

## DIMENSIONNEMENT HELICE ( Hélice bipale )

### 1) -Paramètres de Base : ( Exemple)

**Vitesse de croisière : V = 230 Km/h soit 63,89 m/s soit 143mph**

**Puissance moteur : Lycoming O 360 P = 180 Ch = 132,48 kw**

**Vitesse de rotation moteur en croisière : RPM = 2500 t/mn= 41,67 t/s**

### 2) Calcul de la vitesse angulaire de l'hélice :

$$\Omega = \frac{\text{RPM (t/mn)} \times 2 \pi}{60} = \text{RPM} \times 0,105 = 262,5 \text{ rad / sec}$$

$$\Omega = 262,5 \text{ rad / sec.}$$

### 3) Calcul de la vitesse en bout de pale Vp :

Le calcul se fait par itération à l'aide de la formule suivante :

$$V_p(\text{m/s}) = \sqrt{V^2 + (\Omega \times D/2)^2}$$

Avec : D : Diamètre hélice ( en mètres )

V : Vitesse avion ( en m/s )

Cette vitesse tangentielle en bout de pale, doit être inférieure à la vitesse du son (340 m/s ), moins une marge de sécurité de 15% soit **289 m/s** .

On choisira un diamètre maximum d'hélice satisfaisant à cette condition :

Pour D= 1,80 m.,et  $V^2 = (230/3,6)^2 = 4082$ , il vient alors :  $V_p = \sqrt{4082 + (262,5 \times 0,9)^2} = 244,7 \text{ m/s}$

On effectue les mêmes calculs pour des diamètres de 1,90- 2,00- 2,10 et 2,20 m ,les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

<b>D ( m )</b>	<b>1,80</b>	<b>1,90</b>	<b>2,00</b>	<b>2,10</b>	<b>2,20</b>
<b>Vp (m/s )</b>	<b>244,7</b>	<b>257,4</b>	<b>270</b>	<b>283</b>	<b>296</b>

On remarque que la vitesse tangentielle max de 289 m/s correspond à un diamètre max d'hélice de 2m15.

Pour rester dans des dimensions standards raisonnables, nous choisirons :

$$\mathbf{D = 1,93 \text{ m ( soit 76 " )}}$$

**Remarque :** Une autre formule nous fourni le diamètre optimum de l'hélice (D. Marie )

$$D = 1,04 \sqrt[4]{\frac{P \cdot 10^8}{\text{RPM}^2 \cdot V}}$$

Avec : - P en Ch.  
 - RPM en t/mn  
 - V en km/h  
 - D en m.

$$D = 1,04 \sqrt[4]{\frac{180 \cdot 10^8}{2500^2 \cdot 230}}$$

$$D = 1,956 \text{ m.}$$

Notre choix est confirmé.

**4) Calcul de la poussée au point fixe :** Celle-ci est donnée par la formule :

$$T_0 = 7,4 \cdot (P_{ch} \cdot D_m)^{2/3} \cdot (p/p_0)^{1/3}$$

avec : p : Densité de l'air à l'altitude considérée  
 p<sub>0</sub> : Densité de l'air au niveau de la mer  
 T<sub>0</sub> : Poussée en kg

On a aussi  $p/p_0 = \left( \frac{31 - H}{31 + H} \right)^2$  Si l'on prend H = 0,3km (1000 f t) on a  $p/p_0 = 0,96$

$$T_0 = 7,4 (180 \cdot 1,93)^{2/3} \cdot 0,96^{1/3}$$

$$T_0 = 360 \text{ kg}$$

**5) Calcul du calage de l'hélice :** Le calage de l'hélice déterminé à 75 % du rayon est donné par la formule :

$$\Theta_{75\%} = 3^\circ + \text{Arctg} \frac{V_{m/s}}{\Omega \cdot D/2}$$

$$\Theta_{75\%} = 3^\circ + \text{Arctg} \frac{230 / 3,6}{262,5 \cdot 0,965} = 3^\circ + 14^\circ = 17^\circ$$

$$\Theta_{75\%} = 17^\circ$$

Cet angle de calage est déterminé par rapport au plan de rotation de l'hélice.

**6) Calcul du Rendement optimum :** Le rendement est donné par la formule : ( D. Marie )

$$R = 0,54 \sqrt[16]{\frac{V^5}{\text{RPM}^2 \cdot P_{ch}}}$$

Avec les valeurs choisies précédemment, on trouve :

$$R = 0,54 \sqrt[16]{\frac{230^5}{2500^2 \cdot 180}} = 0,54 \sqrt[16]{572,11} \quad \boxed{R^t = 0,803}$$

7) **Calcul de l'aire totale** : Considérant la formule suivante :

$$\boxed{A_t = 13\,307 \cdot \frac{T_0}{D^2 \cdot \text{RPM}^2}} \quad \text{avec } A_t \text{ en m}^2$$

Il vient alors  $A_t = 13\,307 \cdot \frac{360}{1,93^2 \cdot 2500^2}$

$$\boxed{A_t = 0,206 \text{ m}^2}$$

8) **Calcul de la corde de la pale** : On détermine la corde de la pale, à partir de l'aire totale :

$$\boxed{C = \frac{A_t}{D}}$$

$$C = \frac{0,206}{1,93} = 0,107 \text{ m.}$$

$$\boxed{C \approx 11 \text{ cm.}}$$

9) **Calcul du coefficient J** : D'après l'ouvrage "design of the aeroplane" on détermine le coefficient J par l'équation :

$$\boxed{J = \frac{1056 V}{N \cdot D}}$$

avec :  $N = 2500 \text{ t/mn}$   
 $V = 230 \text{ km/h}$   
 $= 143 \text{ mph}$   
 $D = 1,93 \text{ m.}$   
 $= 76''$

$$\text{D'où } J = \frac{1056 \cdot 143}{2500 \cdot 76} = 0,795$$

$$\boxed{J = 0,8}$$

Ce terme J est appelé coefficient d'avancement.

**10 ) Calcul du pas de l'hélice :** Nous avons utilisé 2 méthodes de détermination du pas :

101 ) Formule proposée par F. Guicheney :

$$H_0 = \frac{V}{N}$$

avec V en m/s  
N en t/s

On obtient  $H_0$  en m.

$$H_0 = \frac{63,89 \text{ m/s}}{41,67 \text{ t/s}} = 1,53 \text{ m. ( ou } 60,2 \text{ " )}$$

$$H_0 = 1,53\text{m} = 60,2 \text{ " } \quad ( 1 )$$

102 ) D'après "Elements of Sport Aeroplane Design " : A partir d'un graphe  $J = f(p/D)$ , on détermine le ratio pas / Diamètre, en sachant que nous avons déjà calculé  $J = 0,80$  on relève  $p/D = 0,87$  soit :

$$p = 1,93 \cdot 0,87 = 1,68 \text{ m.} = 66 \text{ "}$$

on en déduit également le " **Performance coefficient** " : **2,6**

$$H'_0 = 1,68\text{m} = 66 \text{ " } \quad ( 2 )$$

La vérité doit probablement se situer entre les 2.

**11 ) Vitesse statique de l'hélice utilisée comme guide :** ( Traduction d'un paragraphe du livre de Tony Bingelis "Firewall Forward " ).

Dès que l'hélice est installée, la vitesse statique de l'hélice ( en tours/min.), à laquelle le moteur peut tourner à plein régime, avec cette hélice, est un bon indicateur, pour savoir si l'avion peut ou non décoller en toute sécurité. Par **vitesse statique**, on entend le régime maximal que peut atteindre le moteur, plein gaz lorsque l'avion est au sol, à l'arrêt, et freins serrés.

Cette vitesse statique est établie pour tous les moteurs certifiés. Que veut dire la vitesse statique pour vous? Eh bien, si vous mettez plein gaz au moteur, et si votre tachymètre n'indique pas la vitesse statique recommandée, il est possible que le diamètre de l'hélice soit trop grand, ou que le pas soit trop grand, ou les 2 ensemble. Cela veut dire que, peut-être, vous n'auriez pas assez de poussée, générée par cette hélice, pour un décollage en toute sécurité.

Et si votre vitesse statique est beaucoup plus élevée que celle recommandée? Eh bien vous avez la possibilité de dépasser la vitesse max du moteur ( zone rouge), même durant le décollage.

Les manuels Lycoming conseillent que, en utilisant une hélice à pas fixe, la vitesse statique devrait être par exemple de 2300 t/mn +/- 50 t/mn, quand le moteur est défini pour 2700 t/mn maximum. Cela variera légèrement, selon le type d'hélice.

Si la vitesse statique est trop élevée, il y a une chance de dépasser la vitesse limite du moteur à plein gaz et en palier.

Avec une hélice "constant speed", la vitesse statique, sera celle définie par le constructeur du moteur. Elle est contrôlée par la commande de pas.

Nous indiquons ci-dessous quelques vitesses statiques bien déterminées, que chaque type de moteur est capable d'atteindre, avec une hélice à pas fixe bien adaptée.

<b>Moteur</b>	<b>Vitesse statique</b>
Continental A-65	Pas en dessous de 1960 t/mn
Continental C-85	2200 t/mn +/- 50 t/mn
Continental C-90	2125 t/mn +/- 50 t/mn
Continental O-200	2320 t/mn +/- 50 t/mn
Lycoming O-235	2200 t/mn +/- 50 t/mn
Lycoming O-290	2200 t/mn +/- 50 t/mn
Lycoming O-320	2300 t/mn +/- 50 t/mn
Lycoming O-360	2300 t/mn +/- 50 t/mn

Bibliographie : - Article de B. Michaud « Choisir son hélice » Aviasport avril 95  
- Elements of Sport Airplane Design par Vogel Aviation.