

Introduction

FLY ! est un des premiers simulateurs à proposer un vrai tableau de bord complet, un cockpit comprenant tous les éléments que l'on trouve dans l'appareil réel et une mise en route de l'appareil complètement réaliste.

Bien sûr, comme dans tout simulateur grand public, une touche (dans Fly ! c'est la touche « E ») permet d'outrepasser cette phase et de se retrouver les moteurs démarrés avec juste les radios à régler. C'est dommage, la mise en route de son avion est une étape incluse dans la visite pré-vol qui est pleine d'intérêt. C'est aussi une phase qui permet par sa rigueur et la décomposition de ses actions, de s'assurer que tout est correct et que la sécurité du vol est assurée.

Plus l'avion est sophistiqué (plusieurs moteurs, turbo-propulseurs, réacteurs) plus cette étape est longue et complexe. Elle doit être faite avec soin. Sauter des étapes, faire uniquement confiance à sa mémoire ou à ses habitudes sont à l'origine d'accidents extrêmement graves.

Ce manuel, **utilisable exclusivement pour la simulation de vol**, a pour seul but de permettre à l'utilisateur du P51D Mustang en simulation de s'immerger dans les manipulations réelles du traitement de la check-list pour la mise en route de son appareil. Le P51D est un avion de la dernière guerre encore très présent aujourd'hui dans les meetings aériens. C'est un très grand classique, complexe et robuste, le mettre en route phase par phase et entendre son moteur démarrer est un vrai régal : à ne rater sous aucun prétexte ! Et attention à bien gérer son moteur en vol !

René Birot
Simvol/Fly Webmaster
ROTW coordinateur
Pilote privé LFRN



Table des matières

1. Visite guidée du P51D Mustang dans Fly !
 - 1.1. La vue extérieure
 - 1.2. Le tableau de bord
 - 1.3. L'instrumentation opérationnelle
 - 1.3.1. Le tableau de bord principal
 - 1.3.2. La partie basse
 - 1.3.3. La partie gauche
 - 1.3.4. La partie droite
 - 1.4. Le circuit d'essence
2. Caractéristiques de l'appareil
 - 2.1. Moteur
 - 2.2. Hélice
 - 2.3. Dimensions
 - 2.4. Poids
 - 2.5. Divers
3. Démarrage du moteur
 - 3.1. Visite pré-vol
 - 3.2. Mise en route
 - 3.3. Mise en service de l'avionique
 - 3.4. L'horizon artificiel
 - 3.5. Les « Shutters »
4. Quelques particularités du Mustang de ROTW
5. La montée initiale et la croisière
6. L'approche
7. Les paramètres de base
8. Quelques particularités et informations importantes
 - 8.1. Réglage du simulateur
 - 8.2. Vues circulaires depuis le cockpit
 - 8.3. Informations à garder en vue
9. Les instruments spécifiques
10. Photos de Mustangs en état de vol
11. Crédits

P51D Mustang

Remarque :

- Toutes les vues de l'avion ont été prises dans Fly ! II sauf :
- la photo de l'avion en vol page 19 (Mustang D'Yves Duval, LFRN)
 - les 3 photos de la page 24
- Les procédures sont tirées de la check-list réelle de l'appareil

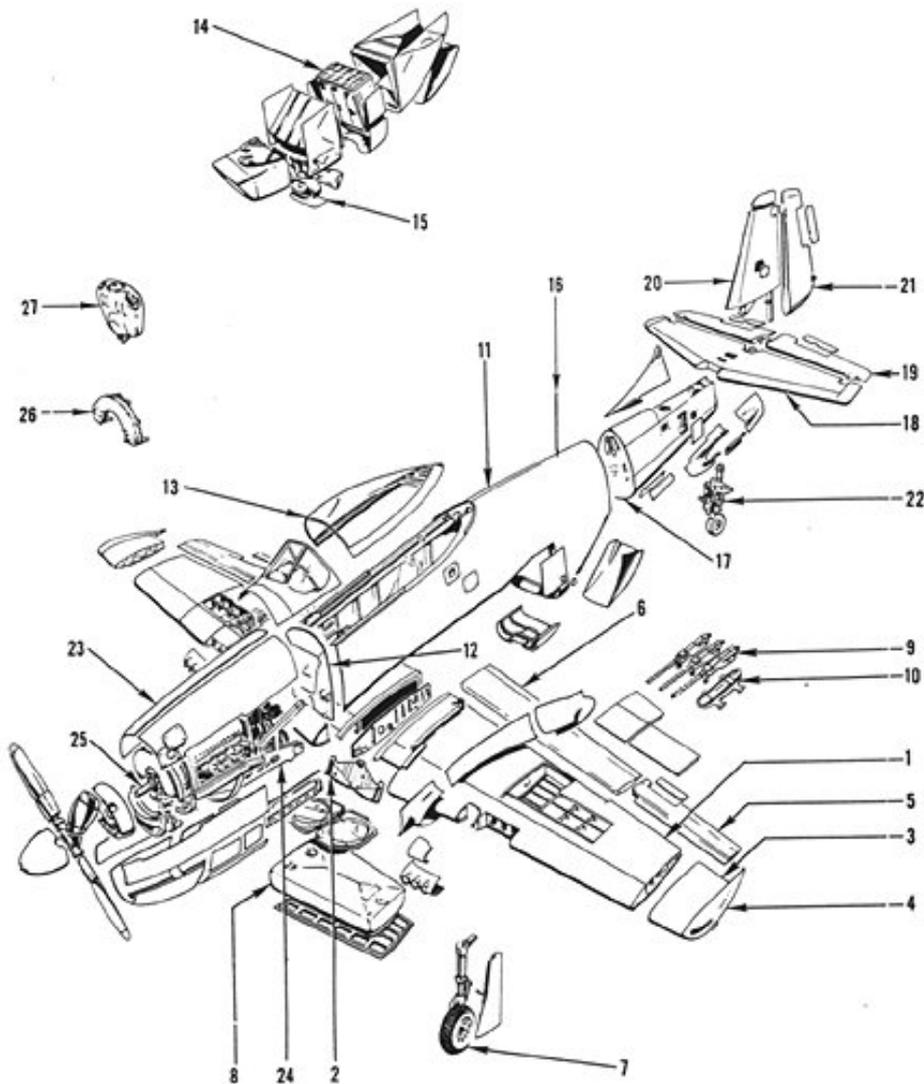
...



P51D Mustang

1- Visite guidée du P51D dans FLY !

1-1 La vue extérieure (ici dans Fly II)



P51D Mustang

1-2 Le tableau de bord (Fly ! II)

Nous voici avec une instrumentation peu habituelle car n'oubliez pas que cet appareil est aujourd'hui un avion de collection et fait partie des « avions de légendes ».

Comme toujours au ROTW, nous tenons à ce que la procédure de démarrage soit conforme (et donc aussi complexe) que la vraie ce qui impose de faire l'instrumentation complètement et de rendre opérationnels indicateurs, interrupteurs et autres rotacteurs.

Le Mustang étant un avion très haut et à train « classique » (avec une roulette de queue), la vue vers l'avant au roulage n'est pas des plus aisées. Nous avons donc décomposé cette vue en deux : une haute qui dégage la vue extérieure et une basse qui montre la majorité des instruments de vol tout en permettant de visualiser l'horizon par les côtés.

Contrairement à d'autres avions plus récents, il a été plus difficile de trouver de la documentation, mais Jean Baruch a su nous fournir l'essentiel de ce que nous avions besoin.

Evidemment, cet avion ne se trouve pas dans tous les aéroclubs et notre volonté de faire confirmer nos paramètres de vol et le bon usage des instruments nous a amené à entrer en contact avec Aérorétro, une organisation (basée à St Rambert d'Albon, près de Lyon) qui possède une quinzaine de « warbirds » dont un Mustang. Son Président, Christian Mafré, pilote du P51 a gentiment accepté de nous aider.

Tableau de bord complet (montage des vues haute, basse, droite et gauche).



1-3 L'instrumentation opérationnelle dans Fly ! II

1-3-1 le TdB principal



- 1 – non utilisé
- 2 - ADF
- 3 - Pendule
- 4 - Viseur canon (non actif)
- 5 – indicateur de Suction
- 6 - Manomètre de pression moteur
- 7 - Température de liquide de refroidissement
- 8 - Tachymètre
- 9 - Température du carburateur
- 10 - Badin (indicateur de vitesse en MPH)
- 11 - Altimètre
- 12 - Compas
- 13 - Horizon artificiel
- 14 - Indicateur de virage (bille - aiguille)
- 15 - Vario
- 16 - G-mètre
- 17 - Indicateur multiple : température d'huile, pression d'huile, pression d'essence

P51D Mustang

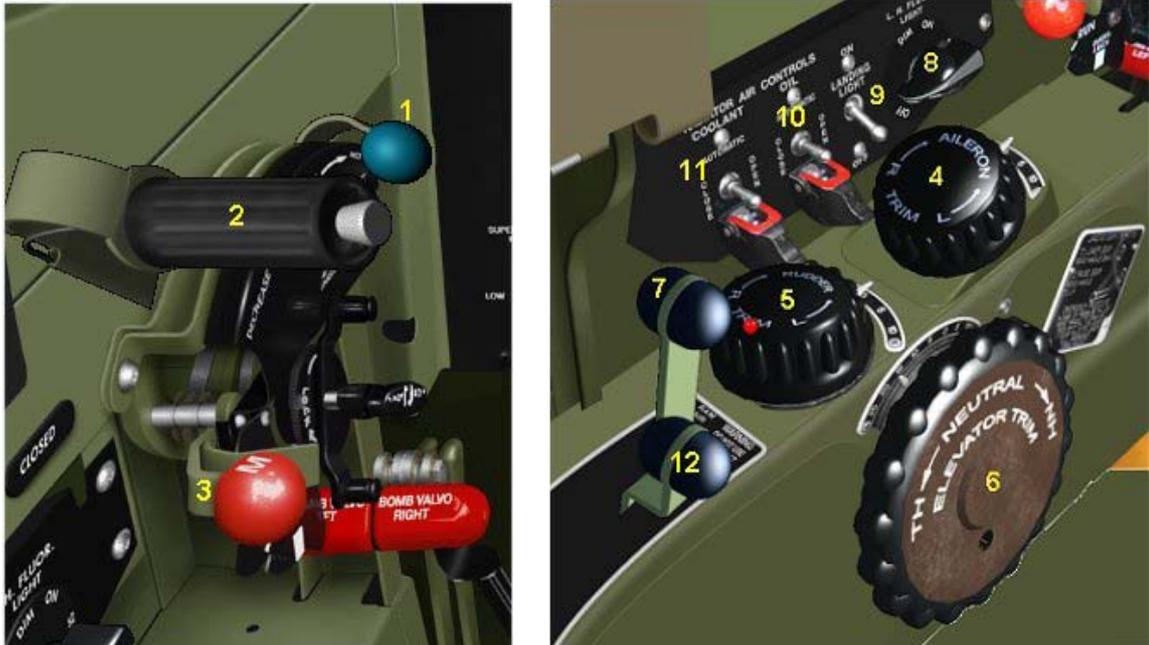
1-3-2 La partie basse



- 1 – interrupteur « Supercharger »
- 2 – voyant « Supercharger » ON
- 3 – Pompe à essence
- 4 – interrupteur « OIL DELUTE » (permet d'introduire de l'essence dans l'huile par grand froid)
- 5 – Démarreur (STARTER)
- 6 – Injecteur d'essence (PRIMER)
- 7 – Voyant de train sorti
- 8 – Sélecteur des magnétos (IGNITION)
- 9 – Frein de parking
- 10 – Robinet du circuit hydraulique pour libérer les trappes de train
- 11 – Sélecteur de réservoir d'essence
- 12 – robinet d'essence
- 13 – Indicateur de pression hydraulique
- 14- levier de mise en œuvre du train d'atterrissage

P51D Mustang

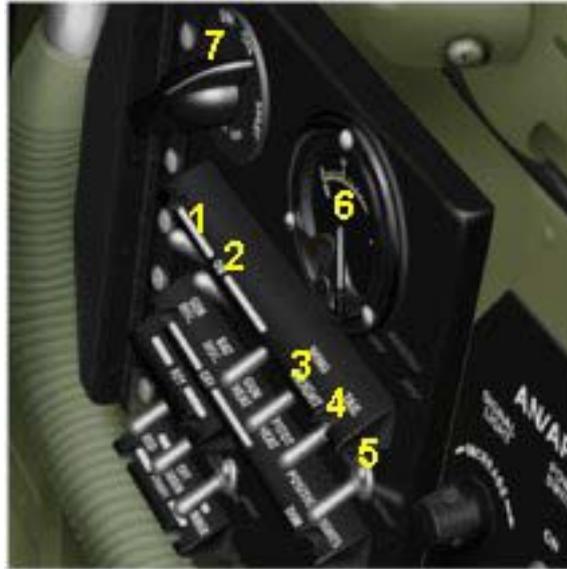
1-3-3 Le cockpit gauche



- 1 – réglage du pas d'hélice
- 2 – Manette des gaz
- 3 – manette de mélange (richesse)
- 4 – compensateur d'inclinaison (Aileron trim tab control knob)
- 5 – compensateur de direction (rudder trim tab control knob)
- 6 – compensateur de profondeur (elevator trim tab control knob)
- 7 – manette de contrôle de l'air dans le carburateur (Ram Air)
- 8 – rhéostat d'éclairage du tableau de bord
- 9 – interrupteur du phare d'atterrissage
- 10 – interrupteur de contrôle d'air du radiateur (huile)
- 11 – interrupteur de contrôle d'air du radiateur (liquide de refroidissement)
- 12 – réchauffage carburateur

P51D Mustang

1-3-4 Le cockpit droit



- 1 – Alternateur
- 2 – Batterie
- 3 – réchauffage pitot
- 4 – Feux de navigation
- 5 – Feux à éclats
- 6 – Ampèremètre
- 7- Réostat d'éclairage du tableau de bord



- 7- ADF
- 8- Radio VHF 760 canaux
- 9- Transpondeur

1.4- Le circuit d'essence

L'ordre de consommation est : d'abord le central (garder 32 gal max), puis les ailes. Pas de voltige avec plus d'1/3 dans le réservoir central.

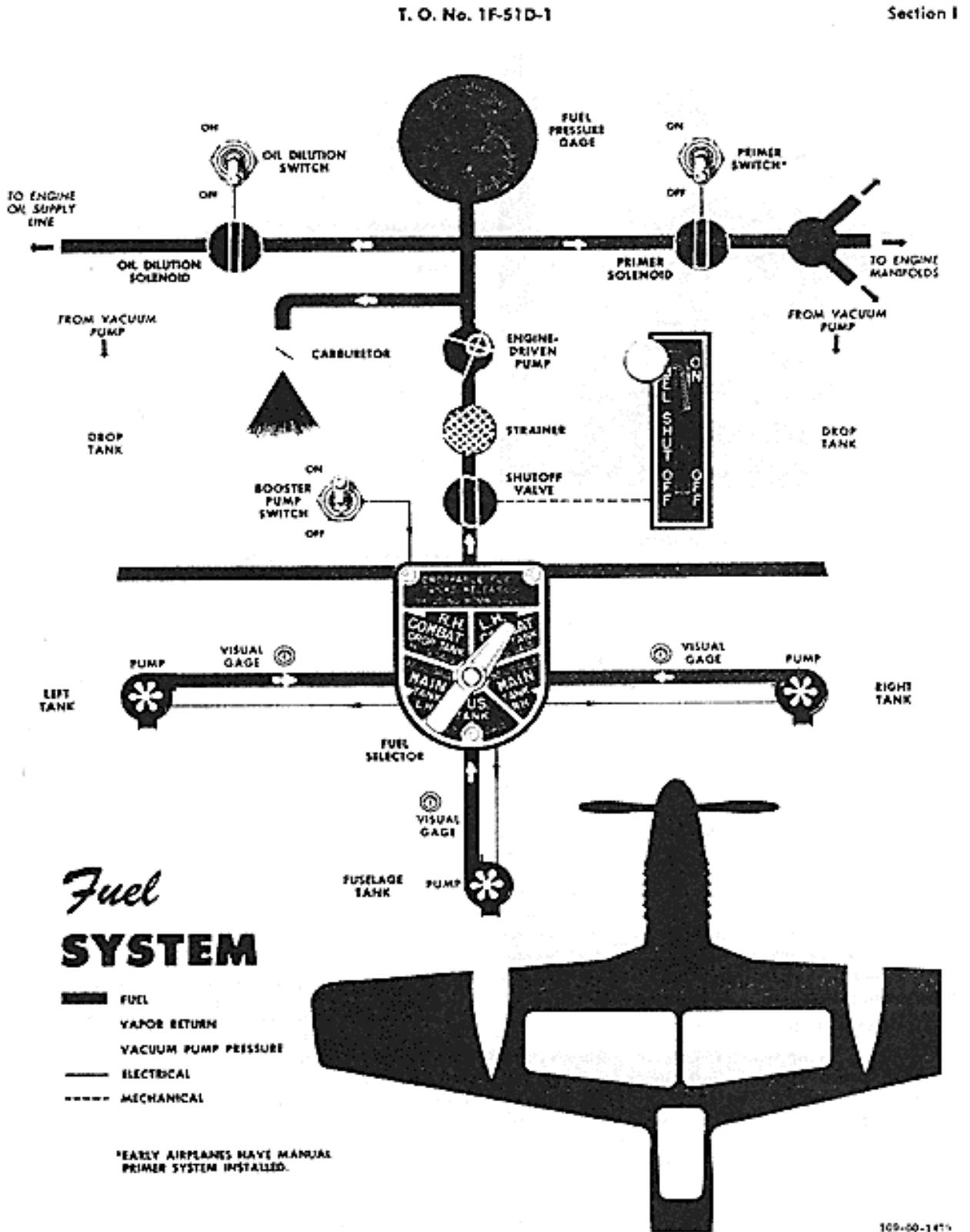


Figure 1-17

2- Caractéristiques de l'appareil

2-1 Moteur :

1*1100 kW Rolls Royce-Packard V- 1650- 7 Merlin

2-2 Hélice :

1 hélice quadripale Hamilton Standard Constant Speed (diamètre 3,40 m)

2-3 Dimensions :

Longueur = 9.83 m

Envergure = 11.28 m

Hauteur = 4.16 m

Empattement = 3.874 m

Surface des ailes = 21.83 m²

2-4 Poids Modèle D :

à vide = 3466 kg

max = 5493 kg

2-5 Divers

Plafond = 42500 ft

Autonomie = 3350 km

Vitesse max = 380 kts (505 mph, 703 km/h)

Armement = 6 x mg 12.7 mm 2 x b454 kg



3- Démarrage du moteur

3.1 Visite pré-vol

S'assurer du bon état de l'appareil, des pneus, des parties mobiles, de l'état des éclairages et des antennes.

Vérifier l'huile (niveau, qualité), l'essence (3 réservoirs), l'état des pneus.

Vérifier le carburant : **attention, TRI a inversé les réservoirs droit et gauche**



Chargement de l'essence dans Fly!



	NO.	USABLE FUEL ON LEVEL FLIGHT (GALS)	FUEL SERVICES (EACH)	EXPANSION SPACE (GALS)	TOTAL VOLUME (GALS)
LH MAIN	1	90.4	92.7	5.0	97.7
RH MAIN	1	90.0	92.1	4.5	96.6
FUSELAGE	1	65	65.5	26.0*	91.5
DROP TANKS	2	75.0	75.0	2.3	77.3
	OR 2	110.0	110.0	3.3	113.0

Jauge, sélecteur d'essence du Mustang et capacités d'emport
Ne pas oublier de serrer le frein de parking.

P51D Mustang

3-2 Mise en route

- a. Sélecteur des magnétos sur OFF (ignition).
- b. Interrupteur batterie sur ON.
- c. Interrupteur « Radiator Air Control - OIL » sur AUTO
- d. Interrupteur « Radiator Air Control - COOLANT » sur AUTO
- e. Manette des gaz vers l'avant d'environ 3 cm (manette noire)
- f. Mélange sur "IDLE CUT-OFF" (manette rouge sur 0%).
- g. Pas d'hélice sur "100%" (manette bleue sur 100%).
- h. Interrupteur « Supercharger » sur "HIGH".
- i. Manette "RAM AIR" vers l'avant (ON).
- j. Sélecteur des magnétos sur BOTH.
- k. Robinet d'essence "Fuel shut-off" sur ON
- l. Sélecteur de réservoir sur "Main Tank LH" ou, si vide, sur l'autre réservoir d'aile
- m. Pompe à essence (Fuel Booster) sur ON et contrôler que la pression est dans le vert.
- n. Actionner l'interrupteur "PRIMER" 3 secondes.
- o. Soulever le capuchon couvrant l'interrupteur de démarreur et placer celui-ci sur START
- p. Dès que le moteur démarre, mettre la manette de richesse sur RUN (maxi 100%)
- q. Si le moteur ne démarre pas, continuer à actionner le PRIMER jusqu'au démarrage
- r. Enlever le starter dès que le moteur tourne normalement
- s. Interrupteur générateur (ou alternateur) sur ON

ATTENTION: Si le moteur ne démarre pas, la mixture doit être sur IDLE CUT-OFF.

- t. La mise en température du moteur se fait à approximativement 1300 RPM. Contrôler que la pression d'huile reste constante. S'il n'y a pas de pression d'huile ou qu'elle est trop basse, couper le moteur (manette de richesse)
- u. Contrôler tous les indicateurs.
- v. Contrôler que le robinet de circuit hydraulique est poussé (le mano dessous doit indiquer 1000 psi)
- w. Contrôler l'hydraulique en actionnant les volets
- x. Régler les radios.
- y. Vérifier les instruments gyroscopiques.
- z. Contrôler chaque réservoir avec la pompe à essence sur ON. La pression doit être entre 14-19 lbs/sq. inch

Vous êtes prêt à rouler, demandez la clairance



3-3 Mise en service des radios



Sélecteur ADF

- 1- Le bouton OFF est l'interrupteur ADF
- 2- Affichage des chiffres
- 3- Sélecteurs A, B, C, D d'affichage

Transpondeur

Pour pouvoir circuler en zone contrôlée, l'avion a été équipé d'un transpondeur moderne.

- 9- Mise en route et sélecteur de mode
- 10- Affichage du code

Radio VHF

La radio est une 760 canaux, seule la fréquence d'attente, à droite est modifiable avec, comme dans la réalité, manipulation des 2 couronnes du bouton de sélection des fréquences. La fréquence devient active en la passant à gauche avec le switch blanc.

- 4- Fréquence active
- 5- Fréquence d'attente modifiable
- 6- Bascule fréquence attente/fréquence active
- 7- Couronne de changement de la partie entière de la fréquence
- 8- Couronne de changement de la partie décimale de la fréquence
- 11- Interrupteur de mise en marche de la radio

Cet avion n'est équipé ni de VOR, ni d'ILS, ni de GPS (ce dernier est quand même utilisable à partir de l'affichage de sa fenêtre dans le menu du haut de Fly ! II).

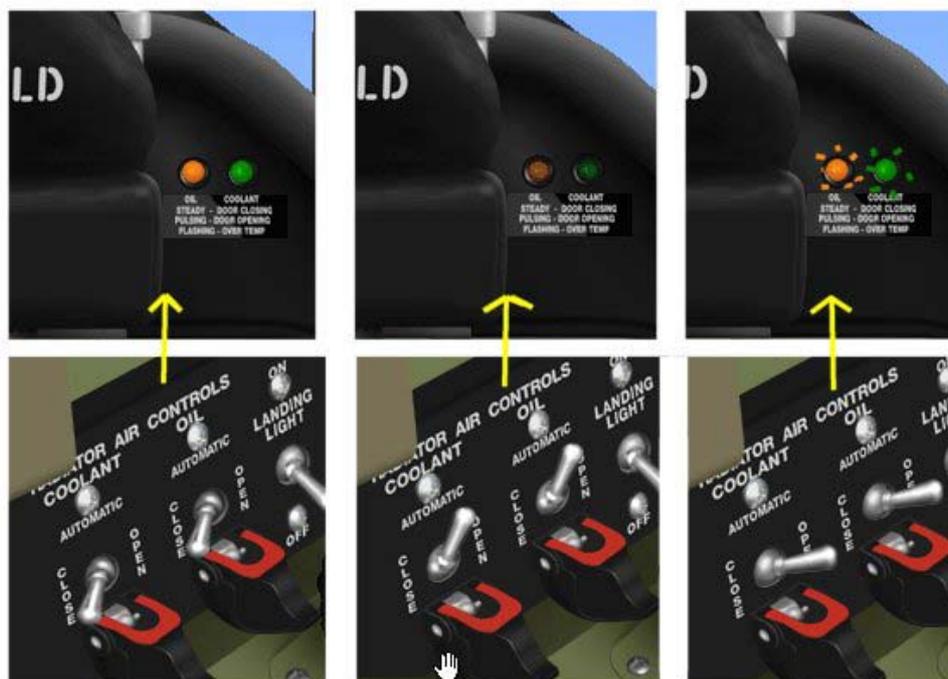
3.4 L'horizon artificiel

Il se met en service automatiquement, après le démarrage du moteur. Pour ce faire, il faut tourner la molette en bas à droite de l'indicateur (position ON). Dès que l'on met un peu de puissance, le « flag » rouge « CAGED » disparaît et l'horizon devient actif.



3.5 Les « SHUTTERS »

Ce sont les interrupteurs qui commandent le refroidissement du moteur. Ils ont 3 positions et à chaque position correspond un éclairage des voyants en haut à droite de tableau de bord. Ils sont positionnés automatiquement sur « AUTOMATIC » mais peuvent être à modifier en vol. Clignotement rapide si température excessive.



4- Le décollage

1. sortir les volets (10° ou 20°) suivant les obstacles à franchir
2. pression d'huile dans le vert (75 lbs)
3. température d'huile : mini 20°C, maxi 105°C
4. température de liquide de refroidissement (coolant) entre 60°C et 121°C
5. pression d'essence dans le vert (Fuel Booster sur ON)
6. faire une réduction : à 2300 RPM réduire le pas d'hélice pour chuter de 300 RMP et la replacer « plein petit pas » (INCREASE RPM 100%)
7. décollage :
Pression d'admission = 61 Hg
RPM = 3000
Mixture = RUN (maxi)

5- La Montée initiale et la croisière

1. Montée :
Pression d'admission = 45 Hg
RPM = 2700
Mixture = RUN (maxi)
2. Croisière :
Pression d'admission = 30-40 Hg
RPM = 2100-2300
Mixture = RUN (maxi)

6- L'approche

1. mixture sur 100% « RUN » (manette rouge)
2. les interrupteurs de control d'air du radiateur (huile et refroidisseur) sur « AUTOMATIC »
3. sélecteur d'essence sur le réservoir le plus plein
4. la pompe à essence (FUEL BOOSTER) sur ON
5. afficher 2700 RPM (manette bleue)
6. en dessous de 170 MPH, sortir le train d'atterrissage (contrôler que la lampe verte soit allumée)
7. sortir les volets au fur et à mesure de l'approche en respectant la table des vitesses suivantes :

angle	vitesse max en MPH
10°	400
20°	275
30°	225
40°	180
50°	165

8. vitesse mini avant l'arrondi : 92 MPH.

7- Les paramètres de base

Les limitations des vitesses d'après le manuel original

Stall Speeds

IAS • MPH (POWER OFF)

BASED ON FLIGHT TESTS

	GROSS WEIGHT LB	GEAR UP FLAPS UP			GEAR DOWN FLAPS 45° DOWN		
		LEVEL	30° BANK	45° BANK	LEVEL	30° BANK	45° BANK
		WITH WING RACKS					
	10,000	106	115	128	101	110	123
	9,000	101	109	121	94	103	116
	8,000	94	102	114	87	98	108
WITH BOMBS, DROP TANKS, OR ROCKETS*							
	12,000	119	128	143	113	123	136
	11,000	113	122	137	107	117	131
	10,000	108	116	130	102	111	124
	9,000	102	110	123	95	105	117

*STALL SPEEDS WITH ROCKETS ARE ESTIMATED.

129-10-1130

Figure 6-1

8- Quelques particularités du P51D et informations essentielles

Gestion du fuel

- pas de jauge dans le modèle réel, juste un manomètre de pression d'essence. Nous l'avons ajouté cette jauge.



- Le retour des vapeurs d'essence se faisant vers les réservoirs d'ailes, il est préférable de commencer le vol sur le réservoir central.
- Pour garder un centrage correct à l'atterrissage, il faut garder au moins 32 GAL d'essence dans le réservoir central.

Conduite du moteur

- lorsque la pression d'admission est réglée entre 42 et 61 inch, elle est automatiquement maintenue.
- Attention, après une longue descente au ralenti, si la température des cylindres tombe trop bas, le moteur a des ratés et peut caler : dans ce cas, lui redonner des tours.
- Le P51D n'est pas prévu pour le vol dos plus d'une dizaine de secondes : le moteur n'étant plus alimenté, il cale. En vol dos, dès que le moteur tousse, le rétablir en vol normal et tout rendre dans l'ordre après quelques secondes.
- Le « badin » est affiché en MPH (1KTS = 1.125 MPH)
- La pompe à essence (FUEL BOOSTER) doit rester sur ON pendant toute la durée du vol.
- Le modèle réel est équipé d'un réchauffage carburateur automatique : ne pouvant le modéliser, après le décollage, le laisser coupé (sauf si la température descendait en dessous de la ligne jaune).

Eclairage cabine

- n'a pas été installé dans la version simulée.

Décrochage

- sur cet avion, les décrochages sont assez doux avec une tendance à partir sur un côté facile à contrer aux palonniers. Dès que l'avion reprend de la vitesse, il se rétablit tout seul. Ce fonctionnement est bien modélisé.

vitesse de décrochage :

en lisse = 90 MPH (78 KTS),
train et volets sortis = 75 MPH (65 KTS)

Très important :

1- Gestion de la température moteur

La température du moteur est gérée selon la manette n° 11 (Coolant Radiator Air control) du manuel utilisateur.

Position CLOSED

Les « cowl flap » du moteur sont fermés

Position OPEN

Les « cowl flaps » du moteur sont ouverts

Position Automatique

Les « cowl flaps » sont gérés selon la température du moteur

Quand on passe la barrière des 113°, le voyant COOLANTt (vert) clignote et les « cowl flaps » s'ouvrent. La montée en température est ralentie pour permettre le quart d'heure à plein régime.

Quand on redescend au dessous de 97°, les « cowl flaps » se referment.

Vers 123° le moteur cafouille.

A 124° il casse.

Pour que la température moteur baisse vraiment, il faut réduire les RPM et la pression d'admission.

En résumé

TEMP COOLANT	EFFET
<97°	Cowl flaps fermés
>97°	Cowl flap ouverts
123°	Alerte bruit moteur
124°	Moteur casse

2- Gestion de la température carbu

Elle est fonction de la combinaison des deux leviers RAM et RECHAUFFE CARBU.

	RAM-AIR CLOSED	RAM-AIR OPEN
HOT CARB CLOSED	Carb temp est fonction de la temperature du moteur et d'une petite partie de la temperature extérieure	Carb temp vaut la température extérieure
HOT CARB OPEN	Chauffage additionel en provenance du moteur	

Le moteur cafouille hors de l'intervalle [-15,50]

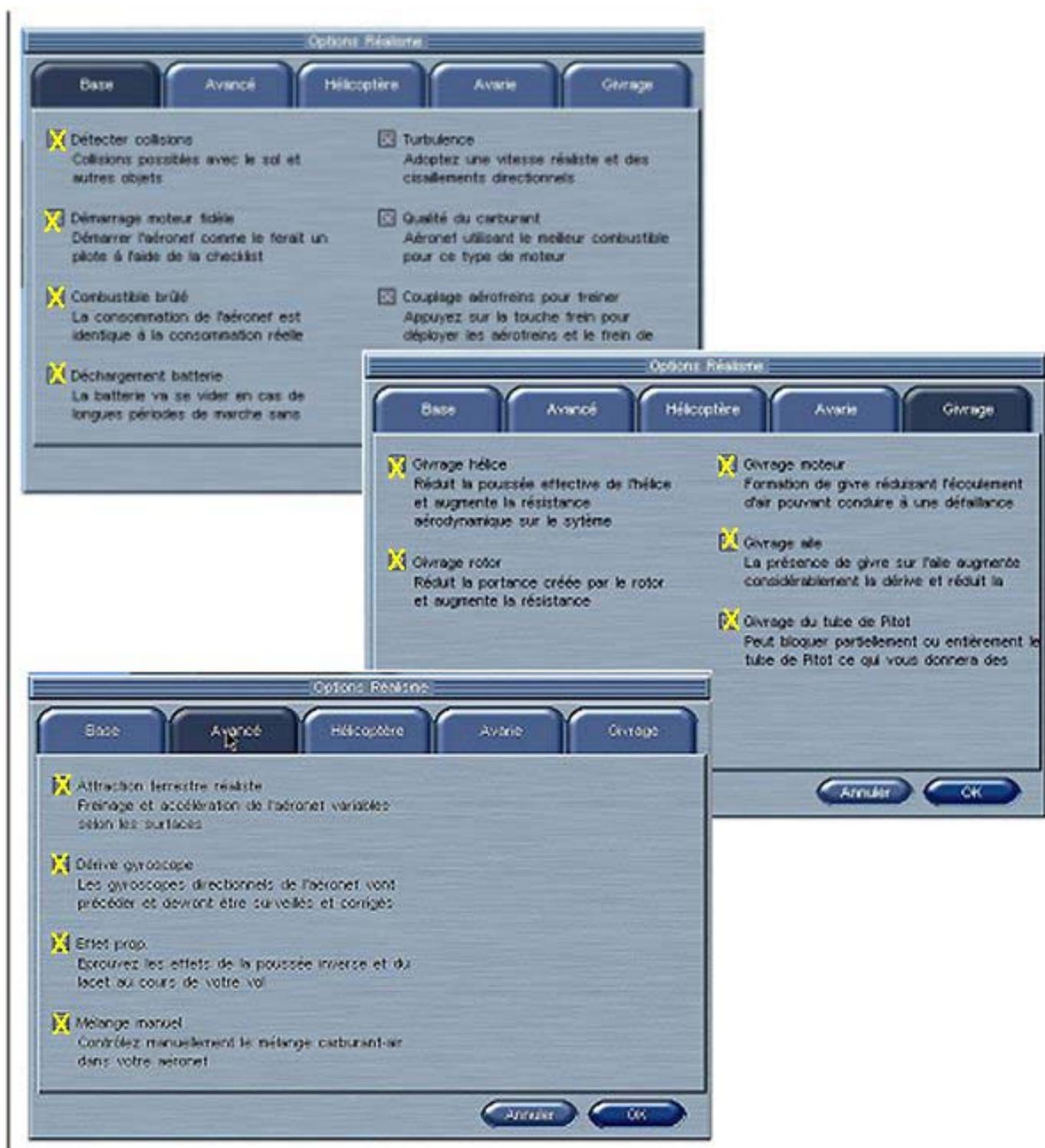
Le moteur casse hors de l'intervalle [-16,52]



8.1 Réglages du simulateur

Le Réalisme :

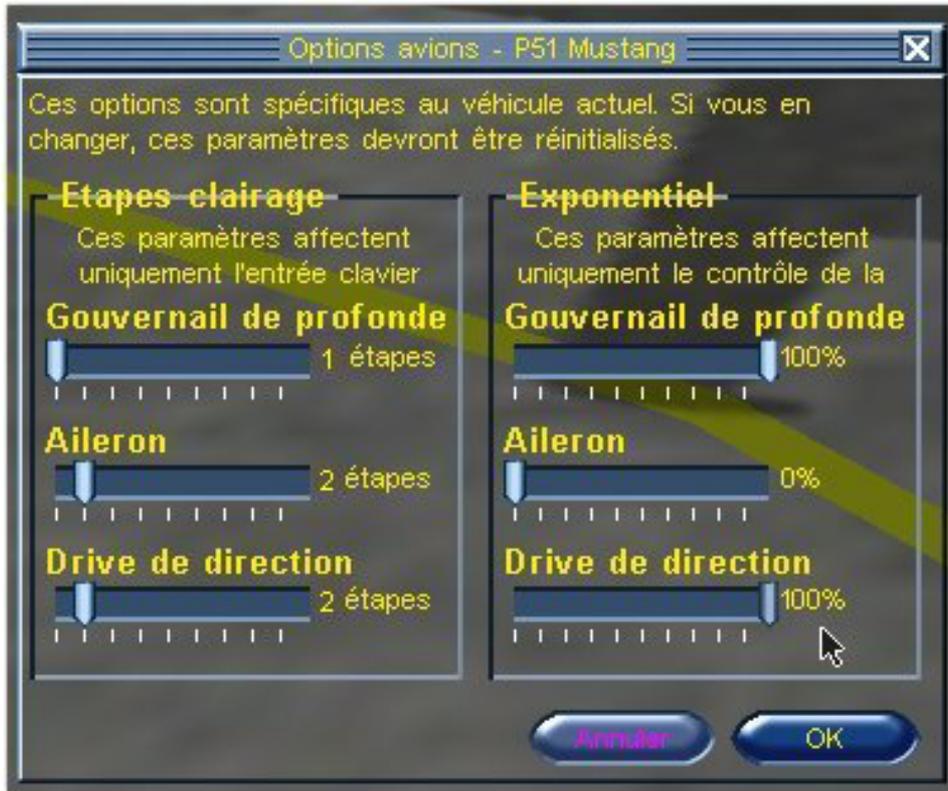
Il est nécessaire, pour profiter au maximum du travail accompli pour rendre cet appareil très proche du modèle réel, de cocher tous les réglages comme suit :



P51D Mustang

Les réglages :

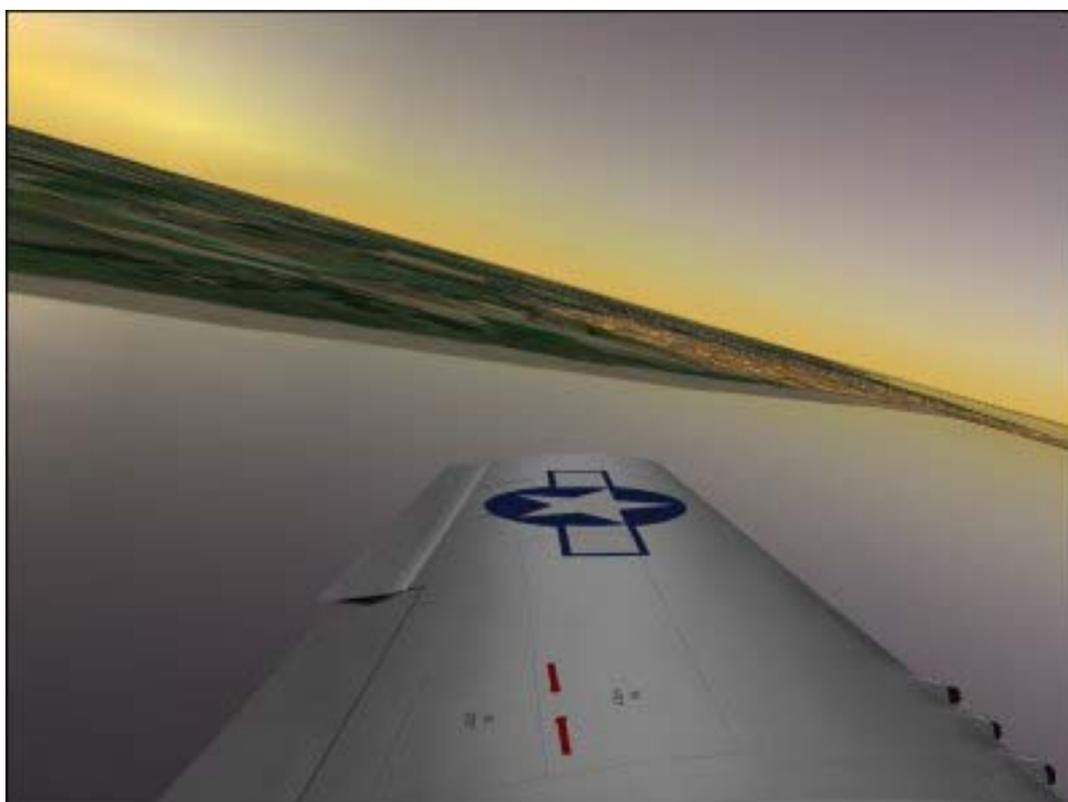
Il est impératif pour avoir un comportement en vol correct, d'effectuer les réglages suivants :



Il est aussi nécessaire de prévoir sur son Joystick si c'est possible, ou en raccourcis claviers, les manipulations des manettes de réglages du pas hélice (manette Bleus), de la Richesse (manette rouge) et du Trim de direction. En effet, ces manettes nécessitent un changement de vue qui, lors de certaines opérations critiques (approche) peut ne pas être pratique.



8.2 Les vues extérieurs depuis l'intérieur



8.3 Informations à garder en vue :

ENGINE LIMITATIONS			
PACKARD V-1650-7		FUEL SPECIFICATION : AN-F-28	
	R.P.M.	M.P.	MAX. / DESIRED
TAKE OFF ONLY	3000	61	COOLANT 121 / 100-110
WAR EMERG. 5 MIN.	3000	67	OIL TEMP. 105 / 70-80
MILITARY - 15 MIN.	3000	61	OIL PRESSURE 70-80
MAX. CONTINUOUS	2700	46	OIL PRESS. MIN. CR 50
CRUISE-MAX	2400	42	FUEL PRESSURE 19 / 16-18

TAKE OFF CONDITIONS
OIL TEMP. 20°C MIN. OIL PRESS. 60°MIN. COOLANT 60°C MIN.

MAX. GLIDE OR DIVE SPEED	
SURFACE TO 10.000 FT	- 505 MPH
10.000 TO 20.000 FT	- 400 MPH
20.000 TO 30.000 FT	- 325 MPH

GEAR - FLAPS

DO NOT EXTEND FULL FLAPS ABOVE 165 MPH
DO NOT OPERATE LANDING GEAR ABOVE 170 MPH



9- Les instruments spécifiques

Sont détaillés ici les indicateurs spécifiques du P51D avec les mesures à respecter

Température d'huile

Minimum	20°C
Normal	70°C - 80°C
Maximum	105°C



Pression d'huile

Minimum	50 psi
Normal	70 - 80 psi

Pression d'essence

Minimum	16 psi
Normal	16 - 18 psi
Maximum	20 psi



Accéléromètre

5G emport max (10840 lb)
 8G à 8000 lb
 -2.6G emport max



Anémomètre (Badin)

pleins volets: 165 mph max
 train sorti: 170 mph max
 lisse: 505 mph
 (max structure)



Pression hydraulique

800-1250 psi normal (pressurisé)
 600 psi min
 1250 psi max
 0 - 150 psi normal (non pressurisé)



Suction

3.75 in.Hg min
 3.75 - 4.25 in.Hg normal
 4.25 in.Hg max



Compte-tours

1600 - 2700 plage
 2400 max croisière
 2700 max plage
 3000 décollage urgence



Pression d'admission

26 - 46 in. Hg. plage normale
 61 in. Hg. décollage d'urgence
 67 in. Hg urgence militaire (5 mn)



Température carbu

15°C à 40°C normal
 -10°C à -15°C risque givrage
 50°C Max



Température liquide refr.

60°C Min décollage
 100°C - 110°C Normal
 121°C Max

10- Quelques « Mustangs » en état de vol en 2003



Mustang choisi comme modèle pour le simulateur



Mustang de la "Old Flying Machines Company (Patrouille Breitling)"



Mustang d'AéroRétro (que pilotait Christian Mafré)

11- Les crédits

1- Le P51D Mustang est un avion qui a été fabriqué aux USA par North American : il existait en plusieurs versions, le « D » a la particularité d'avoir une verrière permettant une plus grande visibilité .

2- Développement pour Fly ! 2 : « Rest Of The World » (ROTW)

a. Initiateur du projet :	Jean Sabatier
b. Création du modèle 3D externe et interne	Jean Sabatier
c. Création des vues internes	TJ
d. Création du tableau de bord	TJ
e. Création du modèle de vol	Laurent Claudet
f. Animation 3D	Jean Sabatier
g. Animation 2D	TJ
h. Gestion des systèmes	Laurent Claudet
i. Création des images de préparation de vol	René Birot
j. Documentation	Jean Baruch
k. Essais en vol	
	- Christian Mafré (pilote réel Mustang)
	- René « Pacha » Birot
	- Gilles « Doc Parano » Forel
	- Jan-Paul Mes
	- Yves Missenart
	- Leen de Jager
	- Johnny Svensson
	- Nicolas Bouloukhine
l. Rédaction du manuel de pilotage (F)	René Birot
m. Traduction anglaise du manuel	Jean-Paul Mes
n. Page de couverture	Jean-Paul Mes

Spécial remerciement à M. Maurice Hammond qui a permis de photographier l'intérieur de son Mustang, à Mme Laura J. Wetton, responsable des Opérations à la Old Flying Machine Company Ltd pour avoir pris le temps de répondre à nos questions et à Jean-Pierre Bourgeois (pilote réel Mustang) pour sa très efficace coopération.

Les dessins utilisés pour la page de couverture sont issus du manuel de vol original de 1947.



Avertissement : cet avion virtuel ne peut être modifié sans l'accord de ses concepteurs