



AER1110 – PROJET INITIAL EN GÉNIE
AÉROSPATIAL

RAPPORT DE L'ÉTUDE DE CAS N° 3

ADDENDUM

RÉSULTATS DES ESSAIS ET INTERPRÉTATION

par

Maxime Goulet-Bourdon

Philippe Gagnier

Renaud Genest

Zineb Imanssar

Sébastien Lagassé

Laurier Lambert

Jean-Philippe Roy

Équipe 02

et présenté à

M. Jean-Paul Lemarquis, ing.

et

M. Patrice Rémy, ing.

Le 14 avril 2014

à Montréal

INTRODUCTION

Dans le rapport de l'étude de cas n° 3, la conception de la soufflerie a été présentée, et la fabrication a été discutée. Alors que la fabrication de la soufflerie est complétée, la mise à l'épreuve reste à faire. L'équipe procède donc le 8 avril 2014, à la séance 12 du cours, à une présentation de la soufflerie permettant à tous de voir les essais sur les performances des souffleries de chaque compagnie.

Le présent addendum présente d'abord les différences entre la conception initiale de la soufflerie et la soufflerie qui a été fabriquée, et le protocole de test établi pour les essais est montré. Ensuite, un tableau contenant les données relevées lors des essais devant le public est exposé et, enfin, les résultats sont interprétés et discutés.

1.1 MODIFICATIONS LORS DE LA FABRICATION

Lors du processus de conception, les moyens pour fixer mécaniquement chaque pièce entre elles sont étudiés puis implémentés dans le design final. Le matériau structural principal étant le *MDF* (pour *Medium Density Fiber*), des attaches mécaniques de type vis sont sélectionnés. En effet, les vis à bois sont réputées pour être faciles d'utilisation car elles ne nécessitent pas nécessairement un préperçage, et peuvent être retirées rapidement en cas de démontage. Cependant, les vis ne conviennent pas à tous les types de bois. Effectivement, le *MDF* a la particularité d'être un matériau au corps granuleux, voir fibreux, dont les liens internes se font par une colle, rendant les trous proches des bords d'un panneau vulnérables à la rupture, même en présence de toutes petites contraintes. La conséquence de visser deux panneaux de *MDF* entre eux est une rupture du panneau au niveau de la vis. L'idée de visser les panneaux est alors abandonnée au profit d'une méthode plus simple et plus directe : la colle *Epoxy*. Cette méthode sauve du temps et de la complexité d'assemblage lors de cette étape.

Par la suite a lieu l'intégration du sous-assemblage de la génération d'un flux d'air à la veine d'essai centrale. Cette intégration semble être tout d'abord un succès. En effet, le respect des dimensions et des tolérances des dessins de détail et des dessins d'assemblage favorise une connexion en harmonie entre ces deux éléments. Cependant, les premiers essais, une fois l'assemblage complet terminé, démontrent plutôt qu'un détail important est manquant, soit un blocage mécanique entre chaque sous-section. L'équipe effectuant les essais décide alors sur-le-champ d'implanter un système de fixation mécanique amovible. De petites plaquettes

d'aluminium, ainsi que des goujons de bois, sont disponibles, en plus d'être prêts à être usinés et assemblés sur le prototype. Cette méthode permet de percer les plaquettes au même diamètre que celui des goujons. L'insertion de ces derniers étant légèrement serrée dans les plaquettes, il devient alors inutile d'ajouter un système de goupilles aux goujons. En bref, il y a deux trous par plaquette, pour deux goujons. Un goujon est collé à la veine d'essai, l'autre à la structure du redresseur. Un total de quatre plaquette est installé, deux sur le dessus et un de chaque côté de la soufflerie. Le poids total de la soufflerie n'augmente pas considérablement. De plus, ce système mécanique de fixation se démonte et remonte très facilement en quelques secondes.

1.2 PROTOCOLE DE TEST

Le protocole de test est établi de sorte à optimiser le processus de tests. Plusieurs aspects sont à considérer afin de prévoir le déroulement des essais. Ces considérations sont :

- Prise de mesure efficace;
- Sécurité des usagers et du public;
- Communication des données;

Le protocole est divisé en 5 sections, couvrant respectivement l'installation, l'assemblage, la prise de mesure, les autres tests et le désassemblage.

1.2.1 Installation

1. **Positionner la table d'essai** de sorte à faciliter l'accès et à rendre la veine d'essai la plus visible possible;
2. Placer derrière la table d'essai un **tableau des mesures** contenant les valeurs prévues et réelles;
3. **Libérer l'espace de travail** de tout objet inutile ou encombrant;
4. **Installer** le cordon d'alimentation électrique;
5. **Présenter la soufflerie**, en détaillant les aspects qui ne sont pas abordés par ces tests (sécurité, portabilité, polyvalence);
6. Exiger du public de se tenir loin du **plan de rotation de l'hélice** en tout temps. Ce plan est illustré en rouge à la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

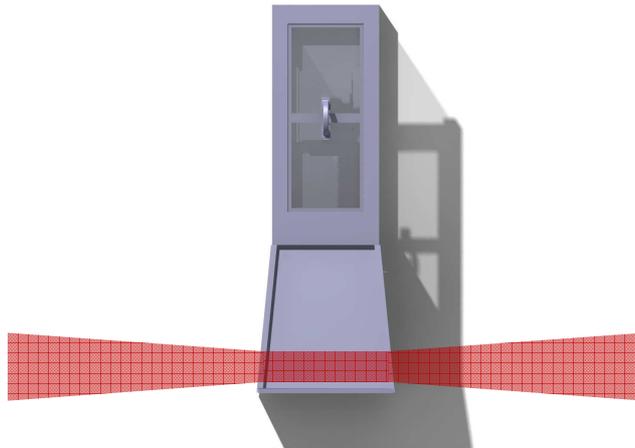


Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..** 1. Plan de rotation de l'hélice

1.2.2 Assemblage

7. **Annoncer** la procédure d'assemblage;
8. **Démarrer le chronomètre** et commencer l'assemblage, incluant tous les branchements électriques nécessaires;
9. Dès que l'assemblage est complété, **arrêter le chronomètre** et déclarer le temps d'assemblage.

1.2.3 Mesure de vitesse

10. **Annoncer** les vitesses attendues;
11. Exiger du public de se tenir loin du plan de rotation de l'hélice en tout temps;
12. **Démarrer la soufflerie** et régler le servo-testeur à la **position 1.8 ms**, à 12 V, sans excéder 30 A;
13. **Mesurer la première vitesse** à l'aide de l'anémomètre;
14. **Arrêter la soufflerie**;
15. **Démarrer la soufflerie** et régler le servo-testeur à la **position 1.5 ms**, à 12 V, sans excéder 30 A;
16. **Mesurer la deuxième vitesse** à l'aide de l'anémomètre;
17. **Varié l'angle d'attaque**, puis reprendre les étapes **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** à **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

1.2.4 Autres tests

Les essais de mesure de portance, de poids et du centre de masse ne sont pas couverts par ce protocole, celui-ci se limitant à la mesure de vitesse.

1.2.5 Désassemblage

18. **Annoncer** la procédure de désassemblage;
19. **Désassembler** la soufflerie;
20. **Conclure la présentation** de la soufflerie et des essais;
21. **Ranger l'équipement utilisé** pour les essais (tableau, cordon d'alimentation extensible, table d'essais).

1.3 DONNÉES

Les données mesurées avec le protocole décrit sont consignées dans le tableau 1.1.

Tableau 1.1. Données enregistrées lors des tests du 8 avril 2014

Angle α		Portance (g)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Portance (g)	Vitesse d'écoulement (m/s)
$\alpha = 15^\circ$	Mesuré	780	10	355	5.3
	Déclaré	975	10	416	5.5
	Écart (%)	20	0	14.66	3.64
$\alpha = 0^\circ$	Mesuré	520	10	290	5.3
	Déclaré	600	10	200	5.5
	Écart (%)	13.33	0	45	3.64

1.4 INTERPRÉTATION DES ÉCARTS

Au cours d'un projet de conception, il est important d'essayer de prévoir les résultats théoriques afin que ceux-ci concordent avec les résultats calculés et attendus par le client. Toutefois, la précision de ces prévisions peut parfois être erronée. Il est donc crucial d'analyser et d'interpréter ces écarts entre la théorie et la pratique afin de les minimiser dans les projets futurs et d'essayer de corriger et améliorer le prototype.

Ainsi, lors des essais du prototype le 8 avril, plusieurs sources d'erreurs ont pu se glisser. Le tableau 1.2 suivant présente les sources d'écarts significatifs potentiels avec les prévisions faites. Avant une mise en marché de la soufflerie, il serait essentiel de corriger ces écarts ou de diminuer leurs effets.

Tableau 1.2. Sources potentielles d'écarts entre les prédictions et les mesures

Sources d'écarts		Description
1	Moteur « brushless » endommagé	Peu avant les essais, le moteur d'aéromodélisme à subi un survoltage, ce qui a probablement fait chuter ses performances lors des tests.
2	Couche limite d'écoulement	Dans les calculs, la viscosité de l'air et la friction avec les parois n'ont pas été pris en compte.
3	Forme du diffuseur	La forme du diffuseur n'a pas été optimisée afin d'éviter les pertes de débit. En effet, même en ayant réduit la pente de la tuyère, le refoulement d'air diminuait la vitesse mesurée.
4	Fuite dans les joints de sections	Des fuites étaient présentes dans les joints de section due aux différences de pression.
5	Ajustement du servo-testeur	Il est possible d'ajuster l'alimentation en ampérage au moteur à partir du servo-testeur. Cependant, la reproductibilité des résultats de celui-ci n'a pas été évaluée.
6	Imperfection des profils d'ailes	La finesse du profil d'aile utilisée dans les calculs peut être différente de celle réellement obtenue lors de la fabrication de celui-ci, ce qui fausse les calculs pour la portance.
7	Précision de la mesure de vitesse	Étant donné le volume imposant du profil d'aile utilisé, la vitesse d'écoulement a dû être prise avec la moyenne des vitesses mesurées en haut et en bas de l'extrémité arrière du profil, ce qui est moins représentatif de la vitesse perçue à l'avant de la veine d'essai.

En conclusion, les résultats, calculs et interprétations permettent de constater que plusieurs modifications pourraient encore être effectuées au produit final afin d'optimiser ses performances et sa sécurité.

D'abord, l'hélice de 12 pouces utilisée semble avoir été trop lourde pour le moteur « brushless » qui n'est pas conçu pour générer de grands couples. Ainsi, une hélice plus petite pourrait générer une plus grande poussée vers la tuyère et donc une plus grande vitesse dans la veine.

Puis, afin de palier à certaines faiblesses au niveau de la sécurité, des collants de mise en gardes devraient être appliqués sur la tuyère et la veine d'essai de la soufflerie. De plus, en cas de

rupture de l'hélice, la tuyère devrait être renforcée. Pour la même raison, des panneaux de protection sont aussi requis avant d'intégrer le produit dans un milieu d'apprentissage au secondaire.

CONCLUSION

En conclusion, ce bref addendum consiste en un retour sur les essais effectués le 8 avril 2014 sur la soufflerie de la compagnie II. Ce document fait suite à la conception de la soufflerie, qui a été présentée dans le rapport de l'étude de cas n° 3. Les objectifs de conception ont été atteints.

La première étape est de discuter des changements effectués sur la soufflerie fabriquée, pour mieux comprendre les faiblesses qui se sont introduites dans la conception initiale. Le protocole de test pour les essais de la soufflerie devant public est ensuite émis. Enfin, les résultats obtenus lors des essais du 8 avril sont énumérés, et une interprétation des écarts entre les données théoriques et mesurées est faite.

Dans la discussion des résultats, des recommandations sont émises pour améliorer la soufflerie et l'adapter au contexte d'enseignement au secondaire. Ces recommandations portent sur le choix du matériel d'aéromodélisme ainsi que sur des méthodes pour améliorer la sécurité de la soufflerie.

Enfin, le client a manifesté un grand intérêt pour l'achat de la soufflerie de la compagnie II. La prochaine étape sera donc la négociation et la vente de la soufflerie au Centre de développement pédagogique (CDP).