SÉLECTIONNER UNE HÉLICE POUR VOTRE AVION DE CONSTRUCTION AMATEUR -1/2-

Le choix de l'hélice appropriée est une décision importante, tout aussi importante que le moteur.

Les constructeurs accordent normalement beaucoup d'attention au choix du moteur pour leurs avions de construction amateur mais qu'en est-il de l'hélice ? Est-ce une réflexion après coup ou le choix d'une hélice devrait-il recevoir autant d'attention ?

Le choix de l'hélice appropriée est une décision importante, tout aussi importante que le moteur. Évidemment, sans hélice, un moteur ne peut pas remplir sa fonction prévue (à moins qu'il ne s'agisse d'un réacteur, bien sûr).

De nombreux types d'hélices différents ont généré de la poussée au fil des ans, allant de structures en bois recouvertes de tissu au bois massif, au métal et aux matériaux composites. Les frères Wright ont raisonné qu'une hélice est une aile en rotation et que des pales avec un profil aérodynamique génèrent plus de poussée que des pales plates qui se vissent dans l'air.

À mesure que les constructeurs et les scientifiques étudiaient l'aérodynamique et la construction des hélices, le bois a laissé place au métal, et les pales à pas fixe ont laissé place à des hélices à deux positions de pales puis à la véritable hélice à pas variable où les pilotes pouvaient contrôler l'angle de pas des pales sur toute leur plage de positions. La conception des hélices se poursuit aujourd'hui avec l'utilisation et le développement de composites avancés.

Les hélices doivent résister à des contraintes extrêmes, en particulier au moyeu. Lorsqu'elles tournent, la force centrifuge augmente proportionnellement au nombre de tours par minute, et les pales sont soumises à une tension supplémentaire due à la force centrifuge ainsi qu'à des flexions ou des courbures résultant de la poussée qu'elles produisent. Une hélice doit être rigide afin d'empêcher tout type de flottement qui pourrait se développer lorsque les extrémités des pales se tordent d'avant en arrière pendant le fonctionnement normal. En raison de ces facteurs, la sécurité est d'une importance primordiale lors du choix de l'hélice pour votre aéronef.

Les *Part 35 et 23 du Federal Aviation Regulation* définissent respectivement les exigences de certification pour les hélices et les hélices pouvant être utilisées sur un aéronef. Les aéronefs de construction amateur ne sont pas soumis à ces exigences, mais elles constituent de bonnes lignes directrices car tous les avions sont soumis aux mêmes contraintes de vol, quel que soit leur constructeur. Dans cet esprit, assurez-vous que votre hélice est conforme à ces réglementations.

La *FAR Part 35* énumère les exigences suivantes qui doivent être respectées avant qu'une hélice puisse être certifiée de type pour une utilisation sur un avion de production :

- Doit disposer de manuels d'installation, d'exploitation et de maintenance
- Doit être construite à partir de matériaux approuvés
- Doit avoir toutes les limites de fonctionnement définies
- Doit pouvoir résister à un surrégime de 41 pour cent (deux fois la force centrifuge nominale) sans défaillance
- Des essais de fatigue du moyeu et des pales doivent être effectués
- Doit réussir un essai d'endurance lorsqu'elle est installée sur un moteur
- Les essais fonctionnels exigent des opérations de plus de 1 500 cycles de changement de pas
- Des essais de durabilité doivent être effectués pendant 1 000 heures de fonctionnement. Des conditions spéciales peuvent être assignées. Pour les pales composites, des essais d'impact d'oiseau et de foudre sont généralement requis avant que l'hélice ne soit certifiée.

Comme vous pouvez le constater, la FAA veut s'assurer qu'une hélice est sûre. La défaillance d'une hélice ou de ses composants en vol entraîne généralement une catastrophe. Si une pale d'hélice, ou une partie d'une pale, se détache en vol, les vibrations résultantes du disque déséquilibré peuvent arracher le moteur de son support. La sélection, l'exploitation et la maintenance d'une hélice d'avion sont des questions sérieuses.

Pour choisir l'hélice appropriée pour votre avion, vous devez comprendre sa nomenclature, savoir ce qui est

disponible pour votre avion et, surtout, connaître les recommandations du concepteur de l'aéronef.

TERMINOLOGIE DES HÉLICES

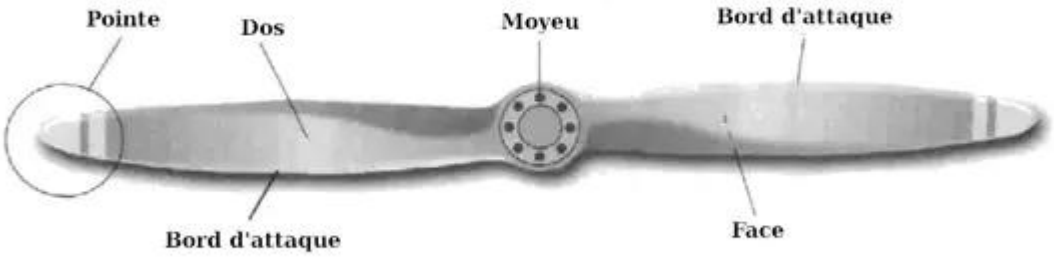


FIGURE 1

Une hélice typique se compose de deux pales ou plus, fixées à un moyeu d'hélice qui est l'endroit où l'hélice est montée sur le vilebrequin du moteur. Comme les ailes, les pales d'hélice possèdent un profil aérodynamique avec un bord d'attaque et un bord de fuite. Les pales elles-mêmes comportent un pied, une extrémité, une face et un dos (figures 1 et 2).

Le pas d'une hélice est souvent utilisé de manière interchangeable avec l'angle de pale (le calage de la pale) mais les deux ne sont pas identiques, même si une augmentation ou une diminution de l'un affecte directement l'autre.

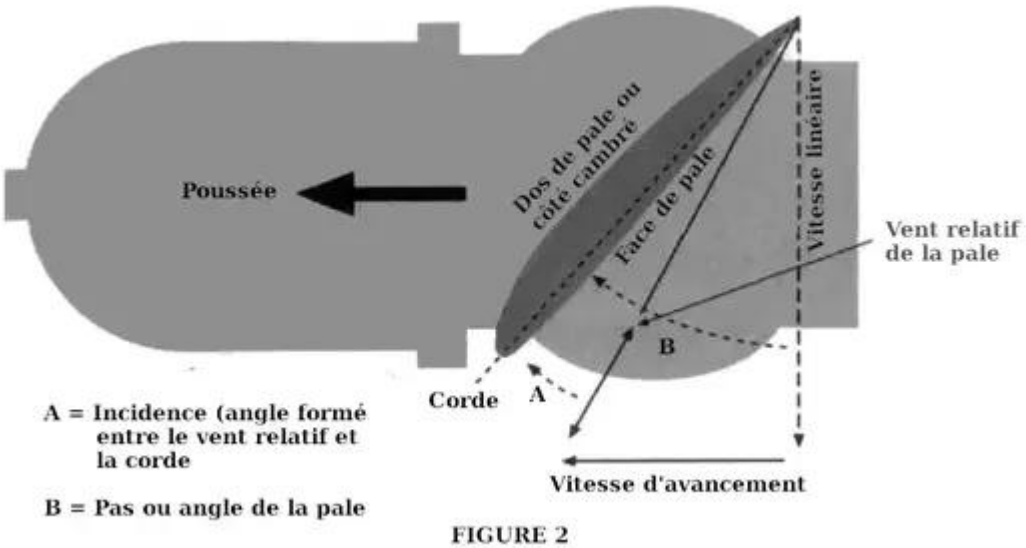


FIGURE 2

Le pas est la distance qu'une hélice parcourt vers l'avant en une révolution. L'angle de pale est l'angle réel, mesuré en degrés, entre la corde de la pale et le plan de rotation (figure 2). La corde de la pale d'hélice est déterminée de la même manière que celle d'une aile. L'angle d'attaque est le même que pour une aile. C'est l'angle sous lequel l'air ou le vent relatif frappe la pale d'hélice.

Dans notre cas, la poussée est le résultat de la forme de l'hélice combinée à l'angle d'attaque de chaque pale. L'angle de pale de l'hélice détermine la quantité d'air qu'elle "prend" à chaque révolution. Comme vous pouvez le voir, l'angle de pale est une méthode utilisée pour ajuster l'angle d'attaque de l'hélice. En effet, la poussée qu'une hélice produit est le résultat direct de la forme de l'hélice, de l'angle d'attaque de ses pales et de la puissance du moteur.

HÉLICE À PAS FIXE

Les hélices à pas fixe sont exactement cela ; l'angle de pale est intégré à l'hélice, et les pilotes ne peuvent pas le modifier. Les pales atteignent leur meilleure efficacité à une vitesse de rotation et une vitesse vers l'avant

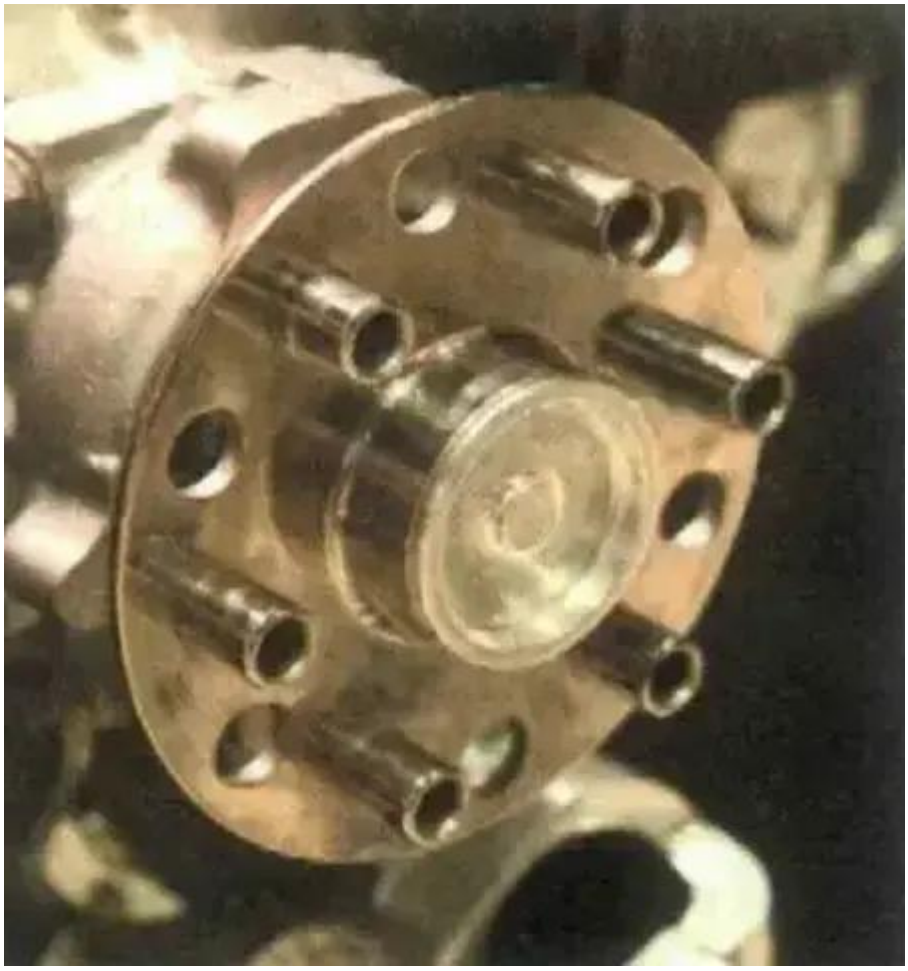
données, et leur efficacité maximale peut être conçue pour le décollage, la montée ou la croisière. Comme les hélices à pas fixe produisent une efficacité maximale dans une seule phase de vol, les autres phases présentent une efficacité et des performances compromises.

Par exemple, une hélice conçue pour de bonnes performances en montée offre des performances en croisière inférieures à celles d'une hélice de croisière.

Populaires sur les avions légers de toutes conceptions, les hélices à pas fixe sont peu coûteuses, légères et relativement sans entretien. Elles sont fabriquées en bois, en métal ou en matériau composite. Les hélices en bois sont principalement en bouleau mais certaines peuvent être en acajou, cerisier, noyer noir ou chêne. Des planches d'environ 3/4″ d'épaisseur sont collées ensemble en une ébauche qui est ensuite façonnée selon l'angle de pale souhaité. Un revêtement en tissu couvre les parties extérieures de chaque pale, et une gaine métallique protège le bord d'attaque.

Les hélices métalliques à pas fixe sont généralement fabriquées en alliage d'aluminium et leur pas unique est forgé lors de la fabrication.

Les hélices composites gagnent en popularité sur les avions de construction amateur et elles sont construites à partir de matériaux tels que le Kevlar ou la fibre de carbone, souvent stratifiés sur un noyau en bois.


FIGURE 3

Quel que soit le matériau d'une hélice à pas fixe, cela ne change pas le fait qu'elle est plus efficace dans un domaine de vol que dans les autres. Le type que vous choisissez dépend de vos besoins de vol. Si vous volez à partir de pistes courtes, vous pourriez choisir une hélice de montée pour mieux éviter les arbres à l'extrémité des pistes. Si vous êtes un voyageur au long cours qui vole depuis et vers de longues pistes, une hélice de croisière pourrait être préférable. Pour répondre aux deux besoins, certains constructeurs achètent une hélice de montée et une hélice de croisière et installent celle dont ils ont besoin avant d'effectuer un vol nécessitant les performances correspondantes.

HÉLICE RÉGLABLE AU SOL

Une façon d'éviter d'avoir deux hélices à pas fixe est d'utiliser une hélice réglable au sol, qui possède un moyeu permettant de sélectionner différents angles de pale uniquement au sol. Vous ne pouvez pas modifier l'angle en vol. Ce type d'hélice est disponible pour plusieurs aéronefs expérimentaux, et il est le plus souvent observé sur des aéronefs anciens et classiques. Bien qu'elle soit réglable, elle reste essentiellement une hélice à pas fixe, car vous devez sélectionner l'angle de pale avant de démarrer le moteur.

HÉLICE À PAS VARIABLE COMMANDABLE

Une hélice à pas variable commandable permet aux pilotes de modifier l'angle des pales pendant que le moteur fonctionne afin d'obtenir la meilleure efficacité de l'hélice pour la phase de vol. Populaire sur les avions fabriqués dans les années 1940, elle est également connue sous le nom d'hélice à pas réglable en vol, et une installation utilise un interrupteur à bascule dans le cockpit pour contrôler électriquement le pas.

HÉLICE À VITESSE CONSTANTE

Largement utilisée aujourd'hui, l'hélice à vitesse constante utilise un régulateur ou un système de commande qui ajuste automatiquement l'angle des pales pour maintenir le régime que les pilotes sélectionnent avec une commande dans le cockpit. En d'autres termes, le pilote règle le régulateur qui contrôle l'angle des pales. Le résultat est un fonctionnement de l'hélice optimal et efficace dans toutes les phases de vol. Le moyeu de l'hélice contient un mécanisme de changement de pas qui utilise la pression d'huile du moteur, via un régulateur, pour modifier l'angle de pas des pales.

HÉLICES TRACTIVES ET PROPULSIVES

Montées sur le nez de l'avion, les hélices tractives sont le type le plus courant sur les aéronefs aujourd'hui. Elles tirent l'avion dans l'air. Leur principal avantage est qu'elles tournent dans un air non perturbé, ce qui entraîne des contraintes plus faibles sur l'hélice.

Les hélices propulsives sont montées derrière l'avion, et plusieurs avions en kit ainsi que des hydravions les utilisent. Un inconvénient est que les roues de l'avion peuvent projeter des débris tels que du gravier dans l'hélice. Le refroidissement adéquat du moteur est un autre défi auquel cette configuration est parfois confrontée.

TYPES D'INSTALLATION

Les hélices sont reliées aux moteurs à l'aide de l'un des trois types de montage : arbre à bride, arbre cannelé et arbre conique, qui correspondent au type de fixation à l'extrémité du vilebrequin.

Les trois types sont relativement explicites. Une installation sur arbre à bride consiste à boulonner l'hélice à la bride située à l'avant du vilebrequin du moteur (figure 3). Certaines brides sont filetées pour les boulons, et d'autres comportent simplement des trous de boulons.
Les arbres cannelés se trouvent principalement sur les moteurs radiaux, et les cannelures et les vides correspondent à ceux du moyeu de l'hélice (figure 4). Les installations sur arbre conique nécessitent l'utilisation d'un moyeu d'hélice et se rencontrent couramment sur les moteurs anciens de faible puissance (figure 5). L'hélice elle-même est montée dans un moyeu conçu pour être utilisé sur l'arbre. L'ensemble complet est ensuite monté sur le vilebrequin lui-même.

CHOIX DE L'HÉLICE

Votre première étape dans le choix d'une hélice pour votre avion consiste à connaitre ce que le concepteur recommande. Le concepteur devrait avoir testé la combinaison moteur/hélice qui offrira les meilleures performances et l'exploitation la plus sûre pour la conception. Écoutez-le. N'expérimentez pas avec des hélices.


FIGURE 4

Ensuite, vous devez décider entre une hélice à pas fixe et une hélice à vitesse constante. Si vous optez pour un pas fixe, vous devez choisir le matériau ; bois, métal ou composite. Hartzell Propellers a développé un guide très pratique pour aider le constructeur d'avions personnalisés à choisir une hélice. Vous pouvez le télécharger sous forme de fichier PDF depuis son site web à l'adresse www.hartzellprop.com. Je souhaite développer certaines données fournies dans ce document. À la suite de cette étude, figurent d'autres facteurs qui influencent l'hélice que vous devriez acheter.

APPROBATION VIBRATOIRE

Hartzell insiste fortement sur la nécessité de s'assurer que l'hélice que vous choisissez possède une approbation spécifique pour votre moteur. Vous pouvez trouver ces informations dans les *Type Certificate Data Sheets* pour les avions, moteurs et hélices de production.

Même si les aéronefs expérimentaux n'y figurent pas, les informations qui s'y trouvent peuvent servir de référence pour un avion expérimental de type similaire. Votre mécanicien cellule et groupe motopropulseur local avec autorisation d'inspection (A&P-IA) ou un atelier de réparation approuvé par la FAA aura accès à ces informations. Vous pouvez vérifier votre installation par rapport à un avion de production similaire ayant le même moteur et des performances comparables.

L'approbation vibratoire est l'un des facteurs les plus importants traités par le certificat de type. Hartzell déclare : « Cette approbation est la considération de sécurité la plus importante dans le choix d'une hélice pour un aéronef. »

Lorsqu'une hélice est en fonctionnement, les forces qui s'exercent sur elle provoquent des vibrations des pales, et la conception de l'hélice doit compenser ces vibrations. Des vibrations excessives provoquent une flexion qui écrouit une hélice métallique. Il peut en résulter la rupture d'une pale en vol.

La plupart des combinaisons de moteurs, d'hélices et de cellules éliminent ces contraintes vibratoires. Mais la conception des pales, ainsi que les conditions de fonctionnement du moteur telles que le régime et la pression

d’admission, peuvent influencer les forces vibratoires.

L’indexation de l’hélice sur le vilebrequin, la conception du moyeu et les contrepoids du vilebrequin peuvent également influencer les vibrations. Tous ces facteurs se combinent pour créer une situation qui induit des vibrations extrêmes à certains réglages de puissance.
Un moteur fonctionnant en douceur ne signifie pas que les vibrations sont absentes. Il est possible d’avoir une combinaison moteur/hélice fonctionnant en douceur alors que l’hélice est soumise à des vibrations extrêmes qui finiront par la détruire.

À l’inverse, une combinaison moteur/hélice qui n’est pas douce peut ne pas indiquer un problème vibratoire. Pour cette raison, il est extrêmement important de prendre en compte l’approbation vibratoire d’une combinaison moteur/hélice. Souvent, certaines plages de régime doivent être évitées pour prévenir ces vibrations. Appelée « plage critique », la plage de régime à éviter doit être indiquée sur le tachymètre par un arc rouge.

DIAMÈTRE DE L’HÉLICE

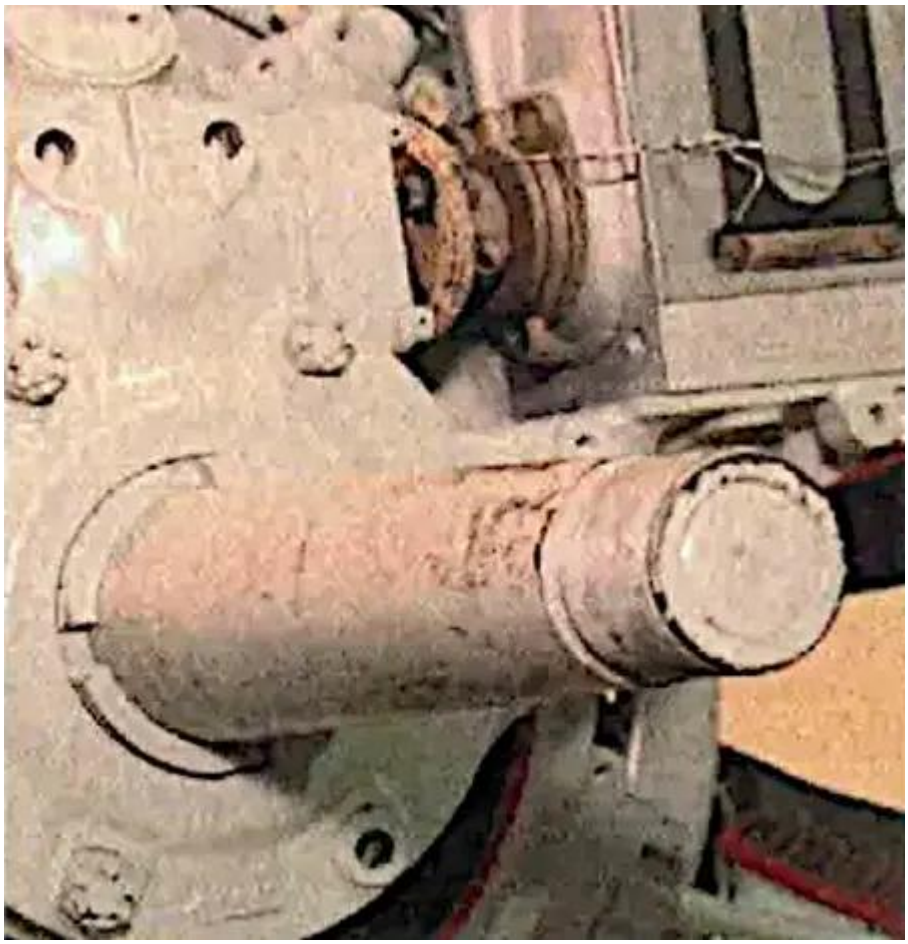
Il est possible d’avoir l’hélice correcte pour votre avion mais inutilisable parce qu’elle est trop grande. La garde au sol est une considération réelle, et la *FAR Part 23* fournit certaines indications. Pour les avions de production avec train tricycle, la garde au sol de l’hélice ne doit pas être inférieure à 7″ lorsque l’avion est dans son attitude la plus basse du nez. La garde minimale pour un avion à roulette de queue est de 9″ entre le bord de l’hélice et le sol lorsque l’avion est dans son attitude de décollage. Vous devez respecter ces recommandations pour votre avion expérimental.

POIDS ET CENTRAGE

Lors de la construction d’un avion, vous devez prendre en compte la manière dont tout ce que vous installez sur la cellule affectera le poids et le centrage, et cela inclut l’hélice. Évidemment, l’hélice est située au point le plus avancé par rapport au centre de gravité (CG) de l’avion, et son poids influence fortement la position du CG. En général, les hélices métalliques pèsent plus que celles en bois ou en composite.

OCCASION Vs NEUF

Il est souvent possible de trouver des hélices d’occasion à bon prix mais vous devez vous méfier d’une hélice d’occasion. Avant de voler avec, faites-la inspecter par un atelier de révision d’hélices approuvé par la FAA et révisez-la si nécessaire. Même si l’hélice semble en bon état à l’extérieur, elle peut souffrir de corrosion interne ou d’autres dommages invisibles. Cela est particulièrement vrai pour une hélice à vitesse constante. Des dommages ou de la corrosion peuvent être présents dans le moyeu sans être visibles sans démontage. Ainsi, si vous choisissez d’acheter une hélice d’occasion, rendez-vous service et faites-la réviser.


FIGURE 5

Si vous achetez une hélice avec une étiquette jaune, cela signifie qu'un atelier de révision a inspecté l'hélice et l'a jugée apte au vol et prête à être installée. Si l'hélice porte une étiquette verte, elle n'est pas apte au vol, mais elle est réparable.

Méfiez-vous des hélices endommagées pouvant être réparées. Avant d'acheter une telle hélice, demandez à un atelier de révision ou de réparation de confirmer qu'il peut la remettre en état de navigabilité. Effectuer des travaux importants sur une hélice dépasse les capacités du constructeur amateur moyen. Laissez le redressage, le façonnage et l'équilibrage d'une hélice aux professionnels.

Encore une fois, les aéronefs expérimentaux ne sont pas légalement tenus d'utiliser des hélices révisées ou portant une étiquette jaune, mais le bon sens et la sécurité dictent que les normes sont les mêmes pour les avions expérimentaux et de production.

HÉLICES NON CERTIFIÉES

De nombreuses hélices sont fabriquées pour être utilisées sur des aéronefs expérimentaux et ne possèdent pas de certificat de type pour une utilisation sur des aéronefs de production. La plupart sont fabriquées par des entreprises réputées et sont certainement sûres pour une utilisation sur votre avion expérimental mais vous devez toujours adapter l'hélice au moteur et à la cellule. Utilisez l'hélice conçue pour votre avion. Certaines conceptions d'aéronefs expérimentaux nécessitent l'utilisation d'hélices non certifiées parce qu'il n'existe pas d'hélices de production adaptées. Renseignez-vous autant que possible sur le fabricant et sa réputation avant d'installer l'hélice sur votre avion.

Un autre point concernant l'utilisation d'une hélice non certifiée concerne les essais en vol de votre avion de construction amateur. Si vous utilisez une hélice non certifiée, même avec un moteur certifié, le nombre total d'heures d'essais en vol passera de 25 à 40.

Lors du choix d'une hélice pour votre avion, suivez toujours les recommandations du concepteur. Choisir la mauvaise hélice peut réduire la sécurité de vos vols, tout comme expérimenter ou modifier des hélices. Les fabricants d'hélices disposent de tableaux qui répertorient les différentes applications de leurs produits, et ils

seront très heureux de vous aider à déterminer quelle hélice conviendra le mieux à votre projet.

Dans la suite du document, nous poursuivrons notre étude sur les hélices en présentant les techniques d'installation appropriées, les procédures d'inspection et les éléments de maintenance.