



## Procédure de test des hélices, des pales et des moyeux, pour leur homologation WHF / EHF / FFM en vue de leur utilisation sur aéroglisseur léger de compétition.

### 1. Objectif :

L'objectif de cette procédure est l'acquisition des données de rupture des composants d'une hélice afin de définir dans quelles conditions d'utilisation et d'environnement, elle peut être utilisée en compétition ou en plaisance sur un aéroglisseur léger.

Les données de rupture de l'hélice donnent dans un premier temps la vitesse de rotation maximale admissible de l'hélice, et dans un second temps peuvent être utilisées dans la procédure de vérification de conformité au règlement de conception des aéroglisseurs de course.

### 2. Référentiel sportif et normatif :

Les essais seront menés de manière à respecter les règlements de construction des aéroglisseurs suivants :

1. WHF Racing Hovercraft Construction Requirements (up to 500 kg unladen weight), 8<sup>ème</sup> édition, November 2011,
2. EHF Racing Hovercraft Construction Requirements (up to 500 kg unladen weight), 9<sup>ème</sup> édition, November 2011,
3. FFM Règlement de Construction des Aéroglisseurs de Course ( jusqu'à 500 kg de poids à vide, 9<sup>ème</sup> édition, novembre 2011.

En appliquant les normes d'essais suivantes :

4. NF EN ISO 6892-1 :2009 : Matériaux métalliques – Essai de traction – Partie 1 : Méthode d'essai à température ambiante,
5. NF EN ISO 377 : Acier et produits en acier – position et préparation des échantillons pour essais mécaniques,
6. NF EN ISO 2566-1 : Acier – Conversion des valeurs d'allongement – Partie 1 : Aciers au carbone et aciers faiblement alliés,
7. NF EN ISO 2566-2 : Acier – Conversion des valeurs d'allongement – Partie 2 : Aciers austénitiques,
8. NF EN ISO 7500-1 : Matériaux métalliques – Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux – Partie 1 : Machines d'essai de traction/compression – Vérification et étalonnage du système de mesure de force.
9. NF EN 9513, Matériaux métalliques – Etalonnage des extensomètres utilisés lors des essais uniaxiaux.

### **3. Rappel du contexte d'utilisation des hélices homologuées WHF / EHF / FFM :**

1. Les hélices homologuées pour les compétitions WHF, EHF et FFM sont vérifiées pour une vitesse périphérique maximum  $V_{permax}$  qui correspond au cas enveloppe extrême d'utilisation qui ne doit jamais être dépassé.
2. Les moyeux des hélices sont eux aussi vérifiés pour ne jamais atteindre la rupture dans le cas d'utilisation à la vitesse périphérique hélice maximum  $V_{permax}$ .
3. L'énergie cinétique d'une pale d'hélice brisée est ensuite calculée pour définir la catégorie de résistance des confinements de l'hélice garantissant qu'un morceau d'hélice brisée ne peut blesser un tiers en quittant le volume de confinement que représente le conduit d'hélice, sa protection frontale : la grille d'admission et sa protection dorsale : les redresseurs ou le système réglementaire équivalent.
4. De plus, la vitesse périphérique maximum  $V_{permax}$  ne doit pas dépasser, pour des raisons acoustiques, la vitesse de 168 m/s pour les hélices de provenance industrielle et 200 m/s pour les hélices bois de type aviation. Mais cette vitesse peut être réduite arbitrairement à l'homologation, pour respecter le niveau de pression acoustique maximum réglementaire fixé par le règlement de compétition.
5. *Le lecteur pourra, pour se faire une idée des conditions de protection et de leur origine, lire la note explicative et utiliser le tableur Excel associé. (Cf. Procédure-de-test-de-confinement-d'une-hélice.xls.)*

### **4. Principe du test des pales d'hélice homologuées WHF / EHF / FFM :**

L'essai commence par une pesée et une mesure de la position du centre de gravité de l'éprouvette « une pale d'hélice » du modèle à valider, pour déterminer ses caractéristiques physiques suivantes :

1.  $M_{pale}$ , la masse de la pale avant essai, pour définir la quantité de matière d'une pale,
2.  $R_{CDGpale}$ , le rayon position du centre de gravité de la pale par rapport à l'axe de rotation,

L'essai consiste à soumettre l'éprouvette fixée comme dans son moyeu d'une part et dans un système de pince du profil, d'autre part, à une force de traction, généralement jusqu'à la rupture, pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques suivantes :

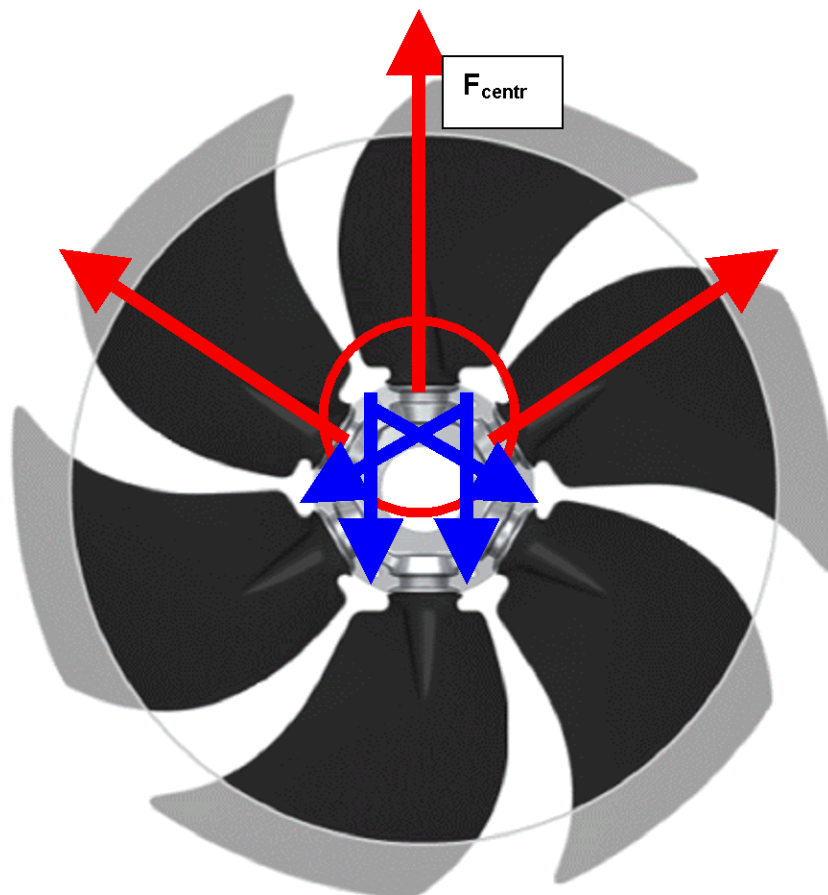
3.  $F_{max}$ , L'effort de rupture de la pale en traction, c'est-à-dire la plus grande force supportée par l'éprouvette au cours de l'essai avant rupture. Au cas où l'on atteindrait la capacité maximum de l'appareil de mesure sans rupture, cette valeur de l'appareil serait retenue comme valeur de l'effort  $F_{max}$ ,
4.  $\Delta_l$ , l'allongement de la pièce, c'est-à-dire l'accroissement de longueur de la zone de référence de la pale, de longueur  $L_0$ , à un instant quelconque de l'essai, en fonction de l'effort appliqué  $F_{test}$ .

*Le règlement exige un facteur de sécurité minimum de 2 entre l'effort centrifuge appliqué sur la pale par la vitesse de rotation maximale atteinte par l'hélice et la force de rupture, ce qui veut dire que l'effort centrifuge ne doit jamais dépasser la moitié de l'effort de rupture des tests de pale. (Cf. classeur « Contrôles-hélices-Moyeux-FFM.xls)*

## 5. Principe du test des moyeux d'hélice homologués WHF / EHF / FFM :

L'essai consiste à soumettre une éprouvette, composée d'un moignon de pale d'hélice en aluminium fixée comme dans son moyeu, à une déformation due à une force de traction, généralement jusqu'à la rupture, pour déterminer les caractéristiques physiques et mécaniques suivantes :

1.  $M_{Hub}$ , la masse du moyeu avant tout essai, pour avoir une référence de la quantité de matière d'un moyeu et mesurer ce qui part avec la pale,
2.  $F_{maxH}$ , L'effort de rupture du moyeu en traction, c'est-à-dire la plus grande force supportée par l'éprouvette au cours de l'essai avant rupture. Au cas où l'on atteindrait la capacité maximum de l'appareil de mesure sans rupture, cette valeur de l'appareil serait retenue comme valeur de l'effort  $F_{maxH}$ ,
3. *Considérant l'effort appliqué sur la pale, multiplié par 2 de l'étape précédente, le règlement exige un facteur de sécurité minimum de 4 entre l'effort centrifuge appliqué sur la pale par la vitesse de rotation maximale de l'hélice et la force de rupture du moyeu, considérant que l'effort sur l'assemblage d'une pale est le cumul des efforts de la pale et de deux demi efforts d'assemblage des pales adjacentes. (Cf. schéma ci-dessous).*



## 6. Homologation des hélices testées WHF / EHF / FFM :

L'objectif de ces deux tests est de réduire au maximum les risques de rupture de pales.

Toutefois, des cas particuliers, eau qui entre dans l'hélice à plein régime, choc violent sur la coque qui fait entrer en contact l'hélice et le conduit, peut entraîner la rupture de l'hélice et la diffusion de débris à forte énergie cinétique.

La sécurité est alors assurée par l'enceinte de confinement des débris d'hélice qui fait l'objet d'une autre procédure de définition et d'homologation. Toutefois, la procédure d'homologation des hélices définit le niveau réglementaire de résistance de l'enceinte de confinement imposé par l'homologation de l'hélice.

Ce niveau est défini par le calcul de l'énergie cinétique de la pale prise dans sa globalité comme un débris unique lâché avec une vitesse initiale égale à la vitesse périphérique maximale du Centre de Gravité de la pale.

Si cette énergie cinétique est inférieure ou égale à 1 850 J l'enceinte de confinement doit respecter les conditions de confinement de la catégorie A.

Si cette énergie cinétique est inférieure ou égale à 3 000 J l'enceinte de confinement doit respecter les conditions de confinement de la catégorie B.

Si cette énergie cinétique est supérieure à 3 000 J, la vitesse périphérique maximum hélice doit être réduite jusqu'à ramener l'énergie cinétique en dessous de 3 000 J, faute de quoi l'hélice est déclarée non homologable.

## **7. Présentation des tests par un prestataire indépendant :**

Les tests d'introduction d'un nouveau matériel sont à la charge de la personne qui veut introduire ce nouveau matériel. Afin de ne pas surcharger les coûts de test pour les candidats, il est possible de faire réaliser les tests dans des laboratoires privés ou publics dès lors qu'ils respectent le formalisme suivant :

Chaque rapport de test doit clairement identifier :

1. le **prestataire ayant procédé aux tests**, avec son adresse, le nom du responsable des tests et un téléphone et une adresse mail de contact,
2. le **commanditaire des tests** qui a fourni les pièces à tester, son adresse, son téléphone et une adresse mail de contact,
3. le lot et la référence constructeur des pièces testées : **Chaque série de test doit être menée sur des échantillons clairement identifiés :**
  - Les échantillons sont numérotés, pesés au gramme près, et référencés par leur désignation « constructeur »: **Exemple pales série 5Z L en PAG, production 10/2011, numéros échantillons 1 à 5, poids P1 à P5, position du centre de gravité mesuré par la méthode du couteau (rayon par rapport à l'axe de rotation).**
  - Les échantillons sont photographiés avant essai de traction, avec leur numéros **visibles**, ils seront photographiés à nouveau dans le même contexte après rupture.
  - Le rapport de test spécifiera la vitesse de mise en charge.
  - *Si la machine le permet, car elle enregistre la chronologie du test, fournir les éléments enregistrés, allongement par rapport à la charge appliquée, graphe effort déformation ou contrainte déformation, et valeurs clefs du test.*

- *Matérialiser la dernière opération d'étalonnage de la machine.* Pour les machines d'école, n'ayant pas nécessairement les moyens de procéder à un étalonnage annuel, le spécifier sur le rapport, fournir la valeur de rupture lue sur la machine et prendre un abattement de 5% de réduction sur les valeurs obtenues pour placer volontairement l'incertitude de mesure dans un sens favorable à la sécurité.
- Extraire des tests les différentes valeurs de rupture pales et moyeux des échantillons.
- *Pour chaque test, fournir des photos du montage de test avant commencement des tests, en cours, et à la rupture.*
- Les échantillons seront conservés par le commanditaire et présentés avec le rapport de tests pour homologation des résultats.

### **8. Homologation des résultats de test par le Comité Technique FFM :**

Le rapport de tests sera évalué à partir de la procédure contenue dans le fichier excel « [Procédure de test d'une hélice HCGB WHF.xls](#) »

Si toutes les conditions requises définies ci-dessus sont respectées, le Comité technique produira un rapport d'enregistrement des tests avec confirmation des paramètres admissibles :

1. Effort de rupture des pales intégré dans la table 12-1 du règlement WHF,
2. Effort de rupture du moyeu intégré dans la table 12-1 du règlement WHF,
3. Vitesse maximum périphérique accordée à l'homologation,
4. Masse type retenue pour les pales,
5. Position du centre de gravité retenue pour les pales,
6. Energie cinétique de référence WHF, et catégorie du confinement prévu, catégorie A ou B.
7. Numéro d'enregistrement d'agrément de l'hélice composée de pales x, de moyeu y et de boulonnerie z.

Il transmettra une copie des tests à la WHF pour enregistrement des valeurs homologuées dans le référentiel WHF.

### **9. NOTA BENE ; Homologation de pièces constructeur modifiées :**

Il arrive que des utilisateurs modifient des pièces de provenance constructeur, parce qu'elles leur paraissent plus fiables ou plus solides. Seules les pièces d'origine des fabricants inscrits dans la table 12-1 WHF sont considérées comme homologuées à ce jour.

Les utilisations de pièces modifiées telles que moyeux dont les trous de fixation d'origine de diamètre Ø 6 mm, ont été taraudés en M8 pour être utilisés avec des contre écrous ne sont pas homologués. Pour être homologués ces moyeux doivent être présentés avec une pièce type et un plan montrant les modifications qu'il convient d'homologuer sur les pièces modifiées, afin que le moyeu ainsi modifié puisse subir les tests d'homologation, recevoir un nouveau numéro d'enregistrement propre à la modification et se voir affecter les paramètres admissibles à cette configuration.

**Référence de la Publication – ADF 010 Français**  
© **Traduction compilation réalisée par ADF / Normandie Aérogliss'Eure**  
**A partir de documents anglais et français**  
**Pour de plus amples détails concernant cette procédure**  
**Contactez Jean-François BERRY : [jfberry@numericable.fr](mailto:jfberry@numericable.fr)**

## **10. ANNEXE : Exemple de rapport d'essai.**