

PROJET PLANEUR

Licence Professionnelle - IMA

BERNARD Hugo
DESGUES Arthur
PEYRANI Quentin
TUCHMUNTZ Sébastien

2012-2013

Remerciement

Nous tenions à remercier des personnes extérieures pour leur aide, leurs conseils, et leur temps.

Merci à Christian et Sophie PEYRANI qui nous ont prêté leurs locaux et leur temps, pour nous aider à la mise en place du fil chaud.

Merci aussi à M Alain GRENET dont les conseils en aéromodélisme nous ont été forts utiles.

Nous clôturerons en remerciant toute l'équipe encadrante et l'IMA sans qui ce projet n'aurait pas pu aboutir.

Table des matières

1	Introduction	3
2	Organisation du projet	4
2.1	Planning prévisionnel	4
2.2	Suivi du projet	5
2.3	Les Outils de communication	6
3	Planeur F-LPRO	7
3.1	Contraintes et Objectifs	7
3.2	Une nouvelle Définition	8
3.2.1	Le fuselage et Gouvernes	8
3.2.2	Radio-commande	8
3.3	Conception de la Voilure	9
3.3.1	Le dessin de l'aile	9
3.3.2	Choix d'un profil	11
4	Réalisation du planeur	13
4.1	La voilure	13
4.1.1	Découpe au fil chaud	13
4.1.2	Renforts	17
4.1.3	Création du dièdre	17
4.2	Le Fuselage et gouvernes	17
4.3	Assemblage	18
4.3.1	Fixation de la voilure	18
4.3.2	Empennages	18
4.4	Décoration	19
5	Réglages et Optimisation	21
5.1	Equilibrage statique	21
5.2	Equilibrage dynamique	22
6	Bilan	23
7	Conclusion	24
8	Bibliographie	25
8.1	Documentations	25
8.2	Logiciels	26

Chapitre 1

Introduction

Le projet planeur s'inscrit dans notre cursus universitaire à l'IMA (Ingénierie et Maintenance Aéronautique).

Par équipe, nous devons élaborer en deux mois un planeur radio-télécommandé à partir de plans fournis par l'école. Un concours évaluant les performances en vol et le design a été organisé pour clôturer le projet.

Ce rapport a été rédigé à la demande des enseignants. Il a pour objectif de laisser une trace de notre travail et servir de support pour l'évaluation du projet.

Nous vous y exposerons toutes les étapes qui ont permis au planeur de s'envoler, les difficultés rencontrées, ainsi que les leçons et l'expérience qui en sont ressorties. Mais dans un premier temps, nous verrons comment nous avons géré et organisé le projet.

Chapitre 2

Organisation du projet

Pour mener à bien ce projet il a été nécessaire de s'organiser pour nous permettre d'être efficace. Nous avons créé un planning prévisionnel avec des jalons à la fin de chaque semaine pour nous éviter de rendre un travail non achevé.

2.1 Planning prévisionnel

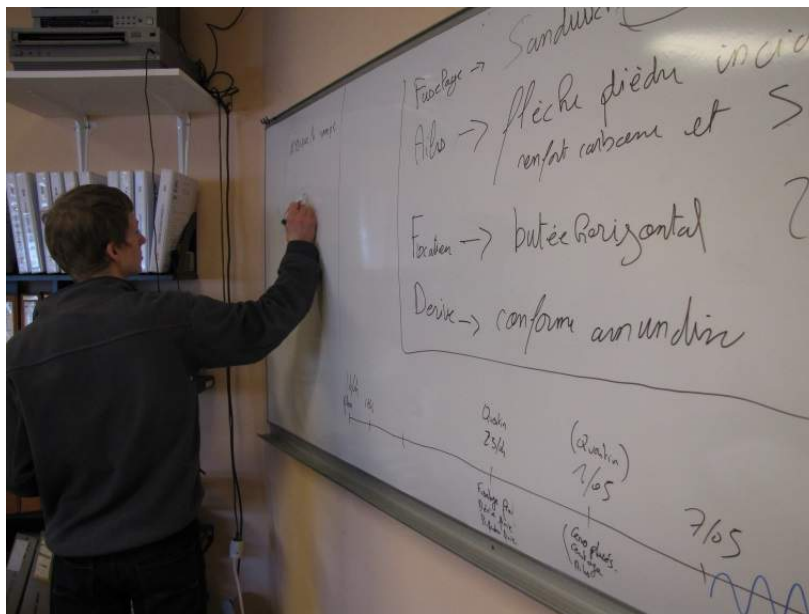


FIGURE 2.1 – Plannification

La première séance a été dédiée à la définition des solutions techniques à adopter et à leur planification.

Nous n'avons pas nommé de leader, les prises de décision se sont faites par vote. Lorsqu'il y avait égalité, nous avons étudié les deux solutions proposées; et avons écarté celle ayant le plus d'inconvénients.

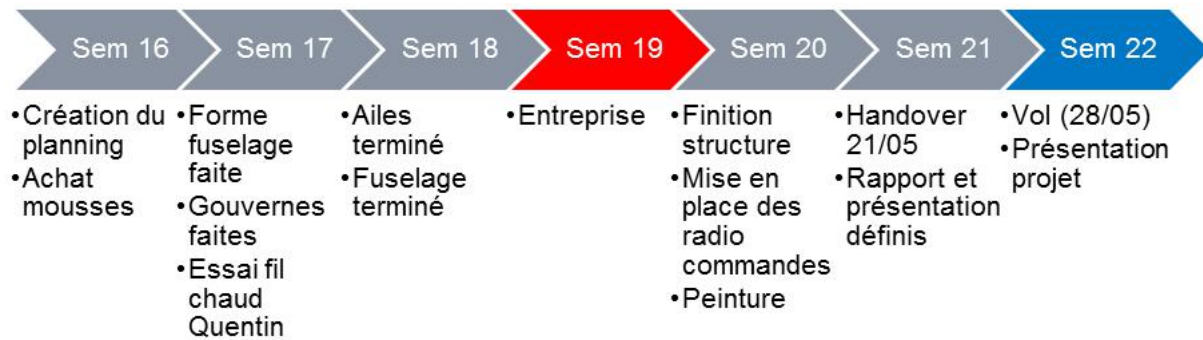


FIGURE 2.2 – Planning prévisionnel

Les jalons ont été placés en tenant compte des différents travaux réalisés, mais aussi du temps hebdomadaire¹ attribué pour la réalisation du planeur.

2.2 Suivi du projet

Le projet a globalement suivi le planning défini initialement. Malgré le retard pris dans les dernières semaines (radio-commande montées semaine 21).

Avant chaque séance de travail une mini réunion prenait place pour définir les objectifs du jour. Pour permettre à tout le monde de travailler en même temps sur le planeur nous avons décidé de faire deux groupes. Un groupe travaillait sur les ailes, tandis que l'autre travaillait sur le fuselage. En parallèle, un de nous commençait à travailler sur le rapport.

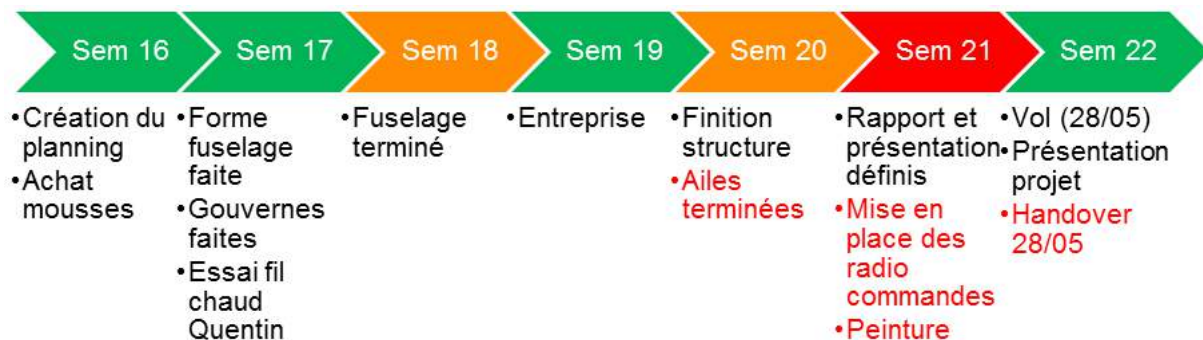


FIGURE 2.3 – Planning Réel suivi

Nous voulions des ailes parfaites et avons donc effectué plusieurs essais de coupe. En semaine 18, une paire d'ailes (jugée non parfaite) a été réalisée. Elle nous a néanmoins servi à réfléchir sur leur mise en position sur le fuselage. En semaine 20, nous avons obtenu nos ailes définitives jugées parfaites.

1. environ 10 heures

2.3 Les Outils de communication

Pour mener à bien ce projet et nous aider à centraliser les informations et les documents, nous avons utilisé des outils de communication : un groupe privé Facebook qui nous a permis d'échanger, partager des photos et suivre les évolutions du projet et aussi les prises de décision.

Nous avons également utilisé Google Drive pour centraliser nos documents en les organisant dans divers dossiers.



FIGURE 2.4 – Outil de Communication : Facebook

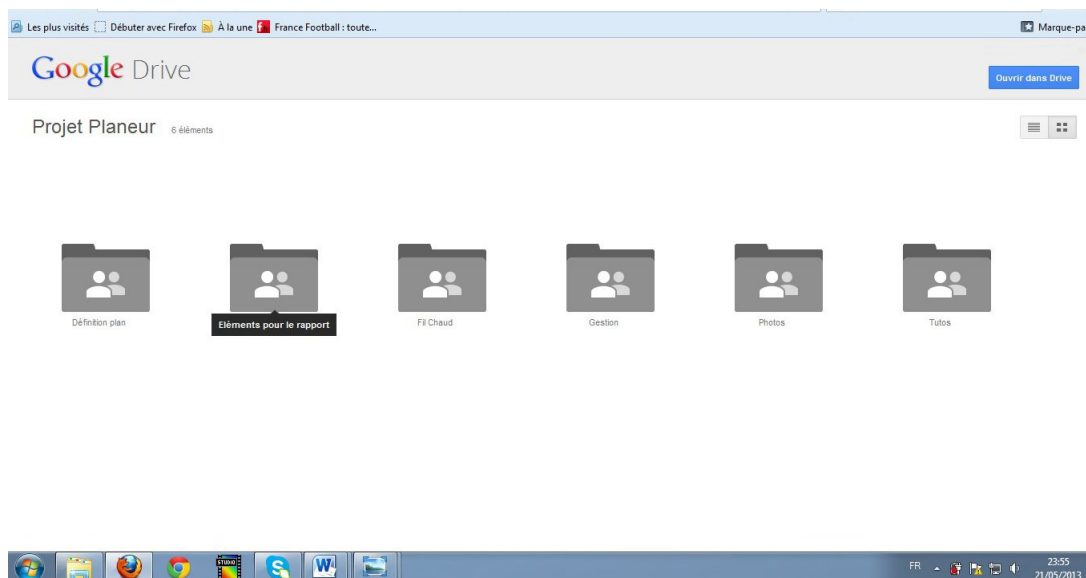


FIGURE 2.5 – Outil de Communication : Google Drive

Chapitre 3

Planeur F-LPRO

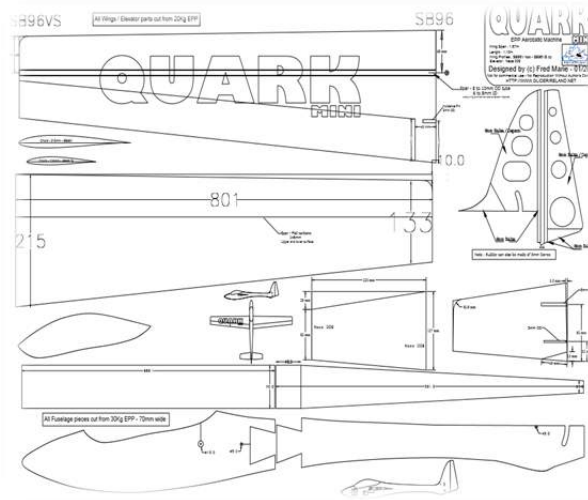


FIGURE 3.1 – Plan réceptionné

A la réception des plans, nous avons détecté des défauts ; notamment l'absence de dièdre. Nous avons donc décidé d'apporter des modifications que nous vous présenterons dans ce chapitre. Mais avant, rappelons quelques contraintes imposées.

3.1 Contraintes et Objectifs

Rappel du cahier des charges initial

- Pouvoir parcourir le plus de distance possible avec un planeur catapulté depuis une rampe.
- Doit être manœuvrable sur 2 axes

Contraintes réglementaires

- Doit être de construction amateur réalisée par les étudiants
- Ne doit pas être motorisé
- Doit voler et planer sur une plus grande distance

3.2 Une nouvelle Définition

En étudiant les anciens planeurs et en visionnant les vidéos de leurs précédents vols nous sommes venus aux conclusions suivantes :

- Charge alaire trop élevée
- aucun dièdre
- pas d'incidence de calage d'ailes
- fragile

Les conclusions précédentes nous ont amené à redéfinir notre planeur. C'est ainsi que :

- les ailes seront entièrement repensées (matériaux, dièdre, attaches)
- le fuselage sera renforcé
- tout sera fait pour alléger et optimiser le poids

L'essentiel de l'effort de conception s'est porté sur la voilure. Néanmoins, nous avons aussi réfléchi à des solutions techniques pour le fuselage et les gouvernes.

3.2.1 Le fuselage et Gouvernes

Fuselage

Nous avons décidé de modifier la fixation des ailes afin de garantir une possibilité d'interchangeabilité. Ainsi si l'aile casse nous pourrions la remplacer par une autre.

La décision a été prise de renforcer l'aile à son emplanture à l'aide d'une tige en aluminium et de deux plaques de balza prenant la voilure en sandwich. Nous espérons ainsi garantir une meilleure résistance.

L'emplacement des éléments de radio-commande a été décidé et réalisé au dernier moment pour permettre d'optimiser le centrage.

Les Gouvernes

Nous avons uniquement modifié leur matière en utilisant du Deypron, plus élastique il absorbe mieux les chocs et est plus facile à usiner et à peindre.

3.2.2 Radio-commande

Pour des raisons de simplicité, nous avons choisi de radio-commandé notre planeur seulement sur les axes de tangage et de lacet.

Au niveau du matériel de radio-commande, nous disposons d'une télécommande, d'un récepteur et de deux servocommandes, le tout alimenté par une batterie. Tout ceci nous a été fourni par l'établissement.

Les servos, le récepteur et la batterie ont été placés dans le cockpit. Nous avons ainsi profité du poids naturel de la batterie pour équilibrer notre avion, et contrer le bras de levier créé par les parties arrières.



FIGURE 3.2 – Radio-télécommande

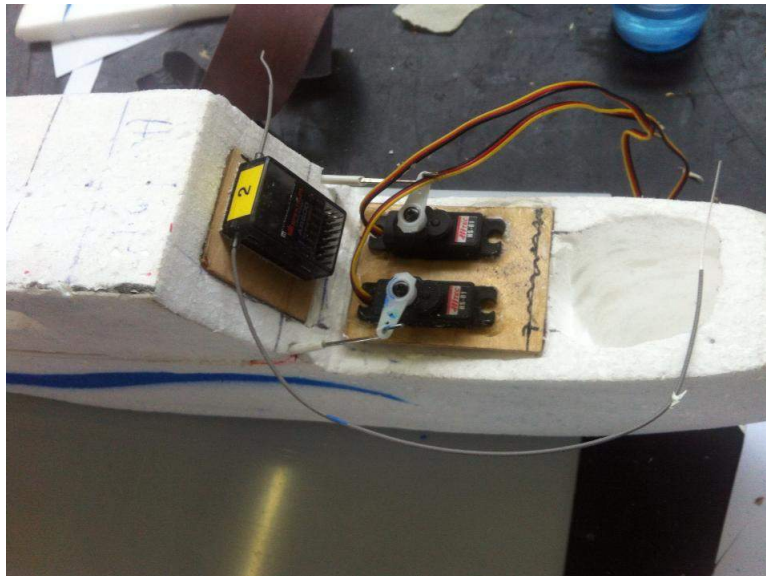


FIGURE 3.3 – Configuration du Cockpit

Pour arrimer solidement les deux servocommandes nous avons réalisé un socle en contreplaqué. Les gouvernes ont été reliées aux deux servocommandes par un système de câbles et gaines. La longueur des câbles a été réglée pendant le montage de l'empennage pour optimiser leur tension et le débattement des surfaces mobiles.

3.3 Conception de la Voilure

3.3.1 Le dessin de l'aile

Apprentissage

Avant de se lancer dans l'aventure de conception, nous avons défini un cahier des charges de nos ailes. Notre objectif étant de planer le plus loin possible. Pour établir les paramètres qui pourraient jouer, nous avons entamé plusieurs démarches :

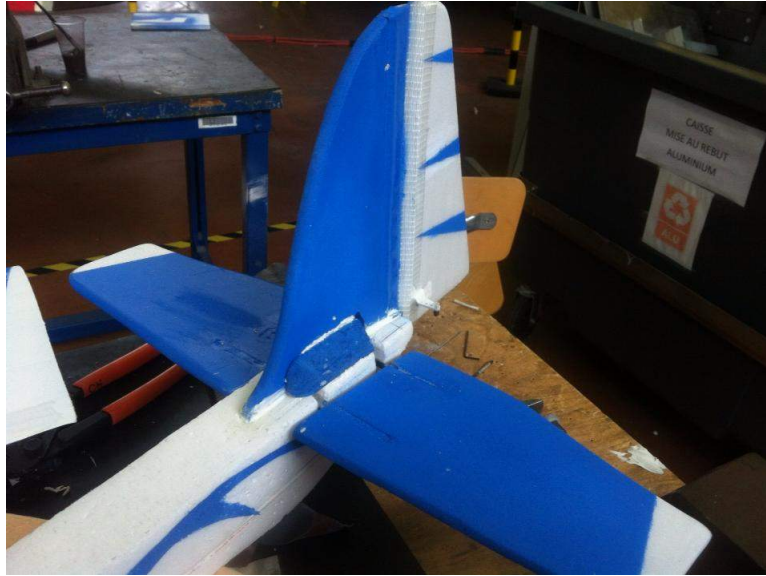


FIGURE 3.4 – Empennage

- lecture de plusieurs sites internet¹
- mesure sous toutes les coutures d'un planeur performant existant et calcul des caractéristiques de sa voilure
- interview d'aéromodéliste

Il en est rapidement sorti les conclusions suivantes :

- Grand allongement (*plus l'allongement est grand mieux on tient en l'air, et plus on réduit la traînée induite*)
- Faible charge alaire (*plus la charge alaire est importante, plus le prototype ira et devra aller vite pour voler ; inversement, plus la charge alaire est faible, plus il ira lentement et plus il aura d'inertie. Il faut donc trouver le bon compromis*)
- Matériau relativement résistant, plus dense que le fuselage
- Doit posséder un dièdre (*sinon pas de contrôle possible en deux axes, et instabilité de vol*)
- Doit posséder une incidence de calage (*sinon entraînera une augmentation de la traînée de forme par l'assiette à cabrer que devra prendre le planeur*)
- profil adapté à l'usage que l'on veut en faire : la gratte²
- aile trapézoïdale

Nos lectures nous ont permis d'avoir une idée des valeurs de chacun de ces paramètres. La mesure sur le terrain de planeur déjà existant, nous a apporté des ordres de grandeurs d'envergure et de cordes pour atteindre ces valeurs.

Nous avons ainsi retenu qu'un allongement entre 8 et 14 et qu'une charge alaire comprise entre 25 et 50g/dm² permettaient d'optimiser les performances. Notre choix s'est porté sur un allongement de huit³. La surface alaire a été optimisée⁴

1. Confère bibliographie

2. Parcourir la plus grande distance possible

3. difficilement possible de faire plus avec les matériaux utilisés

4. ainsi que le poids

pour essayer d'approcher les 25g/dm².

Envergure et corde

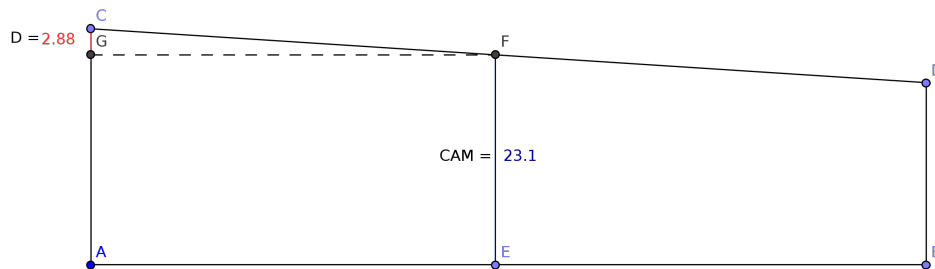


FIGURE 3.5 – Schéma d'une demi aile - Vue du dessus

Pour des soucis de fabrication, l'envergure a été fixée aux alentours de deux mètres. Une envergure plus grande nous faisait prendre le risque d'avoir une aile trop fragile.

Nous avons déterminé une corde à l'implanture de 200mm et de 160mm au saumon. La découpe et la finition du profil en a décidé autrement. Nous avons été obligé de mettre la corde au saumon à 200mm. La finesse du bord de fuite entraînait une réduction de la corde par la découpe au fil chaud.

Un effilement de 0,7⁵ optimise le vol plané. Nous avons déterminé la corde à l'implanture à partir de la corde au saumon. Nous avons pris une corde de 260mm pour l'implanture.

A l'aide d'un logiciel CAO dédié à la création des ailes, nous avons dessiné le plan d'une demi aile. En rentrant le poids du modèle (*estimé à ce moment là*), nous avons pu déterminer la charge alaire et les autres caractéristiques de l'aile. Nous changions les paramètres jusqu'à obtenir ce que l'on souhaitait.

3.3.2 Choix d'un profil

La création d'un profil optimisant le plané dépassait de loin nos compétences. Nous avons néanmoins décidé de le changer par un profil existant.

Prendre le profil d'un avion échelle 1 n'aurait pas fonctionné car ils ont été étudiés pour des nombres de Reynolds élevés (de l'ordre du million).

Nous avons commencé par estimer le nombre de Reynolds théorique donné par la formule :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu}$$

5. Valeur prise sur un site d'aéromodélisme

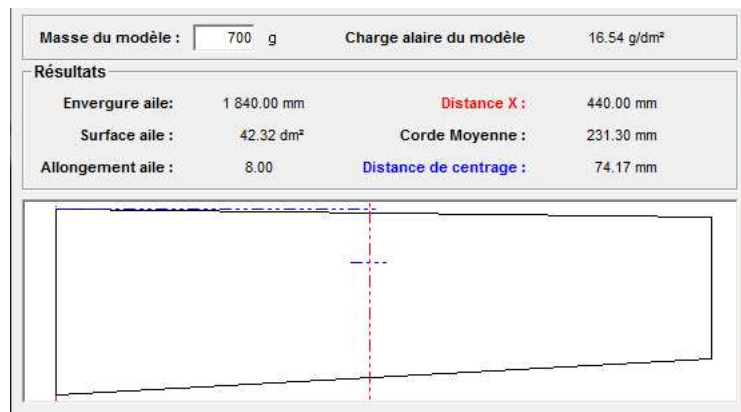


FIGURE 3.6 – Plan schématique CAO - Vue du dessus

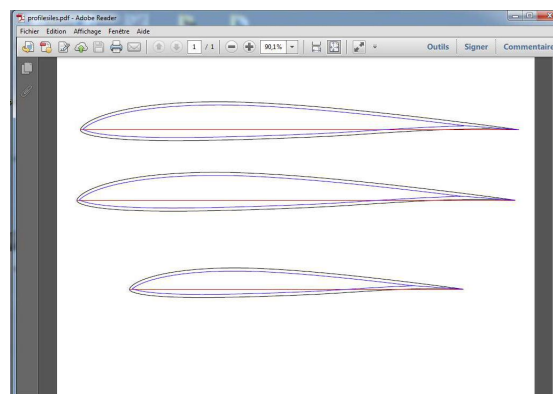


FIGURE 3.7 – Dessin des Gabarits

avec :

- **V** pour la vitesse en mètre par seconde
- **d** pour la longueur de la corde en mètre
- **rho** pour la densité en kilogramme par mètre cube
- **mu** la viscosité dynamique en Pascal seconde

Le calcul nous a permis de déterminer qu'il nous fallait un profil pour une très faible nombre de Reynolds ($< 100\,000$). Autrement dit un profil adapté pour le domaine subcritique.

Fort de cette information nous avons cherché dans une base de données, un profil adapté pour la gratte et à notre valeur de Reynolds. Nous avons choisi le profil SELIG7012 à défaut d'un profil 1914 que l'on n'a pu trouver.

Une fois le profil choisi, nous avons dessiné des gabarits à l'aide d'un logiciel dédié à cette tâche (TrackFoid). Ces gabarits nous ont ensuite permis de découper les ailes.

Chapitre 4

Réalisation du planeur

4.1 La voilure

Nous avons réalisé notre voilure avec du polystyrène plus dense que celui utilisé pour le reste du planeur. Le choix a été porté sur du polystyrène de couleur grise (Mr Bricolage) d'une masse volumique aux alentours des trente grammes par centimètre cube. Ce choix était justifié par la solidité que devait avoir l'aile.

4.1.1 Découpe au fil chaud

Pour permettre la réalisation des ailes complexes que nous souhaitions, une technique s'imposait à nous : le fil chaud. Cette technique est relativement simple à mettre en œuvre. Néanmoins elle nécessite un important travail de préparation et de mise au point.

L'appareil



FIGURE 4.1 – Mise en oeuvre découpe au Fil Chaud

Nous avons utilisé le fil chaud de Quentin construit de manière artisanale, le fil n'était autre que de la corde à piano. Ce dernier devait être, fine et résistante. La dilatation de la corde à piano était compensée par un ressort. La tension de celle-ci était réglable à l'aide d'un tendeur.



FIGURE 4.2 – Dispositif Tendeur + Ressort

Nous avons mesuré la tension de rupture de la corde à l'aide d'un dynamomètre. Et nous nous sommes réglés en dessous de cette valeur à l'aide du ressort (*nous avons mesuré son allongement sachant que nous connaissions la force qu'il fallait appliquer pour avoir un allongement positif de un centimètre*).

Les gabarits



FIGURE 4.3 – Gabarit de guidage en cours de fabrication

Une fois le fil installé et réglé nous avons réalisé les gabarits du profil de l'aile souhaité. La matière du gabarit devait résister à la chaleur du fil. Nous les avons donc fait en bois aggloméré et les surfaces de contact avec le fil ont été graphitées. Ce système a suffi pour l'utilisation souhaitée.



FIGURE 4.4 – Réglage du support

Pour une paire d'ailes, il était nécessaire d'avoir quatre gabarits. Deux pour couper l'intrados et deux autres pour l'extrados. Nous les avons nommés "*profil*" et "*contre profil*".

Les gabarits "*contre profil*" ne pouvaient pas être faits sans avoir pris quelques mesures. Nous devons régler leur hauteur en fonction du polystyrène et du gabarit "*profil*". Sans ça, nous prenions le risque que les lignes définissant les profils ne se coupent pas ou se coupent au mauvais endroit.

La coupe

Les profils sont ensuite placés et réglés en fonction de la mousse sur la table de découpe. La découpe pouvait enfin commencer. Elle prenait seulement cinq minutes environ par aile une fois le système mis en place.

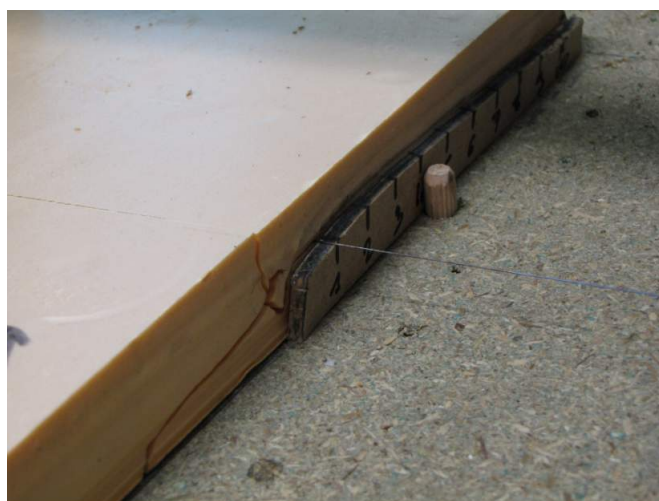


FIGURE 4.5 – Découpe avec les gabarits gradués

Nous avons gradué nos gabarits pour être précis et synchronisé lors de la découpe. Deux coupes par aile ont été nécessaires. La première pour réaliser l'intrados, et la seconde pour l'extrados.

Une fois toutes ces étapes effectuées, seul un petit rattrapage des défauts était nécessaire. Il se faisait par ponçage manuel.



FIGURE 4.6 – Ponçage de finition

A la fin de la mise en forme de l'aile, nous nous sommes amusés à tester nos ailes à l'aide d'un ventilateur. Nous l'avons positionné à quelques mètres de l'aile et nous avons simulé un test en soufflerie. La conclusion de cet essai : les ailes génèrent de la portance.



FIGURE 4.7 – Soufflerie improvisée

4.1.2 Renforts

Après la découpe au fil chaud, les ailes ne sont que débitées. Il reste ensuite à les renforcer. Le bord de fuite est tellement fin qu'il est très fragile. On a donc commencé par le renforcer par du scotch tressé. Nous avons poursuivi en creusant un emplacement à l'intrados pour une tige de renfort en aluminium. Cette même tige permettra aussi de maintenir un dièdre et de répartir les efforts structuraux sur les deux ailes (*renfort à la jonction des deux ailes*).

4.1.3 Création du dièdre

Pour créer le dièdre, nous avons joint les deux ailes avec une cale à la jonction. L'angle a été calculé avec une petite formule trigonométrique (*nous connaissons la longueur d'une aile ainsi que l'angle que l'on veut avoir : $L \tan(a)$, il ne restait plus qu'à lever l'aile de cette hauteur*).

Le renfort d'aluminium traversant les deux ailes a l'angle du dièdre. Nous l'avons collé avec du Mastic.

4.2 Le Fuselage et gouvernes

Gouvernes Pour la réalisation de tous les autres éléments structuraux nous avons utilisé des techniques plus « classiques ». Les gouvernes et la dérive ont été réalisées par prédécoupe à la scie sauteuse et ponçage au papier de verre. Nous avons suivi les plans pour ces parties.

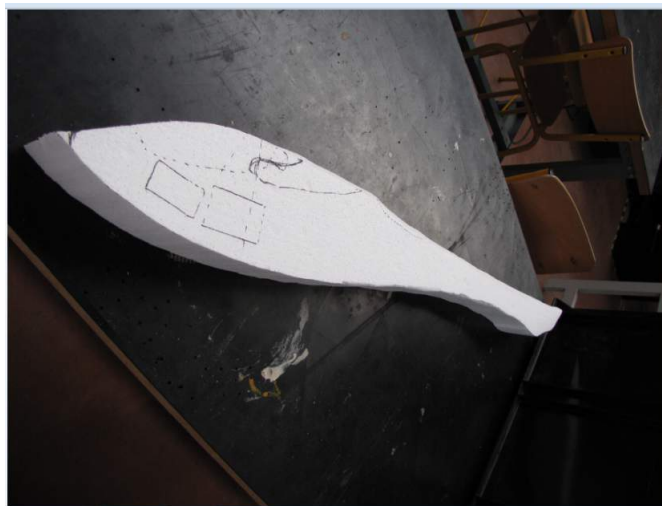


FIGURE 4.8 – Découpe du fuselage

Le fuselage Le fuselage et le contour du Cockpit ont été réalisés par découpe à la scie sauteuse. Pour l'intérieur du fuselage et du cockpit une Dremel a été utilisé. Nous avons positionné une tige carbone de renfort sur le dessous du fuselage.



FIGURE 4.9 – Renfort de la partie arrière du fuselage

4.3 Assemblage

4.3.1 Fixation de la voilure

Il était difficile d'avoir une idée de fixation avant d'avoir terminé nos ailes.

Après avoir positionné les ailes¹, nous avons finalement décidé de réaliser un sandwich (balza/aile en poly/balza). Nous avons collé deux languettes de balza sur le fuselage, et positionné l'aile. Après avoir disposé d'une nouvelle languette en balza, nous avons vissé le tout à l'aide de vis à bois [FIG 4.11]

Ce dispositif présentait un triple avantage. Il permettait de changer les ailes en cas de casse, c'est un montage facilement réalisable et très solide.

4.3.2 Empennages

L'empennage vertical a été collé à l'aide de mastic dans une fente prévue à cette effet dans le fuselage. Nous avons là encore suivi les plans. L'empennage horizontal a été assemblé à l'aide d'un tube d'aluminium et de carbone comme préconisé par les plans. Le choix du tube en aluminium a été fait, mais il aurait été préférable de mettre deux tubes en carbone (*à ce moment là, nous n'en possédions qu'un*).

1. voir chapitre 5



FIGURE 4.10 – Fixation de la voilure sur le fuselage

4.4 Décoration

Cette partie que nous n'avions pas vraiment définie lors de la première réunion s'est avérée plus compliquée à réaliser. Il a été difficile de trouver une décoration convenant à tous, et possible à réaliser avec des peintures à un prix abordable.

Nous avons utilisé les peintures disponibles à l'IMA après avoir vérifié qu'elles étaient compatibles avec notre mousse.

Nos principales contraintes étaient à ce stade : le temps, la masse et la compatibilité peinture/matières. Nous avons donc décidé de garder notre fuselage blanc et de peindre les surfaces portantes en bleu avec quelques formes géométriques en blanc.

Sur les conseils de Mr Vidauporte nous avons aussi réalisé un liseré sur les flancs de notre aéronef. Il a donc fallu en dessiner un en s'adaptant à la forme de l'avion.

Finalement, la peinture de notre avion est entièrement personnelle, tout en étant relativement proche de la décoration d'un avion d'aéro-club [FIG 4.13]



FIGURE 4.11 – Zoom sur l'opération de fixation

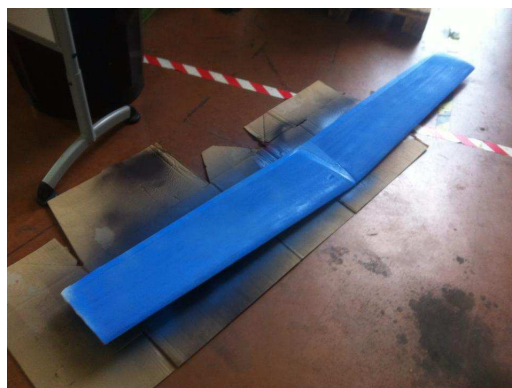


FIGURE 4.12 – Peinture fraîche

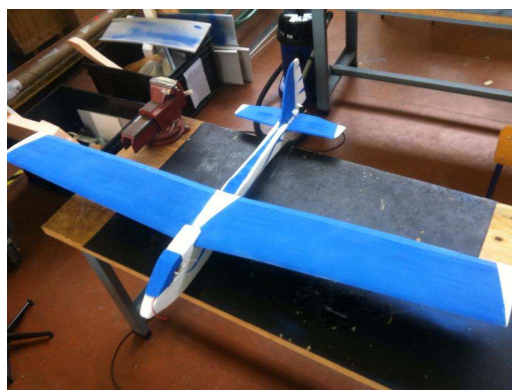


FIGURE 4.13 – Décoration terminée

Chapitre 5

Réglages et Optimisation

Tout au long de la fabrication du modèle, nous avons porté une attention particulière à sa masse et avons suivi son centrage. L'effet du bras de levier pouvait avoir de mauvaises conséquences sur la tenue en vol. C'est pourquoi nous avons tout fait pour mettre du poids plutôt vers l'avant de l'appareil et essayer d'optimiser le poids situé à l'arrière (*qui bénéficiait d'un plus grand bras de levier*).

Ces optimisations nous ont permis d'avoir un planeur léger ($<700\text{g}$) et possédant un centrage ne nécessitant pas de grande correction.

5.1 Equilibrage statique



FIGURE 5.1 – Détermination du centre de gravité

Pour garantir un bon centrage de l'appareil et éviter d'être centré trop arrière, nous avons effectué un équilibrage. Nous avons disposé l'aéronef équipé de tous ses éléments sur le manche d'un balais. Nous avons déplacé celui ci jusqu'à trouver le centre d'équilibre du planeur.

Nous avons mesuré la distance qui séparait ce centre de gravité avec la position du foyer des ailes. Ce foyer se situe théoriquement à 30% de la corde CAM¹. Un calcul nous a permis de connaître sa longueur. On prend C_e et C_s respectivement pour la corde à l'emplanture et au saumon :

$$\begin{aligned} CAM &= \frac{2}{3} \times \frac{C_s^2 + C_s \times C_e + C_e^2}{C_s + C_e} \\ &= \frac{2}{3} \times \frac{200^2 + 200 \times 260 + 260^2}{200 + 260} \\ &= 231mm \end{aligned}$$

Nous voulions positionner le centre de gravité de l'appareil à sept centimètres en arrière du bord d'attaque, sur la corde de référence. Ce qui, ramené à l'emplanture revenait à positionner celui ci à environ neuf centimètres du bord d'attaque. C'est à cette distance que se situe le foyer théorique de l'aile.

Nous étions cinq centimètres en arrière du centrage idéal. Nous avons du faire un choix : rajouter un poids conséquent, ou laisser l'appareil un peu centré arrière.

Nous avons fait un compromis. Nous avons déplacé le centre de gravité vers l'avant de quelques centimètres en y ajoutant une masse de 30g. Mais l'appareil restera un peu centré arrière.

5.2 Equilibrage dynamique

Nous avons vu précédemment comment effectuer notre centrage. Mais ce n'est pas suffisant pour équilibrer l'aéronef. Lors d'une évolution, l'empennage créera un moment autour de l'axe de tangage. Nous n'avions aucune idée de l'intensité de la force créée par cette partie. Ni de son sens. Par ailleurs, nous avons effectué le calage de l'aile grâce à des valeurs théoriques non vérifiées.

Il pourrait se trouver qu'en vol, le centre de gravité de l'aéronef se déplace soit vers l'avant soit vers l'arrière selon le moment déporteur ou non créé par les surfaces alaires.

Pour palier à ça, des essais en vol ont été nécessaires. Ils n'ont pu être effectués lors de la fabrication de l'engin. Et pour cause, nous ne possédions pas de système de lancer. Nous avons décidé de prendre le risque d'effectuer ces essais lors d'un premier vol le jour de la présentation. Ils nous ont permis d'effectuer des réglages sur la position du crochet d'attache.

Lors de ce vol, nous avons confirmé notre centrage un peu arrière. Il était néanmoins trop tard pour régler ce détail, et ce centrage arrière n'était pas trop pénalisant pour le contrôle.

1. Corde séparant en deux surfaces égales d'un trapèze

Chapitre 6

Bilan

La gestion de notre planning et le travail d'équipe fourni tout au long de ces deux mois, nous ont permis de présenter un appareil fonctionnel.

Ce projet a été clôturé le 27 mai 2013 par la présentation en vol de l'appareil et une présentation orale de notre travail.

Notre recherche dans l'innovation et la conception des ailes nous a en partie permis de terminer vainqueur¹ avec un score de 72 mètres.

Malheureusement, notre objectif des 100 mètres n'a pas été atteint. Avec plus d'entraînement dans le radio-pilotage de l'appareil, nous aurions pu gagner encore quelques mètres et peut être même égaliser ou dépasser les 100 mètres.

Voici quelques pistes pour améliorer les performances et la résistance de notre planeur. En effet, lors de ces vols, nous avons remarqué qu'un longeron supplémentaire au niveau du bord de fuite de l'aile permettrait un gain certain de résistance et nous aurait évité une déchirure de l'aile.

Par ailleurs, concernant notre premier longeron ; le choix de la tige en aluminium s'est révélé ne pas être le plus approprié. L'aluminium maléable a gardé la mémoire de la déformation de l'aile subit lors des vols. Le changement de cette tige d'aluminium par une tige en carbone pourrait corriger ce défaut.

Ces déformations ont été en partie la conséquence d'un facteur de charge élevé. Celui ci a été généré par des commandes trop réactives². Pour atténuer cette réactivité, nous pourrions soit :

- diminuer la surface des gouvernes de profondeur
- diminuer le bras de levier autrement dit la longueur du fuselage.
- jouer sur la sensibilité des commandes

Sur notre prochain planeur, un fuselage en sandwich : balza/polystyrène/balza pourrait permettre de le préserver des quelques crash subit.

Néanmoins la résistance globale du planeur a été au rendez-vous à travers plusieurs vols stables contrôlés.

1. Groupe apprenti

2. réglable sur la télécommande. Nous ne le savions pas au moment des vols.

Chapitre 7

Conclusion

Malgré quelques améliorations à apporter au planeur, celui ci a répondu aux exigences attendues : vol stable et radio-piloté.

Au cours de ce projet, nous avons pu découvrir l'aéromodélisme. Et à travers des objectifs concrets à atteindre, cela a été l'occasion de travailler en équipe tout en respectant un planning et un budget. Pendant ces deux mois, nous avons vu l'importance d'organiser fréquemment des réunions pour surmonter les difficultés rencontrées.

La réalisation de ce planeur a été une expérience enrichissante pour toute l'équipe.

Chapitre 8

Bibliographie

8.1 Documentations

Dernière Révision	adresse WEB/Livre/...	Date de visite/Lecture	auteur - Fonction
NIL	http://scherrer.pagesperso-orange.fr/matthieu/f3i/synthese.html	15/04/13	
14/04/13	http://techniquemodelisme.free.fr/	15/04/13	Philippe Kauffmann
	http://epervier.sudluberon.free.fr/spp/recueil.pdf	15/04/13	UIUC Airfoil performance data, Volume 1
09/05/09	http://epervier.sudluberon.free.fr/spp/21profil.htm	15/04/13	Club aéromodélisme en Vaucluse
	http://yann.mochal.free.fr/modelisme/DAO/DAO.htm	15/04/13	
	http://clap54b.free.fr/vollibre/perfp/aneur/7profil.htm	15/04/13	
	http://tracfoil.free.fr/tracfoil/accueil.htm	16/04/13	
15/04/13	http://www.jeunes-ailles.org/t9775-conseils-pour-la-construction-d-un-planeur#119514	TOUT LE TEMPS	
	http://alavolee.fr/aeromodelisme/SPP.pdf	20/04/13	

8.2 Logiciels

Pour ce projet nous avons utilisé des logiciels en particulier pour la conception des ailes. La rédaction de ce rapport a entièrement été rédigée en L^AT_EX

LOGICIEL	FONCTION	ADRESSE	PRIX
Corde Moyenne	Dessin de la géométrie de l'aile	http ://tracfoil.free.fr/cm/	FREE
TrackFoil	Dessin des profils échelle 1	http ://tracfoil.free.fr/	10,70€