

## MANUEL D'INSTRUCTIONS DE L'HÉLICE SWIRL



---

**Ce présent manuel d'instruction est à conserver pendant toute la durée de vie de l'hélice.**  
Il peut être amené à évoluer. Le propriétaire est tenu de s'informer auprès de la société DUC Hélices  
de la dernière version de manuel valide en cours applicable à l'hélice.



## Sommaire

1. Présentation de l'hélice SWIRL .....	4
1.1. Caractéristiques .....	4
1.2. Avantages du profil aérodynamique SWIRL .....	4
1.3. Moyeu Carbone Forgé® .....	4
1.4. Option bord d'attaque renforcé en Inconel.....	5
1.5. Accessoires .....	5
2. Précautions d'installation .....	5
3. Applications.....	6
4. Instructions de montage.....	7
4.1. Composants de l'hélice .....	7
4.2. Assemblage de l'hélice sur table.....	7
4.3. Installation de l'hélice sur l'avion.....	8
4.4. Réglage de l'angle de calage de l'hélice.....	10
5. Potentiel d'utilisation & Maintenance de l'hélice .....	11
5.1. Potentiel d'utilisation de l'hélice : Illimité .....	11
5.2. Maintenance régulière (par l'utilisateur).....	11
5.3. Maintenance générale (par l'utilisateur ou un atelier aéronautique).....	11
5.4. Maintenance complète à l'atteinte du TBO (par DUC Hélices).....	12
6. Conditions Générales de Vente .....	12
6.1. Formation du contrat .....	12
6.2. Livraison .....	12
6.3. Prix .....	12
6.4. Droit de rétractation.....	12
6.5. Garanties.....	12
6.6. Protection des données personnelles .....	12
6.7. Litiges .....	12
7. Annexes .....	13
I. Dossier technique du moyeu d'hélice CARBONE FORGÉ®.....	13
II. Dossier technique de la pale SWIRL Standard et Inconel.....	14

## 1. Présentation de l'hélice SWIRL

### 1.1. Caractéristiques

L'hélice SWIRL est disponible en :

- Bipale, Tripale

Pour les motorisations à forte puissance, sa structure peut être renforcée (SWIRL-R).

Diamètres existants :

- Ø1520, Ø1620, Ø1660 et Ø1730 mm  
Ø59.8, Ø63.8, Ø65.4 et Ø68.1 pouce

Masse :

- |                                |         |             |
|--------------------------------|---------|-------------|
| ▪ Bipale SWIRL Standard Ø1730  | 2.72 kg | 6.00 livres |
| ▪ Tripale SWIRL Standard Ø1730 | 3.63 kg | 8.00 livres |
| ▪ Bipale SWIRL Inconel Ø1730   | 2.85 kg | 6.17 livres |
| ▪ Tripale SWIRL Inconel Ø1730  | 3.75 kg | 8.27 livres |



### 1.2. Avantages du profil aérodynamique SWIRL

Le design aérodynamique de cette hélice a été étudié pour avoir un effet « **constant speed** ».

Les pales de celle-ci sont fabriquées à partir de nappes de fibres de carbone unidirectionnelles préimprégnées de résine époxy et leur structure a été définie afin d'obtenir des contraintes maximales en **torsion** et en **flexion**.

C'est pourquoi l'effet « constant speed » n'est pas lié à la déformation de la pale mais à sa géométrie et son profil particulier.

Du fait du **profil extra plat et d'une faible corde**, un **excellent rendement** est obtenu aussi bien en :

- **Performance aérodynamique qu'acoustique, mais aussi en consommation.**

Grâce à l'effet « constant speed », il y a une **très faible variation de régime moteur** entre le statique et le dynamique.

Cette hélice permet d'avoir d'**excellentes performances** sur l'ensemble du domaine de vol à savoir :

- **Meilleure efficacité au décollage et en taux de montée due au régime moteur plus élevé**
- **Beaucoup d'allonge en croisière**
- **Un grand confort d'utilisation**

### 1.3. Moyeu Carbone Forgé®



Le moyeu de l'hélice est fabriqué selon le procédé breveté **Carbone Forgé®**. Fabriqué à partir de nappes de fibres de carbone unidirectionnelles préimprégnées de résine époxy, celui-ci permet un gain de poids tout en ayant des caractéristiques de résistance mécanique exceptionnelles.



Pour plus d'information : [www.carbone-forge.com](http://www.carbone-forge.com)

## 1.4. Option bord d'attaque renforcé en Inconel



La pale SWIRL est disponible en deux versions de bord d'attaque :

- **SWIRL Standard** ou **SWIRL Inconel**

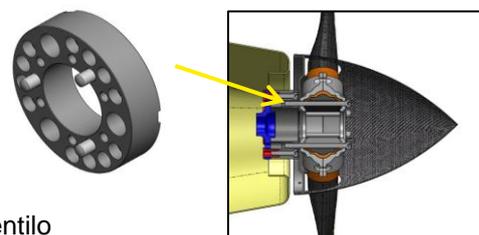
La pale **SWIRL Inconel** a la particularité d'être protégée au niveau du bord d'attaque avec un renfort métallique en Inconel. Ce matériau est un inox réfractaire avec une dureté de surface très élevée.



## 1.5. Accessoires

- **Entretoise d'adaptation de montage en aluminium**

Permet d'ajuster le placement de l'hélice sur l'avion en fonction de la position du porte-hélice du moteur et de son capot moteur.



- **Cônes en diamètre Ø210 (Ø8.3pouces) et Ø250mm (Ø9.8pouces)**

Standard

Turbo

Ventilo

(améliore refroidissement en statique)

(améliore refroidissement en vol)



- **Outil de réglage pour l'ajustement de l'angle de calage des pales**

- **Housse de protection de pale**

- **Produit de nettoyage d'hélice composite**

Faites des économies ! Une hélice propre a un meilleur rendement et diminue la consommation.



## 2. Précautions d'installation

**AVERTISSEMENT** Assurez-vous que le circuit d'allumage est hors tension avant de débuter tout type opération sur l'hélice. Ne pas faire tourner le moteur sans hélice, des dommages moteur en résulteront.

**IMPORTANT** Les pales d'une hélice font partie d'un ensemble. **NE PAS LES INTERCHANGER** avec d'autres pales provenant d'hélices similaires. Les pales d'une hélice sont fabriquées selon leur application. Leur structure, masse et équilibrage sont différents d'une hélice à l'autre.

**Le cône est un élément important pour le refroidissement du moteur.** L'avion ne doit pas voler sans cône d'hélice.

La version Turbo des cônes DUC est particulièrement adaptée aux moteurs à refroidissement à air (Jabiru, ...). Il limite les variations de température du moteur entre le décollage à plein régime et le vol en croisière mais également en statique ou sur un taxiway. Le montage d'un cône différent des cônes DUC devra faire l'objet d'un avenant au présent manuel d'instructions validé par la société DUC afin de confirmer sa compatibilité au montage de l'hélice.

Sur les moteurs 2 temps et autres moteurs réduits d'une puissance inférieure à 65cv, les vis sont capables de travailler en cisaillement en fond de filet. Pour les moteurs 4 temps réduits (Ex : Rotax 912S) avec un porte-hélice équipé de trous lisses, les vis doivent travailler sur leur corps lisse (la valeur de cisaillement d'une vis sur la partie lisse est 2 fois supérieure à celle de la partie filetée). Pour les autres moteurs en prise directe ou pour les moteurs réduits dont la puissance est supérieure à 65cv, il convient de rajouter 3 pions diamètre Ø10mm sur le porte-hélice. **L'hélice vous est livrée avec les vis adéquates. Le changement des vis est contraire à nos préconisations sauf validation par les constructeurs.**

**CONDITIONS DE GARANTIE** L'utilisateur vole toujours sous son entière responsabilité (Cf. 6. Conditions Générales de Vente).

### 3. Applications

Les hélices DUC sont données pour un potentiel de vol illimité dans des conditions normales de fonctionnement. Pour conserver le potentiel illimité, DUC Hélices a déterminé un TBO (temps entre révision) pour une hélice en fonction du moteur qu'elle équipe. Consulter la rubrique 5. **Potentiel d'utilisation & Maintenance** pour davantage d'information.

Moteur	Type	Réducteur	Hélice préconisée	Diamètre hélice (mm)	Angle de calage (°)	TBO - Temps entre révision (heure)
<b>3 AXES TRACTIFS</b>						
ROTAX 912	4 temps	2.273	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1660	20°	800
		2.43	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1660	23°	800
ROTAX 912S	4 temps	2.43	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	24°	800
ROTAX 914	4 temps	2.43	Tripale SWIRL-R Standard ou Inconel Droite	Ø1730	25°	800
ROTAX 503	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	16°	800
		2.62	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	18°	800
		3	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	15°	800
ROTAX 582	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	18°	800
		2.62	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660	20°	800
		3	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1730	17°	800
JABIRU 2200	4 temps	-	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1520	16°	600
JABIRU 3300	4 temps	-	Tripale SWIRL-R Standard ou Inconel Droite	Ø1620	17°	600
HKS	4 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1660 à 1700	Nous consulter	800
CONTINENTAL O-200 LYCOMING O-235	4 temps	-	Tripale SWIRL-R Standard ou Inconel Droite	Ø1660	20°	600
VOLKSWAGEN	4 temps	-	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite ou Gauche suivant adaptation du moteur	Ø1520 à 1620	Nous consulter	600
<b>3 AXES PROPULSIFS</b>						
ROTAX 912	4 temps	2.273	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1730	20°	800
		2.43	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1730	20°	800
ROTAX 912S	4 temps	2.43	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Gauche	Ø1730	24°	800
ROTAX 503	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	13°	800
		2.62	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	16°	800
		3	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	15°	800
ROTAX 582	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	15°	800
		2.62	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	18°	800
		3	Tripale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	17°	800
<b>PENDULAIRES</b>						
ROTAX 503	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	16°	800
ROTAX 582	2 temps	2.58	Bipale SWIRL Standard ou Inconel Droite	Ø1730	18°	800
<b>AUTRES APPLICATIONS</b>						
Pour toutes autres applications, merci de contacter la société DUC Hélices pour évaluer la possibilité d'adaptation de l'hélice SWIRL.						

\* Ø 1730mm = Ø68.12pouces ; Ø 1660mm = Ø65.4pouces ; Ø 1620mm = Ø63.8pouces ; Ø 1520mm = Ø59.8pouces

#### Remarque

Les valeurs d'angle de calage sont des valeurs théoriques associées au moteur. Ce réglage doit être ajusté en fonction de l'avion (Cf. **Indications d'Essais**).

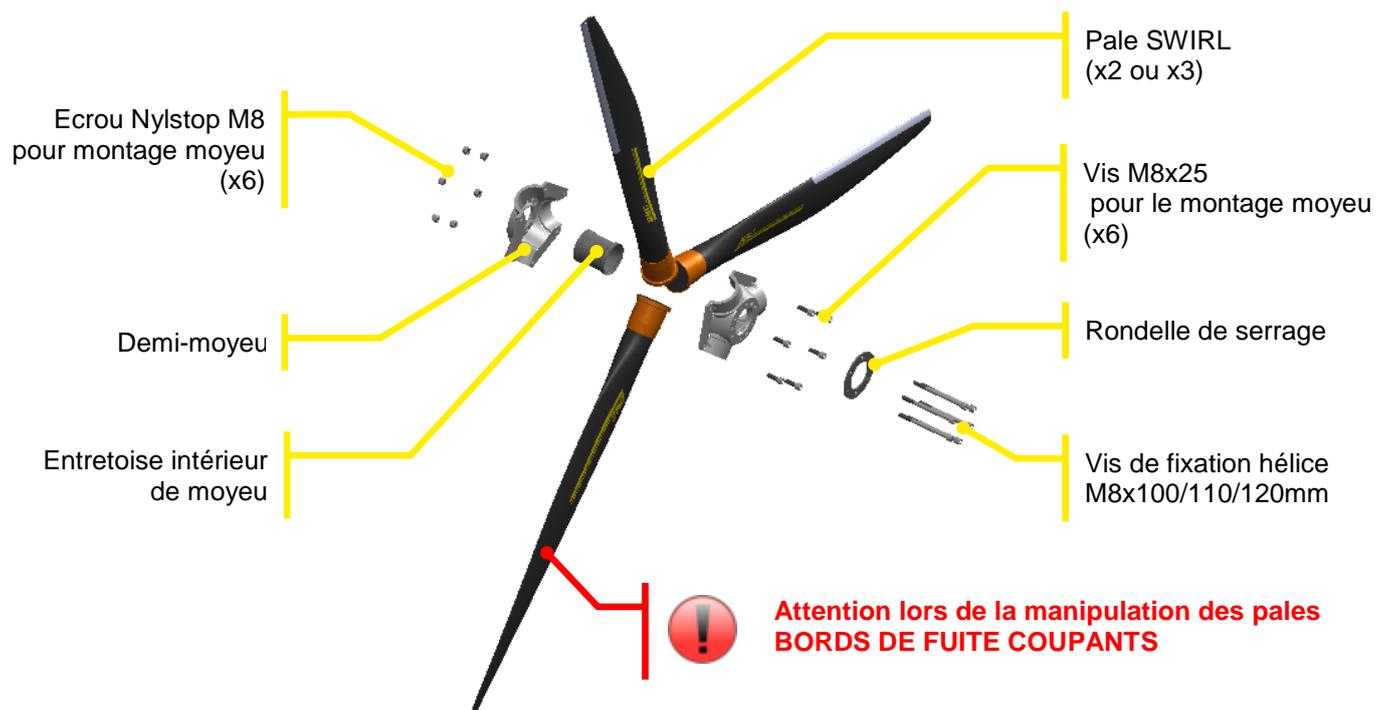
Pour une bonne utilisation de l'hélice, se reporter à la rubrique 5. **Potentiel d'utilisation & Maintenance**.

## 4. Instructions de montage

Le montage de l'hélice SWIRL est illustré ci-après. La procédure s'applique aussi bien aux hélices bipales que tripales.

Pour tout renseignement complémentaire, contacter la société DUC Hélices.

### 4.1. Composants de l'hélice



### 4.2. Assemblage de l'hélice sur table

#### ETAPE 1



Placer un demi-moyeu avec son entretoise au centre sur une table de travail.

#### ETAPE 2



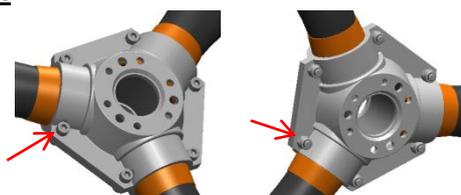
Placer les pales dans leur logement en les calant vers l'extérieur. **Orienter l'autocollant DUC face à vous.**

#### ETAPE 3



Placer le second demi-moyeu sur le tout pour s'emboîter avec les pieds de pale.

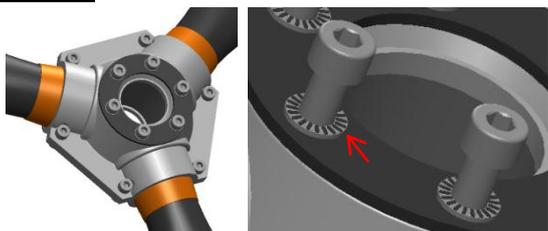
#### ETAPE 4



Depuis l'avant du moyeu, mettre en place les 6 vis courtes M8x25mm d'assemblage du moyeu.

A l'arrière, placer les écrous et les serrer modérément.

## ETAPE 5

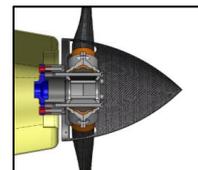


Positionner la rondelle de serrage sur la face avant du moyeu de l'hélice (côté autocollant), puis placer les 6 grandes vis de fixation M8x100/110/120mm avec leur rondelle.

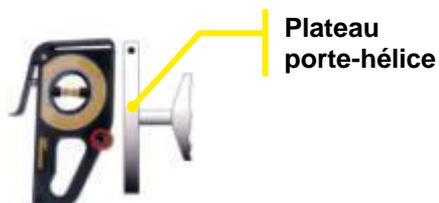
**Les cannelures de rondelle doivent être en contact avec la tête de la vis.**

### 4.3. Installation de l'hélice sur l'avion

Selon votre configuration, une entretoise d'adaptation peut être installée sur votre porte-hélice moteur.

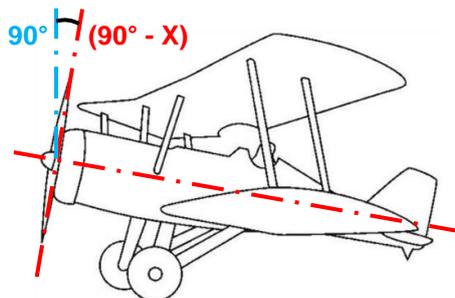


## ETAPE 6

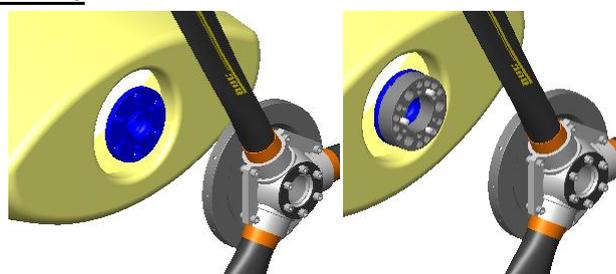


Plateau porte-hélice

Placer votre appareil de manière à ce que le plateau porte-hélice soit parfaitement vertical.  
 Contrôler avec le niveau de l'outil de réglage ( $90^\circ$ ).  
**Dans l'impossibilité de modifier l'axe longitudinal de l'appareil, relever la valeur X de l'angle d'inclinaison du plateau porte-hélice pour la soustraire à la valeur de l'angle de calage à régler.**

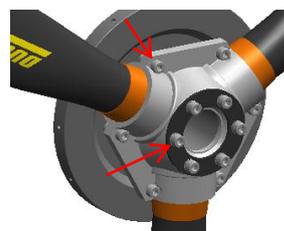


## ETAPE 8



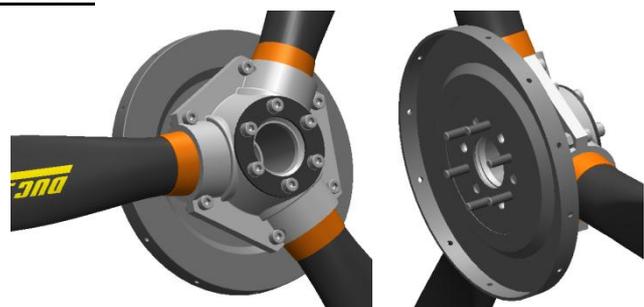
Installer l'ensemble empilé sur le porte-hélice (ou l'entretoise d'adaptation correspondante).  
**Serrer modérément.**

## ETAPE 9



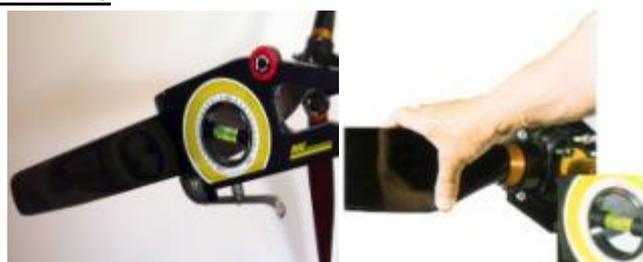
Desserrer légèrement les vis d'assemblage de manière à ce que chaque pale puisse pivoter dans son logement.

## ETAPE 7



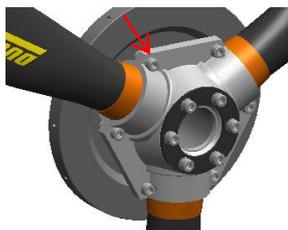
Depuis l'arrière de l'ensemble, positionner la platine de fixation du cône selon les vis de fixation.  
**Attention à respecter le sens de la platine.**

## ETAPE 10



Régler l'angle de calage des pales avec l'outil de réglage. Consulter la rubrique **4.4. Réglage de l'angle de calage de l'hélice.**

## ETAPE 11



Lorsque les pales sont réglées à l'angle approprié de leur application, serrer l'ensemble des vis à un **couple de 25Nm (2.5kg/m)**.

**COUPLE DE SERRAGE DES VIS = 25Nm (2.5kg/m)**

Le serrage de l'hélice s'effectue en deux étapes :  
1<sup>er</sup> serrage pour approcher les vis en serrant modérément  
2<sup>nd</sup> serrage avec une clé dynamométrique

## ETAPE 12



Une fois que tous les réglages de l'hélice ont été réalisés, monter le cône de l'hélice en serrant les vis à un **couple 4Nm (0.4kg/m)** avec l'outillage approprié.

A ce point, l'hélice SWIRL est prête pour les premiers essais.

### ATTENTION

Après 1 heure de fonctionnement, suite au montage ou à une modification du montage, resserrer votre hélice selon les indications de montage.

*Un marquage à la peinture des vis peut être fait pour permettre un contrôle visuel du bon serrage des vis.*

### PRECAUTIONS

Si vous constatez la moindre anomalie de montage ou de fonctionnement, n'entrez pas de vol et contactez immédiatement la société DUC Hélices.



**Prendre conscience des risques potentiels lors du montage et des premiers essais de l'hélice. Soyez concentré, attentif et vigilant à votre entourage. Vérifier plusieurs fois les points à respecter. Conserver de grandes distances de sécurité lors des mises en fonctionnement.**

Les accessoires de fixation et l'hélice doivent être montés conformément aux notices techniques de la société DUC.

Le non-respect de ces données dégageait de toute responsabilité notre société (Consulter la rubrique 6. **Conditions Générales de Vente**).

### INDICATIONS D'ESSAIS



Les essais sont importants. Il est normal de devoir faire plusieurs réglages successifs en alternant essais au sol et en vol.

**ESSAI PRELIMINAIRE pour sécuriser 1<sup>er</sup> vol (Essai au sol)** : Immobiliser votre appareil, freins bloqués. Respecter les recommandations du constructeur concernant la sécurité.

Mettre le moteur en marche, laisser chauffer.

**Gaz à fond**, le régime moteur doit se situer au moins à 85% du régime moteur maximal préconisé en vol par le constructeur. **Si ce n'est pas le cas, ajuster l'angle de calage des pales.** Ajouter de l'angle pour réduire le régime moteur (et inversement). 1° d'angle de calage influe d'environ 200 tr/min sur le régime moteur.

**ESSAI DE VALIDATION du bon réglage de l'angle de calage des pales (Essai en vol)** : Vérifier tous les serrages. Décoller et se placer en vol horizontal stabilisé, vario à zéro.

**Pour le décollage, il n'est pas recommandé de mettre gaz à fond, frein serré puis de lâcher les freins. Il faut mettre les gaz progressivement, frein desserré. L'hélice a un effet constant speed, c'est pourquoi cette 2<sup>ème</sup> façon évite la cavitation au décollage. De plus, cette méthode permet de réaliser des décollages plus courts.**

**Gaz à fond**, le régime moteur maximal préconisé par le constructeur doit être atteint, **mais pas dépassé.**

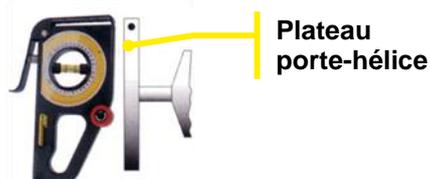
**Si ce n'est pas le cas, ajuster l'angle de calage des pales.** Ajouter de l'angle pour réduire le régime moteur (et inversement). 1° d'angle de calage influe d'environ 200 tr/min sur le régime moteur.

#### 4.4. Réglage de l'angle de calage de l'hélice

Avant tout, la pale à régler doit être en position horizontale avec son bord d'attaque vers le haut.

Le calage s'effectue avec l'outil de réglage plaqué sur l'intrados à 20 cm du bout de pale. L'angle d'attaque est formé par le plan vertical et l'intrados de la pale.

Pour cela, placer votre appareil horizontal, de manière à ce que le plateau porte-hélice soit parfaitement vertical.

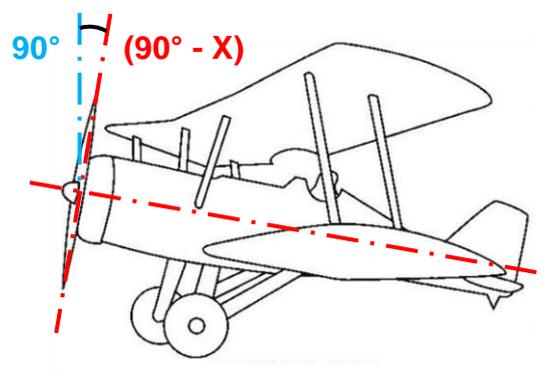
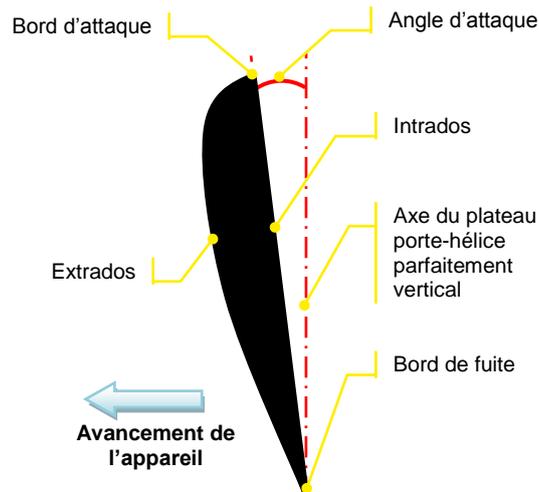


Contrôler avec le niveau de l'outil de réglage (90°).

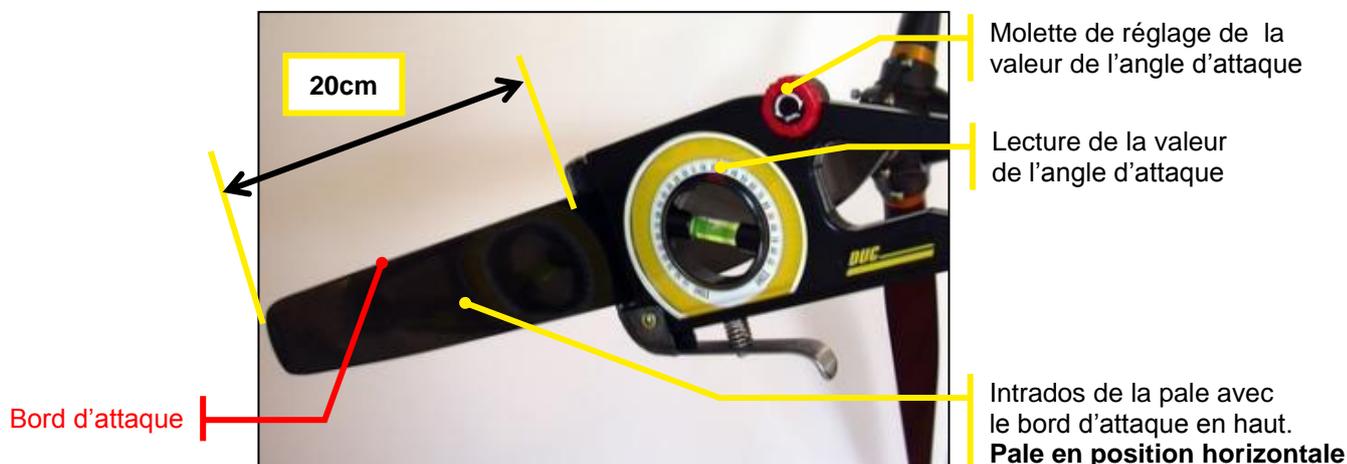
Dans l'impossibilité de modifier l'axe longitudinal de l'appareil, relever la valeur **X** de l'angle d'inclinaison du plateau pour la soustraire à la valeur de l'angle de calage à régler.

#### Procédure :

- 1) Vis de fixation de l'hélice et du moyeu légèrement desserrées, pale horizontale, bord d'attaque vers le haut, placer l'outil de réglage par le bord de fuite à 20cm du bout de la pale, côté intrados (plat) de la pale, poignée vers le bas (Cf. photo ci-dessous).
- 2) Régler la valeur voulue (recalculée si besoin selon l'inclinaison de l'appareil) sur l'outil.
- 3) A l'aide d'un maillet nylon, tapoter légèrement au niveau du pied de pale pour faire pivoter la pale dans le sens voulu.
- 4) Une fois l'angle de calage désiré obtenu, effectuer la même opération sur chacune des autres pales. Retirer l'outil et effectuer le serrage des vis de fixation de l'hélice en respectant le couple de serrage de 25N.m (2.5kg/m).



**COUPLE DE SERRAGE DES VIS = 25Nm (2.5kg/m)**



La précision de l'outil de réglage est de 0.2°. Celle-ci est définie par la tolérance visuelle de la position de la bulle du niveau entre les deux traits.



## 5. Potentiel d'utilisation & Maintenance de l'hélice

### 5.1. Potentiel d'utilisation de l'hélice : **Illimité**

**Les hélices DUC sont données pour un potentiel de vol illimité dans des conditions normales de fonctionnement.**

Pour conserver le potentiel illimité, DUC Hélices a déterminé un TBO (temps entre révision) pour une hélice en fonction du moteur qu'elle équipe. Ce TBO en fonction de l'application est indiqué dans ce présent manuel (Consulter la rubrique 3. **Applications**). Dans tous les cas, celui-ci ne pourra pas dépasser 5 ans.

Lors d'utilisation plus intense (Ecole de pilotage, ...), ce TBO peut être doublé en conservant un contrôle au moins tous les 2 ans.

A l'atteinte de celui-ci, nous vous proposons de nous retourner l'hélice pour effectuer un contrôle totale et vérifier sa bonne utilisation.

Si aucune anomalie critique n'est détectée, celle-ci est à nouveau créditée du même TBO et vous est retournée.

Pour rappel, il n'y a pas d'impératif de tenu de carnet de vol. Mais sachez que ce contrôle est proposé comme un service à nos clients pour un suivi de navigabilité et qu'il n'y a aucune obligation. En effet, la sécurité n'en sera pas remise en cause. Les frais de port d'envoi puis de retour du matériel au client restent à sa charge.

### 5.2. Maintenance régulière (par l'utilisateur)

Pour une utilisation de l'hélice SWIRL en toute sécurité, il est nécessaire que l'utilisateur effectue une maintenance régulière pour détecter toutes anomalies. Cette maintenance s'arrête généralement à une simple vérification.

**Fréquence de vérification :** A chaque pré-vol      **Moyens de contrôle :** Inspection visuelle & Manipulation manuelle

#### Points à contrôler :

##### - Fixation de l'hélice :

En maintenant manuellement le bout d'une des pales de l'hélice, secouer fermement celle-ci pour ressentir si un jeu apparait au niveau de la fixation de l'hélice.

##### - Dégradation de l'hélice:

Vérifier visuellement l'ensemble de l'hélice sans rien démonter (pied de pale, bord d'attaque en Inconel, surface de la pale, cône, moyeu, ...)

##### - Fixation du cône :

Vérifier visuellement la bonne tenue des vis de fixation du cône. Un marquage à la peinture peut être fait entre chaque vis et le cône pour avoir un moyen de contrôle visuel du bon serrage de ces vis.

#### Possible problèmes rencontrés :

- Jeu dans le serrage des vis

- Surface dégradé due à de la saleté ou impact/Fissure apparente

#### Actions correctives (selon l'importance) :

1. Nettoyer l'hélice avec le produit de nettoyage DUC (réf. 01-80-003)

2. Effectuer une réparation avec le kit de réparation DUC (réf. 01-80-004)

3. Resserrer les vis de fixation au couple adéquat

4. Remplacer le(s) composant(s) endommagé(s)

5. Contacter DUC Hélices pour définir une solution

### 5.3. Maintenance générale (par l'utilisateur ou un atelier aéronautique)

Une maintenance générale par l'utilisateur de l'hélice ou un atelier aéronautique doit être faite à plus faible fréquence.

**Fréquence de vérification :** 100 heures ou annuelle

**Moyens de contrôle :** Inspection visuelle & Manipulation

#### Points à contrôler :

##### - Fixation de l'hélice :

En démontant le cône de l'hélice, vérifier le bon serrage de la visserie à la clé dynamométrique. Ces vis de fixation du moyeu doivent être serrées au couple approprié, défini dans la notice de montage ci-jointe.

Un marquage à la peinture de l'ensemble vis/rondelle/moyeu lors du serrage peut aussi être fait pour permettre d'effectuer une vérification visuelle au dehors de cette maintenance générale.

##### - Dégradation de l'hélice:

Vérifier visuellement l'ensemble de l'hélice (pied de pale, bord d'attaque en Inconel, surface de la pale, cône, moyeu, ...)

#### Possible problèmes rencontrés :

- Jeu dans le serrage des vis

- Surface dégradé due à de la saleté ou impact/Fissure apparente

#### Actions correctives (selon l'importance) :

1. Nettoyer l'hélice avec le produit de nettoyage DUC

2. Effectuer une réparation avec le kit de réparation DUC

3. Resserrer les vis de fixation au couple adéquat

4. Remplacer le(s) composant(s) endommagé(s)

5. Contacter DUC Hélices pour définir une solution

#### 5.4. Maintenance complète à l'atteinte du TBO (par DUC Hélices)

A l'atteinte du TBO (potentiel d'heure de vol entre révision) défini par DUC Hélice, l'hélice doit être retournée à la société pour une expertise complète de tous les composants de l'hélice.

Consulter la rubrique 3. **Applications** pour connaître la valeur du potentiel d'heures de vol du moteur considéré.

La dégradation éventuelle des composants de l'hélice peut varier en fonction du lieu d'utilisation.

### 6. Conditions Générales de Vente

#### 6.1. Formation du contrat

Les commandes passées par fax, par téléphone ou courrier électronique engagent le client dès réception par nos services de la commande et de son règlement.

#### 6.2. Livraison

La société DUC Hélices s'engage à mettre tout en œuvre afin de livrer la commande dans les délais les plus courts, et ce dès réception de la commande accompagnée du règlement. Les délais de livraison indiqués sur le bon de commande ne sont donnés qu'à titre indicatif et les retards éventuels ne donnent pas le droit à l'acheteur d'annuler la vente, de refuser la marchandise ou de réclamer des dommages et intérêts. Toute réclamation pour non-conformité ou manquement devra être transmise dans la semaine qui suit la date de réception de la commande.

La société DUC Hélices est libérée de son obligation de livraison pour tous cas fortuits ou de force majeure. A titre indicatif, les grèves totales ou partielles, les inondations, les incendies sont des cas de force majeure. Le transfert de propriété des produits livrés ou à livrer est suspendu jusqu'au paiement intégral du prix par le client et ce sans incidence sur le transfert des risques.

#### 6.3. Prix

La société DUC Hélices pourra modifier ses tarifs à tout moment.

Le client s'engage à payer le prix de vente en vigueur au moment de la saisie de la commande. Le règlement de la commande est payable d'avance en un versement lors de l'envoi à la société DUC Hélices du bon de commande.

#### 6.4. Droit de rétractation

En vertu de l'article L121-16 du Code de la consommation, le client dispose d'un délai de sept jours francs à compter de la livraison de sa commande pour faire retour des produits à la société DUC Hélices pour échange ou remboursement, sans pénalités à l'exception des frais de retour. Les produits retournés ne doivent pas avoir subi de modification, de dégâts (conséquence de choc ou à un usage anormal) et être emballés dans les conditionnements d'origine. Les marchandises expédiées en port du ne seront pas acceptées.

#### 6.5. Garanties

Les produits de la société DUC Hélices doivent être montés et utilisés conformément aux manuels d'instructions fournis. Aucune modification ne peut être effectuée sans l'accord préalable de la société DUC Hélices. Le non-respect de ces données dégage toute responsabilité de la société DUC Hélices et rend hors garantie les produits considérés.

L'utilisateur vole toujours sous son entière responsabilité.

La garantie légale des produits industriels est de six mois ou pendant la durée du potentiel entre révision (TBO) de l'hélice (dépend du moteur sur lequel elle est montée) contre les vices cachés et défauts de fabrication. Consulter la rubrique 3. **Applications** pour connaître la valeur du potentiel d'heures de vol du moteur considéré.

La société DUC Hélices garantit la défectuosité de ses produits dans le cadre d'un usage normal dans les modalités définies ci-après : Dans le cas où le client constaterait une défectuosité, il doit le signaler immédiatement à la société DUC Hélices et dispose d'un mois à compter de son achat pour le retourner à la société DUC Hélices, toutes défectuosités structurelles seront présent en compte (à l'exception des dégâts conséquence de fausse manœuvre, de choc, d'accident, d'une altération ou négligence, de l'eau ou en général d'un usage inapproprié par le type du moteur, de la puissance, de la vitesse et du réducteur). Pour bénéficier de cette garantie, le client doit obligatoirement retourner la commande à ses frais dans un délai d'un mois à compter de son achat à la société DUC Hélices accompagné du bon de livraison joint aux produits. Lors d'un retour, la société DUC Hélices ne prend aucune responsabilité pour dommages ou pertes pendant le transport à cause d'un emballage insuffisant ou inadéquat. La société DUC Hélices retourne alors à ses frais, au client, à l'adresse indiquée sur le bon de livraison, un produit identique ou équivalent.

Outre ces garanties, La société DUC Hélices ne fournit aucune autre garantie.

#### 6.6. Protection des données personnelles

Toutes les données que vous nous confiez sont protégées afin de pouvoir traiter vos commandes. En vertu de la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, vous disposez auprès du service client de La société DUC Hélices d'un droit d'accès, de consultation, de modification, de rectification et de suppression des données que vous nous avez communiquées.

#### 6.7. Litiges

Toute commande passée emporte l'adhésion du client, et ce sans aucune restriction, aux Conditions Générales de vente de La société DUC Hélices. Tout différend relatif à la vente (prix, CGV, produit ...) sera soumis au droit français devant le tribunal de commerce de Lyon.

## 7. Annexes

### I. Dossier technique du moyeu d'hélice CARBONE FORGÉ®

#### 1. COMPARAISON DEMI-MOYEU CARBONE FORGÉ® / DEMI-MOYEU ALUMINIUM

L'objectif de ces essais est d'évaluer le potentiel du demi-moyeu en composite carbone fabriquées avec le procédé CARBONE FORGÉ®, en le comparant à différents demi-moyeux réalisés avec des catégories d'aluminium différentes.

#### PIECES ET MATERIAUX

##### 4x DEMI-MOYEURS CARBONE FORGÉ®



Réalisé en fibres de carbone préimprégnée de classe 180 type aéronautique.

##### 6x DEMI-MOYEURS ALUMINIUM



- AS 7 G06 avec traitement thermique 1 : pièces n° 1 / 2
- AS 7 G06 avec traitement thermique 2 : pièces n° 3 / 4
- AS 10 S8 G sans traitement thermique : pièces n° 5 / 6

#### MASSE DES PIECES CONSIDEREES

N° pièce	Aluminium (g)	Carbone Forgé® (g)
1	537	270
2	509	272
3	520	268
4	-	270
5	528	
6	525	

Les poids des demi-moyeux carbone représentent en général la moitié du poids des pièces en aluminium.

Très faible variation de poids des pièces en CARBONE FORGÉ®.

#### PROCEDURES DE TESTS

**1<sup>er</sup> TEST :** Tension (jusqu'à 15 kN), puis compression (jusqu'à 70 kN) du demi-moyeu le long de son axe de symétrie

**2<sup>ème</sup> TEST :** Application d'une tension le long d'un axe incliné par rapport à l'axe de symétrie de la pièce.



Pour ces deux cas, les résultats en termes de rigidité et charges apparentes de rupture sont exploités. La capacité des cellules de charge étant limitée, l'essai ne pourra atteindre la rupture de la pièce dans la plupart des cas. En outre, la rupture des vis de fixation des pièces sur l'outillage durant les essais se sont plusieurs fois produites.

**3<sup>ème</sup> TEST :** Compression le long de l'axe de symétrie du demi-moyeu jusqu'à 100kN

Les pièces ont été équipées de jauges de contrainte sur leur bride plane, afin d'obtenir directement l'état de contrainte locale.

#### RESULTATS

**1<sup>er</sup> TEST :** Aucune détérioration ou fissure observées que ce soit sur les pièces en aluminium ou en composite. A noter que les résistances en tension des pièces en carbone sont comparables à celles obtenues avec les alliages d'aluminium. Cependant, vu le poids nettement inférieur des pièces en carbone, les valeurs spécifiques sont beaucoup plus élevées.

**2<sup>ème</sup> TEST :** Les pièces en carbone montrent la même ou une plus haute rigidité que les pièces en aluminium. Excepté l'échantillon d'aluminium n°1, les charges de rupture sont quasiment identiques. La rupture semble être moins fragile pour les pièces Carbone Forgé®. La propagation se produit par le délaminage de la matière autour des trous de fixation.

N° pièce	Poids (g)	Tension (N/mm)	Tension (N/mm/g)	Compression (N/mm)	Compression (N/mm/g)
<b>½ MOYEURS EN ALUMINIUM</b>					
2	509	29400	58	55500	109
6	525	27800	53	58800	112
<b>½ MOYEURS EN CARBONE FORGÉ®</b>					
3	268	28600	107	50000	186
4	270	23330	86	52600	195

N° pièce	Poids (g)	Tension (N/mm)	Tension (N/mm/g)	Rupture (kN)	Rupture (N/g)
<b>½ MOYEURS EN ALUMINIUM</b>					
1	537	7410	13.8	>43.9	-
5	528	7410	14	37.4	71
<b>½ MOYEURS EN CARBONE FORGÉ®</b>					
1	270	9610	35.6	40.5	150
2	272	8000	29.4	38.9	143

3<sup>ème</sup> TEST : Compression avec jauges de contrainte.

Unité de contrainte :  $1\mu\text{def} = 10^{-6}$

N° pièce	Résistance / Rigidité (N/ $\mu\text{def}$ )
Aluminium – pièce n°2	111
Aluminium – pièce n°3	83
Carbone – pièce n°5	47

### CONCLUSION

Le procédé CARBONE FORGE® est très adapté à la fabrication de pièces ouvragées, tel que le demi-moyeu, avec une excellente tenue mécanique et en respectant les directions renforcées de la structure. Les propriétés mécaniques examinées des moyeux CARBONE FORGE® sont comparables à celles obtenues à partir des alliages d'aluminium forgés, pour des dimensions semblables de pièces, et par conséquent de meilleures performances spécifiques, grâce à la densité plus faible du matériel (1.5 contre 2.9).

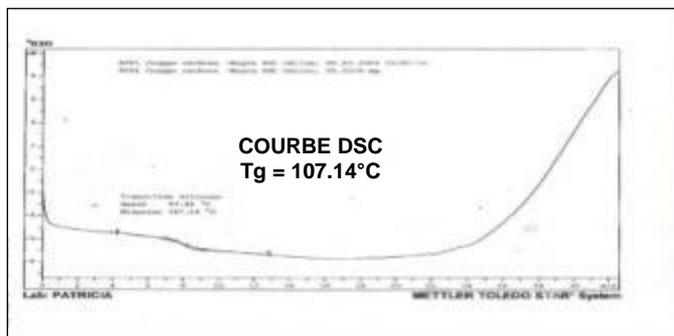
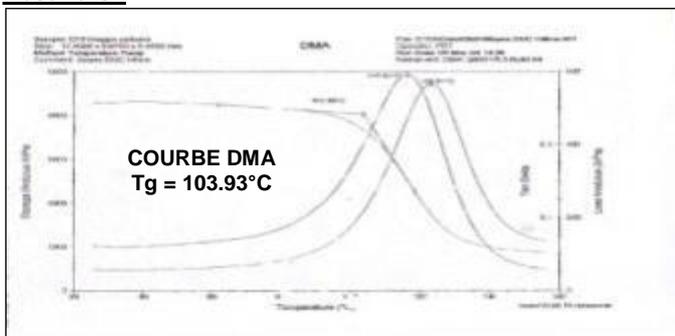
## 2. TENUE A LA TEMPERATURE – MOYEU CARBONE DUC

Les tests de tenue en température ont été réalisés sur un échantillon d'un demi-moyeu d'hélice DUC en fibres de carbone, selon le procédé CARBONE FORGE® dans le laboratoire d'HEXCEL COMPOSITES.

**Matériau :** Nappe UD de fibres de carbone préimprégné de classe 180 type aéronautique

**Procédure :** Les mesures de température de transition vitreuse  $T_v$  (ou  $T_g$ ) ont été effectués sur appareils DSC et DMA.

### Résultats :



## II. Dossier technique de la pale SWIRL Standard et Inconel

### 1. SOLLICITATION PALE SWIRL PAR FORCE CENTRIFUGE SELON LE MOTEUR/REDUCTEUR

$$\text{Calcul de la force centrifuge : } F = \frac{M \times V^2}{R_G}$$

$RPM_{\text{max}}$  : Régime moteur maximum (tr/min)  $\phi_{\text{hélice}}$  : Diamètre de l'hélice (mm)

F : Force centrifuge (N)

$RPM_{\text{red}}$  : Régime réducté (tr/min)

$G_{\text{pale}}$  : Position du centre de gravité de la pale (mm)

$F_{\text{FoS}(2)}$  : Force centrifuge avec coefficient de

Red. : réducteur

$R_G$  : Rayon du centre de gravité pale (mm)

sécurité 2 (tr/min)

V : vitesse linéaire en bout de pale de l'hélice (m/s)

M : Masse de la pale (kg)

#### Pale SWIRL Standard

MOTEUR			HELICE					FORCE CENTRIFUGE		
Type	$RPM_{\text{max}}$ (tr/min)	Red.	$RPM_{\text{red}}$ (tr/min)	$\phi_{\text{hélice}}$ (mm)	$G_{\text{pale}}$ (mm)	$R_G$ (mm)	V (m/s)	M (kg)	F (N)	$F_{\text{FoS}(2)}$ (N)
MOTEUR 4 TEMPS										
ROTAX 912	6000	2.273	2640	T- $\phi$ 1660	248	285	78.74	0.936	20 363	40 726
ROTAX 912S	6000	2.43	2469	T- $\phi$ 1730	248	285	73.65	0.952	18 121	36 243
ROTAX 914	6000	2.43	2469	T-R $\phi$ 1730	253	290	74.95	1.031	19 969	39 939
JABIRU	3300	1.00	3300	T- $\phi$ 1520	215	252	87.04	0.877	26 366	52 732
MOTEUR 2 TEMPS										
ROTAX 582	6800	2.58	2636	B- $\phi$ 1660	248	285	78.62	0.936	20 301	40 602
ROTAX 582	6800	2.62	2595	B- $\phi$ 1660	248	285	77.42	0.936	19 686	39 372
ROTAX 582	6800	3.00	2267	T- $\phi$ 1730	248	285	67.61	0.952	15 271	30 542
ROTAX 582	6800	3.47	1960	T- $\phi$ 1730	248	285	58.46	0.952	11 415	22 829
ROTAX 582	6800	4.00	1700	T- $\phi$ 1730	248	285	50.71	0.952	8 590	17 180

#### Pale SWIRL Inconel

MOTEUR			HELICE					FORCE CENTRIFUGE		
Type	$RPM_{\text{max}}$ (tr/min)	Red.	$RPM_{\text{red}}$ (tr/min)	$\phi_{\text{hélice}}$ (mm)	$G_{\text{pale}}$ (mm)	$R_G$ (mm)	V (m/s)	M (kg)	F (N)	$F_{\text{FoS}(2)}$ (N)
MOTEUR 4 TEMPS										
ROTAX 912	6000	2.273	2640	T- $\phi$ 1660	252	289	79.85	0.959	21 156	42 312
ROTAX 912S	6000	2.43	2469	T- $\phi$ 1730	263	300	77.53	0.975	19 536	39 072
ROTAX 914	6000	2.43	2469	T-R $\phi$ 1730	261	298	77.01	1.054	20 978	41 956
JABIRU	3300	1.00	3300	T- $\phi$ 1520	220	257	88.77	0.900	27 594	55 189
MOTEUR 2 TEMPS										
ROTAX 582	6800	2.58	2636	B- $\phi$ 1660	252	289	79.73	0.959	21 092	42 183
ROTAX 582	6800	2.62	2595	B- $\phi$ 1660	252	289	78.51	0.959	20 453	40 905
ROTAX 582	6800	3.00	2267	T- $\phi$ 1730	263	300	71.17	0.975	16 463	32 927
ROTAX 582	6800	3.47	1960	T- $\phi$ 1730	263	300	61.53	0.975	12 306	24 611
ROTAX 582	6800	4.00	1700	T- $\phi$ 1730	263	300	53.38	0.975	9 261	18 521

## 2. TEST DE RUPTURE PALE SWIRL

La rupture complète de la pale SWIRL n'a pas pu être obtenue par un essai de traction dans l'axe de la pale du fait de la limite de l'installation. Ainsi, pour estimer la valeur de rupture dans l'axe, un essai de traction statique désaxé de 32° est réalisé. La rupture s'est produite au niveau de l'épaule du pied de pale. On peut considérer que la rupture de la pale dans l'axe représente environ le double de la valeur de rupture à 32° car à cette position-là, seulement la moitié du pied de pale est en contact avec le montage.

Traction de la pale dans l'axe	Délaminage à 58 000 N
Traction statique de la pale à 32° par rapport à l'axe	Rupture à 48000 N
Estimation de la valeur de rupture à la traction de la pale	Rupture calculée à 96 000 N



## 3. ESSAI DE FORCE CENTRIFUGE SELON LA SPECIFICATION CS-P350

L'essai de charge centrifuge d'hélice est défini selon la spécification de certification d'hélice CS-P 350. Son objectif est de démontrer sa conformité avec la spécification de certification d'hélice (CS-P) définie par l'Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA). Au terme de l'essai, l'hélice doit montrer aucune preuve de fatigue, de dysfonctionnement ou de déformation permanente qui se traduirait par un effet majeur ou dangereux sur l'hélice. Il est considéré que cet essai permet de valider la tenue mécanique de l'hélice, autrement dit de confirmer le procédé de fabrication de celle-ci. Cet essai est réalisé avec l'hélice SWIRL Inconel Ø1520mm à une sollicitation représentative de son montage sur le moteur JABIRU. Etant la plus pénalisante pour l'essai, c'est cette configuration qui a été retenue. Ainsi, l'essai permet de valider toutes les configurations inférieures à celle choisie. De plus, toutes les hélices utilisant le même dimensionnement ainsi que la même technologie de fabrication seront considérées conformes à valeurs similaires ou inférieures à celle du test.

**Procédure : Application d'une charge pendant 1 heure = 2 x Charge centrifuge maximale = 55 189 N**



**Résultats :** Obtenus par analyse visuelle comparative de sections de la structure interne des produits testés.

Aucune dégradation externe n'a été constatée pendant et après l'essai de charge centrifuge. Analyse comparative de la pale :

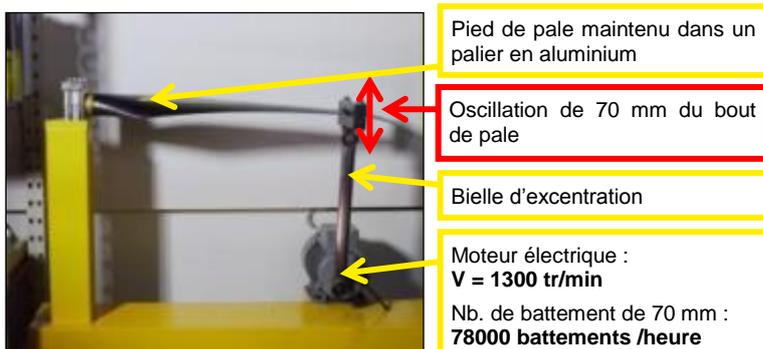
- Bon compactage et homogénéité des nappes carbonées/époxy INTRADOS et EXTRADOS, ainsi qu'au pied de pale à l'intérieur de la bague (quelques toutes petites bulles d'air présentes mais acceptables)
- Pas de porosités visibles, ni d'amas de résine
- Bonne adhérence entre les peaux et le noyau interne
- Bonne densification du noyau interne
- Liaison homogène des peaux INTRADOS et EXTRADOS localisées sur le bord d'attaque et le bord de fuite
- Profils extérieurs identiques sur les pales
- Bonne cohésion du renfort INCONEL de bord d'attaque sur la structure

Quant à l'analyse visuelle des sections du moyeu :

- Bon compactage et homogénéité des nappes carbonées/époxy
- Pas de déformation, d'usure, de delamination constatées en surface et autour des trous
- Bonne position et tension de la fibre au sein de la pièce
- Pas de porosité visible

Cet essai de charge centrifuge selon la spécification CS-P 350 permet de conclure que l'hélice est correctement dimensionnée et est capable de fonctionner sur une installation inférieure ou égale à un moteur JABIRU, sollicitant la pale à une force centrifuge de 27 594 N.

## 4. TEST DE FATIGUE A LA FLEXION DES PALES DUC



Les pales DUC ont subi un test de flexion pendant 30 heures soit 2 340 000 cycles d'oscillation de 70 mm.

Suite à ces sollicitations, ces mêmes pales ont fait l'objet d'essais de traction et les résultats n'ont pas montré de variation de résistance de structure.

# DUC Hélices



Chemin de la Madone - 69210 LENTILLY - FRANCE  
Tél. : + 33 (0)4 74 72 12 69 - Fax : +33 (0)4 74 72 10 01  
E-mail : [contact@duc-helices.com](mailto:contact@duc-helices.com) - [www.duc-helices.com](http://www.duc-helices.com)

Entreprise certifiée  
ISO 9001:2008

S.A.V. : [service.technique@duc-helices.com](mailto:service.technique@duc-helices.com)



Les données et photos inclus dans ce manuel d'instructions sont exclusivement à la propriété de la société DUC Hélices. Aucune partie de ce manuel ne peut être reproduite ou transmise sous aucune forme ou avec n'importe quel moyen, électronique ou manuel, pour une raison quelconque, sans l'approbation écrite de la société DUC Hélices.