une épaisseur de 6 mm pour protéger les munitions. Sur le plan structurel, il y a 2 compartiments dans la partie détachable de l'aile, mais seul le compartiment frontal est utilisé pour le logement des munitions. Les douilles vides sont éjectées à travers des ouvertures sur le revêtement de la surface inférieure.

## Munitions

L'obus comprend un détonateur, un projectile, une charge de poudre, la douille et l'amorce. Pour un maintien plus durable du projectile dans la douille, le collet de la douille est serti par roulage après l'insertion de l'obus. C'est aussi à cette fin qu'existe une rainure sur la partie cylindrique de l'obus. La douille sans bourrelet est extrudée et percée d'un trou à sa base pour l'insertion d'une amorce. Après l'installation, l'amorce est fixée en place par un poinçonnage annulaire. La jointure entre l'amorce et la douille est recouverte d'un vernis rouge d'étanchéité. Sur le corps de l'obus se trouve une chemise en cuivre. Les détonateurs instantanés N° 253 sont montés sur tous les obus, à l'exception des perforants (qui ont des pointes en acier) et des obus d'entraînement. Les détonateurs modifiés par Oerlikon (N°254 Mark IV) sont approuvés pour être utilisés comme alternative.

La charge de poudre utilisée est de la poudre de pyroxyline. Le Tetryl sert de matériau explosif pour les munitions correspondantes.

Les types de munitions suivants ont été produits pour le canon Hispano :

**Arrondi** - Obus d'entraînement. C'est un obus creux, dont le fond est fermé par un disque pour empêcher la pénétration du gaz dans l'obus. Peint en noir ou bleu.

**Traçant** - Obus traçant. Le corps de l'obus est imprégné avec une composition inflammable qui est mise à feu par les gaz propulseurs. Temps de combustion - 3,5 secondes. Peint en noir et marqué par la lettre T en rouge, ou par une bande rouge sur la tête.

**A.P.** - (armor piercing) perforant, utilisé contre les cibles blindées et le blindage des avions. L'obus est vide, son extrémité pointue est protégée par un capuchon en plastique. Versions ultérieures du projectile sans capuchon et avec un noyau d'inertie ou de perçage de blindage. Peint en noir, avec le nez du projectile en blanc.

**A.P./T** (Jour / Nuit) - traceur perforant jour/nuit. Fabriqué en acier perforant les blindages, sans capuchon en plastique et imprégné d'un composé traceur pour une utilisation diurne ou nocturne. Peint en noir, avec la pointe du projectile en blanc. La ceinture principale a une bande blanche ou verte.

**H.E.I** - le projectile contient une cartouche de substances incendiaires et une cartouche de matière explosive. Les deux sont séparés par un joint de tissu ciré. Lors de l'impact, le détonateur déclenche le composant explosif, qui enflamme le composant incendiaire fournissant des températures suffisamment élevées pour allumer le carburant. La partie inférieure du projectile est colorée en rouge, la partie supérieure en jaune foncé. La pointe des détonateurs est verte.

**S.A.P/I** - Obus incendiaire semi-blindée. Ce type de munition est conçu pour pénétrer les réservoirs de carburant blindés des avions cibles. Le corps de l'obus est similaire au H.E.I. Avec une cartouche de matériel incendiaire ou cartouche et détonateur explosifs, et un nez de projectile en acier. Peint en rouge, la tête du projectile est peinte en blanc. Les propriétés de pénétration du projectile sont inférieures aux obus perforants (A.P.).



**Figure 89 : Types de munitions**

#### **Projectile incendiaire hautement explosif (H.E.I).**

Conçu pour détruire les cibles par la fragmentation et la force explosive, ainsi que pour enflammer l'essence dans des réservoirs de carburant non blindés. L'obus est équipée d'un détonateur à action directe, détonnant lors de l'impact même sur l'obstacle le plus fin (comme le revêtement de l'avion) et à une distance d'au plus 10 cm au-delà du contact. L'explosion provoque un trou irrégulier à l'intérieur, et parfois sur le revêtement d'un diamètre de 40 cm, amplifiant grandement l'effet de fragmentation.

En plus de sa forte fragmentation et de son action explosive, l'obus est également conçue pour enflammer l'essence dans les réservoirs de carburant. L'ogive contient 7 grammes de tetryl et 4,3 grammes de composé incendiaire S.R.379.

**Semi perforant Incendiaire (S.A.P / I).**

Destiné à être utilisé contre les avions, les véhicules légèrement blindés et d'autres cibles quand un effet incendiaire est souhaitable. Les obus incendiaires hautement explosifs sont utilisés par deux afin d'amplifier les effets de ce type de munitions.

Trois versions de ces munitions ont été produites, les Mk.1Z, Mk.2Z et Mk.3Z. La construction de ces obus est identique, à l'exception des détonateurs, conçus pour enflammer le composant incendiaire.

Les obus Mk.1Z et Mk.2Z pèsent 266 g.

Les cartouches Mk.3Z pèsent environ 265 grammes et ont une douille et un obus standard. Le projectile est en acier, et sa section du nez présente une rainure interne pour la pointe en acier. Avant d'installer la pointe, l'adhésif R.D.1248 ou le produit d'étanchéité R.D.1229 est appliqué sur la rainure et les surfaces adjacentes. La pointe est sertie en place par poinçonnage central après l'assemblage du projectile. Le fond de l'obus est soudé à la douille. L'intérieur de l'obus et le boîtier en plastique du détonateur sont remplis de composition incendiaire. 2 disques, un en laiton fin et l'autre en tissu, sont situés entre le détonateur et la pointe. Le détonateur ZY installé dans l'obus pèse environ 0,39 gramme. Il est similaire à celui installé dans la tête du D.A. N°917 Mk.1.

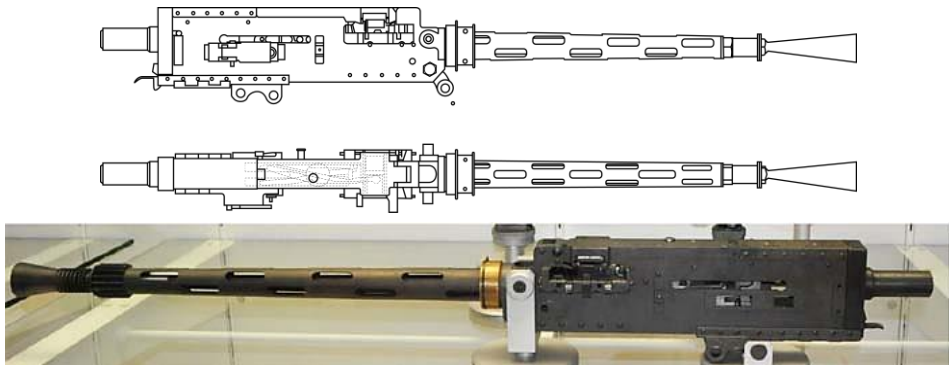
La composition incendiaire des obus est composée de trois cartouches du composé incendiaire S.R.379, chacune pesant environ 3 grammes et séparées du détonateur par un disque en papier.

Les trois versions sont capables de percer des blindages de 20 mm d'épaisseur à une distance de 200 mètres sous un angle de 90 ° et d'enflammer l'essence située derrière.

## Mitrailleuses "COLT BROWNING"

### Histoire du développement

Au milieu des années 30, les dirigeants de la RAF se sont soudain rendu compte que, dans le domaine des armes légères montées sur avion, la technologie anglaise était désespérément en retard par rapport au reste des grandes puissances. Sans surprise, ils se sont lancés dans une recherche panique pour remplacer le stock de mitrailleuses datant des 10 - 20 dernières années.



**Figure 90: Mitrailleuse "Browning 0.303" Mark II"**



Le milieu des années 20 a vu les premières livraisons des nouvelles mitrailleuses Browning M1919 conçues aux États-Unis. Les efforts des ingénieurs américains méritent d'être loués. Dans l'espoir de prendre le marché britannique, les concepteurs de Colt, avec beaucoup de difficulté, ont réussi à adapter leur mitrailleuse à la cartouche anglaise de .303. Le problème était que les munitions standard américaines à gorges en .30-06 Springfield différaient énormément de la cartouche anglaise à bourrelet, et une modification approfondie de l'extracteur était nécessaire pour assurer l'extraction sûre des douilles vides de la chambre. Au cours de cette adaptation en 1925, Armstrong Whitworth & Co. Ltd. a acheté six armes prototypes pour évaluation. Des essais ralentis de la Browning M1919 ont eu lieu en Angleterre jusqu'en 1931. Lorsque la nouvelle arriva des États-Unis concernant l'achèvement d'une version améliorée de la .30 Browning M2-AN pour avion, quatre autres unités ont été achetées immédiatement et sont arrivées juste à temps .

En 1934, la Grande-Bretagne a testé de manière concurrentielle les nouveaux prototypes de mitrailleuses d'avion, les principaux concurrents étant la Browning .30 M2 AN, M1919, la Vickers-J (Vickers Central Action) anglaise, la dernière de la famille des mitrailleuses Vickers, dont les informations techniques sont difficiles à trouver, car sa seule caractéristique connue à son sujet était que sa cadence de tir pourrait atteindre 1250 coups/mn. Ont également participé les mitrailleuses françaises Darne, Dutch Madsen et Hungarian Gebauer Motorgeppuska avec la mitrailleuse Minta GKM1926/31. La Gebauer hongroise a été jugé trop complexe sur le plan technique malgré sa cadence supérieure de 2000 cps/mn, et la Darne française a été jugé trop peu fiable. Les caractéristiques techniques de la Vickers-J n'ont pas impressionné les testeurs. La Madsen néerlandaise a également été rejeté, car jugée trop coûteuse à produire.

2 modèles ont atteint les étapes finales. la Browning M2 AN américaine et la Vickers-K. La mitrailleuse légère Browning M2 AN de calibre .30 a été profondément modifiée par rapport au prototype d'origine, la HMG M1919, destinée à l'infanterie. Non seulement le calibre est passé de 7,62 mm au .303 anglais, mais le mécanisme de tir automatique de l'arme a également été profondément modifiée. Le processus de test a montré que la cordite des cartouches britanniques entrant dans une chambre chauffée après un tir continu de 100 coups avaient tendance à s'enflammer spontanément. Il s'agissait d'un effet secondaire désagréable de tous les mécanismes de tir automatiques fonctionnant sur la base du système de culasse calée, c'est-à-dire le verrouillage de la culasse à chaque chargement de cartouche. Dans le cas des cartouches américaines à poudre pyroxylée (moins sensible à la chaleur), l'inflammation spontanée arrivait rarement. Lors qu'on utilise le principe de culasse non calée, la cartouche ne pénètre dans la chambre qu'à l'appui sur la détente. En raison du mode de fabrication des cartouches britanniques, l'arme dut être réadapté pour fonctionner en culasse non calée. Simultanément, grâce à l'introduction d'un mécanisme de déverrouillage retardé dans la construction, les concepteurs ont réussi à conserver la capacité de la mitrailleuse pour le tir synchronisé, ce qui a toujours été un problème avec les systèmes de culasse non calée. Cependant, malgré tous les efforts, Browning n'a réussi à finir sa version anglaise qu'en 1939. Néanmoins, l'inflammation spontanée est restée fréquente lors de l'utilisation de munitions incendiaires avec l'arme modifiées.

### Histoire de la cartouche .303

L'histoire de cette cartouche célèbre, officiellement entré en service actif le 20 février 1889, a débuté lorsque l'armée anglaise a adopté le fusil Lee-Metford en 1888. Le prototype de cette cartouche était la "Schmidt-Rubin" suisse de 7,5 mm avec un bourrelet.

La cartouche était très répandue au Canada et dans d'autres parties de l'Empire britannique. Bien que l'armée ait prévu de la remplacer par une cartouche plus moderne en 1908, elle est resté en service au Royaume-Uni jusqu'en 1957, lorsqu'elle a été remplacé par la cartouche OTAN de 7.62x51mm.



La cartouche était chargée de poudre noire jusqu'en 1892, et jusqu'en 1902, la cartouche avait une balle à nez rond et une chemise en alliage cuivre-nickel.

La 1ère Conférence de La Haye en 1899 a vu l'adoption de la «Déclaration concernant les balles expansives», obligeant à mettre des balles pointues et entièrement chemisées de type Spitzer.

En 1910, les balles sphériques ont finalement été remplacées par des types Spitzer. Le matériau du revêtement a également été modifié, avec un acier revêtu de laiton rouge utilisé en production. La cartouche a été fabriquée dans de nombreux pays et est encore largement utilisée pour la chasse.

Au cours de la Première Guerre mondiale, les usines britanniques ont produit à elles seules 7 000 000 de cartouches .303.

En plus du codage couleurs, les numéros/codes des modèles ont également été gravés au bas de la douille. Toutes les balles de classifications I à VI avaient un sommet sphérique : elles sont extrêmement rares et ne sont pas montrées dans la table. Les balles de type II, III, IV et V sont des munitions expansibles et ont été développées par le capitaine de l'armée anglaise Berie Clay (qui a servi en Inde à l'arsenal de Dumdum).

Les balles de type VII étaient les projectiles de base. Le poids relativement faible de ces balles malgré leur longueur significative a été obtenu en utilisant un noyau d'aluminium ou de bakélite dans la pointe de la balle, les parties restantes étant remplies de plomb. Cette conception stabilise mieux la balle en vol et amplifie l'effet de bascule lors de la frappe de la cible, ce qui maximise le pouvoir d'arrêt. La balle avait une vitesse nominale à la bouche de 2,440 pieds par seconde (743,7 m/s) et sa vitesse de rotation était d'environ 175 800 tr/min. La vitesse de vol et la vitesse de rotation diminuaient considérablement, mais même après 800 mètres, la vitesse de la balle demeurait supersonique. Les balles qui passaient pouvaient être clairement entendues.

À des distances de plus de 300 yards (274,3 mètres), la trajectoire des balles traçantes différait considérablement de la trajectoire des balles lourdes, qui perdaient rapidement de l'altitude. De ce fait, les pilotes qui corrigeaient leur tir en fonction des balles traçantes manquaient souvent la cible.

Le déficit en munitions spéciales a conduit à l'utilisation généralisée de munitions conventionnelles. Les mitrailleuses ont été chargées avec des bandes remplies de munitions classiques, perforantes, incendiaires, traçantes et incendiaires. Jusqu'à ce que la production de cartouches spéciales ait augmentée. En 1942, la dotation standard consistait déjà en cartouches perforantes et incendiaires (B Mk.VI). Les cartouches de la bande étaient habituellement du même type. Pour rappeler au pilote l'épuisement des munitions, 5 balles traçantes étaient placées avant les 50 dernières balles.

Une rafale d'une seconde des 4 mitrailleuses générait une masse de 900 grammes de projectiles à raison de 20 coups par seconde et une vitesse de bouche d'environ 740 m/s. Les armes avaient suffisamment de munitions pour 13 secondes de tir continu.

Au cours de l'essai de la Royal Air Force sur les balles perforantes de .303 et 7,92 mm (allemand), on a découvert que les deux types de munitions avaient des problèmes similaires de pénétration. Les essais ont été effectués sur la section arrière du fuselage d'un bombardier Blenheim à une distance de 200 yards (180 mètres). Le blindage de protection du mitrailleur de queue était une tôle d'acier de 4 mm d'épaisseur. La plaque faisait un angle de 60° par rapport à la ligne de tir. Les résultats ont été décevants. Seulement 33% des balles tirées ont atteint les plaques de blindage, les autres balles ont été éparpillées ou même fichées dans les éléments de structure. Seulement 6% des balles ont percé le blindage. Par ailleurs, les résultats des munitions allemandes étaient bien pires, représentant respectivement 23% et 1%.

Les caractéristiques des munitions incendiaires n'étaient pas très différentes. Les tests d'inflammation des réservoirs d'essence scellés d'un bombardier Blenheim à une distance de 200 yards (180 mètres)

par l'arrière ont montré que les capacités d'allumage de la cartouche traçante incendiaire Buckingham B Mk.IV étaient identique aux autres types de munitions. Le réservoir s'enflammait un coup sur dix.

La cartouche incendiaire B. Mk VI De Wilde (nommée ainsi d'après un inventeur belge, mais en fait complètement redessinée par le Major C. Aubrey Dixon), qui contenait 0,5 gramme de la composition incendiaire SR365 (contenant un mélange de nitrate de baryum déclenché à l'impact) s'est avéré être deux fois plus efficace, nécessitant seulement un coup sur cinq pour enflammer le carburant.



**Figure 91: Cartouche incendiaire B. Mk VI "De Wilde"**

La production des cartouches De Wilde a commencé en juin 1940 et a vu les essais sur le terrain lors de l'évacuation de Dunkerque. Les pilotes ont apprécié la puissance accrue des cartouches, associée à la confirmation visuelle des coups sur la cible.

### Description

Le fonctionnement de la mitrailleuse repose sur le principe du court recul du canon. Chaque tir fait reculer l'ensemble canon/culasse sur une courte distance après quoi la culasse se déverrouille du canon et poursuit sa course vers l'arrière. Pendant ce mouvement vers l'arrière, la culasse extrait la douille vide de la chambre. Ensuite, le ressort repousse la culasse vers l'avant. Celle-ci extrait une nouvelle cartouche de la bande et la chambre puis se verrouille à nouveau avec le canon, préparant l'arme pour le prochain tir.

### Caractéristiques techniques.

1. Calibre .... 0.303 inches.
2. Longueur totale ... 3 ft 8.5 in (1130 mm) (avec cache flammes)
3. Longueur du canon ... 2 ft. (609.6 mm).
4. Poids ... 21 lb 14 oz (9.922 kg).
5. Munitions ... All types: Mk. VII S.A.A.
6. Poids de la cartouche ... 22.9 ~ 25.45g.
7. Mécanisme de chargement ... Bande de cartouches.
8. Cadence de tir... 1150 Coups/min.
9. Vitesse à la bouche ... 743.7 m/s.
10. Rayures du tube... 5.
11. Capacité en munitions ... 250 cartouches par arme.

Les mitrailleuses sont montées dans des compartiments d'aile entre les nervures 13 et 14 et 16 et 17 respectivement.

Les montages des armes permettent des ajustements de convergence verticale et horizontale.

Les armes sont alimentés par bandes venant d'une boîte. Les boîtes sont installées dans des baies entre les nervures 14 et 16. Le compartiment avant abrite la boîte à munitions de l'arme interne, tandis que l'arrière abrite celle de l'arme externe. L'accès aux compartiments se fait par une trappe facilement amovible sur la surface inférieure de l'aile.

Les maillons des bandes et les douilles sont éjectées à travers des ouvertures sur le revêtement inférieur.

### Types de munitions

**Balle 0,303 Mk. VII** - cartouche avec une balle lourde. Composée d'une chemise en acier nickelé et d'un noyau (le nez du noyau en aluminium, le reste en plomb). Douille en laiton. L'amorce consiste en une capsule en laiton rouge, une composition d'amorçage et un revêtement mince laqué. Le projectile est serti dans la douille par poinçonnage circulaire. La charge est composée de poudre tubulaire non graphitée à base de nitrocellulose. Utilisée contre l'infanterie ennemie et les avions.

**Perforante 0.303 W Mk. VII** - cartouche avec balle blindée. Composée d'une chemise en acier recouverte de nickel et d'un noyau en acier blindé. Douille en laiton. La composition d'amorçage est une composition de fulminate de mercure et de chlorate de potassium. Charge composé de poudre en paillettes de nitroglycérine. Utilisé contre les véhicules légèrement blindés, les voitures blindées, les trains, etc.

**traçante 0,303 G Mk. I** - cartouche avec une balle traçante. Composée d'une chemise en laiton rouge plaquée de nickel argenté avec une composition traçante blanche et un noyau de plomb. Douille en laiton. L'amorce est une capsule en laiton rouge, avec composition d'amorçage et revêtue d'une mince feuille, laquée à l'extérieur. Elle est sécurisé dans la douille par poinçonnage circulaire. La charge est une poudre tubulaire à base de nitroglycérine (cordite).

Utilisé pour la correction du tir. Pendant la journée, le traceur n'est visible que comme un petit point lumineux au bas de la balle.

**Incendiaire 0,303 B Mk. IV** - cartouche incendiaire (phosphore). Composée d'une chemise en acier plaquée de nickel avec une ouverture à l'extrémité de la pointe, remplie d'un alliage à fusion rapide, d'un tube en cupronickel avec un noyau de plomb et des rainures sur la surface pour le passage du phosphore qui remplit la pointe de la balle. Douille en laiton. L'amorce consiste en une capsule en laiton rouge, une composition d'amorçage, un revêtement en feuille mince, laqué à l'extérieur. Elle est fixé à la douille par poinçonnage circulaire. Charge - plaquettes de poudre pyroxylée sans fumée.

Utilisé pour enflammer des matériaux inflammables et des parties telles que les réservoirs de carburant, etc.

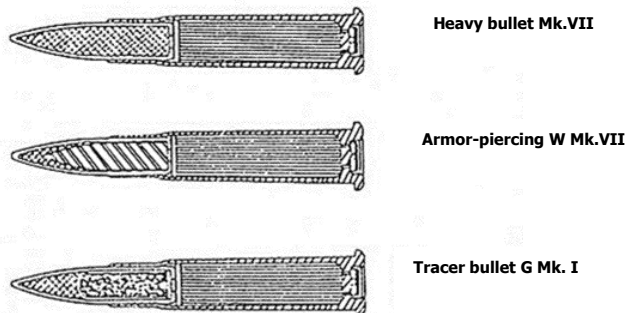


Figure 92: Coupe des cartouches .303

Ces cartouches ont été améliorées tout au long de la guerre et ont vu quelques modifications. Les dernières versions de la cartouche traçante G Mk VIII a été mise en service en 1945, celles des perforantes W Mk 1Z en 1945 et celles des incendiaires B Mk VII en 1942.

### Caractéristiques générales

Longueur totale – 76.7mm

Longueur de la douille – 56.1mm

Diamètre de la balle – 7.9mm

Diamètre du collet de la cartouche – 8.54 mm

Diamètre de la douille avant le bourrelet – 11.65 mm

Diamètre du bourrelet – 13.44 mm

Poids de la balle - 11.13 g

Poids de la cartouche – 22.9 ~ 25.45 g.

Vitesse à la bouche - approx.743.7 m/s

### Codage couleur des cartouches

Type de balle	Marquages du fond	Couleur capsule	Notes
Mark VII (Z)	VII	Violet	Avant 1910
Mark VIII Z	--	Violet	pour mitrailleuses
G Mark I (Z)	G	Rouge	Traçante, 500m
PG Mark I (Z)	PGI	--	Pour l'entrainement. Peinture cyan à la base
G Mark II	G	Rouge	Traçante, 900m
G Mark III	G	Rouge	Traçante, 750m. Utilisation navale
G Mark IV (Z)	G	Rouge	Traçante diurne, 500m. Utilisation aérienne. Pointe blanche.
G Mark V (Z)	G	Rouge	Traçante nocturne, 500m. Utilisation aérienne. Pointe blanche.
G Mark VI (VII, VIII) (Z)	G	Rouge	Similaire à la G Mark II, utilisée avec la G Mark IV. Traçante, 500m.
W Mark I (Z)	W	Vert	Perforante, pointe verte
B Mark III	B	Bleue	Cartouche incendiaire à tête bombée, type Buckingham
B Mark IV(Z)	--	--	Munitions incendiaires spécifiques destinées à être utilisées contre les ballons d'observation

B Mark VI	--	--	Munitions incendiaires, bille en acier à l'extrémité, vissée sur la base
B Mark VII (Z)	--	--	Incendiaire, réduite à la base
O Mark I (II)	O	Noire	Pour la désignation de cible. Pointe noire
O Mark III	O	Noire	Comme ci-dessus. Balle chargée de la base (?)

La lettre Z dans les désignations des cartouches indique l'utilisation de poudre en plaquettes de graphite pyroxylée sans fumée à la place de la cordite.



**Figure 93: Filaments de cordite.**

## Chauffage des armes

Souvent, sur les premières versions de l'avion, les armes ont mal fonctionné à cause du lubrifiant congelé sur les pièces mobiles. Pour assurer un fonctionnement sans problème des armes, les avions ont commencé à utiliser des systèmes de chauffage pour leurs armes. L'air chaud pour le chauffage est pris derrière les radiateurs de refroidissement et envoyé aux compartiments des mitrailleuses par tuyauteries. Le système de chauffage est automatisé et ne nécessite aucune commande du pilote.

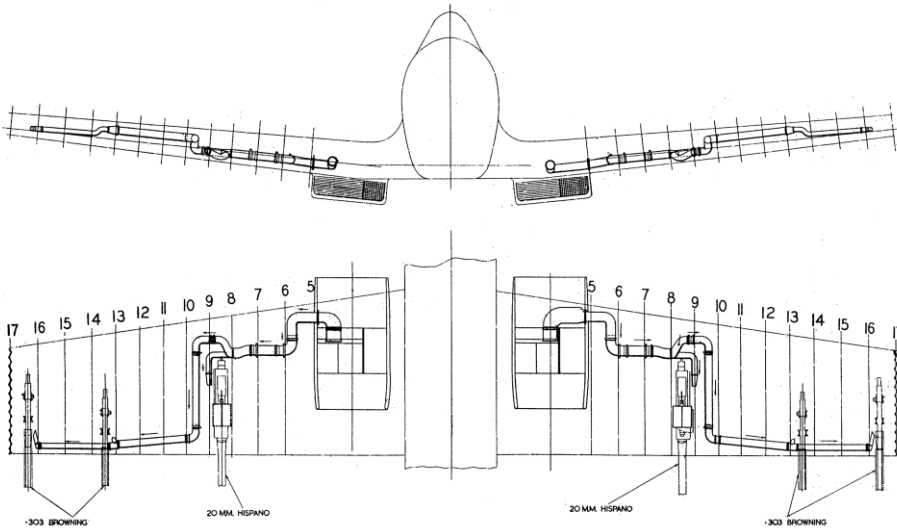


Figure 94: Système de chauffage des armes

## Bombes

Certains avions ont été modifiés pour pouvoir recevoir des bombes sous les sections d'aile détachables entre les nervures 8 et 10. Chaque point d'emport est fixé à la 9ème nervure par deux nœuds utilisant des points amovibles. Le montage avant du point d'emport était situé derrière le carénage du longeron principal, avec la fixation arrière à une distance de 9 pouces de la face frontale. Les commandes des détonateurs sont installés sur le côté gauche du poste de pilotage au niveau du 10ème couple. Le largage de la bombe est fait par un bouton à l'extrémité de la manette des gaz. Il y a également une libération mécanique sur le côté gauche de la manette des gaz.

## Visée

### Viseur - Caractéristiques générales

Un viseur d'avion à collimateur Mk.II (8B / 2361) est installé sur le tableau de bord de l'avion. Il se compose de deux parties :

- viseur optique (collimateur)
- télémètre

Le système optique comprend un réticule, une lentille, un réflecteur et un filtre à lumière. Le réticule a un anneau, ainsi qu'un point au centre de deux courts traits verticaux et de deux longs traits horizontaux. Le réticule est gravé sur une couche opaque coté plat de la lentille. Le fond du réticule est éclairé par une ampoule électrique. La lumière traverse le réticule de la lentille et arrive sur le verre réflecteur, qui est installé à un angle de 45 ° par rapport à l'axe optique du système. Le réflecteur reflète la lumière de la source lumineuse à 90° en direction de l'observateur, qui voit l'image sur le réticule brillant comme si elle était collimatée à l'infini.

Le télémètre du viseur comprend deux cames, les lignes horizontales du réticule, deux échelles et deux molettes.

Le mécanisme du télémètre fournit un changement de l'intervalle entre les lignes horizontales du réticule du viseur. Cet intervalle est variable et constitue la base pour mesurer la distance de la cible. La valeur de l'intervalle entre les lignes de la grille de visée dépend de l'angle de rotation de la molette de distance (en haut) et de la molette de dimension cible (en bas). La rotation de la molette supérieure modifie l'échelle supérieure, appelée échelle de portée, tandis que la molette inférieure modifie l'échelle inférieure, appelée échelle d'envergure (taille cible). L'échelle de portée est calibrée en centaines de yards, et l'échelle d'envergure en pieds.



Échelle des distances						
En centaine de yards	1	3	2	4	5	6
<b>Yards</b>	100	20°	300	400	500	600
<b>Mètres</b>	91,4	182,8	274,2	365,6	457	548,4

Échelle d'envergure							
Pied	40	50	60	70	80	90	100
<b>Mètres</b>	12,2	15,2	18,3	21,3	24,4	27,4	30,5

### Viseur - Spécifications

- Diamètre de l'anneau de réticule - valeurs angulaires :
  - En degrés 6° 44'
  - En millième 118
- Rayon de l'anneau du réticule - valeurs angulaires :
  - En degrés 3° 22'
  - En millième 59
- Lors du tir, cet anneau correspond pour un angle d'aspect de 2/4 à une vitesse cible de 322 km/h.
- À un angle d'aspect cible de ¼, la vitesse cible est de 644 km/h

### Méthode de visée adoptée par la Royal Air Force en Angleterre

Dans la RAF, l'angle d'avance est déterminé par la grandeur de la vitesse angulaire de la cible par rapport à l'avion qui ouvre le feu. Cette vitesse est parfois appelée la vitesse transversale.

L'obtention d'une solution de tir exige que le pilote détermine la vitesse latérale de la cible à l'œil. En utilisant l'anneau du réticule comme référence, le tireur peut prendre en compte l'angle d'avance relatif à toute vitesse transversale de la cible. Il est donc nécessaire de connaître l'aspect et la direction de l'augmentation relative de la taille de la cible. Il faut se rappeler que, en tenant compte de la technique de visée anglaise, la ligne de direction relative de la cible doit traverser le centre du réticule et non la continuation de l'axe longitudinal de l'avion.

### Méthode de visée adoptée par l'armée rouge en URSS

Le viseur Mk.II a un anneau avec un rayon de 59 millièmes. Les viseurs de la force aérienne soviétiques ont 2 anneaux :

- Un grand, avec un rayon de 105 millièmes
- Un petit, avec un rayon de 70 millièmes

Un aspect  $2/4$  et les vitesses cibles suivantes sont prises en compte en utilisant les anneaux.

- Pour le grand anneau, vitesse cible de 600 km/h
- Pour le petit anneau, 400 km / h

Le grand anneau est utilisé pour viser les chasseurs ennemis, tandis que le petit est utilisé pour les bombardiers.

Une comparaison de ces données montre que pour tirer en utilisant le viseur Mk.II contre les bombardiers ennemis avec un aspect de  $2/4$ , nous devons prendre une avance de  $1/7$  de plus que le rayon de l'anneau, lors du tir sur des chasseurs ennemis d'un aspect  $1/4$ , nous devons prendre une avance de  $1/8$  de moins que le rayon de l'anneau.

Dans tous les cas, la continuation de l'axe longitudinal de l'avion cible doit traverser le centre de l'anneau.

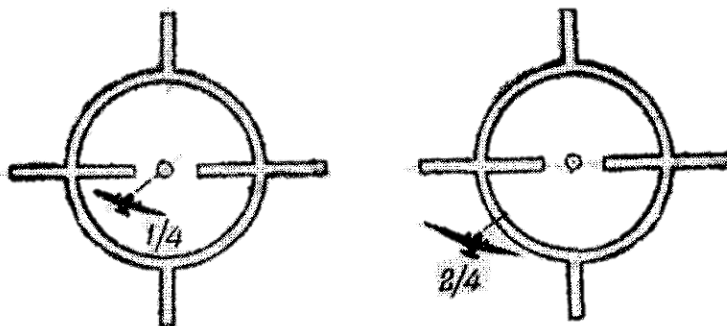
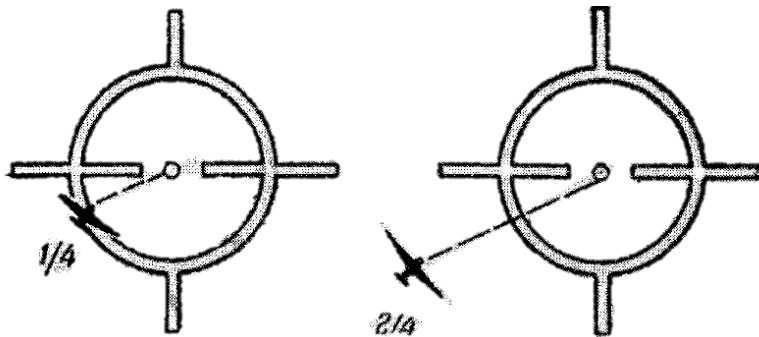


Figure 95 : visée d'un bombardier avec une vitesse de 400 km/h. À différents aspects





**Figure 96 :**  
**Visée d'un avion de chasse avec une vitesse de 600 km/h. À différents aspects**

### Détermination de la distance de la cible

Le dispositif de télémétrie aide le pilote à déterminer la distance correcte à partir de laquelle il peut commencer à ouvrir le feu. La distance n'est pas mesurée pendant le tir. L'utilisation du télémètre permet au pilote d'entrer une correction sur le viseur à l'aide des molettes de distance et d'envergure (taille cible) avant le vol ou lors de l'approche sur cible. Dans le processus d'approche le pilote suit la taille apparente de la cible. Lorsque qu'elle devient égale à l'espace entre les lignes horizontales du réticule, la distance de la cible sera égale à la distance définie. A ce stade, le pilote peut commencer à ouvrir le feu, en tenant compte de l'avance de visée conformément à l'aspect cible et au type d'avion.

### Test du viseur

1. S'assurer que le viseur est fixé en place et n'est pas desserré
2. Allumer le rétro-éclairage. Régler le rhéostat et vérifier l'illumination du viseur.
3. Mettre les pales de l'hélice en croix verticale pour faire correspondre les rayures du cône et du capot. Vérifiez l'alignement de l'axe optique du viseur avec la croix sur les pales de l'hélice.
4. Retirer le rhéostat et éteindre l'illumination.

### Changement des ampoules

Pour remplacer l'ampoule, appuyer sur le bouton et retirez le porte-ampoule. La lampe, avec un culot à baïonnette, est enlevée et remplacée par une nouvelle. L'ampoule doit être insérée avec la partie amalgamée vers le bas

# COMMUNICATIONS RADIO



## COMMANDES RADIO

Deux modes de communication radio existent dans le simulateur :

- Simplifié
- Réaliste

Le joueur peut sélectionner l'un de ces modes dans le menu des paramètres du jeu en cochant ou en décochant la case «Communication facile» sous l'onglet GAMEPLAY. Si cette option est désactivée, la communication radio dans le jeu sera définie de manière réelle par défaut. Le mode sélectionné détermine également les combinaisons de touches utilisées pour cacher le menu radio.



Figure 97: onglet GAMEPLAY dans le menu des paramètres

Toutes les commandes et les messages radio disponibles sont transmis et reçus via la station de radio embarquée, qui doit être réglée sur une fréquence commune pour qu'elle fonctionne. Si ce n'est pas le cas, le destinataire prévu ne pourra pas recevoir la transmission.

Dans la vie réelle, la communication radio VHF n'est stable qu'en portée optique. Le simulateur dispose également d'algorithmes intégrés pour calculer la distance et l'affaiblissement des transmissions provoquée par le relief du terrain. Une condition nécessaire pour la transmission de messages ou d'ordres est une portée optique vers le destinataire ainsi qu'une distance d'au plus 100 à 150 km. Dans les cas où le destinataire est situé au-delà de cette distance, ou si la portée optique est masquée par le terrain, le message ne sera pas reçu. Étant donné que la radio TR1196 est limitée à 4 canaux radio prédéfinis, vous pouvez maintenir la communication radio uniquement avec les contacts dont les radios sont réglées sur votre fréquence. Les fréquences des canaux radio sont définies par le créateur de mission dans l'éditeur de mission.

## Communication radio simplifiée

La fenêtre de communication radio est accessible en appuyant sur la touche de barre oblique [ \ ] (pour les claviers américains, les claviers d'autres langues peuvent varier). Après la sélection de la commande, la radio ou l'interphone sera sélectionné (si nécessaire) et réglé (si nécessaire) automatiquement. La touche [ \ ] ferme le menu de commande radio, s'il est ouvert. Lorsque le menu radio est affiché, les récepteurs sont repérés par le code couleur suivant :

- Les destinataires chez lesquels au moins l'une des radios est accordée sont de couleur blanche.
- Les destinataires chez lesquels au moins l'une des radios peut être réglée mais n'est pas actuellement sur la fréquence correcte sont de couleur grise.
- Les récepteurs qui ne peuvent être joints à cause de la trop grande distance ou du masquage/courbure de la terre sont en noir.

Chacun verra sa fréquence ainsi que sa modulation affichée. Lorsque vous choisissez un récepteur, la radio appropriée sera automatiquement réglée pour communiquer avec ce récepteur. Lorsque le mode communication simplifiée est activé, les raccourcis de commande «rapides» suivants sont également disponibles :

- [LWIN + U] Demandez à l'AWACS le cap vers la base.
- [LWIN + G] Commandez au vol d'attaquer la cible au sol.
- [LWIN + D] Commandez au vol d'attaquer les défenses antiaériennes
- [LWIN + W] Commandez au vol de vous couvrir.
- [LWIN + E] Commandez au vol d'accomplir la mission puis de rentrer à la base.
- [LWIN + R] Commandez au vol d'accomplir la mission puis de rejoindre.
- [LWIN + T] Commandez au vol d'ouvrir/fermer la formation.
- [LWIN + Y] Commandez au vol de rejoindre la formation.

## Communication radio réaliste

Lorsque vous jouez avec les communications radio réalistes activées, l'accès au menu radio se fait en appuyant sur le bouton PTT (Push To Talk) [RAIT + \ ] situé sur la manette des gaz.

Lorsque les destinataires sont affichés, il n'y a pas de code couleur vous indiquant leur disponibilité ou leurs fréquences/modulations. C'est le mode de jeu le plus réaliste mais il nécessite que vous connaissiez la modulation correcte ainsi que la bonne fréquence pour chaque destinataire, et vous devez entrer manuellement ces données dans la bonne radio.

## Fenêtre des communications radio

Liste des destinataires de premier niveau :

Si vous utilisez le mode de communication facile, les destinataires non présents lors de la mission ne seront pas affichés.

### F1. Ailier...

- F2. Patrouille...**
- F3. Second Élément...**
- F5. ATC...**
- F8. Équipe au Sol...**
- F10. Autres...**
- F12. Sortie**

Les raccourcis clavier seront également disponibles pour exécuter directement toute commande dans la structure. Ceux-ci se trouvent dans les options d'entrée.

Pour quitter le menu des communications, vous pouvez également appuyer sur ESC.

## F1 Ailier

Lors de la sélection F1 ailier à partir de la fenêtre principale des communications radio, vous avez la possibilité de sélectionner le type de message de base que vous souhaitez envoyer à votre numéro 2. Ceux-ci sont :

- F1. Navigation...**
- F2. Engagez...**
- F3. Engagez avec...**
- F4. Manœuvrez...**
- F5. Rejoignez la Formation**
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

### F1 Navigation...

L'option de navigation vous permet de communiquer directement l'endroit où vous souhaitez que votre ailier aille.

- F1. Orbitez sur position.** Votre ailier orbitera à son emplacement actuel jusqu'à ce que vous émettiez une commande Rejoin.
- F2. Retourner à la base.** Votre ailier retourne et atterrit sur la base aérienne désignée dans le plan de vol.
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

### F2 Engagez...

L'option d'engagement vous permet de diriger votre ailier pour l'attaque d'une cible spécifique. Après avoir reçu l'ordre, l'ailier va tenter de localiser la cible spécifiée puis passera à l'attaque.

- F1. Engager les cibles au sol.** L'ailier attaquera toute unité terrestre ennemie qu'il pourra localiser.
- F2. Engager les blindés.** L'ailier attaquera tous les chars, les véhicules de combat d'infanterie et les transports blindés de personnel qu'il peut localiser.
- F3. Engager l'artillerie.** L'ailier attaquera toute l'artillerie ou lance-roquettes multiples qu'il peut localiser.

**F4. Engager les défenses aériennes.** L'ailier attaquera toute artillerie antiaérienne ennemie et les unités de missiles sol air qu'il pourra localiser.

**F5. Engager les véhicules support.** L'ailier va attaquer tout véhicule logistique, transport, carburant, génération d'énergie, commandement et contrôle, et les unités du génie qu'il peut localiser.

**F6. Engager l'infanterie.** L'ailier va attaquer toutes les unités d'infanterie hostiles. Notez que les unités d'infanterie sont très difficiles à localiser sauf si elles bougent ou tirent. b

**F7.** Engager les navires. L'ailier engagera les navires de surface ennemis. Notez que la plupart des cibles navales sont fortement armées et représentent une lourde menace pour le Spitfire.

**F8. Engager les bandits.** L'ailier engagera n'importe quel appareil ennemi à aile fixe et à aile rotative qu'il peut localiser.

**F11. Menu Précédent**

**F12. Sortie**

## F3 Engager Avec...

Alors que la commande F2 Engage vous permet de donner des commandes de base pour que votre ailier attaque un type de cible, l'ensemble de commande F3 Engage With vous permet de déterminer le type de cible, mais aussi la direction d'attaque et le type d'arme à utiliser. Cela se fait de manière hiérarchique en sélectionnant d'abord le type de cible, puis le type d'arme et enfin la direction d'attaque. L'ailier tentera alors de localiser les cibles du type spécifié et de les attaquer avec l'arme spécifiée et dans la direction choisie. Alors que les options F2 Engage sont rapides à émettre, les options F3 Engage avec offrent des commandes beaucoup plus nombreuses.

**Type de cibles.** Ces options sont le miroir de celles qui se trouvent dans le menu F2 et vous permettent de déterminer le type de cible au sol que vous souhaitez voir engagé par votre ailier.

**F1. Engager les cibles au sol.** L'ailier attaquera toute unité terrestre ennemie qu'il pourra localiser.

**F2. Engager les blindés.** L'ailier attaquera tous les chars, les véhicules de combat d'infanterie et les transports blindés de personnel qu'il peut localiser.

**F3. Engager l'artillerie.** L'ailier attaquera toute l'artillerie ou lance-roquettes multiples qu'il peut localiser.

**F4. Engagez les défenses antiaériennes.** L'ailier va attaquer toutes les unités d'artillerie antiaérienne ainsi que les unités de lancement de missile sol/air qu'il pourra localiser.

**F5. Engager les véhicules support.** L'ailier va attaquer tout véhicule logistique, transport, carburant, génération d'énergie, commandement et contrôle, et les unités du génie qu'il peut localiser.

**F6. Engager l'infanterie.** L'ailier va attaquer toutes les unités d'infanterie hostiles. Notez que les unités d'infanterie sont très difficiles à localiser sauf si elles bougent ou tirent.

**F7. Engager les navires.** L'ailier engagera les navires de surface ennemis. Notez que la plupart des cibles navales sont fortement armées et représentent une lourde menace pour le Spitfire.

**Type d'arme.** Une fois que vous avez sélectionné le type de cible, il vous sera présenté une liste de type d'armement. Votre ailier attaquera la cible avec l'armement que vous aurez choisi. Cela inclut :

**F2. Bombes non guidées....**

**F4. Roquettes...**

**F6. Canon...**

**Cap de l'attaque.** Après avoir assigné le type d'arme à votre ailier, une troisième et dernière étape consiste à déterminer le cap que votre ailier prendra pour attaquer. Cela prend tout son sens lorsqu'il

s'agit d'éviter de passer au-dessus des défenses ennemies. Les options sont:

- F1. Default.** L'ailier prendra le chemin le plus court jusqu'à la cible.
- F2. Nord.** L'ailier attaquera la du sud au nord.
- F3. Sud.** L'ailier attaquera la cible du nord au sud.
- F4. Est.** L'ailier attaquera la d'ouest en est.
- F5. Ouest.** L'ailier attaquera la cible d'est en ouest.

## F4 Manœuvrez...

Bien que votre ailier fasse généralement du bon travail et sache quand et comment manœuvrer, il peut y avoir des moments où vous souhaitez lui donner un ordre de manœuvre très spécifique. Cela pourrait être en réponse à une menace (tir contre les défenses anti-aériennes ennemies ou avion de chasse) ou pour mieux préparer une attaque.

- F1. Break à droite.** Cette commande ordonnera à votre ailier de faire un dégagement au maximum de G à droite.
- F2. Break à gauche.** Cette commande ordonnera à votre ailier de faire un dégagement au maximum de G à gauche
- F3 Break vers le Haut.** Cette commande ordonne à votre ailier d'effectuer un dégagement au maximum de G vers le haut.
- F4. Break vers le bas.** Cette commande ordonne à votre ailier d'effectuer un dégagement au maximum de G vers le bas.
- F7. Dégagez la droite.** Votre ailier va tourner à 360° vers la droite en recherchant des cibles.
- F8. Dégagez la gauche.** Votre ailier va tourner à 360° vers la gauche en recherchant des cibles.
- F9. Pump.** Votre ailier va faire demi-tour (180°) et voler sur une distance de 10 nm. Une fois ce point atteint, il va à nouveau faire demi-tour pour revenir sur son cap originel.

## F5 Rejoignez Formation

A cette commande, l'ailier va interrompre sa tâche actuelle afin de rejoindre la formation à votre côté.

### F2 Vol

Lorsque vous sélectionnez le menu F2 Flight dans la fenêtre principale des communications radio, vous avez la possibilité d'envoyer les messages de base suivants :

- F1. Navigation...**
- F2. Engagez...**
- F3. Engagez avec...**
- F4. Manœuvrez...**
- F5. Formation**
- F6. Rejoignez la Formation**
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

## F1 Navigation...

Les options de navigation vous permettent de commander la direction de vol de votre patrouille.

**F1. Orbitez sur position**

**F2. Retournez à la base**

**F11. Menu Précédent**

**F12. Sortie**

Ces commandes sont similaires à celles de la page navigation de l'ailier sauf qu'elles s'appliquent à tous les membres du vol.

## F2 Engagez...

L'option d'engagement vous permet de diriger votre Flight pour l'attaque d'une cible spécifique. Après avoir reçu l'ordre, le Flight va tenter de localiser la cible spécifiée puis passera à l'attaque.

**F1. Engagez cible au Sol**

**F2. Engagez les blindés**

**F3. Engagez l'artillerie**

**F4. Engagez les défenses antiaériennes**

**F5. Engagez les véhicules utilitaires**

**F6. Engagez l'infanterie**

**F7. Engagez les bateaux**

**F8. Engagez les Bandits**

**F11. Menu Précédent**

**F12. Sortie**

Ces commandes sont similaires à celles de la page navigation de l'ailier sauf qu'elles s'appliquent à tous les membres du vol.

## F3 Engager Avec...

Ces commandes sont similaires à celles données à l'ailier sauf qu'elles s'appliquent à tout le vol. Les commandes fonctionnent de la même façon que décrit ci-dessus.

## F4 Manœuvrez...

**F1. Break à droite**

**F2. Break à gauche**

**F3. Break vers le haut**

**F4. Break vers le bas**

**F7. Dégagez la droite**

**F8. Dégagez la gauche**

**F9. Pump**

**F11. Menu Précédent**

**F12. Sortie**

Ces commandes sont similaires à celles données à l'ailier sauf qu'elles s'appliquent à tout le vol.



## F5 Formation

A partir du menu Formation, vous pouvez choisir la formation que votre vol prendra par rapport à vous, en tant que chef de patrouille.

- F1. Formation Line Abreast**
- F2. Formation Trail**
- F3. Formation Wedge**
- F4. Formation échelon à droite**
- F5. Formation échelon à gauche**
- F6. Formation Finger Four**
- F7. Formation Spread Four**
- F8. Espacez la formation**
- F9. Resserrez la formation**
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

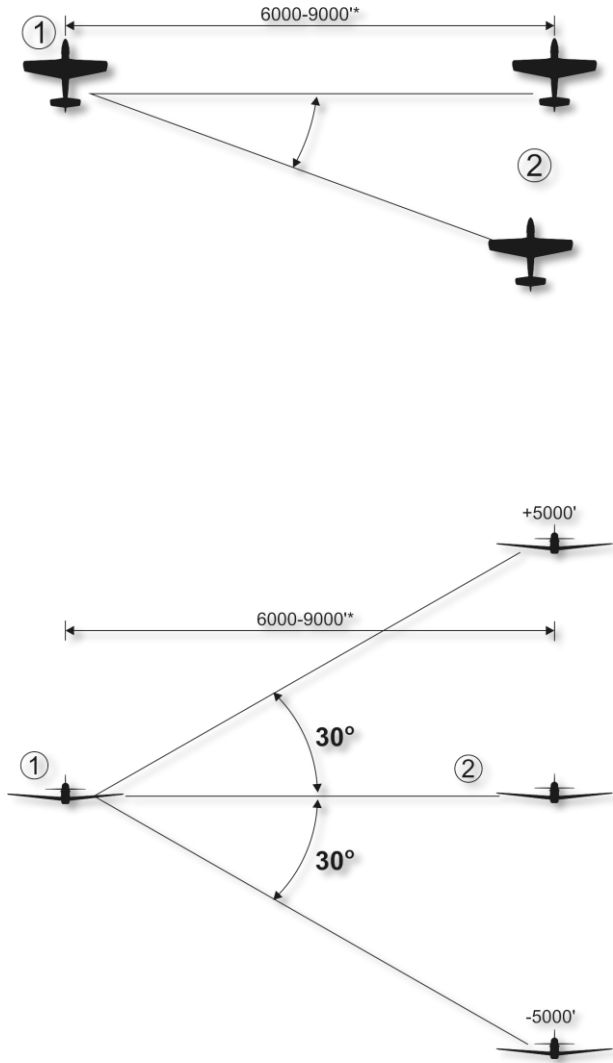


Image 98 : F1 Formation Line Abreast



**Image 99 : F2 Formation Trail**

La position peut être modifiée dans une enveloppe de 1500 à 4000 pieds par le chef de patrouille.

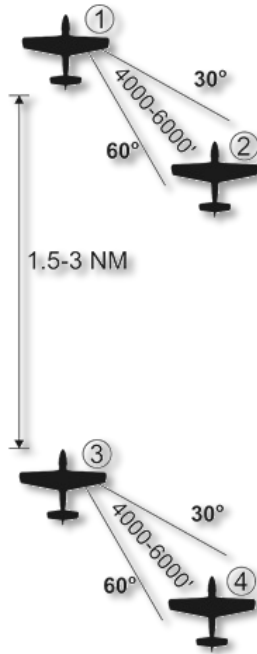
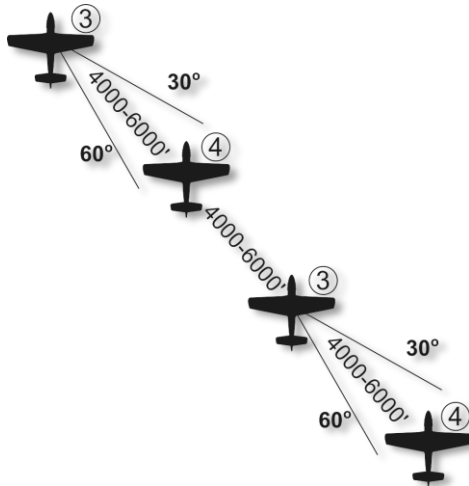
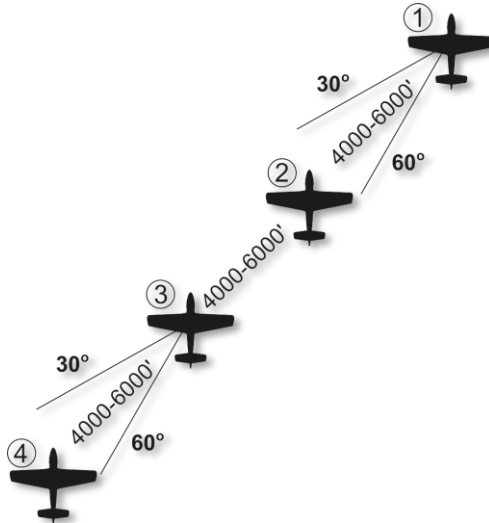


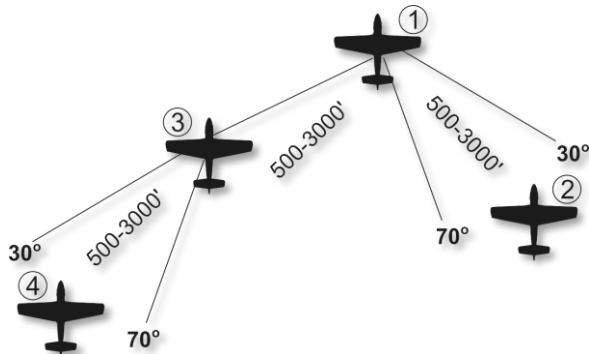
Image 100 : F3 Formation Wedge



**Image 101 : F4 Formation échelon à droite**

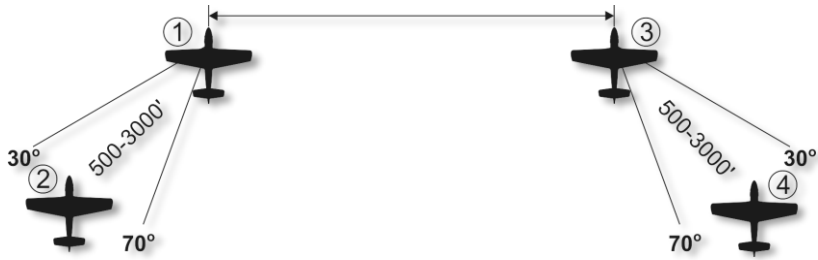


**Image 102 : F5 Formation échelon à gauche**



**Image 103 : F6 Formation Finger Four**

La position peut être modifiée dans une enveloppe de 1500 à 4000 pieds par le chef de patrouille.



**Image 104: F7 Formation Spread Four**

La position peut être modifiée dans une enveloppe de 1500 à 4000 pieds par le chef de patrouille.

**F9. Resserrez la formation.** Diminue la distance entre chaque avion dans la formation actuelle.

## F6 Rejoignez Formation

Cette commande ordonne à vos ailiers de cesser leurs tâches courantes et de rejoindre la formation à vos côtés.

## F3 Deuxième Élément

Lors de la sélection F3 Deuxième élément à partir de la fenêtre principale de communications radio, vous avez la possibilité de sélectionner le type de message de base que vous souhaitez envoyer au deuxième élément de votre vol. Le deuxième élément se compose des éléments de vol 3 et 4 dont le numéro 3 est le leader. Lors de l'émission d'une commande au second élément, les numéros 3 et 4 exécutent la commande conjointement. Ces commandes sont :

- F1. Navigation...**
- F2. Engagez...**
- F3. Engagez avec...**
- F4. Manœuvrez...**
- F5. Rejoignez la Formation**
- F6. Sortir**
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

## F1 Navigation...

Les options de navigations vous permettent d'ordonner un cap à suivre par votre second élément.

- F1. Orbitez sur position**
- F2. Retournez à la base**
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

Ces commandes sont similaires à celles données à l'ailier sauf qu'elles s'appliquent au second élément.

## F2 Engagez...

L'option d'engagement vous permet de diriger votre second élément pour l'attaque d'une cible spécifique. Après avoir reçu l'ordre, les n°3 et 4 vont tenter de localiser la cible spécifiée puis passeront à l'attaque.

- F1. Engagez cible au Sol**
- F2. Engagez les blindés**
- F3. Engagez l'artillerie**
- F4. Engagez les défenses antiaériennes**
- F5. Engagez les véhicules utilitaires**
- F6. Engagez l'infanterie**
- F7. Engagez les bateaux**
- F8. Engagez les Bandits**
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

Ces commandes de manoeuvres sont similaires à celles données à l'ailier sauf qu'elles s'appliquent au second élément.

## F3 Engagez avec...

Ces commandes de manoeuvres sont similaires à celles données à l'ailier sauf qu'elles s'appliquent au second élément.

## F4 Manoeuvrez...

Bien que votre ailier fasse généralement du bon travail et sache quand et comment manoeuvrer, il peut y avoir des moments où vous souhaitez lui donner un ordre de manoeuvre très spécifique. Cela pourrait être en réponse à une menace (tir contre les défenses anti-aériennes ennemies ou avion de chasse) ou pour mieux préparer une attaque.

- F1. Break à droite**
- F2. Break à gauche**
- F3. Break vers le haut**
- F4. Break vers le bas**
- F7. Dégagez la droite**
- F8. Dégagez la gauche**
- F9. Pump**
- F11. Menu Précédent**
- F12. Sortie**

Ces commandes de manoeuvres sont similaires à celles données à l'ailier sauf qu'elles s'appliquent au second élément.

## F5 Rejoignez Formation

Cette commande ordonne à votre second élément de cesser les tâches courantes et de rejoindre la formation à vos côtés.

## Réponses des équipiers

Après avoir envoyé un message radio à n'importe quel des membres de votre patrouille, vous recevrez l'une de ces deux réponses:

**Numéro de celui qui répond (2, 3 ou 4), compris.** Lorsqu'un membre du vol effectuera la commande, il répondra avec son numéro de vol et ajoutera "compris".

**(Numéro du membre du vol) impossible.** Lorsqu'un membre du vol ne peut pas exécuter la commande, il répondra avec son numéro de vol suivi par "impossible". Par exemple: "2, impossible"

## F5. Contrôle aérien (ATC)

Ce groupe de commandes radio relatives à la communication et à l'interaction avec le contrôle aérien (ATC) comprend un menu pour les demandes d'autorisation de démarrage moteur, de roulage, de décollage et de retour à la base.

Le menu est appelé en utilisant les touches suivantes: **[ \ ]** Commandes **[ F5 ]** ATC ...

Le système de contrôle aérien (ATC) de cette simulation est fonction de l'emplacement de votre avion sur le parc de stationnement, la piste ou en vol. Une condition nécessaire au fonctionnement de l'ATC est la présence de certaines installations de surface qui lui sont associées. Par exemple, pour transmettre une réponse aux demandes des joueurs, la tour de contrôle de l'aérodrome doit être intacte.

### Sur le parc de stationnement

Avant de pouvoir communiquer avec l'ATC contrôle au sol pour avoir la permission de démarrer votre moteur, vous devez d'abord allumer et régler votre radio VHF AM.

Lorsque la radio fonctionne, appuyez sur **[ \ ]** ou **[ RALT + \ ]** pour afficher le menu radio, puis appuyez sur F1 "Démarrage moteur".

Si vous avez des ailiers, ils vont maintenant démarrer leurs moteurs.

Une fois l'avion démarré et configuré, sélectionnez **[ F1 ]** "Demandez le roulage". Une fois que vous recevez l'autorisation, vous pouvez rouler sur la voie de circulation jusqu'au point d'arrêt avant l'entrée de piste.

Si vous avez des ailiers, ils vont maintenant rouler jusqu'à la piste.



Une fois au point d'arrêt, appuyez sur [↵] ou [RALT + ↵] et [F1] "Demande de décollage". Lorsque l'autorisation est accordée, vous pouvez entrer sur la piste et décoller.

### Début en vol et atterrissage

Si vous ne démarrez pas du parc de stationnement, vous pouvez accéder à l'ATC en appuyant sur la touche [↵] ou [RALT + ↵]. Ce faisant, vous pouvez sélectionner [F5] "ATC".

Si vous utilisez "Communications faciles", une liste des ATC des aéroports sera affichée avec leurs fréquences de contact. Sélectionnez l'ATC de l'aéroport que vous souhaitez contacter. Si vous n'utilisez pas "Communications faciles", vous devez d'abord régler manuellement la fréquence utilisée pour l'aéroport désiré.

Une fois que l'aéroport est sélectionné, vous pouvez envoyer un message "Inbound" (en approche) qui indique votre intention d'atterrir là, ou bien "I'm lost" (Je suis perdu). L'ATC vous guidera alors jusqu'à l'aéroport.

- Lorsque vous sélectionnez "Inbound", l'ATC vous répondra avec les informations suivantes:
- Le cap à suivre jusqu'au point initial d'atterrissage.
- La distance jusqu'au point initial d'atterrissage.
- Le QFE, ou pression atmosphérique à l'élévation de la piste.
- La piste en service pour l'atterrissage

En approche du point de début de descente (à partir de 5KM), l'ATC transmettra "(indicatif), vous êtes autorisé à atterrir." Après ce message, le pilote doit répondre par "je demande l'atterrissage". Si le pilote n'a pas l'intention d'atterrir sur l'aéroport, ils doivent répondre «Atterrissage annulé».

Si la piste est dégagée, l'ATC autorise l'atterrissage et donne le numéro de la piste ainsi que la direction et la vitesse du vent près du sol. Si la piste est occupée, l'ATC interdit l'atterrissage et donnera des instructions pour une remise des gaz. «Request Azimuth» - envoie à l'ATC une demande d'aide à la navigation.

"Request Azimuth" transmet au radio-goniomètre automatique de l'aéroport en cas de perte d'orientation en vol.

En réalité, "Request Azimuth" sert en cas de perte d'orientation en vol lors de la panne de l'équipement de navigation de l'avion, ou en vol dans des conditions météorologiques défavorables ou de nuit. Cette demande est reçue par le radio-goniomètre automatique (ADF) à l'aéroport, après quoi l'opérateur du goniomètre transmet un cap direct vers l'aéroport.

Dans le jeu, en cas de perte d'orientation, un joueur peut "demander l'azimut", qui sera indiqué par un cap direct vers l'aéroport le plus proche. Approchez l'aéroport en suivant ce cap.

Si vous avez demandé un atterrissage et que vous êtes en approche finale, demandez une deuxième fois l'autorisation d'atterrir, la tour de contrôle vous donnera l'autorisation et vous communiquera la direction et la vitesse du vent.

Après l'atterrissage, roulez jusqu'au parking et arrêtez l'avion.

## F6 Équipe au sol

Après avoir atterri sur un aérodrome allié et avoir roulé vers le parc de stationnement, vous pouvez communiquer avec l'équipe au sol pour le réarmement et le ravitaillement en appuyant sur l'option F6 pour afficher le menu "Équipe au sol".

La liste de commandes pour le personnel au sol comprend le menu pour éditer le chargement de l'aéronef et la quantité de carburant, ainsi que pour sélectionner la source d'alimentation électrique de l'avion.

# TOUCHES CLAVIER



# TOUCHES CLAVIER

COMMANDES DE L'AVION	
Volets (bascule)	[F]
Volets EXTENSION	[LShift - F]
Volets RETRACTION	[LCtrl - F]
Incliner à gauche	[Left]
Incliner à droite	[Right]
NEZ VERS LE BAS	[Up]
NEZ VERS LE HAUT	[Down]
GOUVERNE À GAUCHE	[Z]
GOUVERNE À GAUCHE 1 CRAN	[RShift - ,]
GOUVERNE À DROITE	[X]
GOUVERNE À DROITE 1 CRAN	[RShift - /]
Compensateur À PIQUER	[RCtrl - ;]
Compensateur À CABRER	[RCtrl - .]
Compensateur GOUVERNE À	[RCtrl - ,]
Compensateur GOUVERNE À	[RCtrl - /]
Compensateur d'élèveur	
Compensateur de gouverne	

COMMANDES DU MOTEUR	
Survolteur	[Delete]
Couvercle du survolteur (bascule)	[LShift-Delete]
Couvercle du survolteur, bouton FERMER	
Couvercle du survolteur, bouton OUVRIR	
Fitre à air carburateur	[H]
Fitre à air carburateur FERMER	[LCtrl-H]
Fitre à air carburateur OUVRIR	[LShift-H]
Robinet de reservoir largable	
Robinet de reservoir largable	
Robinet de reservoir largable	
Régime moteur, DIMINUER	[PageDown]
Régime moteur, AUGMENTER	[PageUp]
Pompe carburant (bascule)	[0]
Pompe à carburant, ARRÊT	[LCtrl - 0]
Pompe à carburant, MARCHE	[LShift - 0]
Magnéto No. 1 (bascule)	[LShift - End]
Magnéto No. 1 ARRÊT	
Magnéto No. 1 MARCHE	

Magnéto No. 2 (bascule)	[RShift - End]
Magnéto No. 2 ARRÊT	
Magnéto No. 2 MARCHE	
Robinet principal de carburant	[T]
Robinet principal de carburant,	[LCtrl - T]
Robinet principal de carburant,	[LShift - T]
Etouffoir (bascule)	[M]
Etouffoir sur OFF.	[LShift - M]
Etouffoir sur RUN.	[LCtrl - M]
Dilution d'huile	
Couvercle du bouton de dilution d'huile (bascule)	
Couvercle du bouton de dilution d'huile, FERMER	
Couvercle du bouton de dilution d'huile, OUVRIR	
Utiliser la pompe oscillante	[LCtrl-Insert]
Amorçage	[Insert]
Verrouiller l'amorçage (bascule)	[LShift-Insert]
Test radiateur	
Couvercle du bouton de test radiateur (bascule)	
Couvercle du bouton de test radiateur, FERMER	
Couvercle du bouton de test radiateur, OUVRIR	
Démarréur	[Home]
Couvercle du bouton de	[LShift-Home]
Couvercle du bouton de	
Couvercle du bouton de	
Modes compresseur (bascule)	[RShift -S]
Modes compresseur AUTO	
Modes compresseur M.S	
Test compresseur	
Couvercle du bouton de test compresseur (bascule)	
Couvercle du bouton de test compresseur FERMER	

Couvercle du bouton de test compresseur OUVRI	
Manette des gaz, DIMINUER	[Num-]
Manette des gaz, AUGMENTER	[Num+]
Régime moteur (analogique)	
Manette des gaz (analogique)	

<b>MANCHE DE COMMANDE DE L'AVION</b>	
Tir canons	[RAlt - Space]
Tir mitrailleuses	[Space]
Tir mitrailleuses et canons	
Levier de sécurité des armes (bascule)	[LShift-Space]
Freins de roues	[W]
Freins de roues, DIMINUER	
Freins de roues, AUGMENTER	
Freins de roues (analogique)	

<b>SYSTÈMES DE L'AVION</b>	
Abandon	[LCtrl-E]
Vérierie (bascule)	
Vérierie, FERMER	[LCtrl-C]
Vérierie, OUVRI	[LShift-C]
Porte (bascule)	
Porte, FERMER	
Porte, OUVRI	
Largage bombes	[RShift-Space]
Pression réservoir de carburant	
Pression réservoir de	
Pression réservoir de	
Largage vérierie	[LCtrl-LShift-C]
Largage réservoir largable	[LCtrl-LShift-T]
Valve d'oxygène (bascule)	
Valve d'oxygène, FERMER	
Valve d'oxygène, OUVRI	
Chauffage Pitot (bascule)	[P]
Chauffage Pitot, ARRÊT	[LCtrl-P]
Chauffage Pitot, MARCHE	[LShift-P]
Radiateur (bascule)	[A]
Radiateur, AUTO	[LCtrl-A]
Radiateur, OUVERT	[LShift-A]

Indicateur des trains (bascule)	
Indicateur des trains, ARRÊT	
Indicateur des trains, MARCHE	
Trains d'atterrissage (bascule)	[G]
Trains d'atterrissage, BAISSER	
Sortie de secours des trains d'atterrissage	[LCtrl-LShift-G]
Trains d'atterrissage, MONTER	
Dégivrage pare-brise (bascule)	[LAlt-P]
Dégivrage pare-brise, ARRÊT	[LAlt-LCtrl-P]
Dégivrage pare-brise, MARCHE	[LAlt-LShift-P]

TABLEAU DE BORD	
Réglage de l'altimètre, DIMINUER	
Réglage de l'altimètre, AUGMENTER	
Remontoir, réglage de la	[RShift-Q]
Remontoir, réglage de la	
Remontoir, réglage de la montre de bord, DIMINUER	[RCtrl-Q]
Remontoir, réglage de la montre de bord, AUGMENTER	[RAlt-Q]
Remontoir, réglage de la montre de bord, REMONTAGE	
Cap du compas, DIMINUER	[RAlt-C]
Cap du compas, AUGMENTER	[RCtrl-C]
cap du gyro directionnel, DIMINUER	
cap du gyro directionnel, AUGMENTER	
Feux de navigation (bascule)	[U]
Feux de navigation, ARRÊT	[LCtrl-U]
Feux de navigation, MARCHE	[LShift-U]
Affichage du carburant	
cache du voyant des trains (bascule)	
cache du voyant des trains, BAISSER	
cache du voyant des trains, Réglage pression altimètre	
cap compas (analogique)	
Réglage d'envergure viseur, DIMINUER	[LCtrl-O]

Réglage d'envergure viseur, AUGMENTER	[LShift-0]
réglage distance viseur, DIMINUER	[RCtrl-0]
réglage distance viseur, AUGMENTER	[RShift-0]
Écran de viseur teinté (bascule)	
Écran de viseur teinté, MIS	
Écran de viseur teinté, CACHÉ	
Envergure viseur (analogique)	
Distance viseur (analogique)	

<b>RADIO VHF</b>	
Canal radio A	[LCtrl-1]
Canal radio B	[LCtrl-2]
Canal radio C	[LCtrl-3]
Canal radio D	[LCtrl-4]
gradateur voyant radio,	
gradateur voyant radio, FAIBLE	
Mode radio R	[LCtrl-5]
Mode radio REM	[LShift-5]
Mode radio T	[LAlt-5]
Levier de verrouillage du commutateur de mode radio T.LOCK	[LAlt-LCtrl-5]
Levier de verrouillage du commutateur de mode radio,	
Marche/arrêt radio, ARRÊT	[LCtrl - ` ]

<b>ÉQUIPEMENT DE COMMUNICATIONS</b>	
Lampe inférieure d'identification (mode suivant)	
Lampe inférieure d'identification (mode	
Lampe inférieure d'identification MORSE	
Lampe inférieure d'identification, ARRÊT	
Lampe inférieure d'identification, FIXE	
Opérateur morse des lampes d'identification	



Lampe supérieure d'identification (mode suivant)	
Lampe supérieure d'identification (mode	
Lampe supérieure d'identification, MORSE	
Lampe supérieure d'identification, ARRÊT	
Lampe supérieure d'identification, FIXE	

### TRANSPONDEUR

I.F.F. Circuit B (bascule)	
I.F.F. Circuit B, ARRÊT	
I.F.F. Circuit B, MARCHE	
I.F.F. Circuit D (bascule)	
I.F.F. Circuit D, ARRÊT	
I.F.F. Circuit D, MARCHE	
I.F.F. Couvercle (bascule)	
I.F.F. Couvercle, FERMER	
I.F.F. Couvercle, OUVRIR	
I.F.F. Détonateur 1	
I.F.F. Détonateur 2	

### COMMANDES RADIO

COMM, menu communication	[ \ ]
COMM, appuyer pour parler	[ RAlt- \ ]
COMM, interrupteur de	[ RShift- \ ]
COMM, basculer sur le menu	[ RCtrl- \ ]
COMM, demander la direction du terrain à l'AWACS	[ LWin-U ]
COMM, attaquer les défenses anti-aériennes	[ LWin-D ]
COMM, attaquer les cibles au sol (communications faciles)	[ LWin-G ]
COMM, attaquer ma cible (communications faciles)	[ LWin-Q ]
COMM, couvrez moi (communications faciles)	[ LWin-W ]

COMM, ordre à l'ailier - finir la mission et retourner à la base (communications faciles)	[LWin-E]
COMM, ordre à l'ailier - finir la mission et rejoignez moi (communications faciles)	[LWin-R]
COMM, rejoignez la formation (communications faciles)	[LWin-Y]
COMM, basculez formation (communications faciles)	[LWin-T]

### ÉCLAIRAGE DE LA CABINE

Intensité lampe gauche du tableau de bord, DIMINUER	[LCtrl-N]
Intensité lampe gauche du tableau de bord, AUGMENTER	[LShift-N]
Intensité lampe droite du tableau de bord, DIMINUER	[RCtrl-N]
Intensité lampe droite du tableau de bord, AUGMENTER	[RShift-N]
Intensité lampe gauche du tableau de bord (analogique)	
Intensité lampe droite du tableau de bord (analogique)	

### TABLETTE

Page suivante tablette	[;]
Tablette MARCHÉ/ARRÉT	[RShift-K]
Page précédente tablette	[{]
Tablette, point de marquage de position actuelle	[RCtrl-K]
tablette, vue temporaire	[K]

# Développeurs

## EAGLE DYNAMICS

### Directeurs

Nick Grey	Directeur du projet, directeur de The Fighter Collection
Igor Tishin	Directeur du projet, directeur de Eagle Dynamics (Russie)
Andrei Chizh	Assistant de programmation, Gestionnaire QA, Producteur, Documentation technique
Sergei Gerasev	Chef de projet
Alexander Babichev	Chef de projet
Matt "Wags" Wagner	Producteur, développement commercial
Matthias "Groove" Techmanski	Producteur, gestion de la localisation

### Programmeurs

Dmitry Baikov	Systèmes, Multi joueurs, moteur audio
Ilya Belov	Interface graphique, Cartes, Interfaces d'entrées
Maksim Zelensky	Avions, avions AI, vole et modèles de dégâts
Andrey Kovalenko	Avions AI, armement
Alexander Oykin	Avionique et systèmes avions
Yevgeny Podyachev	Plugins et assemblage
Timur Ivanov	Graphismes et effets
Oleg "Olgerd" Tischenko	Avionique
Vladimir Feofanov	Modèles de vol, avions AI
Konstantin Tarakanov	Interface graphique, éditeur de mission
Yevgeny Gribovich	Avionique
Dmitry Robustov	Paysages
Yevgeny Panov	IA
Mikhail Yershov	IA
Alexei Sayenko	Graphiques
Alexei Militov	Effets
Grigory Manukyan	Graphiques
Roman "Made Dragon" Deniskin	Systèmes avions et modèles de vol

### Division véhicules terrestres

Roman "Dr.lex" Podvoysky	Combined Arms
--------------------------	---------------

Alexander "SFINX" Kurbatov	Véhicules et Navires
Pavel Khamlov	Véhicules et Navires

### **Designers**

Pavel "DGambo" Sidorov	Concepteur en chef
Alexander "Skylark" Drannikov	Graphismes et interfaces graphiques, Avions
Timur Tsygankov	Avions, véhicules, navires, modèles des armes
Yevgeny "GK" Khizhnyak	Avions et véhicules
Konstantin Kuznetsov	Ingénieur du son
Sergei "tama" Ashuyko	Immeubles et paysages
Andrei "LISA" Reshetko	Personnages
Maxim Lysov	Appareil
Igor Piskunov	Concepteur 2D
Yuri Starov	Appareil
Alexandra Alexeeva	Concepteur 2D

### **Son**

Konstantin "btd" Kuznetsov	Ingénieur du son, compositeur
----------------------------	-------------------------------

### **OTK**

Valery "USSR_Rik" Khomenok	Chef testeur
Ivan "Frogfoot" Makarov	Testeur
Alexander "BillyCrusher" Bilievsky	Testeur
Nikita "Nim" Oprelennikov	Testeur
Oleg "Dzen" Fedorenko	Testeur

### **Support scientifique**

Dmitry "Yo-Yo" Moskalenko de la balistique	Modèles mathématiques de la dynamique, des systèmes et
---	--

### **Département localisation**

Alexei "Mode" Chistyakov	Localisation
Elena Pryanichnikova	Traduction
Jzan Lo	Traduction

### **IT et Support Client**

Konstantin "Const" Borovik	Administrateur système et réseau, Web, Forum
Andrei Filin	Administrateur systèmes et réseaux, support clients

Konstantin "MotorEAST" Kharin  
Alena Yurikovskaya

Support Client  
Support Client

## Missions d'entraînement

Sergei Goretsky

## Livrées additionnelles

Mbendi1  
=RAF= Ватель  
CHSubZero  
Golani79  
Jponti  
JST  
KIZIR\_77  
Ovenmit  
Reflected  
Snowsniper

Un remerciement spécial à Sergei "Sandy1942" Yakubovich pour son inestimable contribution à la traduction de ce document

## Localisation Allemande

Hardy "I./ZG15\_FALKE" Bauer  
Sebastian "Lino\_Germany" Benner  
Charly "Nirvi" Kramer  
Marcel "EagleEye" Kruger  
Daniel "Luigi Gorgonzola" Atencio Psille  
Matthias "Groove" Techmanski  
Special Thanks:  
Erich "ViperVJG73" Schwarz  
Werner "derelor" Siedenburg

## Localisation Française

Clément "**Azrayen**" Bakès  
Gaëtan "**Cameleon33**" Delaporte  
Marc "**MarcSupilami**" Michault  
Bruno "**caramel**" Pelfort  
Alain "**Vascocap**" Perez

Erwan "Erforce" Quermé

## **Localisation Tchèque**

Honza Lehky

## **Testeurs**

Christopher "Mustang" Wood  
Danny "Stuka" Vanvelthoven  
Darrell "AlphaOneSix" Swoap  
Dmitry "Laivynas" Koshelev  
Erich "ViperVJG73" Schwarz  
Jeff "Grimes" Szorc  
Jurgen "lion737" Dorn  
Kairat "Kairat" Yaksbaev  
Martin „Smudge“ Smith  
Matt "mdosio" Dosio  
Matthias "Groove" Techmanski  
Norm "SiThSpAwN" Loewen  
Peter "Weta43" McAllister  
Raul "Furia" Ortiz de Urbina  
Roberto "Vibora" Seoane Penas  
Scott "BIGNEWY" Newnham  
Sergei "eekz" Goretsky  
Vadim "Wadim" Ischuk  
Valery "=FV=BlackDragon" Manasyan  
Viktor "vic702" Kravchuk  
William "SkateZilla" Belmont

**Remerciements particuliers à Sicuro Publishing Inc. pour le matériel fourni.**

# Sponsors

## Sponsors de bronze

Kevin M.  
(tf\_Stryker)  
Thomas Guiry  
(tf\_t4trouble)  
Joonas  
(tf\_Wraithweave)  
  
[3rd]KaTZe  
\_Shkval\_  
=DRACO=  
315\_Piotras  
a\_korolev[at]pochta.ru  
Aapef  
Aaron Fess  
Aaron Pratt  
Aaron Sotto  
Aaron Taylor  
AaronAsh  
Abc  
Ace Rimmer  
Adam Chan Craig Martin  
Adam Jasiewicz  
Adam Navis  
Adam Schneider  
Adam Tomczynski  
Admir Nevesinjac  
ADRIAN  
Adrian Borodi  
Adrian Cretu  
Adrian Putz  
Aflay  
Aginor Chuain  
Agnar Dahl  
Aidan Jabs  
airyy[at]163.com  
Aivaras Staniulis  
Aki Holopainen  
Akin  
Aksel Sandsmark  
Borgersen  
Aku Kotkavuo  
Aladrius  
Alain Gourio  
Alan Dougall

Alan Sharland  
Alan Wade  
Alan Whitlock  
Alan\_Grey  
Alberto Ceballos  
Alberto Loro  
ALBERTO MARTIN  
SANTOS  
Alberto Minardi  
Alcaudon101  
Alejandro  
Alejandro Montero  
Aleksander Yatsenko  
Aleksandr Kochelaev  
Aleksseev Valentin  
Aleksei Ivanov  
Aleksy Vlasov  
Alex  
Alex  
Alex Cameron  
Alex G  
Alex Hitrov  
Alex Huber  
Alex Hughes  
Alex Ip  
Alex Murphy  
Alex Sabino  
Alex Turnpeny  
Alex6511  
Alexander  
ALEXANDER ALEKSEEV  
Alexander Barenberg  
Alexander Borisov  
Alexander Gebhardt  
Alexander Orevkov  
Alexander Vasilyev  
Alexander Zhavoronkov  
Alexandr Marishenkov  
Alexandr Petak  
Alexandre Jacquin  
Alexandre Pigeon  
Alexey  
Alexey Ershov  
Alexey Polovets  
Alexey\_K  
AlexPX  
ALFA\_49  
Alfonso Garcia Martinez  
alfred demauro  
Alfredo Laredo

Alistair Stuart  
ALLAIN  
Allan Chunn  
Allan Renwick  
Allen Thomas  
alon oded  
Alper Mat  
Alvio Costantini  
ami7b5  
Amir Lavi  
Ammo Goettsch  
Amos Giesbrecht  
Amraam  
Anatoly Yakubov  
Andre Schulze  
Andre van Schaik  
Andreas Bech  
Andreas Demlehner  
Andreas Macht  
Andreas Monz  
Andreas Pichler  
Andreas Schmidt  
Andreas Tibud  
Andreas Wagner  
AndreasDitte  
Andrej Babis  
Andrej Jesenik  
andres garcia  
Andrew  
Andrew  
Andrew Aldrich  
Andrew Bartlett  
Andrew Blinkin  
Andrew Broadfoot  
Andrew Dean  
Andrew Deng  
Andrew Devine  
Andrew Fenn  
Andrew Garst  
Andrew Gibbons  
Andrew Heimbuch  
Andrew Hickman  
Andrew Jennings  
Andrew MacPherson  
Andrew Olson  
Andrew Paull  
Andrew Rolfe  
Andrew Scarr  
Andrew Smith  
Andrew Stotzer

Andrew Suhren  
Andrew Thomson  
Andrew Wagner  
Andrew Webb  
Andrey Dvornik  
Andrey Loboda  
Andrey ScorpyX  
andrey112  
Andrii  
Andy Cannell  
Andy Davidoff  
Andy McIntyre  
Andy Toropkin  
Andy Wall  
Andy Wishart  
AndyJWest  
Angel Francisco  
Vizcaino Hernandez  
Angus MacQueen  
Angustimus  
Anjelus  
Anonymous  
Ant Paul  
Antal Bokor  
Anthony  
Anthony Echavarria  
anthony milner  
Anthony Portier  
Anthony Smith  
Anthony Sommer  
Anthony Wheeler  
Antoine Taillon  
Levesque  
Anton Golubenko  
Anton Grasyuk  
Anton Krug  
Anton Ottavi  
antonello  
antonio dasilva  
Antonio Manuel Ortiz  
Seguel  
Antonio Ordóñez de Paz  
Antonyuk Dmitry  
Antti Kalliomäki  
Antti Kauppinen  
Antvan  
ANV  
Anže Blatnik  
Apex  
apollo01

Aquila	Blarney DCS	Buzzles	Chris West
Aram	Bloom	bzan77[at]hotmail.com	Chris Wuest
Aries The Destroyer	Bo Henriksen	Caldur	Christelle JESTIN
Arjuna	Bob Bent	Caleb E. Farris	Christer Arkemyr
armrha[at]gmail.com	Bob Denhaar	Caleb Keen	Christian
Arnel Hadzic	Bob Evans	callsignalalpha	Christian Biagi
Arto Rajajärvi	Bob Petrone	Cameron Fenton	Christian Bretz
Arto S.	Bob Radu	Campbell McGill	Christian Kistler
Arvid Weimar	Bobby	captncrunch240	Christian Koller
Asier Garcia	Bochkarev Leonid	Carl F Altrock	Christian Koppe
Askauppinen	Bodhi Stone	Carl Jamz Chivers	Christian Kreuter
assaf miara	Bogart Hall	Carl Meyers	Christian Mundt
AtreidesNL	Bogdan Ghica	Carlos Ferrer	Christian Pintatis
Auez Zhanzakov	Bols Blue	Carlos Siordia	Christian R.
Austin Mills	Borek Fanc	Carsten Vogel	Christian Reichel
avner rev	Boris Schulz	Catseye	Christian Richter
Azametric	borownjak	Cecrops	Christian Schwarz
Balázs Lécz	Borsch	Cedric Girard	Christian Taust
Barry Colegrove	BOSCHET	Celso Lopez	Christoffer Wärnbring
Barry Drake	Bosko Djurisc	Cezariusz Czlapinski	Christoph Gertzen
Barry Matthew James	Brad Hawthorne	Chad David	Christoph Mommer
Barry Spencer	Brandano	Charles Burns	Christopher D.
barutan77	Brant Templeton	Charles Conley	Chambers
Basil Yong Wei Hee	Branton James Elleman	Charles Hill	Christopher Hibberd
Baytor	Brayden Materi	Charles Jesch	Christopher Lamb
beda	Brendan Clary	Charles M. Wilsenach	Christopher Miner
beikul	Brenden Lake Musgrave	Charlie Brensinger	Christopher Mosley
Ben Birch	Brendon	Charlie Glenn	Christopher Phillips
Ben Green	Brendon McCarron	Charmande	Christopher Scarre
Ben Hollinsworth	Brent Wardell	Chaussette	Christopher Vance
Ben Jarashow	Brett Goldsmith	Chawin	Chui Yin Ho
Ben Rosenblum	Brett Stengel	cheap_truth	ciaran coyle
Benedict Hurkett	Brian Carlton	Check Six	CiderPunk
Benjamin Böhm	Brian Charles	chedal-bornu sebastien	Cikory
Benjamin Pannell	Brian Fee	ChenTing	Claes Wiklund
Benjamin Roser	Brian Kiser	chev255	clement epalle
benoit	Brian Lanham	Chezzers	cliff clark
Beot	Brian Lee Faul	Ching-Ling Hsu	Cliff Dover
Bernard McDavitt	brian mandeville	CHO SUNG BAE	Cliqist.com
Bernhard Dieber	Brian Phillip Colella	Chris	Cody John Davis
Berno	Brillet Thomas	Chris Abele	Colin Coulter
Bertrand Heurtefeu	Broodwich	Chris Benson	Colin Inman
bichindaritz	Bruce	chris birkett	Colin Muir
Bieringa	Bruce M Walker	Chris Ellis	colin scutt
BIGNON	Bruno Barata	Chris Engel	Collin Brady
BigOHenry	Bryan Nogues	Chris H. Hansen	Colonel Skills
Bill	Bryce Johnson	Chris Madera	Connor
Bill Poindexter	Bryce Whitlock	Chris Miller	Connor
Bjørn Inge Sødermann	Bryn Oliva-Knight	chris payne	Conor Bradley
blackjack04	bupbup	Chris Thain	Conrad Lawrence
Blackmind	Burgin Howdeshell	Chris Weerts	coriolinus



Cory Parks	David Cavanagh	Dharma Bellamkonda	Eric Lichtle
COUSSON	David Digholm	Dimitri Apostola	Eric Turner
Craig	David DuBois	Dimitrios Vassilopoulos	Eric Young
craig sweetman	David Dunthorn	Dmitry Khonin	Erik
Crimea_MULTI	David Egerstad	Dmitry Schedrin	Erik Dahlbäck
Cristian Marentis	David Endacott	DMS	Erik Schanssema
Csaba Moharos	David FreesAndrew	Doblejorge	Erik Suring
Curtis	McCann	Dominic Hildebrandt	Erik Weeks
cv	David Friend	Dominic Wirth	Etienne Brien
D McBain	David Gray Castiella	Dominik N.	Eugene Flannery
D P R MORRIS	David Gregory	Dominik Schulz	Eun-Tae Jeong
dahitman	David Grundmann	Don Menary	Evan McDowell
DailyDozo	David Irving	Don_Dragon	evgeniy
daisuke sato	David Mann	donald dewulf	Evgeniy
Dakpilot	David Miles	Douglas Ally	Evgeniy Troitskiy
Dale Jensen	David Moore	Drovek	Evgeniy_RnD
Dale Winger	David Morrell	Duane Kennard	Eyal Haim
Dalminar	David Ordóñez	DUPONT Philippe	eyal shamir-lurie
Dan Antonescu	David Pajnic	Duroyon	f0uiz
Dan Lake	DAVID R COLEY	Dver	Fabian Wiesner
Dan Padnos	David Rilstone	EAF51_Luft	Fabiano Carlos Alves do
Daniel	David Ross Smith	EAF51_Walty	Nascimento
Daniel Beltran Gonzalez	David Savina	EagleTigerSix	Falcon5.NL
Daniel Boontje	david say	Eamonn McArdle	Federico Delfanti
Daniel Gestl	David Schroeder	Ed Curtis	Fedorenko Oleg
Daniel Groll	David Setchell	Edward A. Dawrs	fedorlev90[at]gmail.co
Daniel Holst	David Southall	Edward Billington-Cliff	m
Daniel Lewis	David Stewart	Edwin Szekely	Felix Felixsson
Daniel O'Sullivan	David Stiller	Edwin van Walraven	felix heine
Daniel Rozemberg	David Taylor	Eee3	Felix Mueller
Daniel Webb	David Terry	Egor Melnikoff	Fernando Becker
Daniil	David Tydeman	Eivind Tollerød Fosse	FERNANDO GARCIA
Danilo Perin	David Whitehead	Eli Havivi	RABADAN
Danny Vanvelthoven	Davidov Vitaliy	emanuele garofalo	FERNANDO MARTINEZ
Darcy Mead	Deadman	Emil Novák	ZAMBRANO
Darrell Swoap	Dean	Emilio Londono	Festari Diego
Darren Furlong	Deascii	Emir Halilovic	FF1
Daryl	Décio Fernandes Neto	Emmanuel Tabarly	FFalcon
Daryll Chupp	Declerieux	Enrico Zschorn	Field Manar
Dave Pettit	Demon	Enrique Alonso Benítez	Filip Kraus
Dave Webster	Denis Kaplin	Enrique Alvarado	Flex1024
David	Denis P	Eoghan Curtin	Florian Gehrke
David	Denis Winters	Erastos	Florian Voß
David Abreu	Dennis Ejstrup	Erdem Ucarkus	Flying Colander
David Belvin	Derek Barnes	Eric	folomeshkin[at]gmail.co
David Bray	Derek Guiliano	Eric Anderson	m
David Campbell	Derek Hatfield	Eric Dickerson	Force_Majeure
DAVID CARLISLE	Derinahon	Eric Fath-Kolmes	Ford Wesner
David Carter	DERRICK HILLIKER	Eric Gross	Francesco Kasta
David Catley	Detlev Mahlo	Eric Howe	

Francisco Antonio Muñoz rodríguez	Gerhard Neubauer	harinalex	Ilja Osovin
Francisco Bercianos	German	Harkman	Ilya Feldshteyn
Francisco José	Gert Wijbrans	Hasanka Ranasinghe	Ilya Golovach
Franciscus Berben	Gestl Guenther	Hasse Karlsson	ILYA GRYAZNOV
Frank Bußmann	Gianluca Giorgi	Havner	Ilya Kirillov
Frank Hellberg	Giedrius Balynas	HAYEZ JF	Imoel
Frank Kreuk	Giovanni Anthony	hdbam	Imrahil09
Frank Schwerdel	Bryden Jr.	Heikki Moisio	Ingo Ruhnke
Frank Townsend	Giovanni Degani	Heillon	Isaac Titcomb
Fraser Reid	gkohl	Helio Wakasugui	Isidro Rios
Fred de Jong	Gleb Ivanovsky	Helldiver	ismailaytekarslan[at]gm
Fred Golden	Glen Reed	HellToupee	ail.com
Fred Schuit	Glenn Lilley	Hemul	Istvan Takacs
Frederic GEDEON	Goat Yoda	Hen Shukrun	Ivan
Fredrik Silfverduk	gor7811[at]hotmail.com	Hendrik Berger	Ivan Čavlek
Fredrik Sjöborg	Goran Skoko	Henning	Ivan Fedotov
Friedrich Plank	Göran Wikman	Henning Leister	Ivan Kolincak
FSXFlight	Gordon McSephney	Henning Leister	Ivan_st
Gabe Garcia	gordon vembu	Henri Häkkinen	ivdadelbul
Gabor Buzasi	Graeme Hindshaw	Henric Ceder	Ivica Milovan
Gabriel Glachant	Grant Marchant	Henrik Friberg	J.D. Cohen
Gabriel Rosa e Silva	graylobo	Henrik Stavshoj	Jacek Karle
Gabriel Venegas	Greg	Hideki Mori	Jack
Gabriel Vigil	Greg Bell	Holger Reuter	Jack Beck
gabsz84	Gregg Cleland	Home Fries	Jack Noe
Gareth Morris	GREGOIRE	Honza Lehky	Jack Wilson
Gareth Williams	Gregory Choubana	HR_colibri	Jacob Babor
Garrett	Gregory D. Olson	Hrvoje Hegedusic	Jacob Ellis
Garrett Longtin	Gregory Finley	Hrvoje Topličanec	cJacob Holmgren
Gary Goodwin	Gregory Morris	Huber Werner	Jacob Knee
Gary Dills	Gregory Prichard	Hugh Man	Jacob Røed
gary doiron	Grigori Rang	Hugo Saint Martin	Jacob Shaw
Gary Edwards	groovy	HUNTER	Jacob Williams
Gary F. Tinschert	Groth	Hypothraxer	Jacobo Rodriguez
Gary Lisney	Grzegorz Sikora	Ian Bishop	Jacques O'Connell
Gavin	Guido Bartolucci	Ian caesar	Jakub Komarek
gavin clunie	Guilherme Domene	Ian Cockburn	James Cleeter
Gavin Crosbie	Guillaume Couvez	ian d	James D Brown
Gene Bivol	Guillaume Houdayer	Ian Dahlke	James dietz
Geoffrey Lessel	GUMAR	Ian Hughes	James Faraca
Geofray	gunter113[at]yandex.ru	Ian Jones	James Franklin Lassiter
George Bellos	Gunther Mueller	Ian Marriott	James Freer
George Levin	Gustaf Engelbretson	Ian Persson	James Goodwin
George Ölund	Gwyn Andrews	Ian Rademacher	James Harrison
George Succar	Ha Za	Ian Smuck	James Jones
George Xu	Hagan Koopman	Ian Taylor	James Monson
Georgy	Hagleboz	Ian Todd	James Nielsen
Gera	hangar16	Ignacio Mastro Martinez	James Pyne
Gerald Gassenbauer	Hans Liebherr	Igor Bayborodov	James Russell
Gerald Jarreau	hansentf	Igor Kharlukov	James Smith
	HansHansen	Ilia	James Stephen

James William Read jameson	Jens Langanke jensl	John J Tasker John J.	Joshua Miller Joshua Smith
Jan Baßfeld	Jera Oražem	John Johnson	Josse Aertssen
Jan Beissner	Jeremy Bartos	John Mathews	Josselin BEAU
Jan Ctrnacty	Jeremy David Keelin	John McWilliams	Jouvet Laurent
Jan Jaap Schreur	Jeremy David Tribe	John Phelps	jrbatche
Jan Kees Blom	Jeremy Gates	John Small	Juan Carlos Morote
Ján Pitor	Jeremy Lambert	John Smalley	Martin
Jan-Erik Saxevall	Jeremy Louden	John Trimble	juan enrique jurado
Jani Markus Laine	Jeremy Zeiber DCS	Jon H	mateu
Jani Petteri Hyvärinen	Jimbox	Jon Sigurd Bersvendsen	Juan Francisco Orenes
JanP	Jermin Hu	Jon webster	juan jose vegas repiso
Janus Sommer	Jernej Dolinsek	Jonas Weselake-George	Juan Rodriguez
jaosn	Jerry Brown	Jonathan Howe	Juan Soler Huete
Jarad Clement	Jerzy Kasprzycki	Jonathan Marsh	Juanfra Valero
Jared Fast	jesus gonzalez	Jonathan Mulhall	JUERGEN
Jared Macon	JetBane	Jonathan Rolfe	Juergen Dorn
Jared Thomas	Jether Pontes	Jonathen Iny	Juha Hayashi
Jared Winebarger	Jhusdhui	Jonathon Walter	Juha Liukkonen
Jaron Taylor	jim alfredsen`	Joona Järviö	Jukka Blomberg
Jaroslav Zahorec	Jim Allison	Joona Ruokokoski	Jukka Karppinen
Jarosław Tomaszewski	Jim Arentz	Joona V	Julian C Oates Jr
Jarrad Piper	Jim Barrows	Joonas Savolainen	Julian Gaffney
Jarred Nation	Jim Herring	Joonwook Park	Julien Godard
Jarret Mounteney	Jim Oxley	Jordan Cunningham	Julio Cesar Cardoso
Jarrod Ruchel	Jing Wang	Jordan Leidner	Jürgen Bischoff
Jason	Jip sloop	Jordan Moss	Jürgen Klein
Jason Chang	Jochen Baur	Jordan Pelovitz	Justin Smithson
Jason Cotting	Jochen Hamann	Jordi Haro	K. Loo
Jason Michl	Joe Prazak	Jorge Manuel Caravaca	k05
Jason Perry	joe troiber	Vidal	Kael Russell
Jason Robe	Joel Anthony	Jørgen Tietze	Kai Törmänen
Jason Smith	Pałaszewski Rydén	Jose Angel Gomez	kamaz
Javier Díaz Ariza	Joel Cuéllar	jose cruz	kamek25
javierlarrosa	Joel Rainsley	JOSE LUIS NOGALES	Kåre Kristian Amundsen
Jazz_35	Joen	CABALLO	Kareem Vafin
Jazzerman	Johan Lind	Jose Manuel	Karel Perutka
Jean Charles Baudry	Johan Waldemarsson	Jose Marrero	Karen Kurpiewski
Jean-Baptiste Mouillet	Johannes Jaskolla	Josef Eberl	Kari Suominen
Jean-christian Ayena	Johannes Mueller-	Joseph Geraghty	Karl "Light" Akkerman
Andrea Cavalli	Roemer	Joseph Noe	Karl Bertling
JeepRazdor	John	Joseph Piasecki	karl bullard
Jeff Dodson	John A. Edwards	Joseph W Scupski	Karst van der Ploeg
Jeff McCampbell	John A. Turner	Josh lee	Karsten
Jeff Petre	John Boardman	Josh McLloyd	Karsten May
Jeff Zhou	John Brantuk	Joshua	kcstokes
Jefferson Santos	John Burgess	Joshua Fowler	Keijo Ruotsalainen
Jeffrey Gumbleton	John Dixon	Joshua Gross	Keith Bedford
Jenei Béla	John Flain	Joshua Kozodoy	Keith Ellis
jens bier	John Huff	Joshua McQuinn Cook	Keith Hitchings

Keith Mercer	KS	Luke Lewandowski	mark poole
KeithKar	Kurt Reimann	M Morrison	Mark Sewell
Kempleja	Kusch	M. Zychon	Mark Shephard
Ken Cleary	KuVaNi	Maarten Schild	Mark Trenda
Ken Holbert	Kyle	Magjstr	Mark Tuma
Ken Peterson	Kyle Fulton	Magnus Andersson	Mark Wallace
kenneth	Kyle Hannah	Magnus Innvær	MarkHawk
Kenneth Bear	Kyle Knotts	Mahler	Markus Berella
Kenneth Gustafsson	kyle sinclair	Maik Baumert	Markus Bössinger
Kenneth Knudsen	L F Loxton	Maik Dietz	Markus Narweleit
Kenneth P. Kaiser	LAI JINGWEN	makabda	Markus Nist
Kenneth Wong	Larry Jones	Makoto Hakozaki	Markus Ronkainen
Kev	Larry Lude	malczar[at]wp.pl	Markus Wohlgenannt
Kevin Beswick	Lars Lie	Manuel	marly fabien
Kevin Francis	Lasse Nystuen Moen	Manuel Maria Alfaro	Martim Avelino Geller
Kevin Watts	Lasse-Pekka Toivanen	Gomez	Martin
Kevin Witt	Lassi Miettunen	Manuel Pace	Martin
Keyser	Lasstmichdurch	Manuel Santiago Melon	martin costa
Kieran Vella	Laurent Cunin	Guntin	Martin Durech
Kilian Seemann	Lavi	MaP	Martin Eriya
Kim Ahlin	Lawrence Bailey	Marc	Martin Handsley
Kim Fast	Leandro Medina de	Marc Heitler	Martin Hoffmann
Kim Johnstuen Rokling	Oliveira	Marc Michault	Martin Kubani
Kim Peck	Lefteris Christopoulos	Marc-David Fuchs	Martin Moráček
Kimmo Eklund	Lenny Cutler	Marcin Bielski	Martin Ponce
Kirill Ravikovitch	Leon Grave	marco bellafante	Martin Privoznik
Kirk Worley	Leon Portman	marco meyendriesch	Martin Sanders
KitSAllGoode	Leonard Burns	Marco Mossa	Martin Seiffarth
Kjell Saxevall	Leonard Giesecker	Marco Usai	Martin Støyl
Kjetil Lavik	Leonas Kontrimavicius	marcos puebla	Martin Thomas
Knut Erik Holte	Leonid Dreyer	Marcus	Martyn Downs
Kocso Janos	Leszek Markowicz	Marcus Holm	Mate Majerik
Koh Desmond	Lewis Luciano	Marcus Koempel	Matej Jelovcan
Koh Noel	Lhowon	Marcus Schroeder	matej renčelj
kongxinga	Liam Williams	Marek Radozycki	Mathias Kallmert
Konstantin Borovik	lighthaze	Marijn Bos	Mathias Munkelt
Konstantin Dibrov	Lina Bigot	Marijn De Gusseme	Mathias Rüdiger
Konstantin Kharin	liweidavid2006	Mario Hartleb	Matjaž Mirt
Koop de Grass	Lluc Marquès	Mario Mariotta	Matt Berndt
Kornholio	Logan Lind	Mark	Matt Crawford
KosiMazaki	LordLobo	Mark David Cleminson	Matt Fisher
Kotaro Asada	Lorenzo Manzoni	mark downer	Matt Huston
Koz Myk	Louie Hallie	Mark Duckett	Matt Olney
kozeban[at]mail.ru	lowellsil	Mark Fisher	Matt Parkinson
kpax	Luis Manuel Carrasco	Mark Gordon Cochrane	Matt Renfro
Kristian Wall	Buiza	Mark Hickey	Matt Styles
Kristofer Crecco	Luis Miguel Lopes	Mark Jedrzejczak	Matthew
krms83[at]gmail.com	Lukas Erlacher	Mark Linnemann	Matthew Dalessandro
Krueger	Lukas Vok	Mark Lovell	Matthew Deans
Kruglik Svetlana	Luke Campbell	Mark McCool Jr	Matthew Flanigan
Krzysztof Nycz	Luke Griffin	Mark Nowotarski	Matthew Fortino

Matthew Hill	michael waite	NATALYA DOLZHENKO	Oleg Makarevich
Matthew Johnson	Michael Walker	Nathaniel Williams	Oliver Bennett
Matthew Kozachek	MichaelB	Nebuluz	Oliver Hooton
Matthew Lambert	Michal	Neeraj Sinha	Olivier Kozlowski
Matthew Lindley	Michał Gawroński	Neil Gardner	omar karmouh
Matthew Martin	Michal Krawczyk	Neil Vennard	opps
Matthew Morris	Michiel Erasmus	Neil Walker	Orion Robillard
Matthew Schneider	Michiel Jongenelen	Nestor Sanchez	Oscar Codan
Matthew Wohlford	Michiels Jorik	Neville Wakem	OSCAR LUIS GALVEZ
Matthias Kober	Mick Alden	Nicholas Bischof	CORTES
Matthias Lütke-Wenning	Miguel Angel González	Nicholas Prosser	Oscar Stewart
Matthijs	Domingo	Nicholas Wagner	Oskar Hansson
Mattia Garuti	Miguel Arias	Nick	outsourcing[at]yandex.ru
Mattressi	Miguel Coca	Nick Walsh	Owe Cronwall
Mátyás Martinecz	Mikael Harju	Nick Wright	P A KAFKAS
Maurice Hershberger	Mikal Shaikh	Nick Yudin	PA_Hector
Mauro Arguelles	Mike Bike	Nicklas Sjöqvist	Pablo Alvarez Doval
Max Michaelis	Mike L	Nico Heertjes	Pablo M Derqui
Max Taha	Mike Leviev	Nico Henke	Pablo Napoli
Maxim	Mike Schau	Nicola	Paganus
Maxim Gromada	Mike Theisen	Nicolae Buburuzan	Paolo Pomes
Mazin Ibrahim	Mike Williams	Nicolae Soanea	Paradox
Mehth	Mikko Esko	Nicolas Köhler	Pasbecq
MgFF	Mikko Härmeinen	Nicolas Piché	Pascal Fritzenwanker
Michael	Mikko Pulkkinen	Nicolas Rolland	pascual Miguel Gómez
michael	Mikplayeur	Niels Hille Ris Lambers	Martínez
Michael	Milan Šimundža	Nigel Patrick Holmes	Pasi Yliuntinen
Michael Anson	Mircea Schneider	Niklas Nordgren	Patman DM
Michael Baldi	Miroslav Koleshev	Niko Huovilainen	Patrick Barnhill
Michael Barker	Miroslav Kure	Nikola Čeh	Patrick Naimo
Michael Ditter	Mitja Virant	Nikolaos Mamouzelos	Patrick Pfleiderer
Michael Fielding	Mitja Zadavec	Nikolay	Patrik Lindström
Michael Gross	Modulus	Nils Hansen	Paul
Michael Grzybowski	Mod-World	Nir	Paul Brown
Michael Hart-Jones	MolotoK	Nir Bar	Paul Browning
Michael Jenneman	Momo Tombo	Noah N. Noah	Paul Cook
Michael Lajeunesse	Mor Rotholtz	NoOneNew	Paul Cookson
Michael Landshman	Moritz Brehmer	Norbert Röhr	Paul Dyer
Michael Langness	mp	Norm Loewen	Paul Grint
Michael Long	Mr John C Smith	NoS	Paul Lucas
Michael Maddox	MrBoBo	Nosov Evgeniy	Paul Mikhail
Michael Miles	Mrgud	Novafare	Paul Miller
Michael Olsen	msalama	nuclear	Paul Mulchek
Michael Parsons	MTShelley	Nuno Silva	Paul R Kempton III
Michael Petrarca	Muli Ivanir	Ofer Raz	Paul Savich
Michael Rezendes	Murilo Hound	OhioYankee	Paul Sims
Michael Rochon	Mustisthecat	Ola Nykvist	Paul Thompson
Michael Sprauve	Mytzu	Olaf Binder	Paul Tricker
michael tardio	Nacho	Oleg Antoshenko	Paul Turner
Michael Turner	Naglfar	Oleg Belenko	Paulius Saulėnas

Pavel Bozhenkov	Radosław Piątkowski	Robert Curtin	Ross Hamilton
Pavel Diachkov	Radu Gabriel BOIAN	Robert Dvorak	Ross Martin
Pavel Osipov	Rafal	Robert Elliott	ROSS_BerryMORE
Pavel Škoda	Rafał Szekalski	Robert Haynes	ROSS_Borman
Paweł Sokołowski	Rainer Schweers	Robert M	Rudo Sintubin
PbICb	Raj János	Robert Mahon	Runar Aastad
pds21	Ralf Pitzer	Robert Morris	Rune Hasvold
Peden Harley	Rami Ahola	Robert Nigel Jamison	rutkov
Pedro	rami veiberman	Robert Noke	RvGils
Pekka	Ramsay Beshir	Robert Ormes	Ryan
Per-Erik Linden	Randy Erwin	robert peterson	Ryan Doppke
Pete Jockel	Randy W. Boots	Robert Roberge	Ryan Heseltine
Peter	Raphael Willerding	Robert Stuart	Ryan Peach
Peter Baltzer Hansen	Raptor007	Robert Toldo	Ryan Pourroy
Peter Brooks	Ratnikov Maksim	Robert Walters	S4ndman
Peter Collins	Ray Dolinger	Robert Zuk	Saad Eldeen Bahloul
Peter Fischbach	Reece Heinlein	Roberto Carcano	Sacha Ligthert
Peter Halmy	Reinhard Seitz	Roberto Elena	saif ghadhban
Peter Ivady	Rem	Roberto Mejia	Sakari Pesola
Peter James Taylor	Remon	Robin Harroun	Sam "Mainstay"
Peter Jensen	renderstop	Robin Norbistrath	Valentine
Peter Orlemann	Rene Buedinger	Robin Senkel	Sam Lion
Peter Pühringer	Rhandom	robin vincent	Sam Yeshanov
Peter Schmecker	rhinofilms	Rod Middleton	Sami Juntunen
Peter Svensson	ric	Rodrigo Mejía	Sami Luukkonen
Peter Wiklöf	Ricardo Madeira	roeemalis[at]gmail.com	Samuel
peter winship	Ricardo Nuñez	Roger Buchser	Samuel Bera
Petter Lausund	Richard	Roger Owen	Samuel Morrissey
PH	Richard Baas	Roger Ringstead	Sándor Balikó
Phil	Richard Hickerson	ROGIER	Sandra Walsh
Phil Barker	Richard Mater	Roland Galfi	SATANA667
Phil Hawes	Richard McKeon	Roland Peters	Saxon66
Philippe VINCENT	Richard Orädd	Roland Reckel	Scott
Philippe-Olivier Dubé	Richard Whatley	Roland Schulpen	Scott Daniels
phill davies	Richy	Rolf Geuenich	Scott Eckrich
philux	rick andersen	rolf sczesny	Scott Hackney
Phoenix	Rick Benua	Roller Donny	Scott Kullberg
PHOENIX Interactive	Rick Dodge	Romà	Scott Newnham
PhoenixPhart	Rick Keller	Roman	Scott Willtrout
pierre burckle	Rick Miles	roman olenich	Scrub
Pierre Rieu	Rickard Sjöberg	Rommelius	Sean
Pierre-Alain Séguier	Rico Reyes	Ron Lamb	Sean Colvin
Pierrick GUIRAL	Rincevent	Ron Levy	Sean G of the CoD
Pieter Hofstra	RJ Stevens	Ronnie Postma	Sean P. Burt
podvoxx	RJW Scharroo	Ronny Karlsson	Sean Taylor
PopoidAndroid	Rob Bywater	Rony Shtamler -	Sean Tudor
Premysl Truksa	Rob Umpley	IAF.RonyS	Sebastian
Przemek Ptasznik	Robert	Ross Clunie	Sebastian Baszak
Przemysław Cygański	Robert	Ross David Hunter	Sebastian Grant
quangorn	Robert Birnbaum	Ross Francis	Sebastian Hernandez
R. Thornhill	Robert Culshaw	Ross Goodman	Sebastian Lindmark

Sebastian Schöder	Stephen Higginbotham	Teppo	Tobias A
Seel	Stephen Howe	Tere Sammallahti	Toby Rushton
Sergey	Stephen Lynn Flores	Terence Ziegler	Tòfol Jordà Chordà
Sergey Mozheyko	Stephen Ryan	TerminalSaint	Tom
Sergey Nikishin	Stephen Wilson	TerribleOne	Tom G
Sergii Gabal	sterfield	Terry	Tom Gillespie
Sergio	Steve	Terry Scott	Tom Humplik
SERGIO OLIVEIRA	Steve	tessore	Tom Johnson
sfer314	Steve Barnes	Testés	Tom Shackell
Shadow Stalker	Steve Boyd	Teun van Dingenen	Tom Strand
Shai Lum	Steve Chatterton	The Shoveler	Tom Summers
Shane Sigley	Steve Colli	TheKhann	Tomas Friberg
Sharin Vladislav	Steve Cook	Thelmos	Tomas Hridel
Shawn Vowell	Steve Dozniak	Theo	Tomas Lindahl
Shimon Okun	Steve Klinac	Theodoros Montesantos	Tomas Munoz
shurke	steve lecount	thom burt	Tomasz Karpiuk
Shuyang leung	Steve Mcnitt	Thomas Berg	Tomasz Szulc
Sideris Fotis	Steve Poirier	Thomas Beuleke	Tomi Junnila
Sigurd andre olaisen	Steve Rizor	Thomas Fisher	Tomik
Silverado	steve smith	Thomas Harkless	Tommy Pettersson
Simmy	Steven Adaszczik	Thomas Hegman	Tommy Tomaszewski
Simon Aplin	Steven Bodenstab	Thomas LaGoe	Tongp
Simon Briggs	steven connolly	Thomas Leitner	Toni Talasma
Simon Harrison	Steven Myall	Thomas Lipscomb	Toni Uusitalo
Simon József	Steven Newbold	Thomas Mitchell	Toni Wasama
Simon Picken	Steven Rushworth	Thomas Nesse	Tony Baeza
Simulatu	Stoops417	Thomas Reynolds	Tony Buman
Sita	Stuart Andrews	Thomas Schroeder	tony lafferty
Siv	Stuart Campbell	Thomas Weiss	TopFlyer
siva	Stuart Jarmain	Tim	Torashuu
Skorak	Stuart Walton	Tim Hawkins	Torben Porsgaard
SlipBall	subject to change	Tim Huthsteiner	Torbjorn Pettersson
snagov	Susumu Takizawa	Tim Ireland	Tore Fagerheim
solo117[at]mail.ru	Sven G.	Tim Julkowski	Tore Torvik
SolomonKane	Sven R.	Tim Kelly	Tor-Martin Trollstøl
Sonia Holopainen	sydost	Tim Krieger	Torstein
SonixLegend	Sylwester Zuzga	Tim Rawlins	Torsten Schuchort
sotosev	SYN_Skydance	Tim Shaw	Torsten Writh
Space Monkey	Tacno	Tim Shaw	trashcutter
Spencer Miller	TAIKI SONOBE	Tim Vlemincx	Trasric
Sputi	Takayuki	Timo Hiltunen	Traz
sssoniccc	Takku	Timo Vestama	Trevor Abney
Steam	Tamir Katz	Timothy Bauer	Trevor Burns
Stefan Meier	Tang.Weï	Timur Kaziev	Trevor Tice
Steffen Link	Taproot	TinfoilHate	Trindade
Stephan Gako	Tarasyuk Yuriy	tintifaxl	Tripp
Stephan Kerkes	taratuta	Tioga	Troy Nakauchi
Stephen Barrett	Teapot	tjmp14	Truls Jacobsen
Stephen Botti	Tekray	Tobais Hassels	Tuan Nguyen
Stephen Clark	Teodor Frost	Tobias	

Tuco Ramirez	Vladimir Alexx	Zetexy
Tuomas Mämmelä	Vladimir Domnin	Zhou Lingshu
Tuomas Virtanen	Vladimir Škorić	Zhuravlev Pavel
Tvrtko Kovacic	Vladimir Švajda	Zinoviy Khutoryan
Tyler Krebs	Vladimir Yelnikov	Zlatko Birtic
Tyler Thompson	Vladislav Shkapenyuk	
UbiquitousUK	Marek Pícka	
ugo cozza	Volker Saß	
Ulrich Haake	vukicevic sasa	
uncle_stranger[at]hotm	Waide Tristram	
ail.com	Waldemar	
Uri Ben-Avraham	Walrus	
UriiRus	Wang Bin	
Uros Karamarkovic	Wang Kang Ping	
urvuy	Warren Evans	
Useless	Wayne Dickinson	
UsF	Wayne LeFevre	
Uwe Mueller	weisse13	
V	Werner Ceelen	
Vadim Adel	Wes Snyder	
Vadrin	Wesley Marcone	
Valentin Loginov	Simmer	
Valeriy Nabatov	WhiskeyBravo	
Varun Anipindi	Wienerschnitzel	
Vasco Charles Morais-	William J. Bryan Sr.	
Boulay	Willem Erasmus	
vb12daduck	William Belmont	
Veli-Matti Paasikivi	William Clark	
vella	William Deal	
Vesa Slotte	William Herron	
Vespero	william neil harding	
Viacheslav	William Plischke	
Vicente Herrera	William Stover	
Victor "Dream Traveller"	William Wilson	
Buttaro	Williame Laurent	
Victor Gil	Wonderbread	
Victor Tumanov	wuffman	
Victor99	Wyatt Moadus	
VIDAL Frank	Yama	
Vieillefont Antoine	yanba109	
Viktor Friesen	yendysl	
Vilir	yoel lavi	
Ville Vuorinen	yohay	
Vincent	YoYo	
Vincent	Yuke kaito	
Vincent Eysel	Yurii Nadeyin	
Vit Prokop	Zach Brown	
Vitalii Podnos	Zachary Layne	
Vitor Pimentel	Zaghloul Othmane	
Vivoune	zan.blatnik[at]hotmail.c	
Vladimir	om	



**Sponsors d'argent**

Aaron Anderson  
 Aaron Zmarzinski  
 Adam  
 Adam Elfström  
 Adam Murray  
 Adrian Havard  
 airdoc  
 AKuser99  
 Alain Becam  
 Alanthegreat  
 Aleksey Kopysov  
 Alex "Razorblade"  
 Alex Pekarovsky  
 Alexander Casanova  
 Alexander Henriksson  
 Alexander Vogel  
 Alexandre Tellier Talbot  
 Alexey Ibragimov  
 Alexey Slavutskiy  
 alfonso cordoba  
 aguilera  
 Alfredo Croci  
 Allan Spears  
 Allan Taylor  
 Alon Tall  
 Andres  
 Andres Riaguas  
 Andrew Brown  
 Andrew Fudge  
 andrew norgrove  
 Andrew Payne  
 Andrew Spanke  
 Angel Morata  
 Ante Turkovic  
 Anthony Chant  
 Anton Quiring  
 Antonio Ruotolo  
 ApeOfTheYear  
 Arcady Chernavin  
 Arrie  
 Arthur Changry  
 Arto Santasalo  
 Ashley Bennett  
 Ashley Ellis  
 ATAG\_Old\_Canuck  
 Austin  
 Aviad Tobaly  
 Axel Haake  
 Axel Miedlig  
 Axion  
 baikal.68[at]mail.ru  
 Barry Maunsell  
 Bas Weijers  
 Bastiaan Jansen  
 Bearcat  
 Benjamin de Rohan  
 Benjamin Freidin  
 Benjamin Frost  
 Bennett Ring  
 Berkes Attila  
 Bjarne Stig Jensen  
 Bjoern Wiederhold  
 Blackwolf\_927  
 Blake Cetnar  
 Boomerang  
 Boris G  
 Brad Ernst  
 Brad Rushworth  
 Braden Johel  
 Bradford Julihn  
 Brandt Ryan  
 Brett Bodi  
 Brian Kanen  
 Brian Scott Pagel  
 brimen  
 Bruce Mackay  
 Bruce Wilson  
 Bryan Baldigowski  
 Bucic  
 Capgun  
 Carl Lyles  
 Carlos Garcia  
 Chance  
 chardon  
 Charles Savas  
 Charlie Orchard  
 Chris C  
 Chris Cantrell  
 Chris H  
 Chris Osterhues  
 Chris Payne  
 Chris Schultz  
 Christian Gomolka  
 Christoph Jaeger  
 Christoph Jungmann  
 Christoph N  
 Christopher Ludgate  
 Christopher Nee  
 Christopher Ryan Kelley  
 Cian Quigley  
 Col Shaw  
 Colin  
 Colin McGinley  
 Colin Rowland  
 Conny Näslund  
 Conrad Smith  
 Cornay Sinac  
 Cory Avery  
 Craig Brierley  
 Craig Gillies  
 Crimson Machete  
 Cuba80[at]t-online.de  
 D. Reveal  
 Dalton Miner  
 Dan Randall  
 Daniel Agorander  
 Daniel Dillman  
 Daniel Erlemeyer  
 Daniel Marsh  
 Daniel Vukmanich  
 DanMe  
 Danny Stevenson  
 DarKcyde  
 Darrell Herbert  
 Daryl J. Lloyd  
 Dave Farr  
 Dave Kelly  
 Dave Reichard  
 David Challis  
 David Craig  
 David Froholt  
 David Gibson  
 David Horkoff  
 David Levy  
 David Maclean  
 David McCallum  
 David O'Reilly  
 David Penney  
 David Weaver  
 davisballen  
 DDB  
 Dennis Camosy  
 dennis worley  
 desert eagle540  
 Devin Ragsdale  
 DJB  
 Dominik Merk  
 Doug Elliott  
 Douglas Watson  
 Dr. Stefan Petersen  
 Drew Pedrick  
 Drum\_Tastic  
 Duncan Hewitt  
 Edin Kulelija  
 Eduardo Gutiérrez  
 García  
 Edward Kiervin  
 Edward Winsa  
 Einar Oftebro  
 Eldur  
 Elfin  
 Elliot Christian  
 Emil Philip  
 enrique colome  
 Eponsky\_bot  
 Eric Keith Robinson  
 Eric Koepp  
 Eric Staton  
 Erich Kreiner  
 Erik Boogert  
 Espen Hundvin  
 Euan Arthur Emblin  
 Evan Kosnik  
 Evert Van Limbergen  
 Falco  
 Famin Viacheslav  
 Fangqiu Zhu  
 fedja  
 Feldmann  
 Felix Berchtold  
 Flagrum  
 Forest Faltus-Clark  
 Fredrik Petersson  
 Frenzy  
 Frerk Schmidt  
 g\_nom21  
 garengarch  
 Gary  
 Gary N. Peden  
 Geoffery Jensen  
 George Bonner  
 George Inness  
 George Neil  
 Gerald Gong  
 gerard o'dwyer  
 Glen Murphy  
 Glenn Pechacek  
 Graham Smart  
 Graham Wilson

greco bernardi	Jeff Kerian	Keith Young	Mason Flake
Greg Appleyard	Jeffrey A Bannister	Ken Biega	Masset
Greg Huffman	Jeffrey Miller	Kenneth Avner	Massimiliano bonin
Gregory Foran	Jeffrey Walsh	Kenneth Sapp Jr.	Mathew Crane
Gustavo Halasi	Jens Kadenbach	Kent-Ruben Elvestrand	Matt Engelhart
Hammed Malik	jeremy	Kestutis Zily	Matt Lind
Hannu Heino	Jeroen Gommans	Kevin Clarke	Matt Miller-Fewer
Hansang Bae	Jeroen Wedda	Kevin Garrett	Matthew D Qualls
hansen	Jerry Frost	Kevin Reuter	Matthew Enloe
Hans-Joachim Marseille	Jesse Higdon	kevman	Matthew Horrigan
Hassel Krauss	Jez Brown	Khaydanov Yuriy	Matthew Walker
Heinz-Joerg Puhlmann	jim crimmins	Kiefer Jones	Matti Lund
Iain Colledge	Jim Valentine	Kirin	Mdep5809
Ian Buckler	Jinder Greewal	Kirk Lange	Mhondoz
Ian Kaiser	Jiong Zhang	Knut Hanssen	Micha Tanny - a.k.a
Ian Keenan	Joe Dionisio	Korotky Vadim	IAF_Phantom
ian leslie finlay	Joe Troiber	Kristian V Meyer	michael
Ian Seckington	Joe Veazey	kurnz	Michael Benton
Iffn	Joel Docker	kurt Weidner	Michael C Ringler
Igor K.	Joel Opdendries	Kyle Colyer	Michael G Ribordy
Iker ulloa	Johan Soderholm	Kyle Rudnitski	Michael Heron
Insy	Johan Törnholm	Lanzalaco Salvatore	Michael Illas
Iran Fernandes de	John Hannan	Lawrence Lester	Michael Jochim
Oliveira	John Lynn	Lawry Playle	Michael Riley
Ishtmail	John Nespeco	Leif Lind	Michael Rishel
ivan decker	John Pengelly	lemercier cedric	Michael Smith
Iván Pérez de Anta	John Regan	Leon Higley	Michael Umland
Jack Gurley	John Vargas	Libor Stejskal	Michal BIZON
Jacob Eiting	Jon Isaacs	Ljas	Mike Frank
Jake O'Mahony	Jonathan Clarke	Lunovus	Mike O'Sullivan
Jakob Boedenauer	Jonathan Lim	Maler	mike richgruber
James Hancock	Jonathon Kinnin	Måns Gotare	Mike Todd
James Cook	Jordan Forrest	Manuel Ramsaier	Mikko Laukkanen
James Cross	Jordan Marliave	MARCELO TAKASE	Mitchell Sahl
James F Miller	Jörgen Toll	Marcelo Tocci Moreira	MK
James L. Rumizen	Jorin Sheaffer	Marco Landgraf	modernatomic
James Phelan	Jose Luis Navarro Reus	Marek Ratusznik	Neil Merrett
James Roy	José Oltra Martínez	Mario von Thenen	Nicholas Landolfi
James Schlichting	Joseph Krueger	Mark A. Kirkeby	Nick
James Sterrett	Joshua Blanchard	Mark Clark	Nick Tassogna
jamie	JST	Mark Delahay	Nick Maurette
Jamie Denton	Jukka Huhtiniemi	Mark Gaffney	Nick Mowbray
Janusz	Jukka Rouhiainen	Mark McRae	Nick Vamis
Jared Sorensen	Julian	Mark Siminowski	Nicolas Belanger
Jason Brown	Julian Urquizu	Mark Thorp	Nils Thiel
Jason Deming	Juliano Simoes Haas	Mark Watson	Nurbol
Jason Montleon	Juris L Purins	Markus	Nyary Laszlo-Carlo
Jason Reynolds	Kaijev	Markus Sohlenkamp	oat03001
Jasper Hallis	Karfai Michael Yau	Martin Gronwald	Olaf Walter
jcenzano	Karsten Borchers	Martin Scholz	oldracoon
Jean-Pierre Weber	Keith Bumford	Martin Winter	Oliver Sommer

Olivier Anstett	Ron Brewster	Stefan V	Viktor Baksai
Ori Pugatzky	Ron Cassinelli	Stephen Hulme	Ville Ilkka
Otto Conde de Resende	Ronald Hunt	Stephen M Zarvis	Vit Premyslovsky
oyvindf11[at]gmail.com	Ross White	Stephen Morrison	Vit Zenisek
PakoAry	Rouven Metzler	Steve Gentile	W. Duncan Fraser
Patrick O'Reilly	Roy Woodworth	Steve Harmer	Wade Chafe
Paul Adcock	Royraiden	Steve Ralston	Wang Feng
Paul Cucinotta	Runefox	Steven Aldridge	War4U
Paul Elton	Russ Beye	Stewart Forgie	Warmoor
paul green	ryan brantly	Takahito Kojima	Wasserfall
Paul Hughes	Ryan Denton	Tempered	Wayne Adams
Paul Walker	Ryan Thomas Jaeger	Thomas Cofield	Wayne Berge
pavlich	Ryan Yamada	Thomas Dye	Wes
pedro	Sam Carlson	Thomas Falmbigl	West
Pedro Mellado	Sam Wise	Thomas Fuchs	William Pellett
Penpen	San Mecit Erdonmez	Thomas Ruck	William S. Ball
Peter Bartlam	Sandalio	Thrud	William Skinner
Peter Fortner	Scott Beardmore	Tibor Kopca	Yaniv Harel
Peter Krause	Scott Fligum	Tien Brian	Ye91
Peter Reinhard	Scott Gorring	Tim Chapman	Youngmok Rhyim
Peter Scaminaci	Scott Heimmer	Tim Collins	Yukikaze
Peter Solbrig	Scott Withycombe	Tim Hay	Zappatime
Peter Stephenson	Scott Woodbury	Tim Mitchell	Zaxth - Weresheep of
Polar	Scruffy	Tim Morgan	Sin
Polaris Bluestar	sdo	Tim Wopereis	
Prvt.SNAFU	sdpg_spad	Timo Wallenius	
Qi Huo	Sean Buchanan	Timothy J. Burton	
qmsan[at]yandex.ru	Sean Price	Tino Costa	
Rae	Sean Walsh	Titus Ou	
Ray Vine	Sebastian Riebl	tkmr	
Ray West	Sebastien Clusiau	Tobalt	
Rayvonn Core	Sébastien Vincent	Tobias Kiedaisch	
Reinhard Eichler	Seeker37	Todd Bergquist	
Remco	Sega Dreamcast	Tom Bies	
RF	Sergey Ravicovich	Tom McGurk	
Richard Stinchcomb	Sergey Velikanov	Tom Tyrell	
Rick Zhang	Shannon Craig	Tor Stokka	
Rob Brindley	Shaun Cameron	Torsten Tramm	
Robert Bähr	Sheldon cannon	Torsten Tramm	
Robert Cannon	Sherif Hosny	Totoaero	
Robert Conley III	Sigurd Hansen	tough boy	
Robert Holleman	SimFreak	TrailBlazer	
Robert Ian Charles	Snowhand	TRESPASSER	
Fellows	Sokolov Andrey	Trevor Tranchina	
robert kelly	Sonid Salissav	Tyler Gladman	
Robert Schroeder	Sorin Secu	Tyler Moore	
Rodney Neace	Stanislav Sereda	Vaclav Danek	
roman	stefan bartram	Vaz	
Roman Frozza	Stefan Bohn	Vendigo	
Roman Kolesnikov	Stefan Jansen	Victor Nakonechny	

**Sponsors d'or**

AJD van der Valk	G W Aldous	Luís Ferreira	Robert Staats
Akshay Tumber	Gershon Portnoy	Måns Serneke	Ron Harisch
Alexander Vincent	Goanna1	Mario Binder	Roy Enger
Andreas Bombe	Greg Pugliese	Marius Backer	Salvador
Andrey	Gregory Daskos	Martin Heel	Scott
Antonio Salva Pareja	Griffith Wheatley	Martin Janik	Secret Squirrel
Arno Hasnaes	Håkan Jarnvall	Matt Skinner	Sergey Goretsky
auo74	Hans Heerkens	Mattias Svensson	Sergey Ipolitov
bounder	Harry vandeputte	Max dahmer	Stanislaw
Brad Stewart	HoperKH	Maxim Lysak	Stephen Turner
Buster Dee	Ian Grayden	Michael Gaskell	Steve Butler
Carl Johnson	Ian Linley	Michael Leslie	Steven Mullard
Carlos Henrique Arantes Theodoro	J.J. Wezenberg	Michal Slechta	Stewart Sayer
Celtik	JANIN Elie	Mikko Räsänen	Sven Bolin
charger-33	Jason Story	Miquel Tomàs Homs	Thomas Bakker
Christian Noetzli	Jaws2002	Murray Thomas	Tom Lewis
Christopher Foote	Jim Van Hoogevest	Mysticpuma	Tony Webber
Christopher Ruse	JiriDvorsky	Nathan	Torian
Daniel Clewett	Joakim Söderman	Nezu	Ulrik Svane
Dean Christopher Fortomaris	Joan Sabater	Nicholas Sylvain- Obsidian Tormentor	William Forbes
Dean Gardiner	Johannes Wex	Oliver Scharmann	Zamaraev Anton Vladislavovich
desruels jean	John McNally	Or Yaron	Zoltann
Donald Burnette	Joseph Anthony Elliott	Peter Fritz	
DragonShadow	Jostein Kolaas	Phantom88	
Drew Swenson	Kaiser	Phil Rademacher	
Duncan Holland	Karl Asseily	Pier Giorgio Ometto	
Erik Nielsen	Karl Miller	Pizzicato	
Fabian Kraus	kevin Hürlimann	Polaris Penguin	
Frank Zygor	Kevin Vogel	Reinhard Zeller	
	klem	Richard Williams	
	Laivynas	Robert Shaw	
	LP		

**Sponsors de platine**

=tito=	Christian Knörndel	JOSHUA C SNIPES	Ralph Mahlmeister
322Sqn_Dusty	Christoffer Ringdal	KDN	Rémy "Skuz974" STIEGLITZ
Aaron Kirsch	David Block	Kevin Gruber	Richard Ashurst
Adam Del Giacco	David Stubbs	KLEPA	Richard Boesen
AirHog71	David Vigilante	Kodoss	Richard Skinner
Alexander Osaki	DavidRed	Krupi	Robert Cattaneo
Alexis Musgrave	dgagnon99	Les Hillis	Ryan Power
Alvin Pines	Dieter	Luke Scalfati (tf_neuro)	Ryohei Yoshizawa
AndK	Dimitrios Syrogiannopoulos	M. Carter	Sam Higton
Andreas Gruber	Eric W Halvorson	MACADEMIC	Sean Trestrail
Andrew Gluck	Ethan Peterson	Martin Jaspers	Shawn Godin
Aníbal Hernán Miranda	Federico Franceschi	Melanie Henry	Soeren Dalsgaard
Ariel Morillo	G W Aldous	michael addabbo	Stefano Dosso
Atle Fjell	Geoff Stagg	Michael Brett	Stephen Ptaszek
Bobby Moretti	Grant MacDonald	Michael Vrieze	TC1589
Brad Edwards	Harald Güttes	Mike Abbott	theoretic
Brian Thrun	Hen	Mike Bell	Tom Galloway
CAHUC Fabien	HolyGrail FxFactory	mike parsell	Tom Lucky Klassen
Caulis Brier	Ian	Mike Williams	Trond Bergsagel
Chad Owens	Ilkka Prusi	Necroscope	William Denholm
Charles Ouellet	Ilya Shevchenko	Nirvi	Zinj Guo
Chekanschik	Jim Magness	Ole Jørgen Hegdal Lie	
Chivas	Johanan	Palmer T Olson	
	John Guidi	Patrick	

## **Sponsors de diamant**

Robert Sogomonian

Etienne Boucher

Ronald L Havens

Dave

John Bliss

Pers

graham cobban

John Wren

Pitti

Simon Shaw

Don Glaser

David Baker

John Douglass

john

Steven John Broadley

Matt D

olegkrukov[at]inbox.ru

Panzertard

JtD

Robert S. Randazzo

## Bibliographie

1. A.P. 2095 PILOT'S NOTES GENERAL.
2. A.P. 1565 J, P&L – P.N. PILOT`S NOTES.
3. A.P. 1565 J&L Vol.1 Spitfire IX&XVI Servicing and Descriptive Handbook.
4. A.P. 1565 E Vol.1,2,3 Spitfire F.VA, F.VB and F.VC. LF.VA, LF.VB, LF.VC
5. Инструкция летчику по эксплуатации и технике пилотирования самолета СПИТФАЙР LF-IX с мотором МЕРЛИН-66. 1945.
6. Электрооборудование самолета СПИТФАЙР. 1943.
7. Самолет СПИТФАЙР LF-IX. Инструкция авиамеханику. 1945.
8. Инструкция по эксплуатации вооружения самолета СПИТФАЙР LF-IX. 1945.
9. A.P. 1590 P, S & U Vol.1 Descriptive handbook.
10. T.S.D. 94 Rolls-Royce two-stage, two-speed engine maintenance manual.
11. A.P. 1641F Hispano 20 mm Mk. I and II guns: descriptive handbook, 1940.
12. A.P. 1641C Browning .303 in. Mark II gun: descriptive handbook, 1940.
13. BR 932, Handbook on Ammunition, 1945.
14. Сергей Симонов. 20-мм авиационная пушка Испано-Сюиза HS.404
15. Евгений Аранов. Авиационные пулеметы Браунинга.
16. Williams, Anthony G. "The Battle of Britain: Armament of the Competing Fighters"
17. Справочник по патронам, ручным и специальным гранатам иностранных армий. ГАУ ВС СССР, 1946.
18. Paul H. Wilkinson. Aircraft engines of the world, 1946.
19. Крылья. Владимир Котельников. Супермарин "Спитфайр".
20. Крылья Родины. Владимир Котельников, Дмитрий Хазанов. Неизвестные "спитфайры".
21. Крылья Родины. Вячеслав Кондратьев. "Огневержец, вспыльчивый, злоюка».
22. J.Dibbs, T.Holmes Spitfire. Flying legend. 1996
23. Жовинский Н.Е. Силовые авиационные установки. 1948.
24. Vic Flinthman. Post-war military aircraft in British service.
25. C.F.Andrews, E.B.Morgan. Supermarine Aircraft Since 1914
26. Aircraft in British Military Service 1946 – 1998
27. Jaap Teeuwen. British Aircraft of World War II
28. Vaclav Nemecek. Vojenska letadla
29. Putnam. C.F.Andrews, E.B.Morgan. Supermarine Aircraft Since 1914
30. Monografie Lotnicze. Wojtek Matusiak. Supermarine Spitfire
31. Squadron/Signal. Jerry Scutts. Spitfite in Action.