



HAL
open science

Etude du vieillissement mécanique d'une aile d'un drone solaire Study of the mechanical aging of a solar UAV wing

Q Rouxel, Pierre-Antoine Dubos, Shahram Khazaie, S Lucas, B David, Pascal Casari

► To cite this version:

Q Rouxel, Pierre-Antoine Dubos, Shahram Khazaie, S Lucas, B David, et al.. Etude du vieillissement mécanique d'une aile d'un drone solaire Study of the mechanical aging of a solar UAV wing. JNC 22, Jun 2021, Virtuelle, France. hal-04285002

HAL Id: hal-04285002

<https://hal.science/hal-04285002>

Submitted on 14 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude du vieillissement mécanique d'une aile d'un drone solaire

Study of the mechanical aging of a solar UAV wing

Q. Rouxel ^(1,2), P.-A. Dubos ⁽¹⁾, S. Khazaie ⁽¹⁾, S. Lucas ⁽²⁾, B. David ⁽²⁾, P. Casari ⁽¹⁾

1 : Institut de recherche en Génie Civil et Mécanique (UMR CNRS 6183)
Université de Nantes
58, rue Michel Ange - BP 420, 44606 Saint-Nazaire Cedex, France
e-mail : quentin.rouxel@univ-nantes.fr

2 : XSun
5, route de la Croix Moriau, 44350 Guérande, France
e-mail : contact@xsun.fr

1. Introduction

XSun est une société française basée à Guérande (44) qui développe un drone autonome, SX1.2 (Fig. 1). Cet appareil est autonome en décision grâce à un autopilote et en énergie avec un ensemble de batteries et de cellules photovoltaïques intégrées aux ailes. Cette autonomie lui permet d'effectuer des missions de surveillance sur de longues distances. L'inspection de lignes électriques, la cartographie de zones naturelles ou la surveillance de pipelines sont des exemples de missions pouvant être réalisées avec ce type de drone.



Fig. 1. Illustration du drone SX1.2

Pour alléger le drone tout en assurant une bonne résistance mécanique, l'aéronef est entièrement conçu en matériaux composites. L'intégration des cellules solaires au matériau composite crée une structure hybride qu'il convient de tester pour estimer la durée de vie des ailes [1,2]. Dans ce but, un essai de fatigue a été développé et réalisé sur une éprouvette technique qui intègre les cellules. Cet essai a été alimenté par les sollicitations auxquelles le drone est soumis, celles-ci ont été préalablement mesurées en vol [3].

2. Démarche

2.1 Mesures en vol

Pour cette étude, trois vols avec des conditions identiques (décollage par catapulte et pilotage automatique) seront étudiés. Ces vols, identifiés de un à trois, ont des durées respectives de 1085, 740 et 10450 secondes.

Dans le secteur aéronautique, le chargement des aéronefs est généralement exprimé par le facteur de charge. Ce rapport entre le poids apparent et le poids réel est facilement mesurable avec un accéléromètre vertical.

Un accéléromètre mesurant l'accélération verticale a donc été placé dans le drone et à partir de cette valeur d'accélération γ_z , le facteur de charge n_z du drone est calculé (Eq. 1) avec g l'accélération de la pesanteur.

$$n_z = \frac{g - \gamma_z}{g} \quad (1)$$

L'évolution du facteur de charge au cours d'un vol permet une étude du chargement du drone. La limite de cette étude est qu'elle se concentre sur le facteur de charge global du drone et non sur le chargement local des ailes.

Un capteur composé de quatre jauges de déformations a été placé sur le fourreau reliant les ailes entre elles (Fig. 2). Ces quatre jauges sont montées en pont de Wheatstone permettant une compensation des variations de températures ainsi qu'une meilleure sensibilité. Le suivi des déformations du fourreau lors d'un vol permet cette fois-ci une étude du chargement des ailes [4].

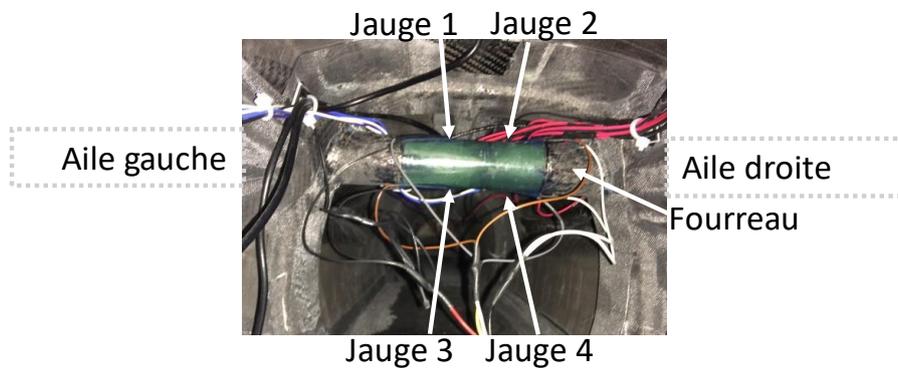


Fig. 2. Photographie du capteur de jauges de déformations sur le fourreau reliant les ailes

2.2 Essai en fatigue

Une éprouvette en matériaux composites, intégrant des cellules photovoltaïques est fabriquée (Fig. 3). Les préimprégnés utilisés sont composés de fibres de carbone tissées et de résine époxy. Le profil choisi pour celle-ci correspond au rayon de courbure maximal accepté par les cellules soit 300mm.



Fig. 3. Eprouvette technique intégrant les cellules photovoltaïques

L'essai de fatigue est réalisé avec un montage de flexion quatre points. Cette configuration permet de dégager la zone centrale de l'éprouvette pour réaliser un suivi des déformations par corrélation d'image ainsi qu'un suivi de la tension générée par les cellules photovoltaïques. La force est exercée par un vérin électrique piloté en effort. Lors des essais, l'effort et le déplacement du vérin sont enregistrés ce qui permet de détecter tout changement de raideur de l'éprouvette. L'essai en fatigue est mené de manière à reproduire le type de sollicitations mesuré par les jauges de déformations et le facteur de charge.

Une première série d'essais statiques est menée sur une éprouvette sans cellule photovoltaïque pour s'assurer du bon fonctionnement du montage. Ces essais ont été validés par une simulation numérique.

3. Résultat

3.1 Analyses statistiques des mesures en vol

L'évolution temporelle du facteur de charge lors de plusieurs vols est donc calculée. La loi de distribution de celui-ci peut donc être connue (Fig. 4).

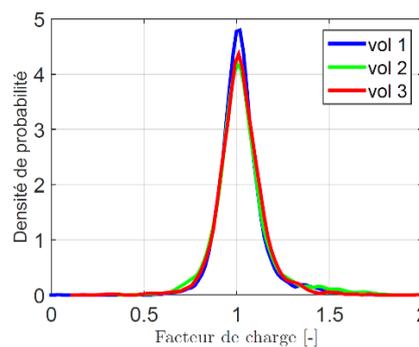


Fig. 4. Densité de probabilité du facteur de charge

La densité de probabilité se présente selon une loi normale centrée sur 1g.

De même que pour le facteur de charge, une étude est menée pour déterminer la loi de distribution de déformations du fourreau pendant un vol (Fig. 5).

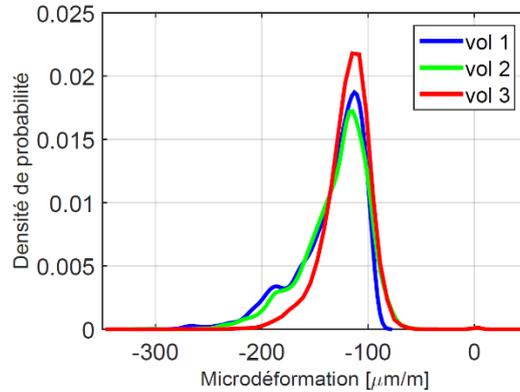


Fig. 5. Densité de probabilité des déformations du fourreau

Cette fois-ci, nous n'avons plus une loi normale centrée sur les déformations du fourreau équivalent à un chargement sous 1g. Les différences d'allure des courbes s'expliquent par l'utilisation des surfaces de contrôle des ailes pendant le vol modifiant le profil de portance des ailes, lors de la phase d'atterrissage par exemple. Ainsi plus le vol est long, plus l'influence de la phase d'atterrissage sera faible et la densité de probabilité tend vers une loi normale centrée sur les déformations du fourreau sous 1g comme dans le cas du vol 3.

Nous allons considérer la variabilité du facteur de charge, ainsi que celle de la température à laquelle le drone est soumis afin de construire le spectre de réponse du drone.

4. Conclusion

A partir de mesures en vol, un essai de vieillissement en fatigue a pu être réalisé pour trouver la zone critique de la structure de l'aile d'un drone solaire. De nouveaux essais de fatigue doivent maintenant être menés pour appuyer ces résultats et trouver des stratégies pour augmenter la durée de vie de la structure.

Références

- [1] Jason Maung, K. Thomas Hahn, K. & Ju, Y.S. (2010). Multifunctional integration of thin-film silicon solar cells on carbon-fiber-reinforced epoxy composites. *Solar Energy*. 84. 450-458.
- [2] Yossef, M. & Chen, A. (2016). Strain effect on the Performance of solar cells. *Earth and Space*. 869-880.
- [3] Schaff J.R. & Davidson B.D. (1997). Life prediction methodology for composite structures. *Journal of composite materials*. 31. 128-157
- [4] Light Aircraft Association, (2008). *Aircraft Loads and Load Testing*. 1-3.