

# MANIERE PRATIQUE DE CONCEVOIR UNE HELICE LIBRE

## LES CRITERES DE CHOIX

### LE DIAMETRE

*Formule donnant le Q  
avec le Coef résultant*

$$\frac{488000}{T/mn} = \dots$$

Si j'en juge par mes informations, le diamètre d'une hélice est défini à priori de telle façon que la vitesse en bout de pale soit comprise entre 600 et 800 km/heure. ✓

*optim.  
pour  
AVION*

Exemple: sachant que l'arbre de sortie du moteur ou du réducteur tourne à 2600 t/mn soit 43,33 T/s quel sera, hormis tout autre considération, le diamètre mini et maxi de cette hélice ?

600 km/h = 166,66 m/s

le Périmètre de cette hélice sera donc de  $166,66 / 43,33 = 3,84$  m

d'où on tire:

Diamètre = Périmètre/ $\pi$

soit pour notre exemple  $3,84 / 3,14 = 1,22$  m de diamètre, ceci pour une estimation minimum.

Au maximum nous aurons pour 800 km/h soit 222 m/s

$222/43 = 5,12$  m de périmètre, soit **1,63 m** environ de diamètre.

### LE PAS (ou avance par tour)

Il faut d'abord définir la vitesse de l'engin (avion ou autre).

Exemple parapente 40 à 60 km/heure, Aile delta de 70 à 90 Km/heure...

Si par calcul, ou pour toute autre raison, nous décidons d'avancer à 100 km/h, nous devons d'abord ajouter environ 12% à cette vitesse pour compenser le "glissement de l'hélice". Nous aurons donc à prendre comme base de calcul 112 km/h.

Soit 31,11 m/s

Si notre hélice tourne à 2580 t/mn soit 43 t/s notre pas sera de  $31,11/43 = 0,72$  m.

Le bout de la pale **avance** donc de 0,72 m par tour.

Le pas se dit aussi "**avance**"

**LE PAS EST TOUJOURS CONSTANT D'UN BOUT A L'AUTRE DE LA PALE**

**IL NE FAUT PAS LE CONFONDRE AVEC L'ANGLE DE CALAGE QUI LUI EST EVOLUTIF TOUT AU LONG DE LA PALE.**

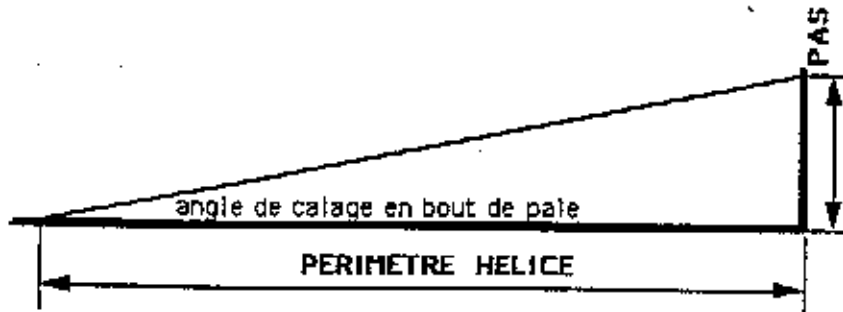
Nous pouvons maintenant tracer sur un graphique les différents ANGLES d'incidence de la pale:

En abscisse nous traçons le périmètre déployé de l'hélice

$\frac{3,14}{\pi \times D}$

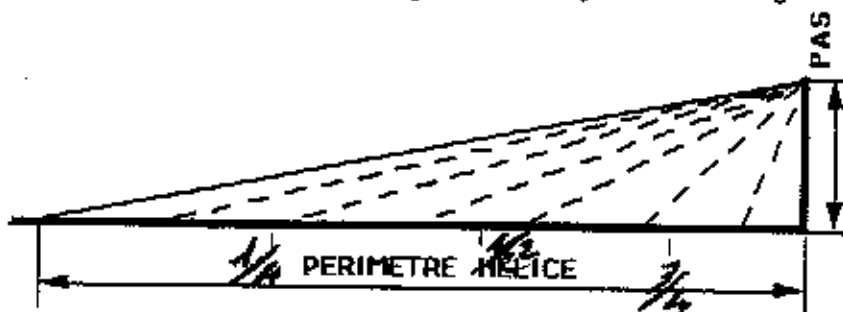
En ordonnée nous traçons le pas ou l'avance par tour

En rejoignant l'extrémité de l'abscisse à celle de l'ordonnée nous avons l'angle de calage en BOUT DE PALE



en divisant le périmètre déployé par 2 nous obtenons l'angles de calage

de la pale. a la moie par 4 au quart etc .....



### LE PROFIL

Le profil le plus couramment utilisé est un profil d'aile utilisé pour les basses vitesses le **CLARK Y**.

Ce profil a son épaisseur maximum au tiers avant de la corde.

Cette épaisseur est de 5 à 8 % de la corde en bout de pale.

L'épaisseur du

profil évolue jusqu'au moyeu.

Reste à déterminer le type de moyeu en fonction du moteur

Pour les moteurs ARROW les fixations sont sur un diamètre de 100 mm

6 trous de 12 mm avec un centreur diamètre 50.

La largeur de la pale sera:

-étroite pour les hautes vitesses (max 5 cm)

-large pour les basses vitesses ( et pour les petits diamètres...devant

absorber beaucoup de puissance : hélice carénée.)

**Il faut se souvenir que la puissance absorbée d'une hélice varie en fonction de son diamètre (à la puissance 5) en fonction de la largeur de la pale et en fonction du calage.**

Le facteur le plus influent est le diamètre.

La largeur de la pale influe sur la poussée aux basses vitesses.  
(de 0 à 60 km/h)

Des pales étroites aux extrémités sont faites pour aller vite  
(de 150 à 250 km/h), les larges plus lentement (de 0 à 120 km/h).

### ADAPTATION MOTEUR / HELICE

Après avoir fait son choix on vérifie que

PREMIEREMENT:  $\frac{\text{La Vitesse de Vol en m/s}}{\text{Tours/s/Hélice} \times \text{Diamètre Hélice}} > 0,4 \quad \checkmark \quad 0,66$

DEUXIEMEMENT:  $\frac{\text{Le Pas}}{\text{Diamètre}} > 0,5 \quad \checkmark \quad 0,65$

Comme tout ceci n'est qu'une approche de votre hélice, à moins de disposer d'abaques précises ou d'une très grande expérience, il est fortement recommandé de construire 5 cm environ plus grand en diamètre. Il est évident qu'il est plus facile de couper une hélice si le moteur ne prend pas ses tours que de faire le contraire...

Regardez autour de vous les différents moteurs, les réducteurs et les diamètres, ainsi que la corde moyenne des pales, ceci vous donnera une idée plus précise pour votre cas.

**À ce sujet il est vital de connaître très exactement la courbe de puissance de votre moteur !!**

Si votre moteur plafonne à 5500 t/mn par exemple alors que son régime *de peu* max est de 6500 t/mn vous devez diminuer le diamètre mais de combien?

Exemple:

Si vous lisez sur la courbe à 5500 t/mn: 50 ch et que la puissance max est de 65 ch à 6500 t/mn, de combien faut-il diminuer le diamètre de mon hélice que j'aie construite à 1,65 m au départ ?

- Puissance absorbée lue sur la courbe: 50 ch

- réducteur utilisé: 2,58
- vitesse hélice: 5500/2,58=2132 t/mn
- Vitesse hélice à obtenir: 6500/2,58=2520 t/mn

Diamètre exact= la racine 5ème du diamètre à la puissance 5 que multiplie 50 ch divisé par 65 ch.

dans notre cas on trouve que le diamètre exact à utiliser pour ce moteur est de **1,56 m.**

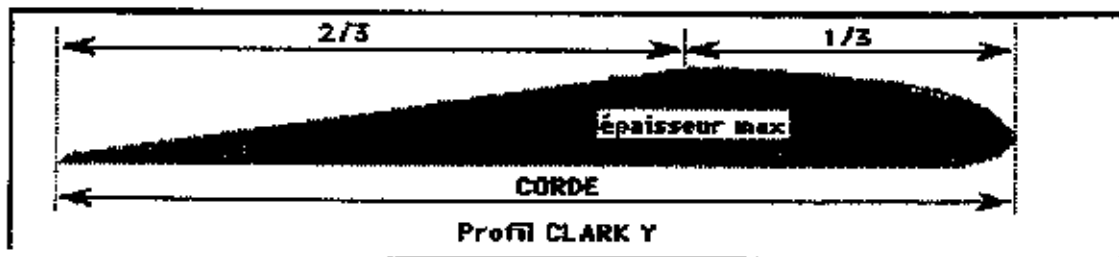
$$\text{Diamètre exact} = \sqrt[5]{\frac{(\text{diamètre utilisé})^5 \times \text{puissance ab sorbée}}{\text{Puissance moteur}}}$$

Vous devrez donc enlever 4,5 cm à chaque pale soit 9 cm sur le diamètre

### PROFIL EMPLOYE

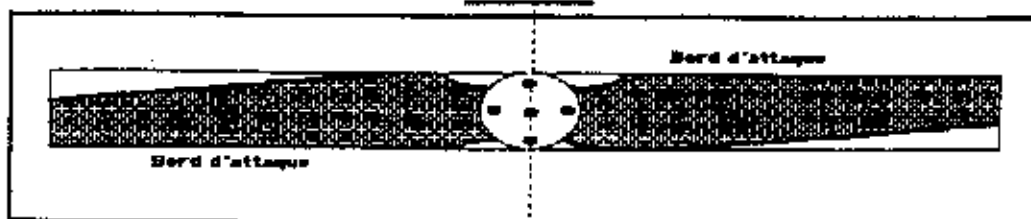
Comme nous l'avons déjà dit, le profil le plus courant est le CLARK Y. C'est un profil simple qui a l'énorme avantage d'avoir le dessous plat qui sert de base de référence au tracé du pas. Son épaisseur maximum se situe au tiers avant de la corde.

FIGURE 1



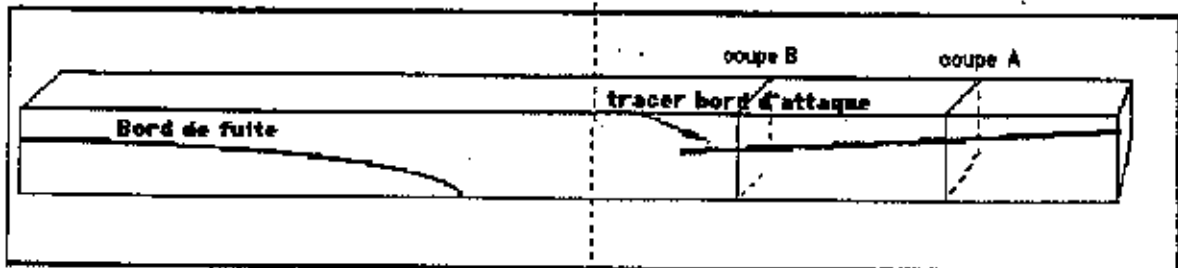
### LE TRACÉ SUR LE BLOC DE HETRE

FIGURE 2



Premièrement penser au sens de rotation de votre hélice.  
 ensuite découper le contour à la scie à ruban. *ou souteuse*

**FIGURE 3**

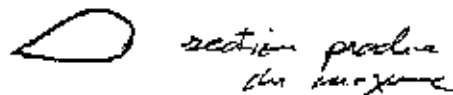


**TRACE DE LA LIGNE DU BORD D'ATTAQUE**

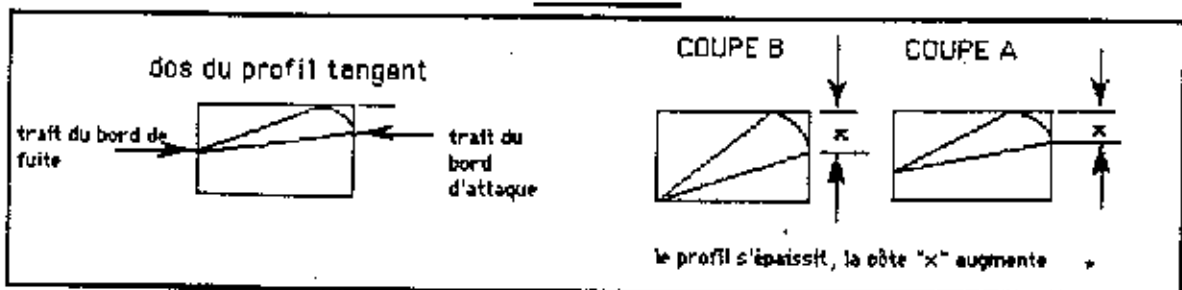
Mettre le dos du profil tangent au dessus du bloc. Déterminer le premier point du bord d'attaque, la suite évolue progressivement avec l'épaisseur du profil.

Ne pas s'inquiéter du pied de pale (partie près du moyeu) car il ne travaille pratiquement pas. (Ceci n'est pas tout à fait exact quand même, car pour les moteurs à refroidissement par air, on a tout intérêt à bien réaliser ce profil au pied de pale, ce qui contribuera largement au refroidissement du moteur.)

Il faut toutefois faire le raccord avec la partie centrale de la manière la plus aérodynamique possible.



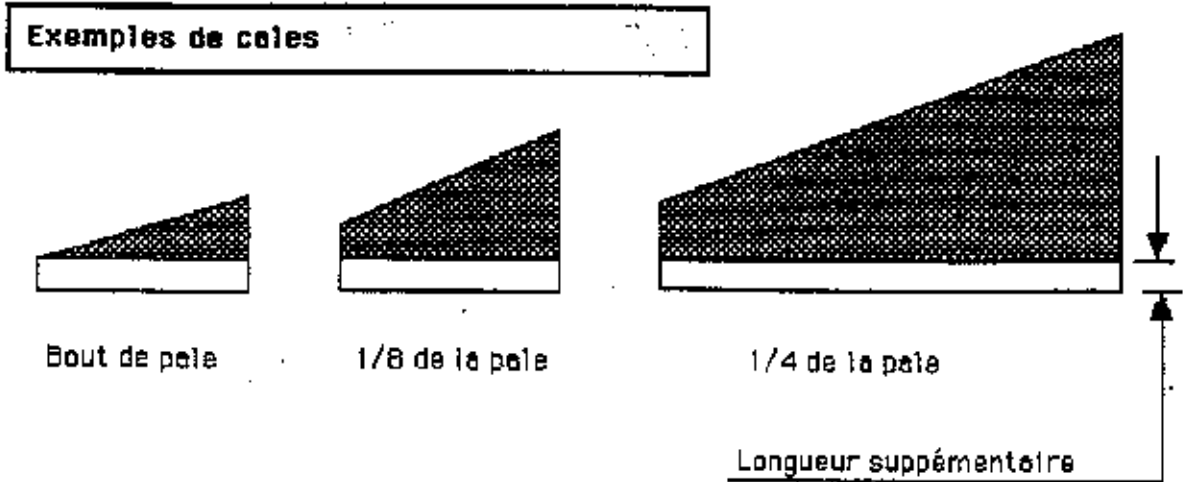
**FIGURE 4**



**TRACE DU BORD DE FUITE**

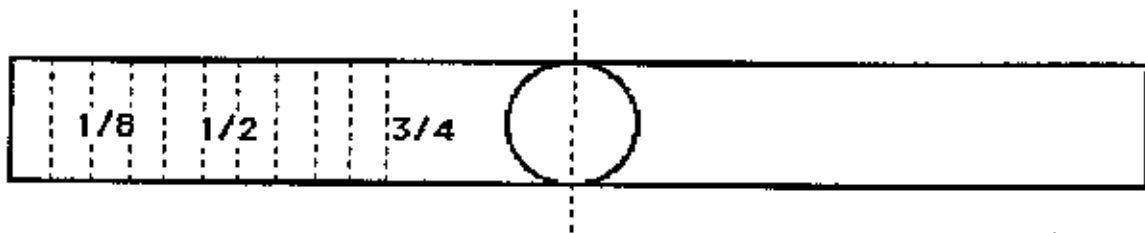
Découper dans du clinquant des cales à l'angle défini par le tracé géométrique précédent (voir figure tracé du pas)

FIGURE 5



Ces cales devront être un peu plus longue à leur partie basse pour déborder du bloc

FIGURE 6

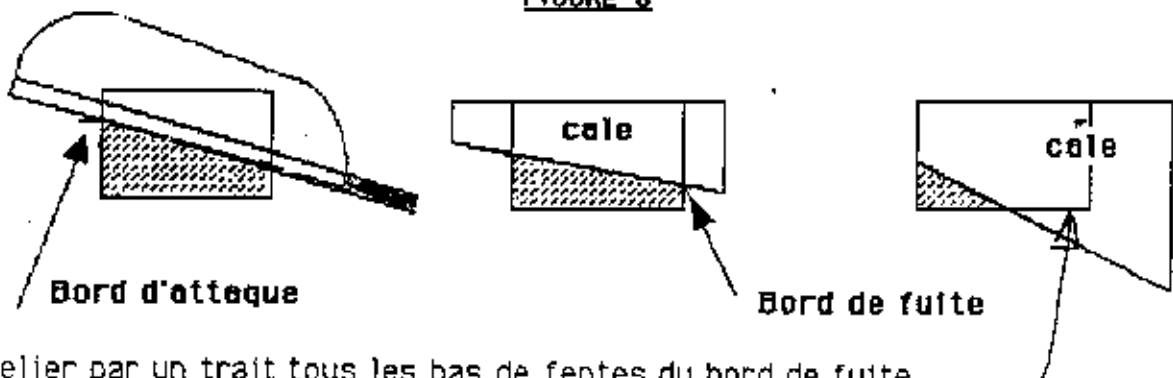


Tracer sur votre bloc des traits correspondant à  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{2}$  etc... sur chaque pale.  
DU Ø

FIGURE 7

Faire une fente à la scie, venant jusqu'au trait du bord d'attaque.  
Incliner de manière à y glisser la cale, de telle façon que la partie droite soit parallèle au dessus de votre bloc

FIGURE 8



Relier par un trait tous les bas de fentes du bord de fuite.  
On s'aperçoit qu'à un certain endroit, il n'est plus possible de suivre l'angle, car on sort du bloc.

Arrêtez vous au coin du bloc. La partie centrale ne sert que de bras pour tenir la ~~partie~~ travaillante. *de la pale*  
Profiler la suite à la demande.

Ces opérations terminées, il faut maintenant enlever la matière excédentaire. *Pour*

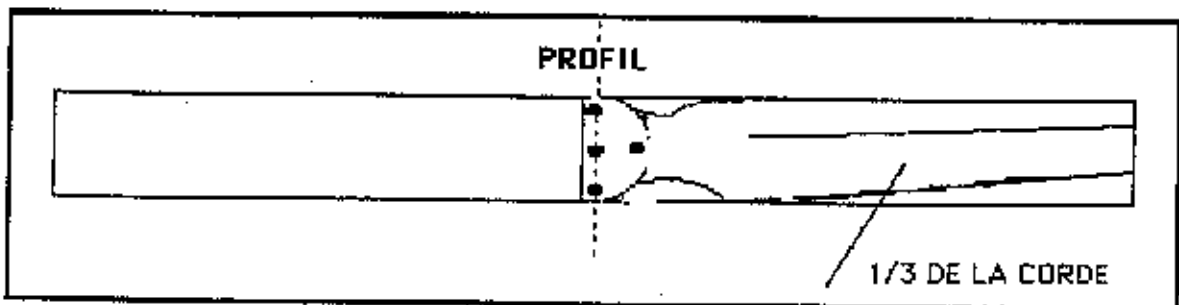
Tous les moyens sont bons: scie circulaire, scie à ruban, rabot électrique.

Approcher à la ponceuse avec un très gros grain (40) puis finir avec un grain fin (120).

### PROFIL

Tangenter tous les fonds de vos traits de scie, faire un plan **FIG 10**

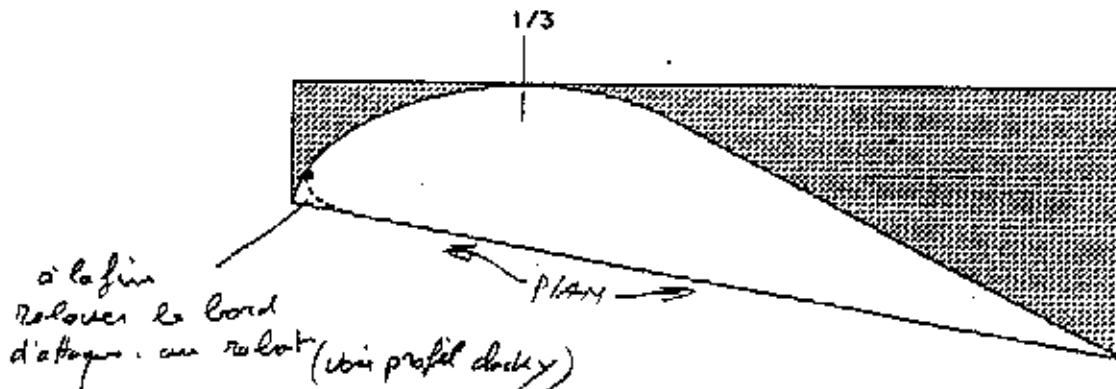
**FIGURE 9**



Tracer sur le dessus, un trait à 1/3 de la corde en partant du bord d'attaque.

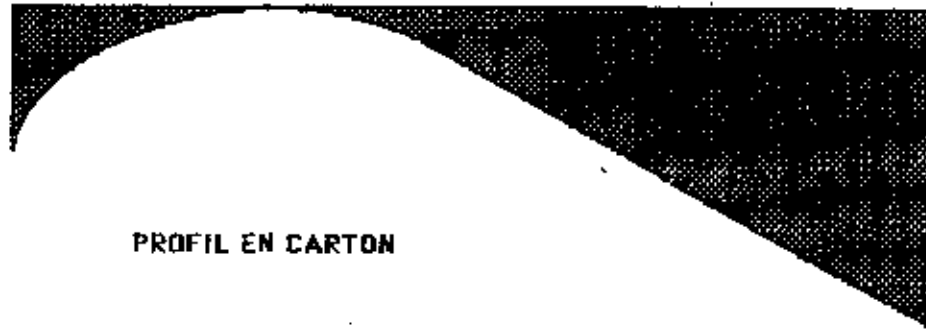
Enlever la matière excédentaire de la même manière que précédemment, mais là il s'agit presque de sculpter le profil.

**FIGURE 10**



Il est recommandé de prévoir des gabarits de profils en carton ou autre, aux différents points tracés tous les 5 cm, pour contrôler vos formes.

FIGURE 11



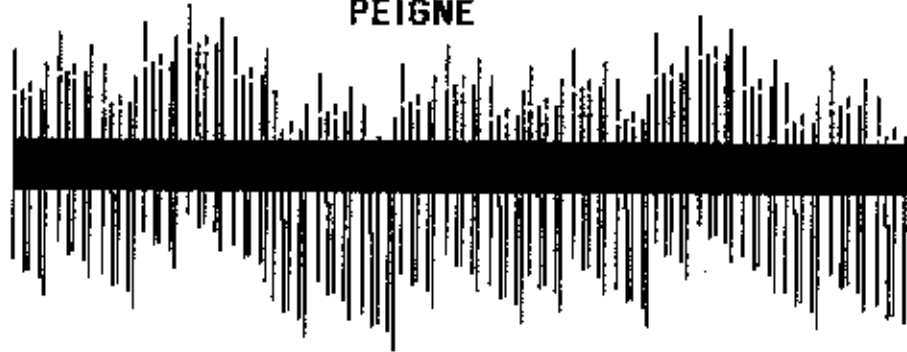
PROFIL EN CARTON

Finir un côté et recopier précisément vos profils sur l'autre pale tous les 5 cm, avec un peigne à profil que l'on peut se procurer dans un magasin de bricolage. (Outillage TRIPLEX par exemple.)

FIGURE 12

*ou avec une règle  
plomb que l'on forme sur le  
profil*

PEIGNE



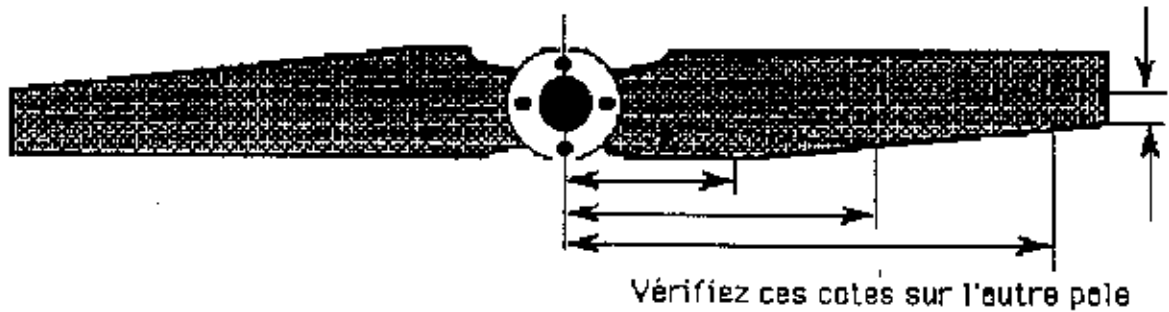
COMPARER LES EPAISSEURS AU PIED à COULISSE TOUS LES 5 cm !

FIGURE 13



Les traits laissés par le collage des planches vous permettront de voir avec précision la symétrie des formes d'une pale à l'autre

**FIGURE 14**



Finir le bord d'attaque d'un coup de rabot

**FIGURE 15**



### **EQUILIBRAGE**

Votre hélice étant maintenant pratiquement terminée, il vous reste à vérifier l'équilibrage.

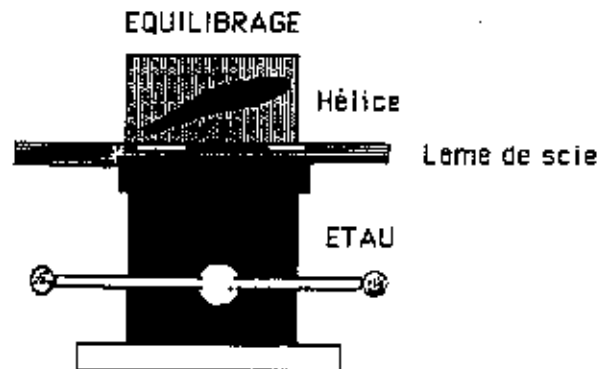
#### **Première méthode:**

Faire un léger trait de scie sur l'axe du moyeu.

Dans l'étau, serrer une lame de scie.

Poser l'hélice sur la lame.

**FIGURE 16**



Vous verrez ainsi de quel côté elle a tendance à pencher.  
Essayez de comprendre **où** vous devez enlever de la matière par rapport à l'autre pale, en mesurant les épaisseurs, les largeurs, les formes du profil.

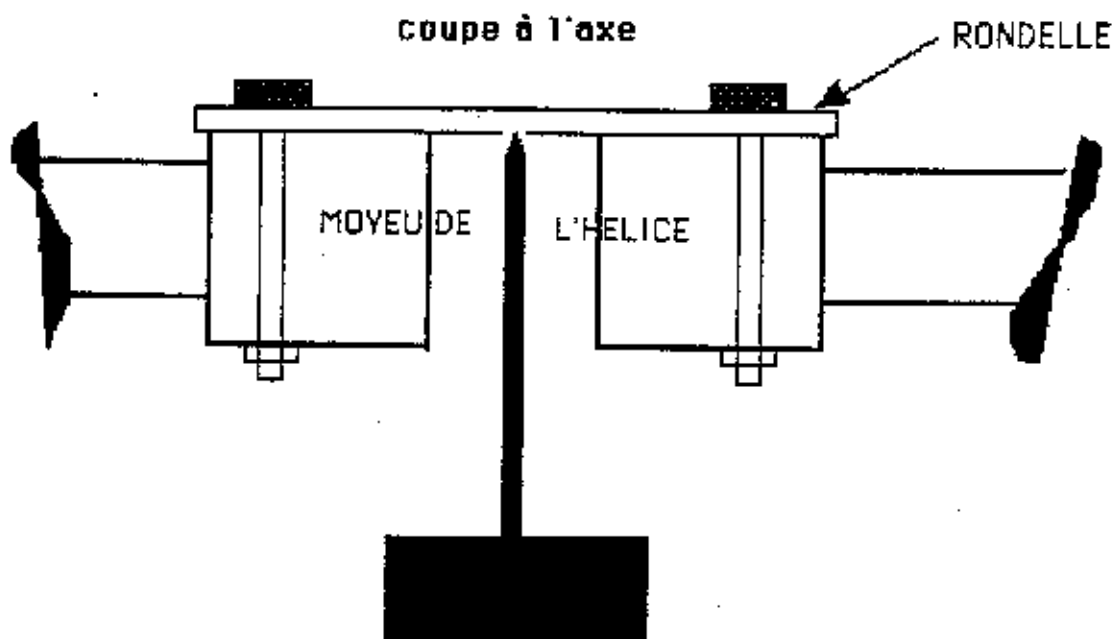
Chercher toutes les erreurs. La tolérance à ce stade est de 2 g en bout de pale.

Pour finir l'équilibrage, rajouter par exemple une couche de vernis, ou plus, d'un côté que de l'autre.

### **Deuxième méthode.**

Cette méthode est plus précise car elle permet d'équilibrer votre hélice dans tous les plans.

FIGURE 17



### ADAPTATION AU MOTEUR-ESSAIS

#### Attachez votre machine.

Reliez votre machine à une sangle d'une dizaine de mètres, pas devant un mur ou un autre obstacle, car cela fausserait les mesures. L'arrière d'un attelage de voiture peut servir à la rigueur, ou un tronc d'arbre.

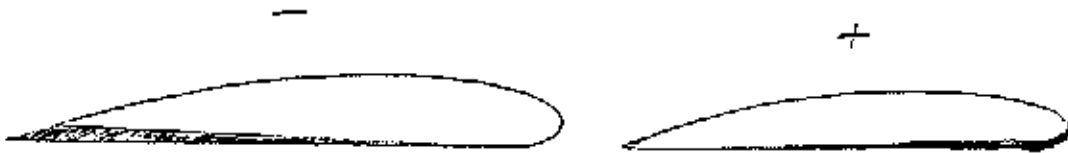
Intercalez un dynamomètre.

Voici une formule qui vous donne approximativement la poussée que vous devez obtenir:

ADAPTATION AU MOTEUR      ESSAI

Vérifier qu'il prend bien ses tours, au sol légèrement moins: il gagnera quelques tours en vol, selon la vitesse. S'il en prend trop, on n'y peut rien, c'est trop court, c'est à refaire. Autrement, couper 5mm par 5mm en bout après essais en vol. On peut avoir à toucher un peu Au pas (ça commence à être du bricolage).

Si l'on veut privilégier la vitesse de montée au détriment de la vitesse de vol, on diminue le pas et réciproquement. Pour diminuer le pas, limer le bord de fuite: attention à la largeur de pale. Attention! Le régime va augmenter pour ces 2 raisons: pas et largeur. Pour augmenter le pas on peut faire l'inverse: limer le bord d'attaque.

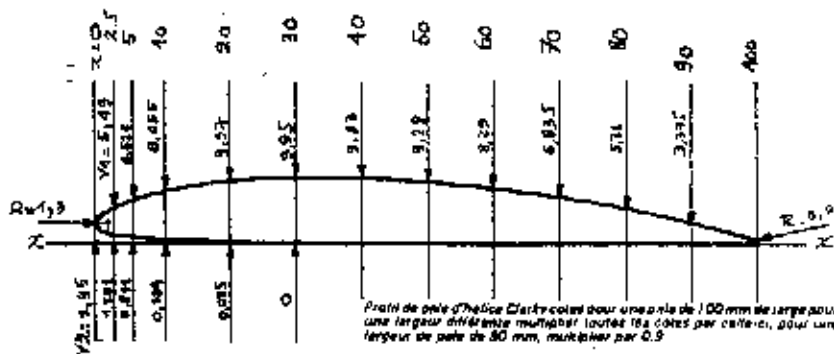


ESSAI DE POUSSÉE

Attacher la machine à un peson (pas devant un mur, cela fausse les mesures), à une voitures à la rigueur, située à une dizaine de mètres.

On doit obtenir environ:

- 2 Kg/CV pour des hélices tournant à 5000 - 6000 t/mn
- 2,2 Kg/CV pour des hélices tournant à 3500 - 4500 t/mn
- 2,5 Kg/CV pour des hélices tournant à 2200 - 2700 t/mn
- 2,7 Kg/CV pour des hélices tournant à 1800 - 2200 t/mn



Poussée = 7 (Diamètre en m x Puissance en chevaux)<sup>2/3</sup>

exemple:

96500

Moteur ROTAX 503 52 ch à 7000 t/mn réducteur 2,58 hélice Ø 1,65

Poussée à obtenir:  $7 (1,65 \times 52)^{2/3} = 136 \text{ kg}$

(ceci à une température de 15°, au niveau de la mer.)

Si vous êtes au dessus bravo, si vous êtes en dessous, il doit y avoir une erreur quelque part...

Votre moteur doit prendre son régime maximal moins deux à trois cent tours.

S'il monte en sur-régime, le diamètre de votre hélice est trop petit.

En ce cas il faut recommencer...

Si votre moteur ne prend pas ses tours, couper chaque bout de pale en faisant le calcul indiqué dans le chapitre précédent; en vérifiant bien que votre compte tours fonctionne correctement et que vous disposez de la courbe exacte de votre moteur ! Sinon coupez 5 mm par 5 mm jusqu'à ce que vous trouviez la bonne dimension.

Et maintenant bonne chance et amusez vous bien ...

FIN

pour vérifier le compte tours.

Les Néons ou les lampes à vapeur de mercure des éclairages, peu font d'excellents stroboscopes à 50 Hz soit 50 t/s

soit 3000 tours/mn dans un local éclairé par des Néons ou à un parking à 3000 t/mn vous voyez votre Hélice tourner.

à 6000 t/mn aussi

(attention à 1500, 2500 tours à l'oeil plusieurs)



Nominal pitch is measured at 75% radius.

Typical V.P.R. Propagators used successfully		Pitch (inches)	Pitch (mm)	Applications or Performance	VOLS SWAGEN ENGINES	
Engine	Dist. (inches)				Dist. (mm)	Am. (inches)
1200VW	53	30	2900 RPM Start	Early 1108 (1113) incl up to 1954	75	3300
1400VW	53	25	3600 other Data	Early 1500 (1197) incl 1954 to 1968	30	3700
1500VW	53	30	Tractor Motors, VPI 3 speed	1.4x 1200 (1190) incl 1960 to	34	3600
1500VW	46	25	Car's In-elt blade group	1200 (1208) incl	40	4000
1500VW	50	60	Aircraft "Y"	1500 (1493) incl	54	4000
1500VW	72	44	Reducing Drive 2:1	1900 Type 2	43	3800
1500VW	84	36	2000 RPM Start	18000 Type 3 Team Car	54	4700
1200VW	50	33	Early Turbodiesel	1500 Commercial	43	3800
1800VW	64	68	Tractor T100	1600 Type 3 (115A) incl Team Car	54	4000
1800VW	84	33	Model BLS or FS	1800 Commercial	47	4000
1800VW	54	30	V.P.I.	417 Type 4 (116) incl	40	4500
1800VW	68	34	Tractors	611E Type 4 (116) incl	60	4800
1500VW	45	35	Taylor Merry	6000 Type 3 (115A) incl Team Car	54	4000
Other Successful Applications for Larger Engines					611E Type 4 (116) incl	
70	26	26	Motor Pumper, etc	611E Type 4 (116) incl		
68	34	34	Motor Pumper, etc	611E Type 4 (116) incl		
61	47	47	Tractor P100	611E Type 4 (116) incl		
72	42	42	Tractor P100	611E Type 4 (116) incl		
75	38	38	Tractor P100	611E Type 4 (116) incl		
44	28	28	Grass	611E Type 4 (116) incl		
48	26	26	Grass	611E Type 4 (116) incl		
64	42	42	Tractor	611E Type 4 (116) incl		
75	48	48	Paper J.E. Co.	611E Type 4 (116) incl		
88	44	44	Paper J.E. Co.	611E Type 4 (116) incl		
12	84	84	Paper P.A. 20 C.U.	611E Type 4 (116) incl		
23	58	58	Paper P.A. 20 C.U.	611E Type 4 (116) incl		
22	48	48	Tractor	611E Type 4 (116) incl		

350V  
 135x76  
 135x66  
 135x91  
 132x81  
 127x81  
 122x118  
 137x91  
 137x101  
 137x81  
 152x86

Fig. 1

Fig. 6

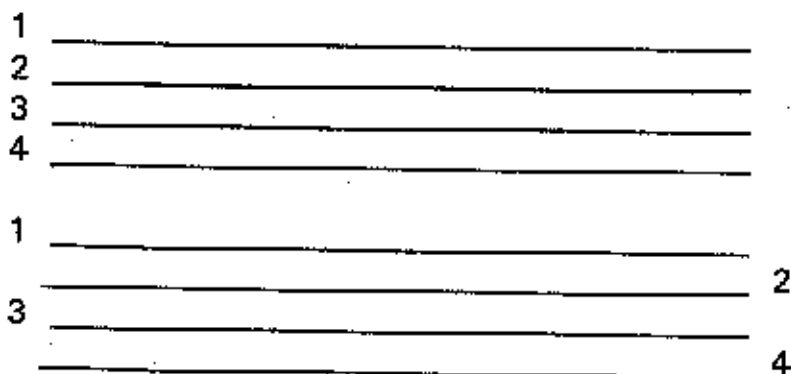
## REALISATION DU BLOC

Faire un bloc de lamellé collé de hêtre. *Sapin pour le Dieselis + can.*

Trouver un hêtre sec, sans noeud, épaisseur 80, la largeur dépend de la taille du moyeu (pour un moyeu dont les trous sont sur un diamètre de 100, prendre 130) ; la longueur dépend de la vitesse de rotation et de la puissance à absorber, elle sera définie dans la suite.

Scier ce bloc avec une scie à ruban pour obtenir des planches de 13 à 14 mm (jusqu'à 22 mm). Ces planches doivent être (avant collage) repérées et croisées "tête-bêche" pour contrarier les déformations du bois (ce n'est pas essentiel).

\* Faire ces repérages en bout :



\* Dégauchir et raboter pour en faire des planches de 10 mm à 11 mm (jusqu'à 20 mm possible).

\* Les coller avec une colle marine à 2 composants type "Résorcine", "Urée formol" ;

Exemple : Sader Marine, Desmarey Marine, Aérodux, colles à lamellé-collé. Elle peuvent s'acheter dans les magasins de bricolage à 120 F/kg environ. Faire attention à la date de péremption (environ 400 g pour une hélice).

\* Presser le tout entre des planches épaisses pour répartir l'effort de serrage des serre-joints qui doivent être nombreux. (Un tous les 10 cm de chaque côté).

S'il vous est impossible de trouver un bloc de hêtre pour débiter des planches, à la rigueur, vous pouvez faire votre bloc à partir de planches disjointes.

On peut aussi utiliser du frêne, un peu plus difficile à trouver, mais plutôt meilleur.