



Rapport de projet - Peip 2

Création, découpage et assemblage d'un avion radiocommandé

Années 2021 - 2022

Congnard Adrien

Haquin Paul

Péneau Adam

Failler Owen

Encadré par :

Nicolas Delanoue



POLYTECH[®]
ANGERS



Remerciements :

Tout d'abord, nous souhaitons remercier toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide durant ce projet de fin de deuxième année, de par leur écoute, leurs connaissances et leur implication.

Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur N.DELANOUE en tant que professeur encadrant pour avoir fait évoluer notre vision du projet, ainsi que pour son implication dans les commandes du matériel.

De plus, nous souhaitons remercier Monsieur S.LAGRANGE d'avoir accepté d'intégrer notre projet dans le cadre de ceux de fin d'année ce qui nous a permis d'y consacrer beaucoup plus de temps et de moyens financiers.

Merci aussi à Boris Rayer pour nous avoir aidé lors de nos sessions au Fablab de Polytech Angers, notamment avec l'impression 3D.

Enfin et surtout, nous ne pouvons oublier les membres du club d'aéromodélisme des ailes plessiaises sans qui ce projet n'aurait pas été le même. Nous remercions G.GEMIN qui nous a aidé lors de la mise en place de l'électronique et du filmage et à tous les autres qui nous ont aidé lors de ce projet.

Finalement un grand merci à Monsieur P.RIOCHE d'avoir été avec nous tout au long de ce projet, et d'avoir accepté de collaborer avec nous pour faire naître ce projet à partir de rien, mais aussi pour les après-midi passées ensemble au club et pour avoir partagé avec nous son savoir et sa passion de l'aéromodélisme.

SOMMAIRE :

1.Introduction.....	4
1.1.Notre parcours.....	4
2.Travail Réalisé.....	5
2.1.Le club d'aéromodélisme.....	5
2.2.Travail sur Inkscape / Solidworks.....	7
2.3.La découpe du bois et l'assemblage de l'avion.....	13
2.4.Électronique.....	20
2.5.Filmage de l'avion.....	22
2.4.Calculs théoriques de la mécanique de l'avion en vol.....	23
2.5.Expérience de vol et pilotage.....	26
2.6.Les difficultés rencontrées au cour de ce projet.....	27
2.7.Utilisation du temps de travail.....	28
3.Conclusion.....	29
3.1.Critique des résultats obtenus.....	29
3.2.Conclusions personnelles.....	29
4.Résumé.....	31
4.1.En français.....	31
4.2.En anglais.....	32
5.Annexes.....	33

INTRODUCTION

Notre parcours :

A l'origine, le but de ce projet était de construire de nous même un avion radiocommandé, de toutes pièces. L'idée nous est venue lors de notre deuxième année de classe préparatoire intégrée à Polytech Angers. Au départ nous voulions simplement le réaliser à côté de nos études, un projet à part qui nous semblait intéressant.

Finalement nous en avons parlé à M.Lagrange et avons ensemble décidé de faire de cette idée personnelle notre projet de fin de deuxième année. Nous avons donc pu nous concentrer sur notre avion avec une perspective nouvelle ainsi qu'avec l'aide d'un enseignant encadrant, M.Delanoue.

Avec l'aide de ce dernier, nous avons pu préciser ce que nous voulions faire de cette idée ainsi que ce que nous devons faire afin que notre projet personnalisé s'intègre dans ceux de fin d'année, et qu'il puisse donc satisfaire un jury. Finalement nous nous sommes mis d'accord pour fabriquer de nous mêmes un avion radiocommandé à partir de rien, puis d'apprendre à piloter celui-ci.

Lors de ce projet nous avons pu échanger avec de nombreux professionnels. Nous avons en effet dû prendre contact avec des spécialistes de l'aéromodélisme afin de nous aider. C'est pourquoi nous avons pu travailler avec un club d'aéromodélisme situé près de Angers : le club d'aéromodélisme des ailes plessiaises. Ces personnes nous ont apporté les compétences et les informations nécessaires au bon déroulement de notre projet.

Puis, avec ces nouvelles informations nous avons pu construire et assembler de nous mêmes, dans les locaux de Polytech Angers, le modèle d'avion que nous avons sélectionné, en utilisant de nouveaux outils et technologies que nous détaillerons dans ce rapport.

TRAVAIL RÉALISÉ

Le club d'aéromodélisme :

Nous avons contacté le club des ailes plessiaises le 4 février. Lors de cette visioconférence nous avons pu discuter avec deux membres du club, Monsieur Patrick Rioche et Monsieur Alain Boulangé. Nous leur avons présenté notre projet qui était de construire notre propre avion et leur avons expliqué que, à part nos connaissances d'élève en classes préparatoires, nous n'étions pas compétent dans le domaine de l'aéromodélisme, mais que nous étions motivé à finir ce projet.

Lors de cette visioconférence, M.Rioche ainsi que M.Boulangé nous ont fait part de leur envie de nous aider à rendre cette idée, réalité. Ils nous ont même proposé de ne pas seulement nous donner les informations nécessaires en nous laissant nous débrouiller de notre côté, mais également de nous accompagner dans ce projet. Au cours des jours qui ont suivis nous nous sommes donc mis d'accord sur un modèle d'avion que nous pourrions construire dans le temps imparti, mais également un avion qui ne serait pas trop dur à piloter pour des débutants tels que nous l'étions. Finalement, nous avons décidé de nous lancer dans la construction de "l'ECO 30" un modèle d'avion en bois de balsa, avec des caractéristiques permettant une prise en main facile du pilotage d'un avion Radio Commandé (Ailes basses, Envergure moyenne...)

Nous avons ensuite décidé de nous rencontrer en personne au club pour pouvoir faire connaissance, ainsi que pour discuter des modalités concernant la construction et l'assemblage de notre avion. Le 10 avril nous étions donc au Plessis-Grammoire, dans l'atelier du club, en compagnie de M.Rioche, qui a pu nous montrer les différentes machines et outils que nous allions utiliser pour construire notre avion.



La machine C.N.C du club



Pièce de l'atelier contenant les différentes machines

Lors de cette première journée à l'atelier nous avons pu aussi voir ensemble les différents sites internet que nous allons utiliser pour commander notre matériel, ainsi que les références de toutes les différentes pièces de l'avion, que nous avons pu organiser dans un Excel pour le département des commandes de Polytech.

Après avoir imprimé les plans de "l'ECO 30" à échelle réelle, nous sommes repartis passer une journée au club pour apprendre à utiliser les plans numérisés sur l'application Inkscape, le but étant de passer nos fichiers PDF en DXF. Un fichier DXF est une image vectorielle qui une fois mise dans la C.N.C (computer numerical control ou fraiseuse numérique), permet de précisément découper nos pièces.



Exemple de pièce au format DXF

Enfin, durant les quelques semaines qui nous ont été nécessaires pour finaliser la numérisation de la totalité de nos pièces, nous sommes revenus à l'atelier quelques fois pour découper nos pièces mais aussi pour réaliser des assemblages et des collages.

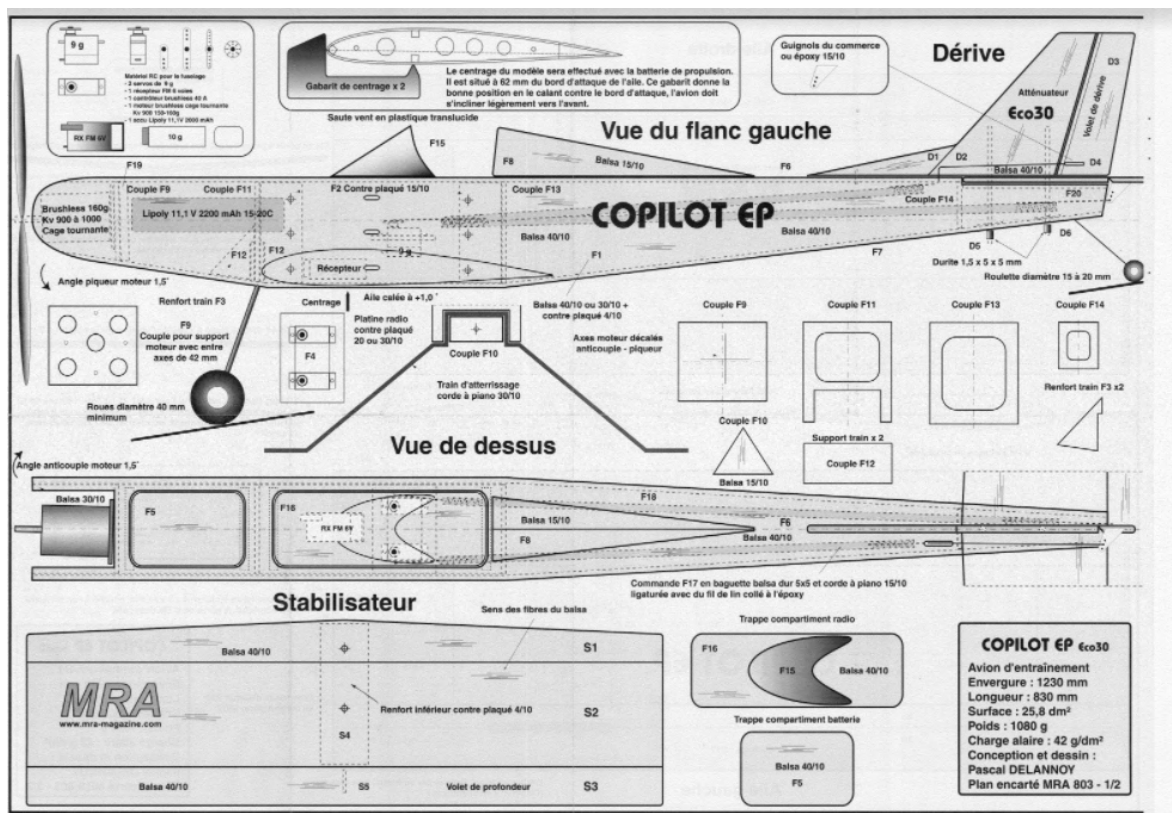
Travail sur Inkscape / Solidworks :

Après avoir acquis les plans de "l'ECO 30" en PDF ainsi qu'en papier (à l'échelle 1:1) nous avons pu commencer le détournage des pièces et leur création en 3D dans l'application SolidWorks.

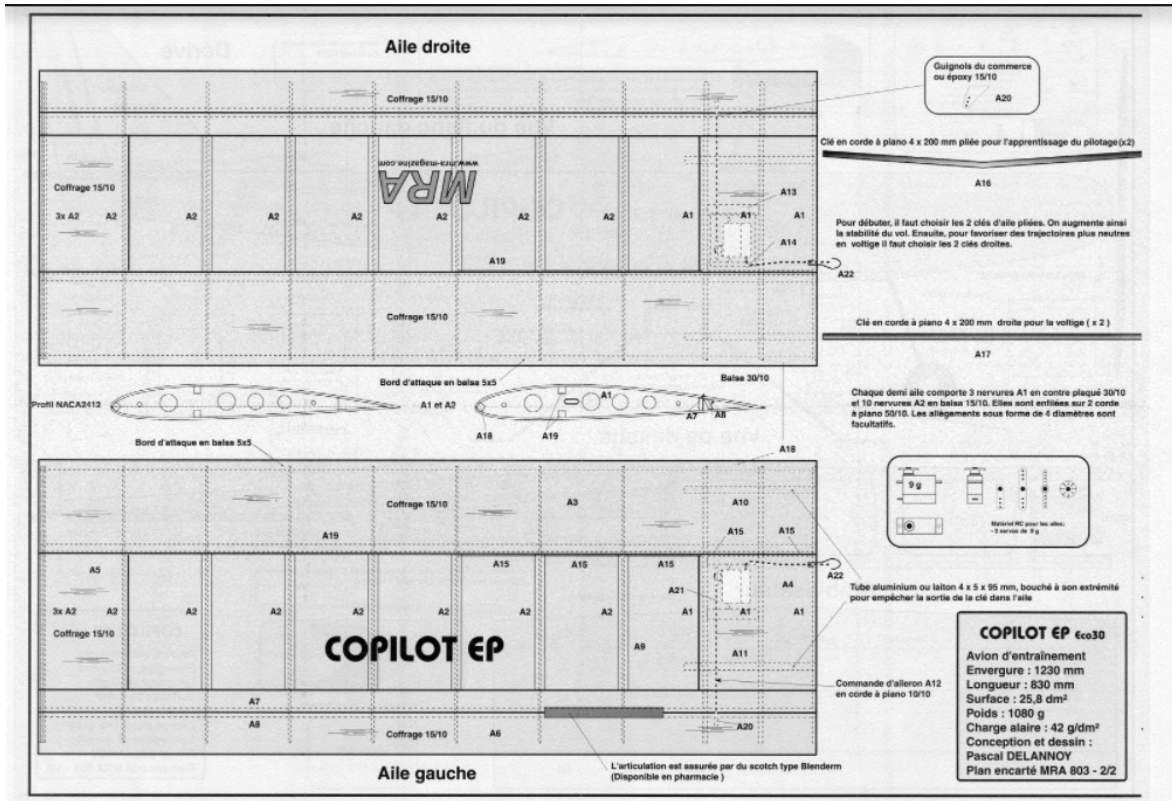
Nous avons fonctionné avec la méthode que Patrick nous a appris, qui est la suivante :

On récupère d'abord les plans PDF de l'avion que l'on va modifier sur Inkscape, en format 0. On va ensuite utiliser les outils disponibles sur l'application pour détourer les pièces qui nous intéressent. On pourra enfin les enregistrer sous format DXF, un format que l'on pourra importer dans SolidWorks pour créer nos pièces en 3D.

Plan original de l'avion :



Page n°1 : (Fuselage et stabilisateur)

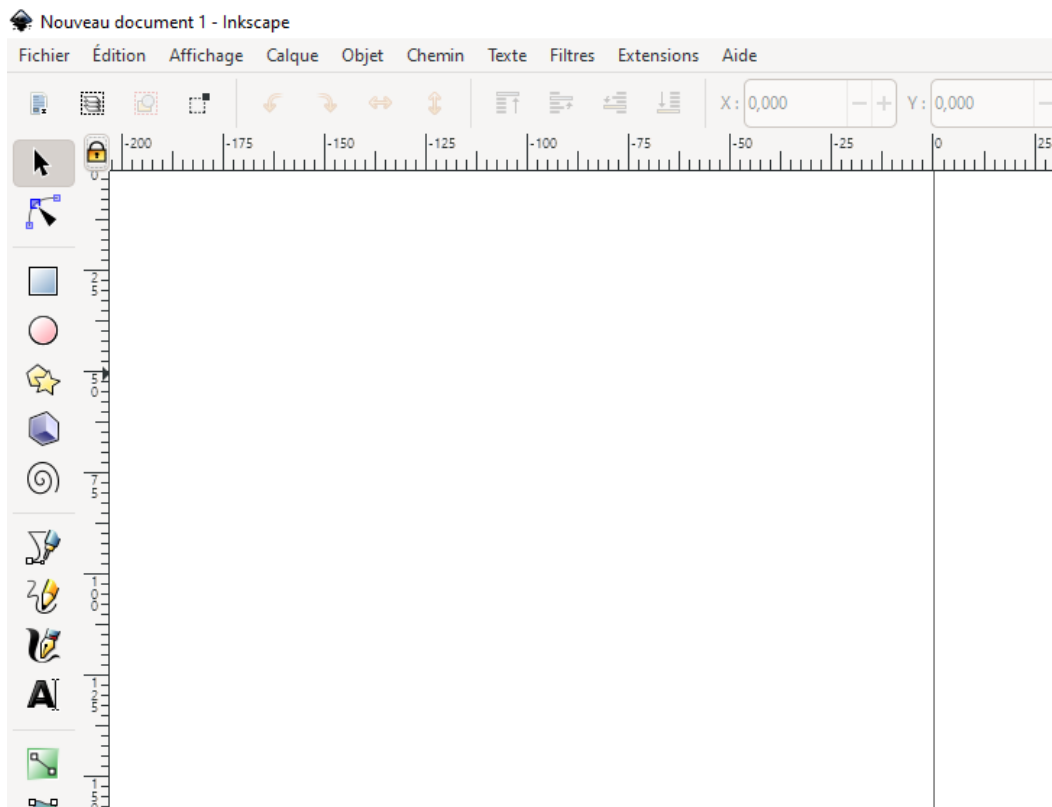


La partie Inkscape :

L'application peut être téléchargée facilement, sur le bureau son icône est la suivante :



Après l'avoir ouverte, on se retrouve sur cet écran (ici le coin haut-gauche car ce sont les commandes qui nous intéressent) :

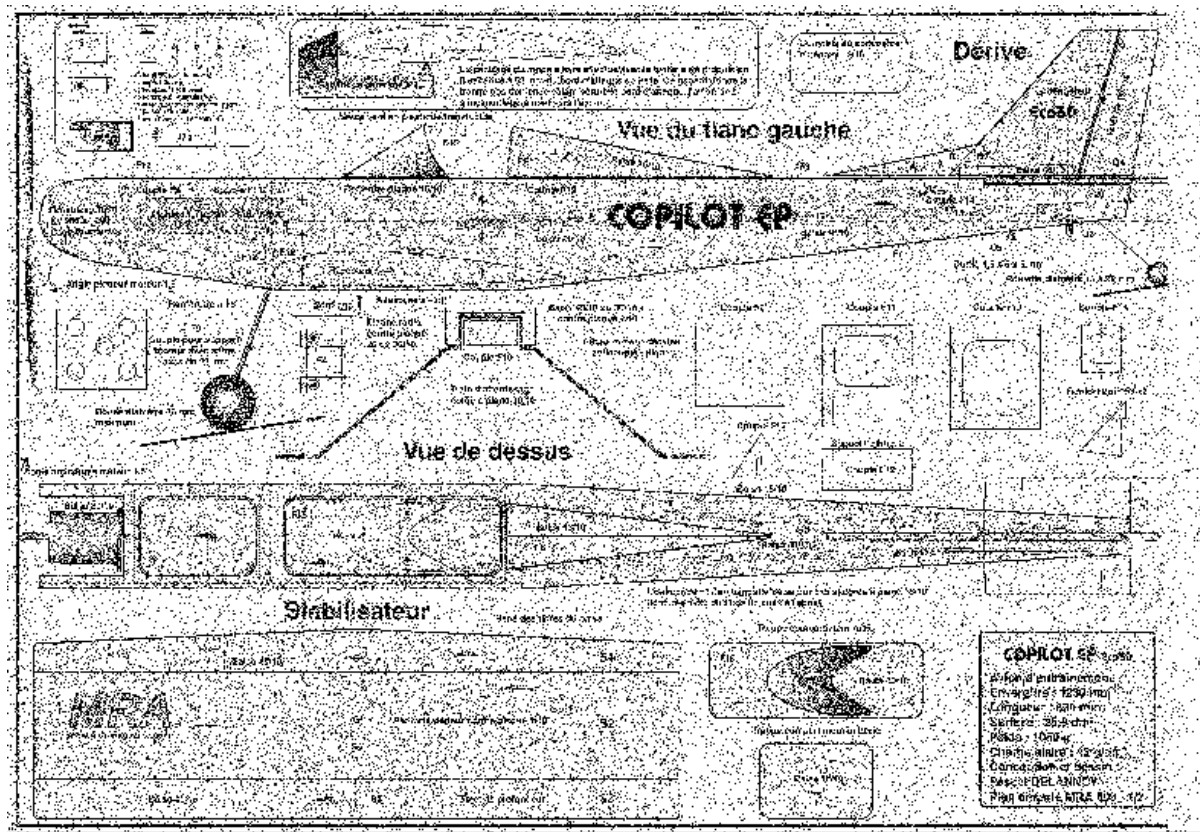


Écran d'accueil d'Inkscape

Il faudra aller sur **Fichier -> Propriétés** du document, puis sélectionner comme **taille de page : A0** et comme **orientation : Paysage**.

Puis simplement **Fichier -> Ouvrir** et vous allez chercher votre document PDF.

Avec l'exemple du fuselage de "l'ECO 30", on se retrouve avec un document comme tel :



Inkscape nous permet d'obtenir des images vectorielles. On peut donc zoomer à l'infini sans problème, ce qui est très pratique pour des petites pièces telles que celles d'un avion RC.

Une fois que le plan est mis sur notre document au format A0, il est à l'échelle 1:1, et les pièces peuvent donc être détournées à la bonne taille directement sans changer leurs côtes.

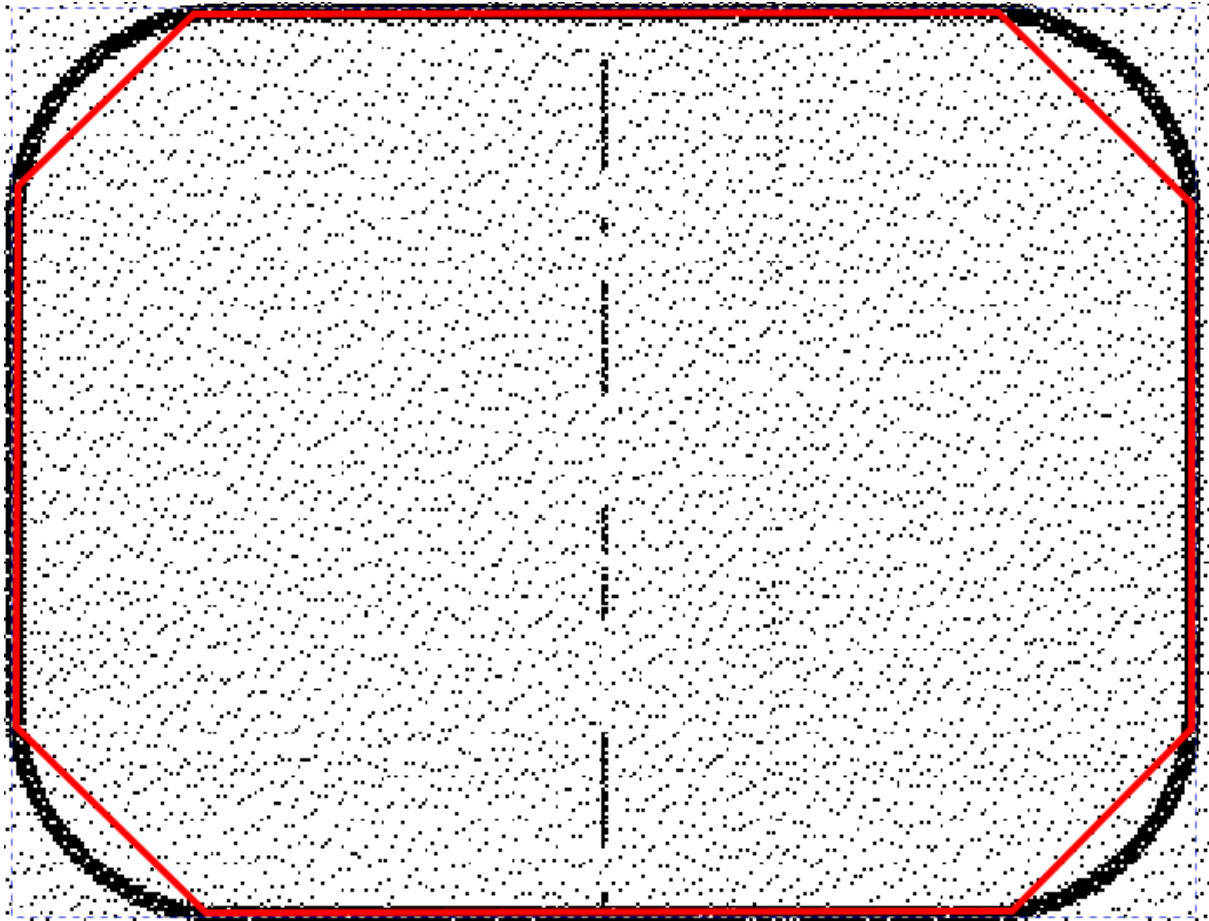
L'étape suivante va être de créer un calque différent pour chaque pièce. On va dans **Calque** -> **Ajouter un calque**. On nommera notre calque avec le nom de la pièce à détourer par exemple **"Couple F11"**.

Une fois dans ce calque on peut commencer à détourer la pièce avec l'outil "Courbes de Bézier" :



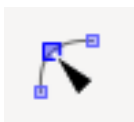
Il nous suffit alors de créer des points pour suivre les contours de la pièce (**attention à ne faire cela que pour les endroits possédants des angles droits**).

Pour les endroits courbés, il faut suivre une autre méthode. Toujours avec le même outil on crée des points aux endroits des coins, mais il faut s'arrêter avant les endroits courbés dans ce cas-ci :



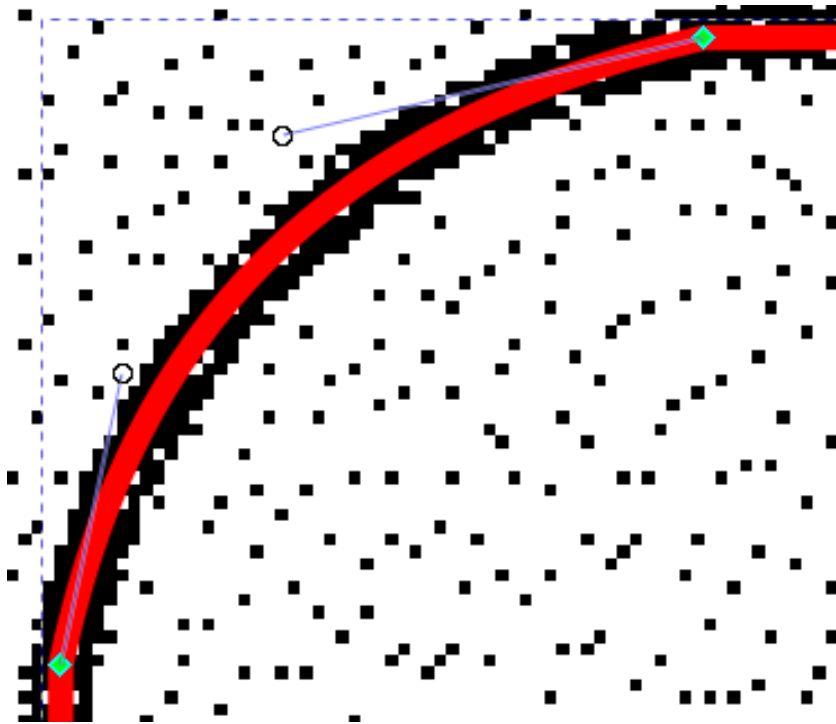
(Je conseille de passer les calques en **255/0/0** pour que ceux-ci soient mieux visibles lors du détournage. Pour faire cela, effectuez un clic droit sur votre contour ou vos points, sélectionnez **Fond et Contour -> Contour** et changez les valeurs RGB)

On a alors un contour de la pièce. On utilise ensuite un nouvel outil “éditer noeuds et poignées” :



On saisit alors le milieu des segments au niveau des endroits courbés et on les fait glisser. Les courbes de Bézier nous permettent d'épouser la forme de la pièce, on peut aussi utiliser les vecteurs sur le côté pour préciser la forme.

On doit obtenir ceci :



Il suffit maintenant d'enregistrer le document et cela enregistrera le calque sur lequel on est en train de travailler. Attention il faut enregistrer le fichier sous le format (**AutoCAD DXF R14**). Ensuite le logiciel nous demande de remplir de nouvelles rubriques.

Filtrage du nom du calque : ici il faudra rentrer le nom que vous avez donné au calque sur lequel vous travaillez, soit pour cet exemple "**Couple F11**".

Unité de base : ici il faut mettre **mm**.

Il vous suffit alors de recommencer cela pour chacune des pièces de votre plan, le tout dans le même dossier Inkscape qui sera votre plan au format A0. Les fichiers que vous avez en **DXF** peuvent être ouverts sur SolidWorks.

Il y a cependant quelques détails à respecter pour que les pièces gardent leur échelle de 1:1.

Une fois que vous avez ouvert votre pièce vous devrez sélectionner des réglages. Il faudra sélectionner :

Importer dans une nouvelle pièce en tant que :

- **Esquisse 2D**
- **Importer en tant que référence**

puis en tant qu'unité de données importées : **Millimètres**
et enfin vous pouvez modifier votre pièce sur SolidWorks

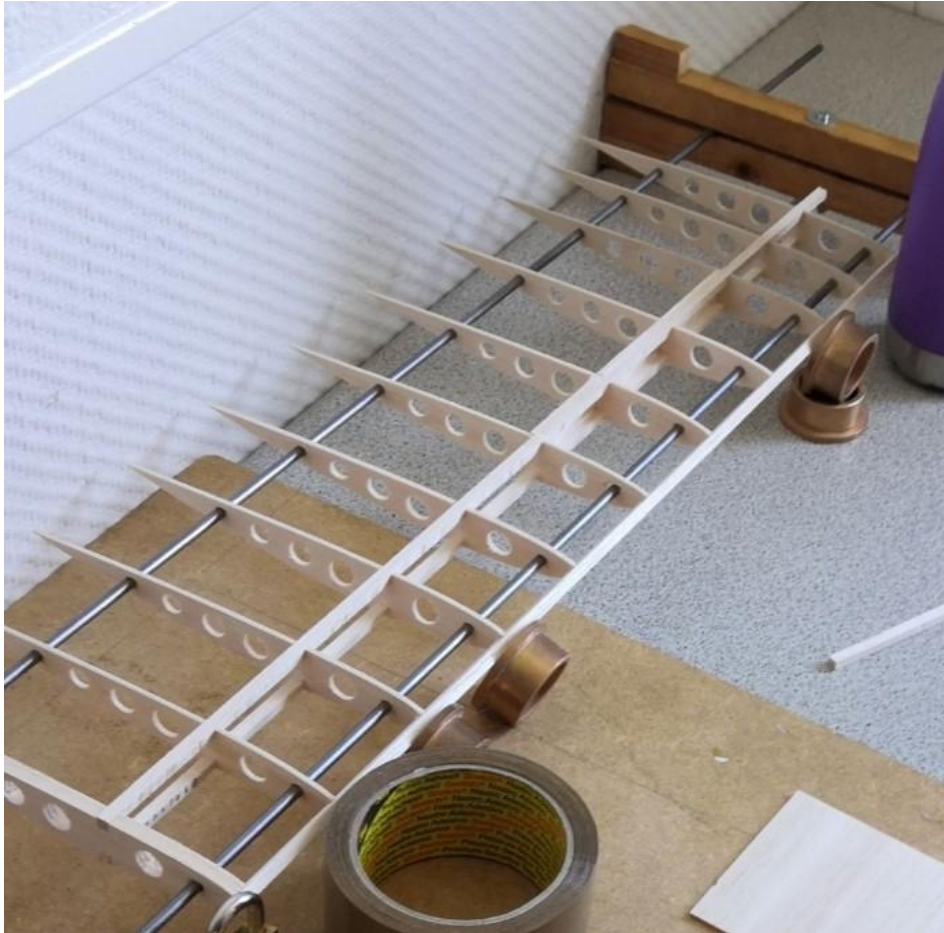
La découpe du bois et l'assemblage de l'avion :

Une fois que nous avons eu accès au bois que nous avons commandé, nous avons pu commencer à faire le découpage, avec la machine C.N.C. On envoie les fichiers DXF dans l'ordinateur connecté à la machine et celle-ci découpe la planche de balsa en suivant le calque. Le découpage est aussi fait à la main, le balsa est un bois très léger et donc une partie des pièces étaient facilement découpables au cutter. Nous avons alors pu commencer à travailler sur le fuselage de l'avion, ainsi que les ailes qui sont les parties les plus complexes.



Mise en place de la première aile (photo 1)

Pour assembler les pièces, il est nécessaire d'avoir un support particulier. Grâce au club, nous avons eu la chance de recevoir un de ces supports, composé de deux étaux en bois ainsi que de deux cordes à piano (tiges en métal). En effet, la première étape de l'assemblage des ailes est de glisser les nervures sur les cordes à pianos, puis de joindre celles-ci avec des baguettes de balsa.



Mise en place de la première aile (photo 2)

Nous utilisons ensuite de la colle à bois et des épingles pour maintenir le balsa qui est un bois très léger sur la surface à coller ou pour faire prendre un certain angle aux planches de balsa, notamment au niveau des ailes, où l'on doit tordre le bois afin qu'il suive la courbe naturelle de l'aile. On ajoute ensuite deux tubes en fibre de carbone que l'on colle à l'intérieur de l'aile pour pouvoir y insérer plus tard deux cordes à piano qui parcourent le fuselage et maintiennent les deux ailes et les rendent ainsi démontables.



On finit alors avec une aile de cette forme, très légère car on laisse une grande quantité d'espace vide. Il ne reste plus qu'à mettre un petit carré de balsa une fois le servo moteur posé et à recouvrir l'aile de film plastique pour assurer l'aérodynamisme de l'appareil. Les ailes sont la partie la plus complexe de l'avion, mais nous avons aussi beaucoup d'autres pièces sur lesquelles travailler en parallèle :

- **La pièce haute du fuselage** (pièce principale, sur laquelle on va assembler toute les autres pièces au fur et à mesure)
- **Les flancs du fuselage** (les pièces qui serviront de liaison entre les ailes de l'avion et la partie principale)
- **La pièce inférieure du fuselage** (qui permet de relier les couples une fois que l'électronique a été placée dans le fuselage)
- **Les couples intérieurs** (qui servent à solidifier l'assemblage, ainsi qu'à séparer les différentes parties de l'avion (moteur, batteries, etc...). Ce sont des pièces découpées dans du contreplaqué beaucoup plus solide que le balsa)
- **La dérive et le stabilisateur** (découpés en parallèle, ils servent au pilotage de l'avion)
- **Le support arrière** (la pièce qui permet à l'avion d'atterrir et qui remplace la roue arrière, trop peu solide)

Bien sûr, la partie la plus importante reste le fuselage, composé de nombreuses pièces faites dans différents matériaux. Nous avons commencé par découper les couples qui sont les pièces entre les quatre planches du fuselage qui permettent de solidifier le tout. Elles sont faites en contreplaqué, pour faire cela nous avons dû utiliser différents outils du club, notamment la scie circulaire sur table pour pouvoir couper à travers le contreplaqué.



Découpage des couples sur scie circulaire

Une fois tous les couples découpés nous avons pu commencer à découper notre fuselage en partant du haut de l'avion, la seule partie plane du fuselage. Pour suivre les dimensions de nos plans avec précision, nous avons dû créer plusieurs petites pièces, que nous avons ensuite assemblées à l'aide de la méthode habituelle qui est d'utiliser de la colle à bois et des épingles pour stabiliser la structure le temps que la colle sèche.



Assemblage des différentes parties du fuselage

Nous n'avons pas pu fonctionner de cette manière avec toutes les pièces car certaines des parties du fuselage étaient plus difficiles à découper, notamment à cause d'angles dont les mesures ne sont pas précisées sur les plans, et de trous dans les flancs pour pouvoir connecter le fuselage et les ailes avec des cordes à pianos. Nous avons donc découpé les flancs du fuselage à l'aide de la C.N.C. et terminé le support de stabilisateur en balsa.



Fuselage assemblé

On peut observer sur cette photo les couples soutenant l'ensemble, et formant les différents compartiments qui accueilleront l'électronique au sein de l'avion.

La partie arrondie au bout de l'avion est celle où sera installé le moteur avec l'hélice. On placera, dans le compartiment suivant, le récepteur de la télécommande ainsi que le variateur qui sont des éléments lourds de l'électronique, ce qui va permettre de placer le centre de gravité où on le désire. Il nous reste finalement à placer la batterie, l'élément le plus lourd de l'avion, au centre de celui-ci.

Une fois tous nos assemblages faits au niveau du fuselage et des ailes, il ne nous reste plus qu'à relier les deux à l'aide de cordes à pianos pour obtenir notre assemblage final. Nous n'avons plus qu'à installer l'électronique au sein de l'avion et de filmer le tout à l'aide de film plastique pour permettre à l'avion de gagner en aérodynamisme.



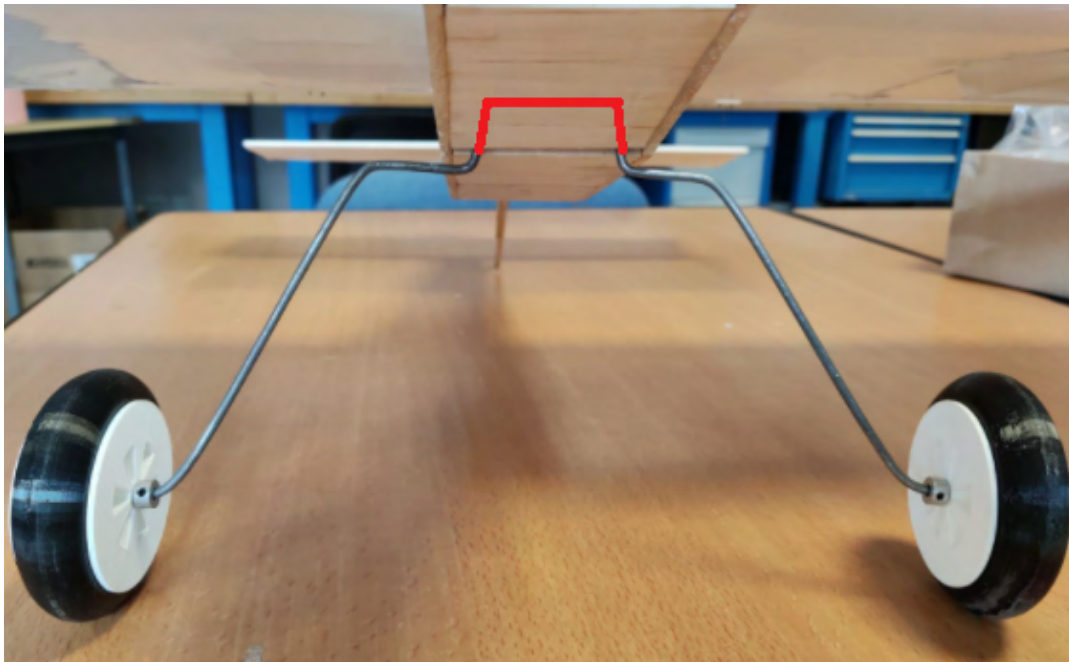
Assemblage final, fuselage et ailes

Autres pièces :



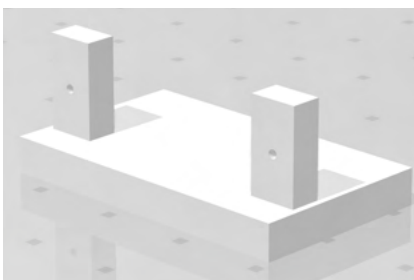
Enfin nous devons créer plusieurs pièces à l'imprimante 3D. Les deux premières, faites au début du projet, étaient les roues et les pneus qui sont quant à eux imprimés grâce à du fil mou, ce qui permet au pneu de mieux amortir les atterrissages.

On utilise ensuite une corde à piano qui fait office de train d'atterrissage. Elle est coincé entre 2 couples pour être solidaire du fuselage. On y insère ensuite les roues et les arrêts de roues.

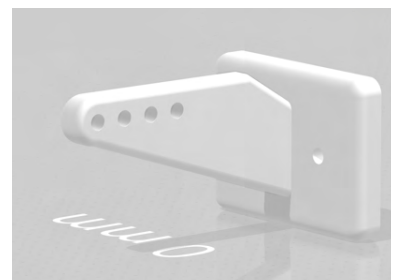
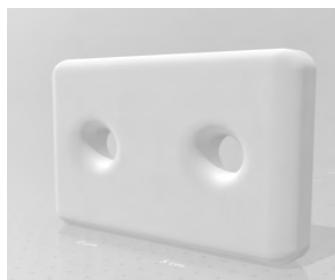


Corde à piano insérée dans le fuselage
(la partie rouge est celle qu'on ne voit pas et qui permet de maintenir le tout)

On imprime enfin les supports de servomoteurs à l'imprimante 3D ainsi que les deux parties des guignols dont nous reparlerons plus tard.



Support de servomoteur



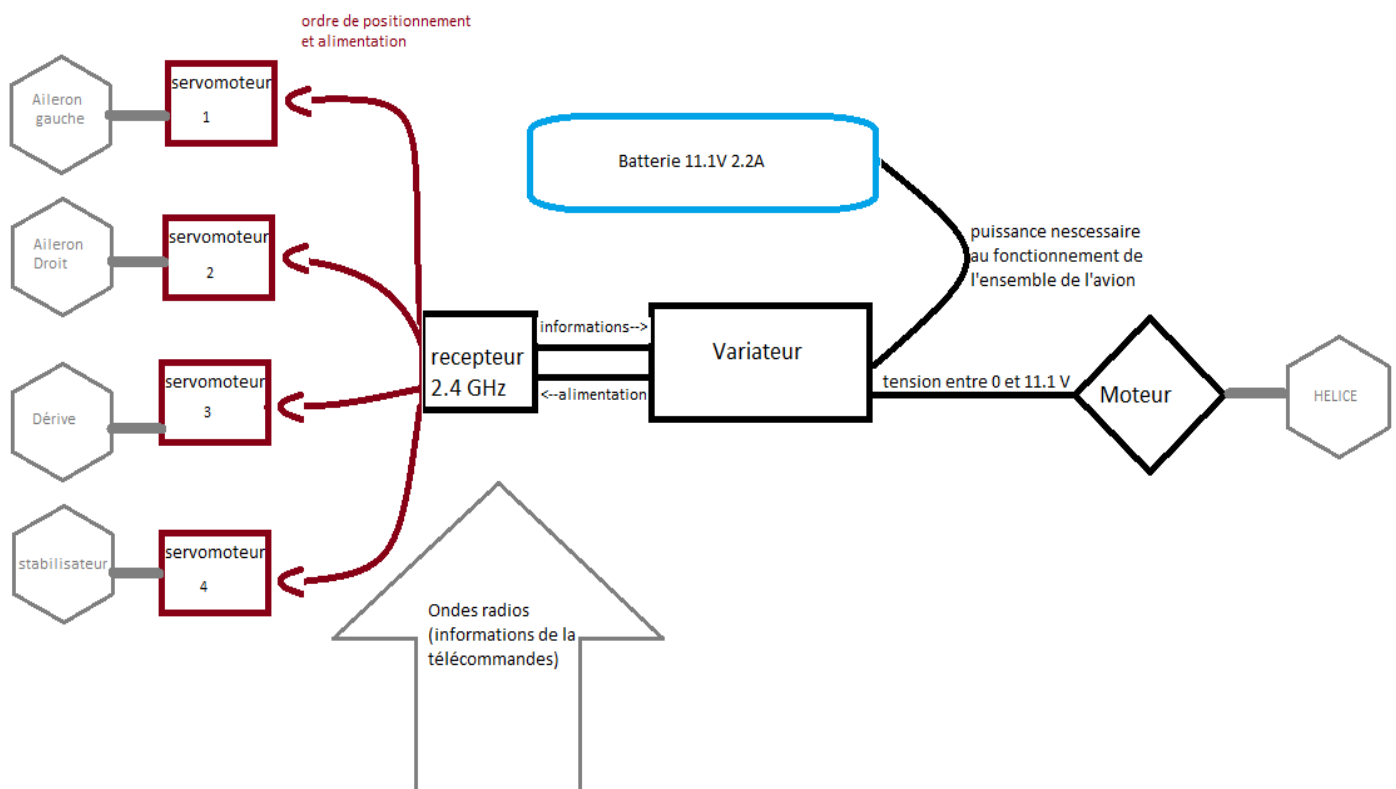
Les deux parties des guignols

Electronique:

Les différents composants utilisés sont les suivants :

- quatre servomoteurs
- deux rallonges pour servomoteurs
- un moteur électrique de 900KV
- une batterie 11.1 V
- un variateur utilisable de 7.4 à 22.2 V
- un récepteur 2.4 GHz avec 6 voies

Schéma des liaisons électroniques et mécaniques pour le fonctionnement des parties mouvantes de l'avion :



A l'aide du récepteur 2.4GHz, les informations de la télécommande sont transmises aux différents composants. Premièrement la puissance désirée dans le moteur est transmise à un variateur, qui filtre une partie de la tension procurée par la batterie. Cette tension est ensuite transmise au moteur de 900 Kv, 1 Kv équivalant à 1 tour/minutes/Volt.

La vitesse maximal de rotation de notre moteur est donc ici avec une batterie de 11.1 V :

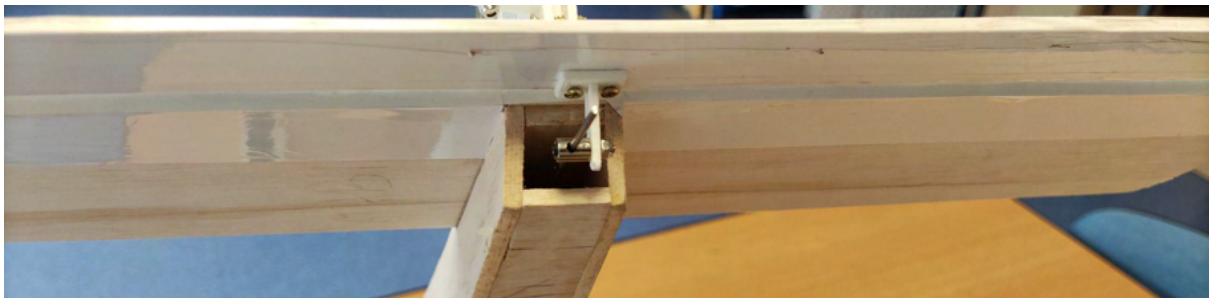
$$900 * \frac{11.1}{60} = 166.5 \text{ t/s}$$

(notre Hélice supporte 13000 t/min donc 216 t/s).

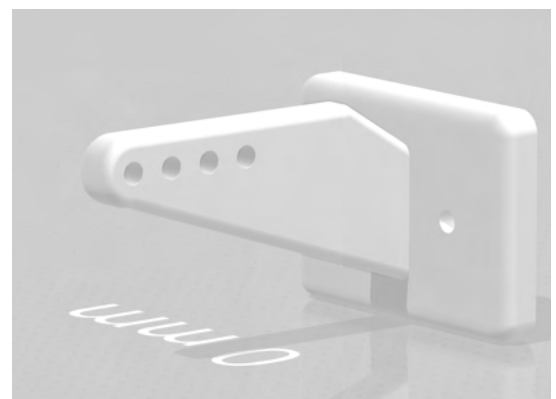
Le récepteur envoie également des informations sur la position demandée aux servomoteurs. Ceux des ailes sont reliés au récepteur avec des rallonges ce qui permet de facilement décrocher les ailes sans avoir à refaire les branchements.

On a fixé les servomoteurs au corps de l'avion à l'aide des supports en imprimante 3D mentionnés précédemment. Cela permet de les visser sur ces supports et non pas de les coller pour les changer plus facilement si nous le voulons.

Pour relier les servomoteurs aux différentes parties amovibles de l'avion, comme les ailerons par exemple, nous avons vissé sur ces parties des guignols. Ces pièces permettent de fixer une corde piano de 0.3 mm de diamètre entre le servomoteur et les différentes parties mouvantes.



guignol du stabilisateur



liaison mécanique entre le servo et l'aileron de l'aile droite

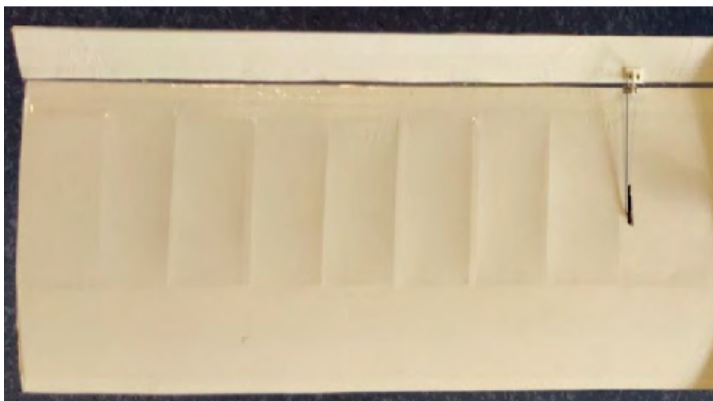
Pour ce qui est du placement de la batterie, il est fait tout à la fin et, étant donné que la batterie est une partie très lourde de l'avion, ce placement permet d'équilibrer le centre de gravité de l'avion au premier tiers des ailes. En effet c'est ici que la portance est effective. La batterie est ensuite maintenue avec de la mousse pour éviter qu'elle se déplace pendant le vol.

Filage de l'avion :

Pour que l'avion vole, on utilise un film pour le recouvrir entièrement ce qui a deux objectifs. Le premier est de donner de la portance aux ailes car celles-ci sont creuses aux milieux, ce qui permet de doubler la surface des ailes en utilisant peu de bois.



aile après filage



aile après filage

Calculs théoriques de la mécanique de l'avion en vol:

On utilise la formule d'Abbott pour calculer la force maximale de poussée de notre hélice sans vent et sans vitesse.

$$\text{pousee} = 28.35 * \text{Pas} * \text{Diametre}^3 * \text{N}^2 * 10^{-12}$$

Comme c'est une formule dont les longueurs sont en pouces et la poussée en grammes, nous sommes directement passés en Newtons.

Le pas et le diamètre de l'hélice sont indiqués dessus:

- Diamètre : 12 pouces
- Pas : 6 pouces

Soit une poussée de :

$$28.35 * 15.24 * 30.48^3 * 9900^2 * 10^{-12} = 28.80\text{N}$$

Cela est largement suffisant pour un avion de 1,25kg.

Pour ce qui est de la portance provoquée par les ailes, nous avons une surface alaire (l'aire des ailes) de :

$$0.21 * 0.56 * 2 = 0.2352\text{m}^2$$

0.56 qui est la longueur en mètres des ailes et **0.21** la largeur en mètres sur le plan

On utilise la formule de la portance:

$$\text{Portance} = C_z * \text{Rho} * S * \frac{V^2}{2}$$

Portance en Newtons

Le C_z est le coefficient de portance

Rho est la masse volumique du fluide KG/m³

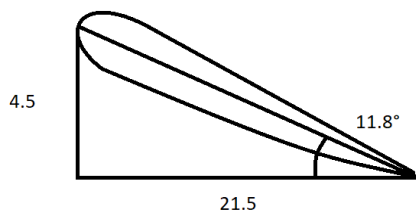
S surface alaire m²

v la vitesse relative du fluide m/s

Nous trouvons le C_z en fonction de l'angle d'incidence Alpha de l'aile et des données disponibles sur le site airfoiltools.com en indiquant le profil NACA 2412 (profil de l'aile utilisé pour notre avion).

L'angle des ailes quand l'avion est posé au sol :

4.5 cm est la différence entre le point le plus haut et le point le plus bas de l'aile et **21.5 cm** est la largeur de la projection de l'aile à l'horizontal. On utilise donc **arctan** pour calculer l'angle alpha car nous avons le côté adjacent et le côté opposé du triangle rectangle dans lequel il est inscrit



$$\text{atan}\left(\frac{4.5}{21.5}\right) = 11.8$$

On obtient donc un C_z de **1.22** avec un nombre de reynold de **140 000**.

La portance en fonction de V carré est **0.175732**.

L'ensemble la somme des forces sur l'axe vertical doit être positive, or la masse de l'avion est de **1.25kg** il a donc un poids de **12.5 N** il faut compenser cette force avec des forces opposées.

La poussée verticale de l'hélice, qui est environ à **9°** (elle n'est pas alignée avec le reste de l'avion qui lui est à **11,8°**) est de : $\sin(9) * 28.8 = 4.5\text{newton}$

Il reste donc une portance de **8 newton (12.5-4.5)** minimum à atteindre pour que l'avion décolle, en effet la somme des forces sera positive sur l'axe vertical

On trace la courbe de la portance en fonction de V et on cherche le point où elle dépasse **8** :

Cette courbe dépasse **8** à partir de **6.9 m/s** c'est donc la vitesse minimale que l'avion doit atteindre par rapport à l'air pour décoller.

On a une poussée de l'hélice de **28.8 Newton** a un angle de **11.8°**

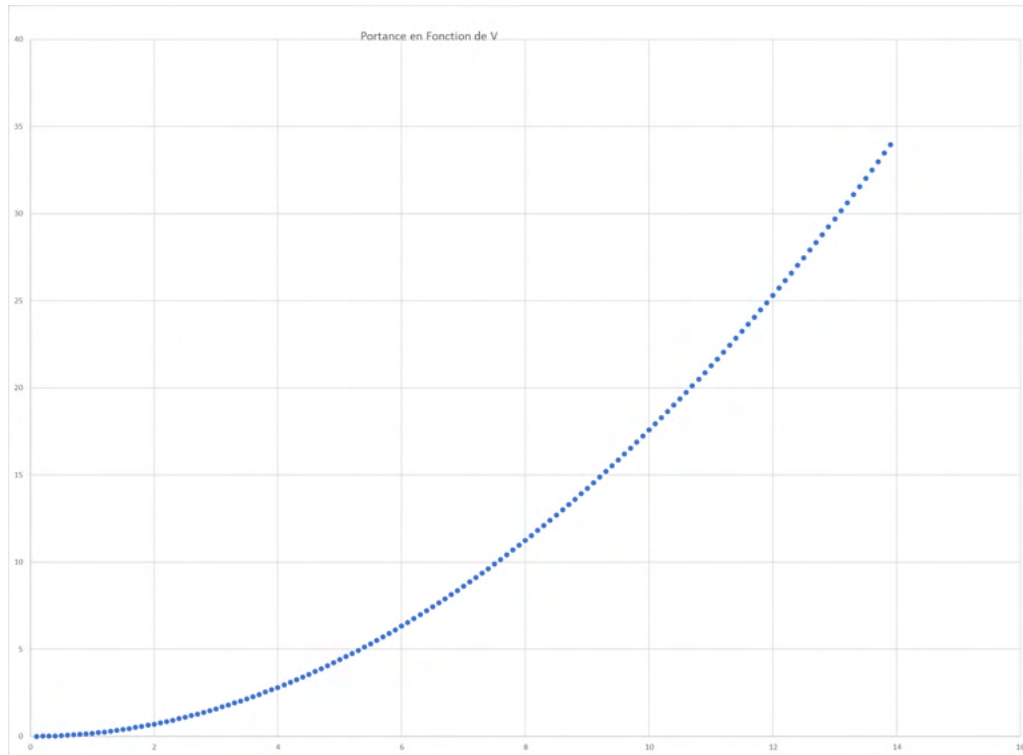
donc la poussé horizontal est de : $\sin(9) * 28.8 = 4.5\text{newton}$

La formule de l'accélération est :

$$a = \frac{F}{m} = \frac{28.44}{1.25} = 22.75 \text{ m/s}^2$$

F est la somme des forces et m la masse (ici nous prenons l'accélération seulement à l'horizontal)

On atteint donc la vitesse de **8 m/s** au bout de **0.35 secondes**.



En intégrant deux fois la formule de l'accélération en fonction du temps, on obtient la formule de la position de l'avion en fonction du temps. On a donc :

position horizontal en fonction de t :

$$x(t) = \frac{(22.75 * t^2)}{2}$$

La distance parcourue sur l'intervalle de temps de **0.35s** est donc de **1.39 mètres**, ce qui correspond théoriquement à la distance nécessaire à l'avion pour décoller.

Seulement, notre expérience de vol nous montre qu'il faut une distance plus grande. En effet, nous n'avons pas pris en compte le temps d'accélération pour que le moteur atteigne cette vitesse maximum, les frottements avec le sol et les autres interactions avec l'air en dehors de la portance. Nous voyons tout de même que cette distance de décollage est très réduite lorsque l'on retient l'avion quand l'hélice accélère et se rapproche fortement de nos résultats théoriques.

Avec un angle de **0°** en vol, il faut maintenir une vitesse de **18.7 m/s** pour avoir une portance de **12.5 Newton** et équilibrer les forces par rapport au poids de l'avion.

Notre expérience de vol et le pilotage:

Le vendredi 3 juin nous avons pu effectuer le premier vol de notre avion. Nous sommes donc allés sur le terrain de vol du club des ailes plessiaise. Nous y avons effectué quatre vols avec l'aide de Monsieur Rioche. Le décollage du premier vol s'est parfaitement déroulé, après 5 minutes de vol l'avion a atterri. Lors de l'atterrissage, la corde à piano qui relie les deux roues avant a malheureusement cassé le couple qui la maintenait à l'intérieur de l'avion. Cet accident est dû au fait que nous avons fait cette pièce en balsa alors qu'elle aurait dû être en contreplaqué, un matériau beaucoup plus résistant. Pour les vols suivants nous avons donc lancé l'avion à la main pour le décollage, l'atterrissage sans roues étant fait dans des hautes herbes pour éviter des dégâts supplémentaires.

Pour ce qui est du pilotage, comme nous voulions tous au moins essayer une fois, nous avons utilisé une double commande. Patrick avait le contrôle de l'avion pour le décollage grâce à une première manette, et il nous passait ensuite le contrôle sur une autre manette avec un interrupteur lorsque l'avion était en haute altitude. Cela nous permet d'apprendre le pilotage sans risque car il peut reprendre la main rapidement à tout instant si nous perdons le contrôle.

Les effets des joystick de la manette sur l'avion :



Seulement les deux joysticks principaux sont utilisés pour le pilotage. Le reste des boutons sont utilisés seulement pour les réglages et la connexion avec le récepteur. Le joystick de droite est cranté et utilisé lors des mouvements verticaux pour la puissance du moteur. Les mouvements horizontaux sont quant à eux liés aux ailerons des ailes droite et gauche. Lorsqu'on veut aller vers la droite, l'aileron gauche s'abaisse pour augmenter la portance et l'aileron droit se monte et inversement si on veut aller vers la gauche. Cela penche l'avion d'un côté ou de l'autre, ce qui a pour effet de le faire tourner. Le joystick de gauche n'est pas cranté et agit sur le stabilisateur à l'arrière ainsi que sur la dérive. Si on monte le joystick, l'aileron du stabilisateur s'abaisse, l'avion va donc se pencher en

avant. Si on tire le joystick vers le bas, l'effet inverse a lieu et l'avion remonte. Si on bouge ce joystick de gauche à droite, on bouge la dérive mais cette commande n'est utilisée que lorsque l'avion est au sol. Au final malgré les difficultés on prend vite les contrôles en main puisque nous avons tous plus ou moins réussi à contrôler l'avion.

Les difficultés rencontrées au cours de ce projet:

Il faut savoir que lors de ce projet nous avons rencontré de nombreux problèmes. Notamment dû au fait que c'était un projet à notre initiative, et qu'il ne faisait pas partie de ceux proposés par Polytech.

De ce fait, nous avons dû faire face à notre premier problème, le fait que nous avions vu trop grand, surtout du côté électronique. Au départ, nous voulions faire nous mêmes la télécommande et le récepteur qui nous auraient servi à piloter l'avion. Or, on nous a fait comprendre que le côté électronique allait être très long et difficile à gérer.

Nous avons donc décidé de mettre de côté cette partie du projet et de résoudre ce problème en achetant directement une télécommande sur l'un des sites d'aéromodélisme français conseillé par les personnes du club.

Une fois que nous avons une idée claire de ce que nous voulions faire, il nous à fallu trouver un partenaire pour nous aider dans la prise en main des différents outils relatifs à l'aéromodélisme. Il a alors été long de contacter un grand nombre de personnes pour essayer d'accumuler le plus d'informations possible, pour combler notre manque sur le sujet.

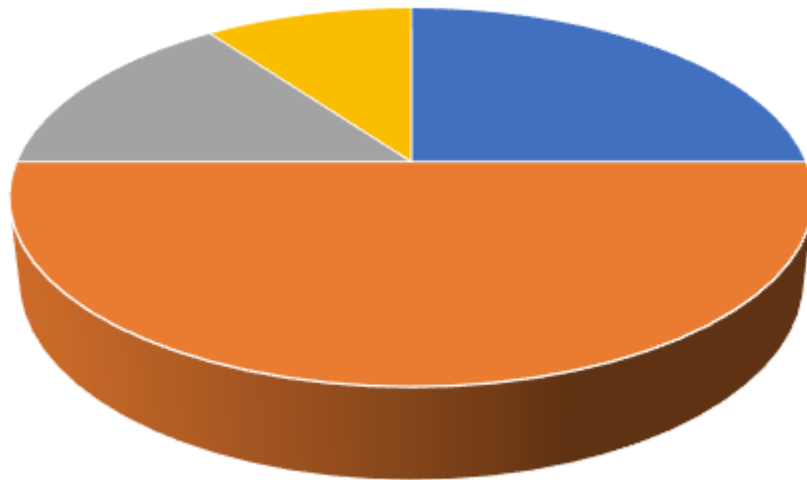
Notre première stratégie à été de contacter un maximum de personnes qui pourraient nous donner des informations relatives à l'aéromodélisme, mais, très vite nous nous sommes rendus compte que cela n'était pas efficace, les mêmes informations revenaient en boucles et nous n'avions pas le savoir basique de cette discipline. La solution à donc été de contacter les membres du club d'aéromodélisme des ailes plessiaises qui ont été ravis de nous aider pour nous transmettre leur savoir de l'aéromodélisme.

Enfin, l'étape la plus difficile de ce parcours fut la commande de pièces. Notre projet n'ayant pas été soumis par l'école, il nous a été impératif de commander un certain nombre de pièces via des sites internet, car elles n'étaient pas présentes dans les différents ateliers de Polytech Angers. Or, pour une discipline aussi précise et peu populaire, nous avons à utiliser des sites spécifiques, fiables, et à temps de livraison rapides.

Ne trouvant pas les pièces et matériaux dont nous avons besoin sur les sites partenaires de l'école, nous avons dû contacter notre professeur encadrant pour demander au service financier de l'école l'autorisation de commander sur les sites que nous avons choisis. Bien que longue, cette procédure nous à permis d'utiliser pour notre projet des ressources fiables et efficaces.

Utilisation du temps de travail :

Répartition des tâches sur 100h de projet.



■ Travail Informatique : ■ Travail Manuel : ■ Recherche/Études : ■ Rédaction :

Travail Réalisé	Temps passé (h)
Travail Manuel :	50
Travail Informatique :	25
Recherche/Études :	15
Rédaction :	10

CONCLUSION

Critique des résultats obtenus :

Malgré la réussite du projet, tout ce que nous avons prévu de faire n'a pas pu se réaliser. En effet, pour ajouter des dimensions techniques à notre avion, nous voulions y connecter plusieurs éléments. Une des idées les plus probables était par exemple d'installer une caméra sur le dessus de l'avion, connectée en temps réel à un écran que nous aurions eu dans les mains, au sol. Un autre élément intéressant à ajouter aurait été une carte raspberry PI reliée à différents capteurs, de température ou de pression par exemple, ce qui nous aurait apporté des informations que nous aurions pu analyser sur les données de vol.

Finalement nous avons réussi à faire le principal, construire l'avion de toute pièce et le faire voler, mais nous avons manqué de temps pour faire tout ce que nous voulions mettre en place. Le fait que ce projet était un projet personnel a été la source de nombreux obstacles car nous avons manqué de certaines informations capitales. Mais nous pensons que si des étudiants reprennent notre projet dans les années à venir, ils pourront aller bien plus loin que nous, avec les informations présentées dans ce rapport.

Conclusions Personnelles :

Adrien :

Je suis très satisfait du résultat final de l'avion, étant le premier à avoir lancé l'idée de cet avion je suis d'autant plus content de la voir se réaliser. Je regrette néanmoins d'avoir sous-estimé le temps de construction de l'avion, ce qui nous a empêché de rajouter des capteurs qui auraient donné une dimension plus scientifique au projet.

Owen :

Je ne faisais pas partie, à la base, des personnes ayant eu l'idée du projet, mais je me réjouis néanmoins beaucoup de ce que nous avons pu créer. Faire voler un avion à partir de rien apporte un sentiment de fierté, mais également de nombreuses compétences techniques que je n'avais pas avant, notamment et principalement dans l'aéromodélisme. Je tiens aussi à mentionner la rencontre du personnel des ailes plessiaises qui fut une rencontre humaine incroyable.

Paul :

Ce que nous avons fait pendant ces 100 heures était pour moi une nouveauté, n'ayant jamais travaillé sur ce genre de projet je ne savais pas à quoi m'attendre, mais j'étais néanmoins très intéressé. Au final je retiens beaucoup de points positifs, notamment comment ce projet nous a mis face à la réalité des choses, sur certains aspects que nous n'avions pas envisagés. J'ai trouvé que l'un des points les plus importants était comment nous réagissions face à un problème et combien de temps nous prenions à le résoudre, un point très important pour nos futurs projets ou expériences. Mais aussi la communication entre différents acteurs comme le club et l'école, qui a été une pièce centrale de notre projet, pour conclure je dirais que j'ai apprécié ces 100 heures et que je serais prêt à me relancer dans ce genre de projet lors des années qui suivent.

Adam :

Je suis satisfait d'avoir pu faire partie de ce projet. Il m'a paru un des plus concrets et intéressants. J'aurais tout de même préféré que la forme de l'avion et le profil des ailes soient déterminés par nos soins avec des expériences. J'espère que notre projet pourra être complété dans les années à venir comme par exemple avec l'installation de capteur pour enregistrer différentes données de vol. Ainsi que d'automatiser certaines parties comme le train d'atterrissage.

RÉSUMÉ

Ce projet a commencé pour nous comme un simple hobby, une idée que nous avons eu lors de notre deuxième année scolaire à Polytech et que nous voulions développer de notre côté en parallèle de nos études : construire de toute pièce un avion radiocommandé et le faire voler. Finalement, de manière un peu impromptue nous avons réussi à faire de ce projet notre projet de fin d'année.

Aidé par le club d'aéromodélisme des Ailes Plessiaises, que nous avons contacté dans les premières semaines de notre projet, nous avons décidé de travailler sur un modèle d'avion simple à construire et à piloter : "l'ECO 30".

Nous avons alors suivi de nombreuses étapes : la numérisation de toutes les pièces qui composent l'avion, leur découpe à l'aide de différentes machines, le collage et enfin leur assemblage. Une fois celle-ci terminée nous avons dû nous occuper de l'électronique : des servomoteurs pour diriger l'avion, et un récepteur pour le piloter.

Au final nous en avons appris beaucoup sur de nombreux sujets : travail du bois, électronique, aéromodélisme. Nous avons réussi à satisfaire le cahier des charges que nous nous étions imposé. Ce projet de fin de seconde année nous aura permis de découvrir un sujet qui nous était inconnu et des personnes passionnées qui ont su nous transmettre leur savoir.

ABSTRACT

This project started as a simple hobby, an idea we had at the start of our second year in Polytech that we wanted to develop in parallel with our main courses. This idea was to build a radio controlled plane from scratch and make it fly. After discussing it with our project manager, we were able to make it our end of the year project.

Helped by the aeromodelism club “les ailes plessiaises”, that we contacted during the first weeks of our project, we decided to work on an easy to build and easy to control plane model called the “ECO-30”.

We then proceeded to follow a lot of different steps : digitalization of all the pieces that composed the plane, their cutting with the help of the different machines of the club, then we glued them together and assembled them. Once this was done we had to take care of the electronics : servo motors to direct the plane and a receptor to pilot it.

Finally we learned a lot about numerous subjects : woodworking, electronics and aeromodelism. We succeeded in completing the specifications that we imposed on ourselves. This end of the year project let us discover a whole new topic that we didn't know of before, but also passionate people who were grateful to share their knowledge with us.

ANNEXES

Document Word envoyé à Monsieur S.LAGRANGE pour la validation du projet :

[W](#) résumé pour M.Lagrange.docx

Tableau Excel utilisé pour la commande du matériel :

[X](#) commande finale.xlsx

Site internet de Métivier (site utilisé pour la commande du balsa) :

<https://www.metivier-modelisme.com>

Site internet de Weymuller (site utilisé pour la commande de l'électronique et les différents matériaux hors bois) :

<https://www.weymuller.fr>

Site du club d'aéromodélisme des Ailes Plessiaises :

<https://www.ailesplessiaises.asso.fr/index.php?page=accueil>

Sites utilisées pour les calculs dans la partie "Calculs théoriques de la mécanique de l'avion en vol" :

<http://airfoiltools.com/>

Wikipédia, utilisé pour de nombreuses informations sur l'aéromodélisme

https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil_principal

Vidéo du premier vol de l'avion :

<https://drive.google.com/file/d/1qSzISVek5E9NDsD6W7bYm2HN9LeTU5tj/view?usp=sharing>