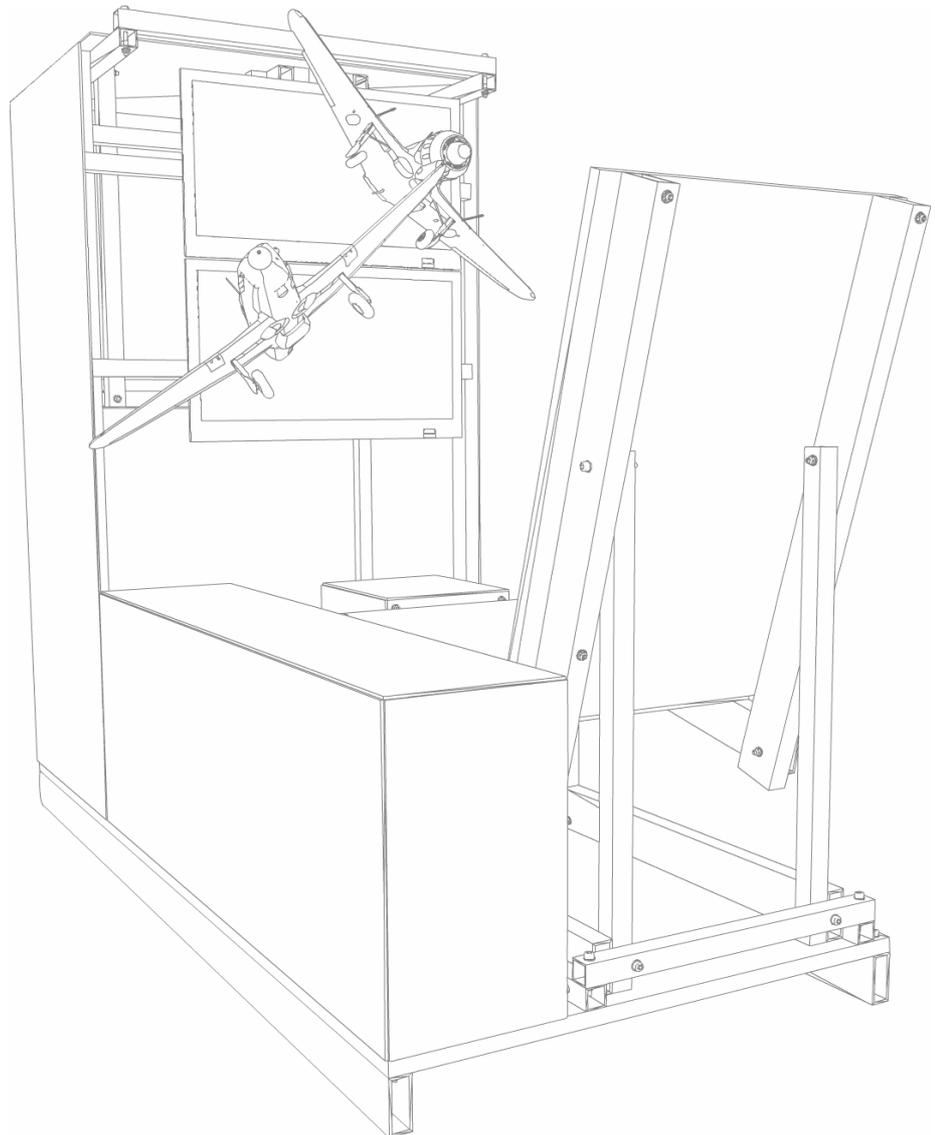


La technologie TR2C



*Fruit de plusieurs années de travail et de passion,
la technologie TR2C regroupe les travaux de la société EFSC
pour rendre accessible à tous la joie de piloter.*

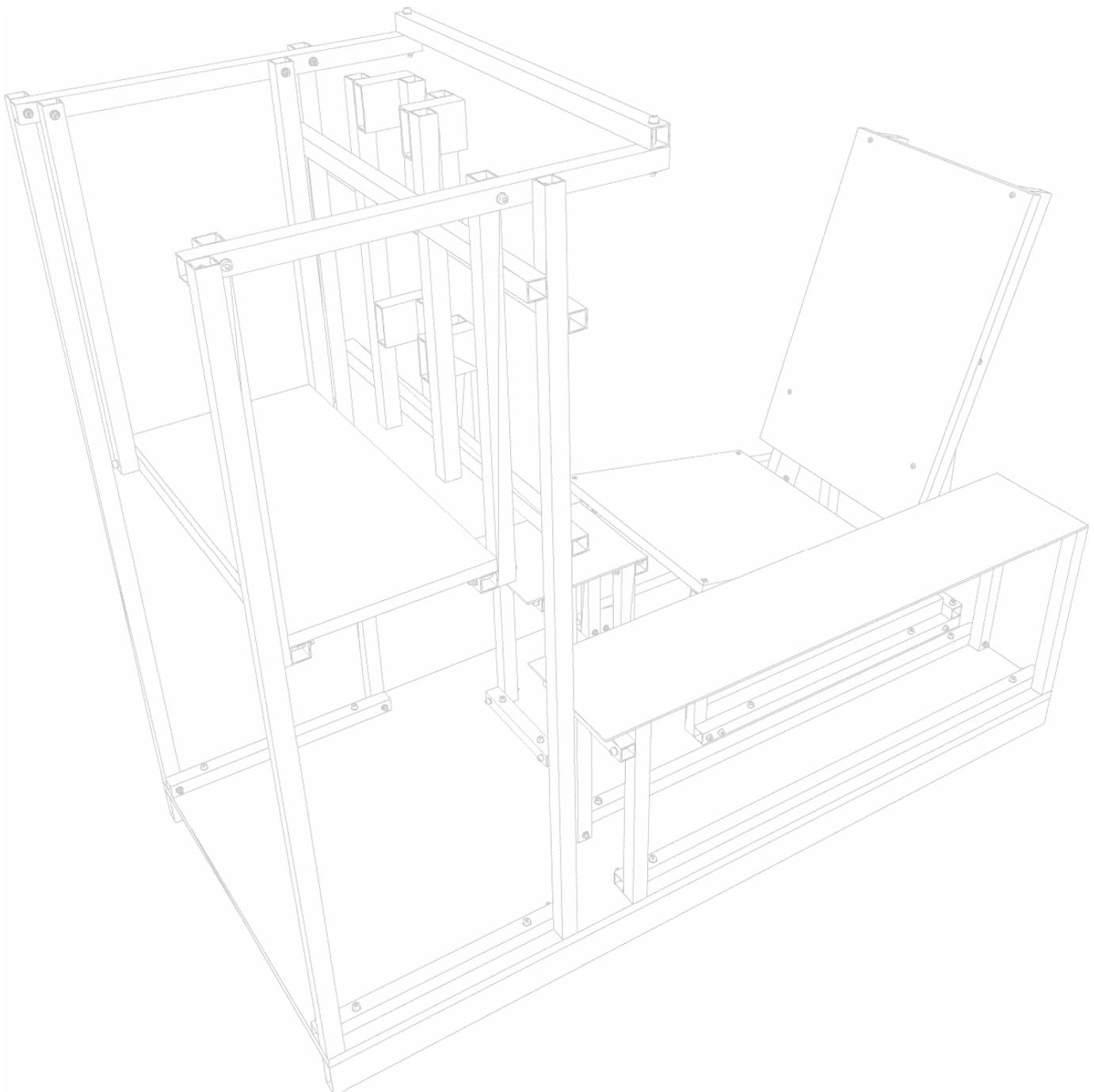


Le Concept

I – La simulation, le pendant virtuel du pilotage	5
II – TR2C : la technologie au service du rêve	6
III – La gamme de simulateurs Flying Box	7
Flying-Box 4Learn	7
Flying-Box 4-Fun	7
Flying-Box OnDemand	8

La Technologie TR2C

IV – Le châssis TR2C	9
Une structure modulaire pour s’adapter facilement à de nombreux besoins.....	9
Des choix technologiques inspirés du monde aéronautique.....	12
V - Les commandes de vol	14
VI – Le moteur de simulation	15
Une collection d’aéronefs originaux	16
Projet type de réalisation d’un avion numérique.....	17
Méthode de conduite du projet	20



I – La simulation, le pendant virtuel du pilotage

Parmi les **passionnés d'aviation**, il y a ceux qui pilotent à titre professionnel ou privé et puis tous les autres, qui rêvent de s'asseoir aux commandes d'un avion et ne franchiront, peut-être, jamais le pas.

Pour tous ceux là, mais aussi pour les premiers, il existe une alternative ou un complément : **la simulation**.

Dès le début de l'aviation, les constructeurs ont cherché à simuler au sol le comportement d'un avion en vol. Deux objectifs principaux étaient poursuivis, d'une part essayer de reproduire le comportement de l'avion réel pour détecter et corriger d'éventuels défauts et d'autre part fournir au pilote les moyens d'acquérir de l'expérience.



*Dès les débuts de l'aviation, la simulation a été une méthode privilégiée pour l'apprentissage du vol.
Ci-dessus, photo d'un simulateur d'Antoinette IV.*

Depuis les années 50, les simulateurs de vol ont énormément progressé, grâce à l'informatique, jusqu'à reproduire fidèlement le comportement au sol et en vol des avions réels les plus complexes.

Aujourd'hui, les forces aériennes et les compagnies aériennes utilisent largement la simulation pour maintenir le niveau de leurs équipages et tester en permanence leurs connaissances et aptitudes. Les constructeurs font voler en simulation leurs nouveaux appareils avant de les faire voler réellement.

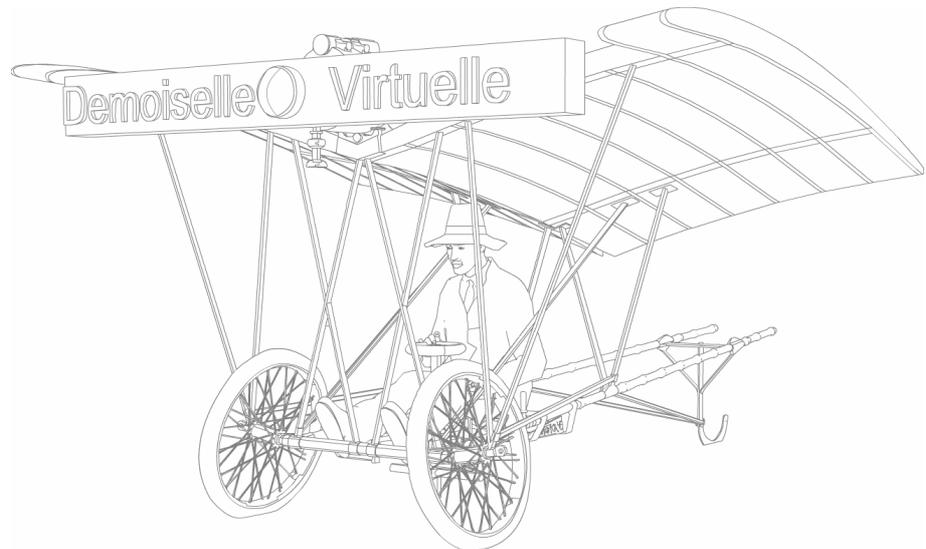
Les aéroclubs et les écoles de pilotage ont fait quelques tentatives d'utilisation de la simulation, mais ont renoncé pour la plupart à cause du coût.

En revanche, les logiciels de simulation sur ordinateur individuel, remportent un grand succès auprès des particuliers, avec un leader incontesté : **Flight Simulator de Microsoft®**.

II – TR2C : la technologie au service du rêve

La société EFSC (**European Flight Simulations Company**) a été créée en 2004, en partant de l'idée qu'il était possible de faire cohabiter les mondes professionnel et ludique, pour donner l'accès à une simulation réaliste à tous les passionnés d'aviation.

EFSC a ainsi travaillé plus de deux ans avec des partenaires (pilotes civils et militaires, instructeurs et ingénieurs aéronautiques, passionnés de simulation) pour développer la technologie **TR2C (TRaining Compliant Cockpit)**.



*Projet de cabine dédiée : reconstitution d'une Demoiselle
(en partenariat avec le Musée de l'Air et de l'Espace)*

Trois axes de recherche ont été explorés : **l'ergonomie**, les commandes de vol et le paramétrage des modèles de vol.

EFSC a ainsi conçu un **châssis** compact en tubes d'aluminium anodisé et en bois. Ce châssis comporte un siège pilote, une console latérale et une armoire informatique supportant deux ou quatre écrans LCD. Il permet de recréer l'aménagement d'un **habitacle d'avion léger ou d'ULM**.

EFSC étudie par ailleurs une gamme de **commandes de vol** couvrant la plupart des besoins de la simulation, tels que un manche et un palonnier à **retour d'effort**, une manette de gaz, une commande de compensateur et de train d'atterrissage, etc.

Enfin EFSC a mis au point des modèles de vol pour Flight Simulator de Microsoft® afin d'obtenir un comportement le plus conforme possible.

C'est ce savoir-faire et les équipements issus de ces programmes de recherche et développement, qui constituent la **technologie TR2C**.

III – La gamme de simulateurs Flying Box

Les simulateurs intégrés **Flying Box** constituent une première application de la technologie TR2C. Ces cabines combinent nos équipements avec des composants du commerce soigneusement sélectionnés et testés.

La gamme se décline en trois lignes de produits : **4Learn**, **4Fun** et **OnDemand**.

Flying-Box 4Learn

La version « 4Learn » de la Flying-Box fait partie d'une méthode pédagogique destinée aux écoles de pilotage.

Développée en partenariat avec le SNPPAL (Syndicat National des Pilotes et Professionnels de l'Aviation Légère), elle utilise la technologie TR2C (châssis, modèles de vol et commandes de vol), complétée par un équipement informatique très hautes performances, quatre écrans LCD 19" (43cm) au format 16/10 à matrice active TFT et un ensemble audio 5.1.



Adoptée par le SNPPAL, la Flying-Box 4Learn permet d'accoutumer l'élève pilote aux phases délicates du vol. De retour aux commandes, l'élève gère mieux son stress et se concentre sur l'important : le pilotage.

Flying-Box 4Fun

Développée en partenariat avec NVIDIA® Corporation, Microsoft® Corporation et Saitek™ Industries, la version « 4Fun » est destinée aux passionnés de simulation, pour un usage plus ludique.

Elle utilise la technologie TR2C (châssis et modèles de vol) complétée par un équipement informatique, deux écrans LCD 19" (43cm) au format 16/10 à matrice active TFT, un ensemble audio et des commandes de vol (manche, palonnier et manette de gaz).

Flying-Box OnDemand

Pour répondre à la demande du Musée de l'Air et de l'Espace et de nombreux autres clients, EFSC propose une offre sur mesure, qui permet de fabriquer un habitacle spécifique à partir de la technologie TR2C.



La Flying-Box OnDemand permet de recréer l'ambiance d'une époque en pilotant virtuellement des avions mythiques, comme ici la Demoiselle d'Alberto Santos-Dumont.

Les salons : les conditions idéales pour éprouver la technologie TR2C

Pour tester la robustesse et la fiabilité de nos équipements, ainsi que des composants du commerce, EFSC a choisi de les confronter aux conditions les plus exigeantes : les salons.

La Flying Box a été présente sur de nombreux salons en 2005 et 2006 : Simul'Action, Passion Transports, Salon de la maquette, Salon de l'ULM de Blois, Mondial de la Simulation ...

L'Armée de l'Air, séduite par la Flying Box « 4fun » l'a empruntée à de nombreuses occasions pour renforcer ses actions de communication et de recrutement.

Le Châssis

IV – Le châssis TR2C

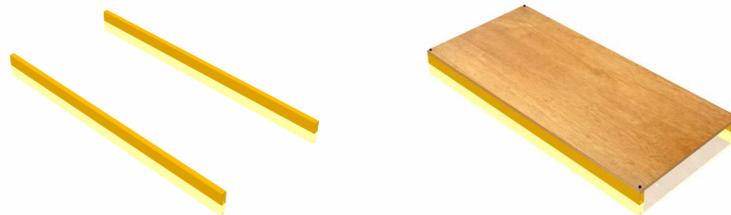
Le rôle essentiel du châssis conçu par l'équipe EFSC pour la technologie TR2C, est d'offrir une ergonomie de pilotage proche de celle d'un avion réel.

La position est identique à celle d'un pilote d'avion léger. Par exemple, le siège dispose d'une assise inclinée de 10° par rapport à l'horizontale et d'un dossier incliné de 97° par rapport à l'assise, ce qui permet au pilote d'avoir le dos formant un angle de 107° par rapport à l'horizontale.

Une structure modulaire pour s'adapter facilement à de nombreux besoins

Le châssis TR2C est constitué de cinq sous-ensembles : le plancher, le siège, l'armoire informatique, la console latérale et la console centrale.

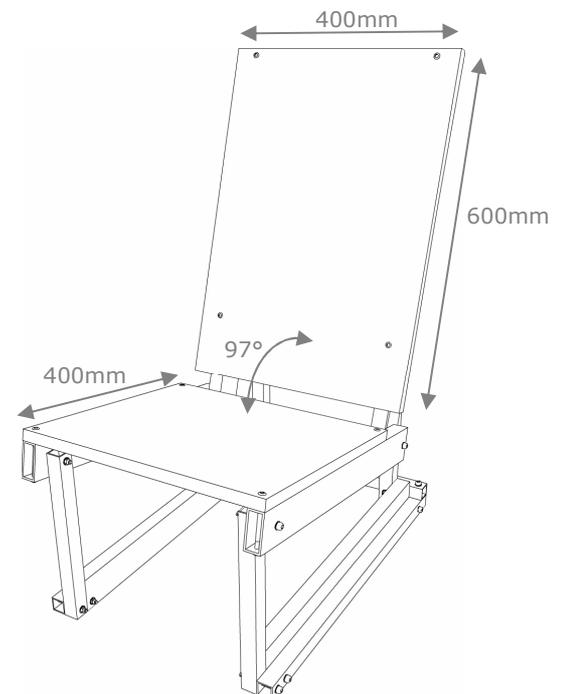
Le plancher a une dimension en largeur et en longueur de 1400 mm x 650 mm. Il est constitué d'une planche de contreplaqué, renforcée dans sa longueur par deux tubes d'aluminium.



*Schéma de principe du plancher.
Les différents éléments viennent se fixer sur la planche grâce à des trous pré-positionnés (non figurés ici)*

Le siège est construit en tubes d'aluminium assemblés par des vis, monté selon un principe « cantilever ».

L'assise (400 mm x 400 mm) et le dossier (600 mm x 400 mm) sont en contreplaqué traité et vernis, recouvert de coussins en mousse avec revêtement en toile.



Le Châssis

L'armoire informatique (hauteur 1150 mm, largeur 650 mm et profondeur 500 mm), servant de support pour les écrans, est fixée à l'avant du plancher. Elle est construite en tubes d'aluminium assemblés par des vis.

Cette armoire intègre un support pour l'équipement informatique, constitué d'une étagère en contreplaqué (550 mm x 275 mm). Elle est fermée sur les côtés, le fond et le dessus par des panneaux sandwich aluminium/plastique.



Montage de l'armoire informatique en plusieurs étapes : d'abord la structure avec le berceau pour l'ordinateur, puis les supports écran pour les deux écrans centraux et enfin les panneaux décorés en aluminium.

Au travers des supports écrans modulaires, l'armoire informatique peut supporter deux ou quatre écrans à matrice active. Le passage d'une version à l'autre se fait en quelques opérations simples : montage / démontage des deux supports latéraux et raccordement électrique et informatique des écrans. Lorsque les écrans latéraux sont démontés, la structure passe par une porte standard, ce qui permet de la déplacer facilement d'une pièce à l'autre.

Le Châssis

La console latérale (hauteur 350 mm, largeur 200 mm et longueur 800 mm) est fixée dans le sens de la longueur sur la partie gauche du plancher. Elle est construite en tubes d'aluminium assemblés par des vis. Elle est fermée sur le côté extérieur (350 mm x 800 mm), l'avant et l'arrière (350 mm x 200 mm) par des panneaux sandwich aluminium/plastique, et sur le dessus par un panneau en contreplaqué (200 mm x 800 mm).

La console centrale, optionnelle, permet d'accueillir les manettes de jeu du marché ou des volants du marché les plus courants.

Elle est construite en tubes d'aluminium assemblés par des vis. Ses parties droite et gauche sont fermées par des panneaux sandwich aluminium/plastique et la partie supérieure par un panneau en contreplaqué.



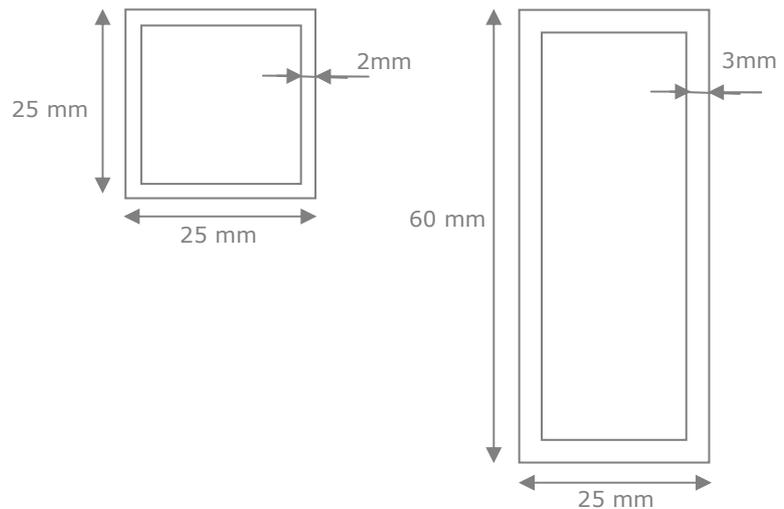
*Vue de la structure montée entièrement, en version 2 écrans.
Une plaque verticale en aluminium/plastique peut venir prolonger la partie supérieure de la console latérale pour installer des commandes supplémentaires.*

Le Châssis

Des choix technologiques inspirés du monde aéronautique

Les matériaux sont choisis en raison à la fois de leur robustesse et de leur légèreté.

Les tubes sont en aluminium AU4G. Ils sont de section carrée en 60 x 25 mm (épaisseur 3 mm) et 25 x 25 mm (épaisseur 2 mm).



*Vue en coupe à l'échelle 1
des tubes d'aluminium utilisés dans le châssis.
Les tubes 60 x 25 servent pour les supports du plancher et le siège.*

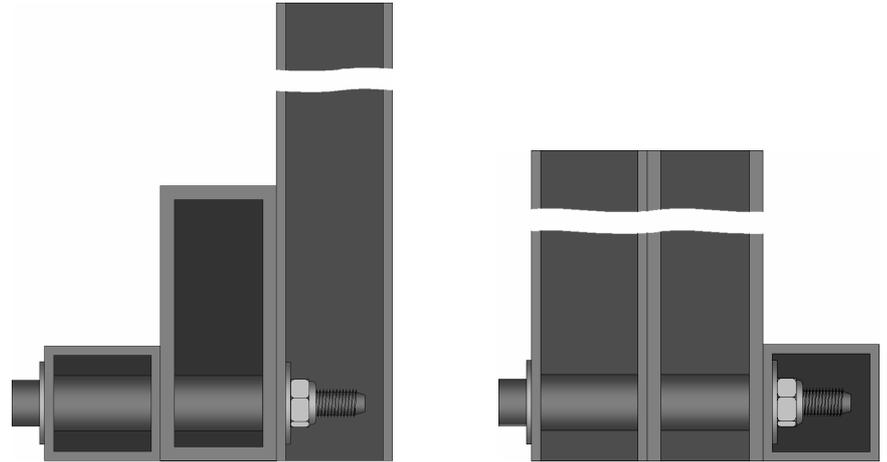
Les planches sont en contreplaqué d'Okoumé, traité et vernis. Il fait 18 mm d'épaisseur pour le plancher, le support de l'équipement informatique, l'assise et le dossier du siège, et 3 mm pour le dessus des consoles centrale et latérale.

Les panneaux décorés sont en sandwich aluminium/plastique. Ils font 3 mm d'épaisseur.

Le Châssis

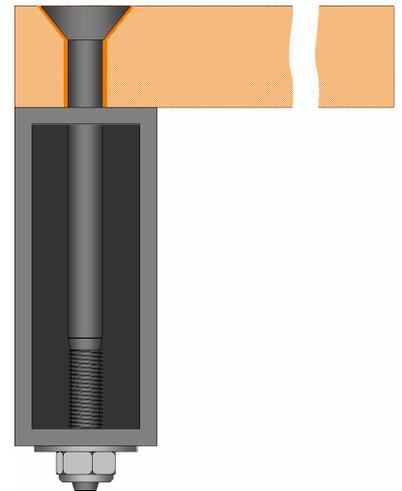
L'assemblage permet une bonne robustesse de l'ensemble tout en permettant le démontage et l'ajustement.

L'assemblage des tubes d'aluminium entre eux, se fait avec des vis CHC à six pans creux à tête cylindrique à empreinte hexagonale (ISO 4762) de 6 mm (longueurs 40, 60 et 70 mm), des écrous hexagonaux et des rondelles plates.



*Vue en coupe de l'assemblage des tubes entre eux.
Des entretoises en aluminium permettent de garantir un bon serrage sans pour autant déformer les tubes.*

L'assemblage des planches de contreplaqué aux tubes d'aluminium se fait avec des vis FSHC à six pans creux à tête fraisée à empreinte hexagonale (DIN 7991 ISO 10642) de 6 mm, écrous hexagonaux et rondelles plates.



*Vue en coupe de l'assemblage d'une planche sur un tube.
Ici pas besoin d'entretoise car la structure du bois est suffisamment souple.*

Les écrous hexagonaux sont autofreinés, avec un anneau non métallique (ISO 7040/7042).

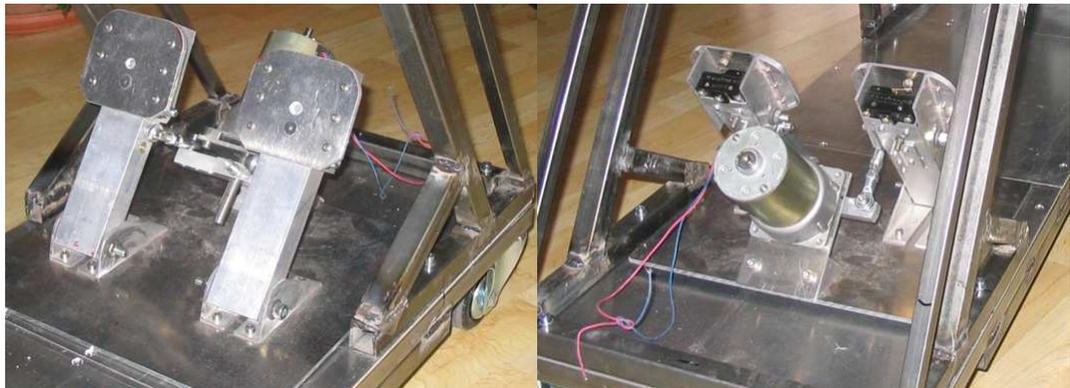
V - Les commandes de vol

Les logiciels de simulation sont principalement basés sur la restitution des informations visuelles, mais ils se préoccupent peu des autres canaux sensoriels. Cependant, en pilotage, il est important d'interagir de manière plus physique avec le virtuel et de prendre en compte le sens du toucher. Le retour d'effort apparaît donc comme nécessaire.

EFSC développe une gamme de **commandes de vol** à interface USB compatibles avec Microsoft® Flight Simulator.

Les études en cours portent sur :

- Un **manche central** à retour d'effort,
- Un **palonnier** à retour d'effort,
- Un ensemble pour la commande des **gaz**, de la **richesse** et du **pas de l'hélice**,
- Une commande de **sélection des magnétos**,
- Une commande de **compensateur de profondeur**,
- Une commande de **train d'atterrissage**,
- Une commande des **volets**,
- Un ensemble de **boutons, interrupteurs** et **voyants** à usage divers (éclairage, réglage des instruments, etc.).



VI – Le moteur de simulation

EFSC est spécialisée dans la réalisation de produits **de formation et de communication** dans le domaine aéronautique, notamment en simulation autour du moteur de Microsoft® Flight Simulator.

Son expérience ainsi que le passé aéronautique de ses créateurs lui ont permis de développer une démarche unique et rigoureuse pour la réalisation de ses produits.

En effet, qu’il s’agisse de produits à portée patrimoniale (faire revivre un avion mythique du passé) ou plus moderne (fournir des modèles d’avion adaptés aux besoins de la formation), EFSC cultive au plus haut point le souci du réalisme et de la fidélité à l’avion et au monde aéronautique en général.

Ainsi, la méthode EFSC est calquée directement sur celles des constructeurs réels :

- une réalisation en mode projet, à partir de spécifications précises et documentées ;
- l’appel à des « équipementiers » spécialisés pour chacune des tâches à effectuer ;
- un suivi du développement constant et des campagnes d’essais pour s’assurer que l’avion produit répond parfaitement au modèle réel et qu’il en reproduit toutes les performances ;
- une documentation complète et des produits complémentaires.

En deux mots, pourquoi Microsoft® Flight Simulator ?

D’abord, il est le moteur de simulation le plus répandu dans le monde aujourd’hui avec plus de 20 millions de copies vendues. C’est un moteur ouvert qui permet l’ajout de *add-on* : avions numériques, modèles de terrain, effets spéciaux, etc.

Mais pour autant, ce moteur permet-il de simuler un aéronef de manière réaliste ?

Pour répondre à cette question sans tomber dans le débat partisan, EFSC a mené avec l’ENSICA¹ une étude approfondie qui lui a permis de comparer les valeurs fournies d’une part par le moteur de Flight Simulator et d’autre part par des capteurs installés dans un avion réel (Robin DR400).

Cette expérience a montré que, paramétré correctement, le moteur de Flight Simulator renvoie des valeurs quasi identiques à celles mesurées dans l’avion.

En conclusion, **le moteur Flight Simulator est tout à fait même de simuler avec réalisme le comportement d’un avion réel**, pour peu qu’il soit paramétré en conséquence.

¹ Ecole Nationale Supérieure d’Ingénieurs en Construction Aéronautique

Une collection d'aéronefs originaux

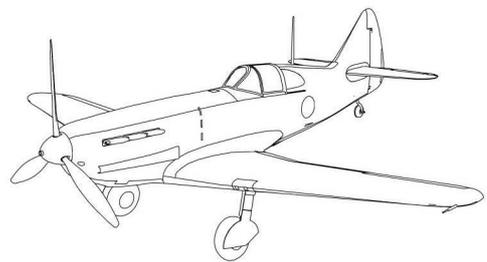
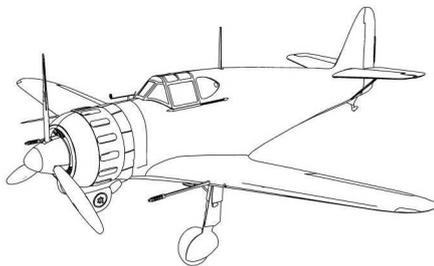
Appliquée sur plusieurs aéronefs, la méthode EFSC a permis de mettre au point des modèles reconnus pour leur haute qualité. Ces modèles sont disponibles en téléchargement sur une boutique en ligne : www.efsimsim.com.

On peut y trouver par exemple :

- La collection « L'aventure Jodel », du D9 au D18, réalisée en collaboration avec la société des Avions Jodel et avec le soutien de Jean Délémontez.
- La collection « La Bataille de France » qui compte déjà le Bloch MB152 et bientôt le Dewoitine D520.
- Des avions historiques réalisés à la demande, comme la Demoiselle et le 14 bis de Santos-Dumont présentés par le Musée de l'Air et de l'Espace lors du salon Passion Transport.
- Une collection d'aéronefs pour la formation : Robin DR400, ULM VMAX, etc.

De nombreux aéronefs sont en développement, en particulier des ULM pour couvrir les besoins de la gamme Flying-Box 4Learn.

Par ailleurs, EFSC proposera bientôt des kits d'adaptation pour les aéronefs fournis en standard dans Flight Simulator. Ces kits permettront de bénéficier d'un modèle de vol amélioré ainsi que d'un tableau adapté à la simulation sur plusieurs écrans.



Le Moteur de Simulation

Projet type de réalisation d'un avion numérique

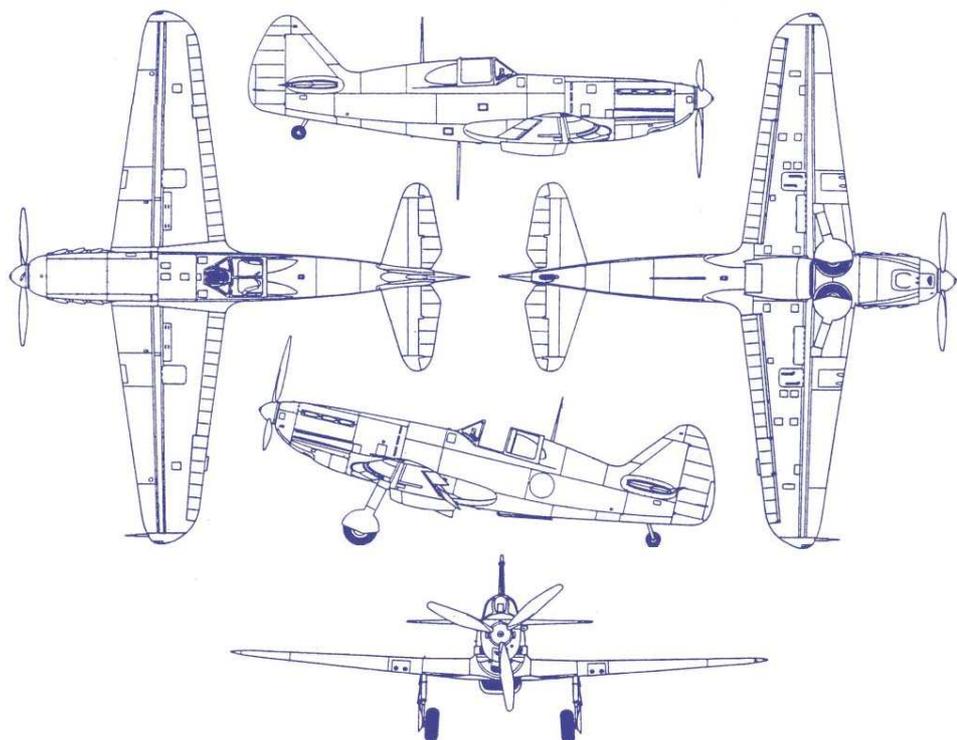
La réalisation d'un avion numérique par EFSC se fait en **mode projet** comme pour un avion réel. Un document de spécifications détaillées est rédigé en s'appuyant sur la documentation disponible, puis le travail est décomposé en tâches indépendantes confiées soit à des ressources internes à EFSC soit à des équipementiers sous contrat (modèle de vol, instruments, modèle 3D, textures et documentation).

Le chef de projet assure la cohérence du projet, rédige les spécifications techniques, supervise les différentes tâches et l'intégration finale, assure la qualité de l'ensemble et contrôle le respect du calendrier. Chaque ressource affectée au projet travaille avec le chef de projet à partir des spécifications.

Le chef de projet rédige un « rapport flash » hebdomadaire.

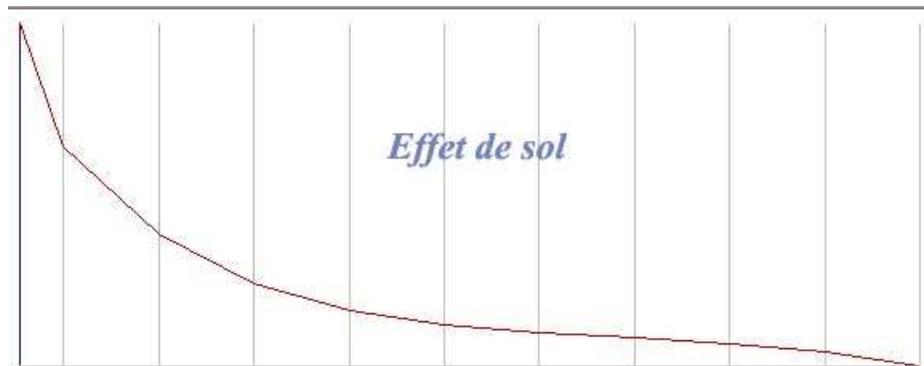
Recherche documentaire

L'étape préalable à toute réalisation d'un avion numérique par l'équipe EFSC est la collecte de la documentation. EFSC travaille avec ses partenaires (Musée de l'Air et de l'Espace et Conservatoire de l'Air et de l'Espace d'Aquitaine) et prend contact avec le constructeur de l'avion, s'il existe encore. Pour réaliser un travail de qualité, il est indispensable de disposer des plans de l'avion réel, des notices techniques, des caractéristiques détaillées de la cellule et de la motorisation, des performances, etc. L'accès à l'avion réel permet par ailleurs de faire de nombreuses photos de l'intérieur de l'habitacle et des détails tant externes que internes.



Modèle de vol

Pour réaliser un avion numérique au comportement conforme à celui de l'avion réel, il est nécessaire de travailler principalement sur le modèle de vol (fichiers aircraft.cfg et *.air) et de procéder à des « essais en vol » exhaustifs à partir des données sur l'avion réel. Voler à bord de l'avion réel permet de vérifier le comportement dans les différentes phases d'utilisation (décollage, atterrissage, croisière, vol aux grands angles, effets moteurs, etc.) et de restituer de manière réaliste les sensations visuelles correspondantes. Le comportement en vol et au sol dans Flight Simulator, est contrôlé par des pilotes confirmés, ayant si possible une bonne expérience de l'avion réel.



*Courbe d'effet de sol d'un Jodel D9 :
EFSC s'appuie systématiquement sur le dossier de vol réel
pour chaque avion qu'elle réalise*

Instruments

Le deuxième aspect important d'un avion numérique est la représentation de l'instrumentation de bord. Il s'agit là de recréer l'ambiance de l'habitacle de l'avion réel et les particularités de ses commandes de vol.

EFSC dessine chaque instrument à partir de photos de l'instrument réel et réalise leur programmation en XML.



*Deux instruments virtuels parmi les nombreux
que compte aujourd'hui la collection EFSC.*

Le Moteur de Simulation

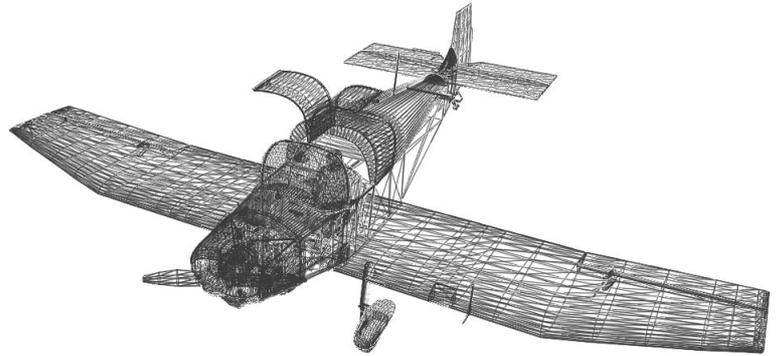
Sons

Les différents sons associés à l'utilisation de l'avion réel (moteurs, mouvement des gouvernes, roulage, etc.) concourent au réalisme de l'avion numérique réalisé. EFSC dispose d'une collection de sons enregistrés sur des avions réels et procède quand cela est possible à l'enregistrement des sons associés à l'avion modélisé.

Modèle 3D

Le modèle 3D ne doit pas être négligé.

EFSC réalise un modèle numérique précis à partir des plans 6 vues produits au début du projet, en insistant tout particulièrement sur l'intérieur de l'habitacle. De nombreuses pièces mobiles (trains d'atterrissage, portes d'accès, hélice, gouvernes, etc.) sont modélisées.



Un Jodel D11 en cours de modélisation.

Textures

Comme le modèle 3D, les décorations participent à la connaissance historique de l'avion modélisé. EFSC fournit des textures correspondant à des avions ayant réellement existés.

Documentation

EFSC rédige une documentation complète : manuel de vol, historique, manuel d'utilisation.

Avec chaque avion



Les documents de pilotage...

... des documents historiques...

... et même parfois des formations



Le Moteur de Simulation

Méthode de conduite du projet

Tâche 0 : Recherche documentaire

Entrées : Contacts divers.

Tâches : Sélection des documents authentiques et pertinents.

Livraison : Documentation sur l'avion réel.

Tâche 1 : Conduite de projet

Entrées : Calendrier prévisionnel, documentation sur l'avion réel.

Tâches : Coordination de l'équipe, assurance qualité,

Livraison : Rapports Flash, calendrier.

Tâche 2 : Spécifications

Entrées : Documentation sur l'avion réel.

Tâches : Réalisation d'un plan 6 vues à l'échelle et rédaction des spécifications.

Livraison : Plan 6 vues à l'échelle, spécifications techniques détaillées de l'avion numérique et première version du fichier « aircraft.cfg ».

Tâche 3 : Réalisation du modèle de vol

Entrées : Documentation sur l'avion réel.

Tâches : Réalisation des fichiers de paramétrage du modèle de vol et essais en vol.

Livraison : Fichiers « aircraft.cfg » et « *.air ».

Tâche 4 : Réalisation des instruments

Entrées : Spécifications techniques détaillées et calendrier.

Tâches : Réalisation des fichiers « bitmap » correspondant au tableau de bord et à chaque instruments, réalisation des codes XML associés et réalisation du fichier de paramétrage du tableau de bord.

Livraison : Dossier « *.cab » contenant tous les « bitmaps » des instruments et les codes XML et fichier « panel.cfg ».

Tâche 5 : Réalisation du modèle 3D

Entrées : Plan 6 vues à l'échelle, spécifications techniques détaillées et calendrier.

Tâches : Réalisation des modèles numériques correspondant aux différentes versions de l'avion réel.

Livraison : Fichiers « *.mdl » et « model.cfg ».

Le Moteur de Simulation

Tâche 6 : Réalisation des textures

Entrées : Spécifications techniques détaillées et calendrier.
Tâches : Réalisation des fichiers « bitmap » correspondant à chaque texture correspondant aux différents avions réels représentés.
Livraison : Fichiers « bitmap ».

Tâche 7 : Réalisation des sons numériques

Entrées : Spécifications techniques détaillées et calendrier.
Tâches : Enregistrement des sons et réalisation du fichier de paramétrage.
Livraison : Fichiers « *.wav » et « sound.cfg ».

Tâche 8 : Rédaction de la documentation

Entrées : Documentation sur l'avion réel, spécifications techniques détaillées et calendrier.
Tâches : Rédaction de la documentation associée à l'avion numérique.
Livraison : Manuel de vol de l'avion réel (utilisable seulement pour Flight Simulator), historique de l'avion réel, manuel d'utilisation de l'avion numérique.

Tâche 9 : Essais en vol

Entrées : Avion numérique complet, Spécifications techniques détaillées et calendrier.
Tâches : Essais de l'avion numérique avec Flight Simulator.
Livraison : Rapport d'essai, fichiers « aircraft.cfg » et « *.air »

Tâche 10 : Intégration

Entrées : Tous les fichiers numériques produits, spécifications techniques détaillées et calendrier.
Tâches : Réalisation d'un fichier d'installation automatique.
Livraison : Fichier d'installation automatique de l'avion numérique dans Flight Simulator.



European Flight Simulations Company

15, rue de la Juvinière
78350 Les Loges en Josas
France

www.efsc.eu

RCS Versailles B 452 120 587
SIRET 452 120 587 0012