

Une HELICE d'avion: quelques caractéristiques

Notes sur quelques recherches pour un ignorant dans le domaine des HELICES.

Les hélices du commerce :



Quand on en achète une, on y découvre généralement 2 inscriptions sur les pales.

Ainsi, pour cette hélice en jaune :

. d'un côté on lira 8 x 4.5 (mesures en pouces)

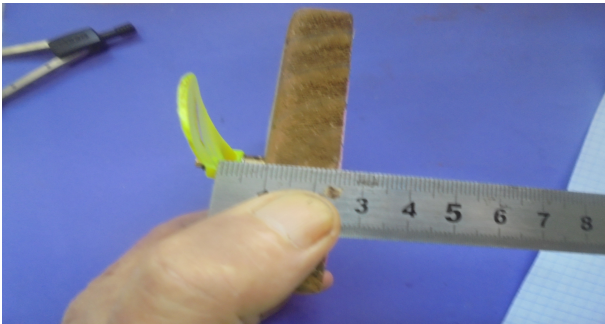
. et de l'autre 208 x 114 (mesures en mm)

Le premier chiffre donne le **diamètre**, le second donne le **PAS géométrique (ou théorique)**.

La conversion se fait en multipliant les pouces par 25.4 mm.

Mais parfois on n'y trouve aucune donnée ou alors, si on la retaille en diminuant le diamètre, **il faut en recalculer le PAS**.

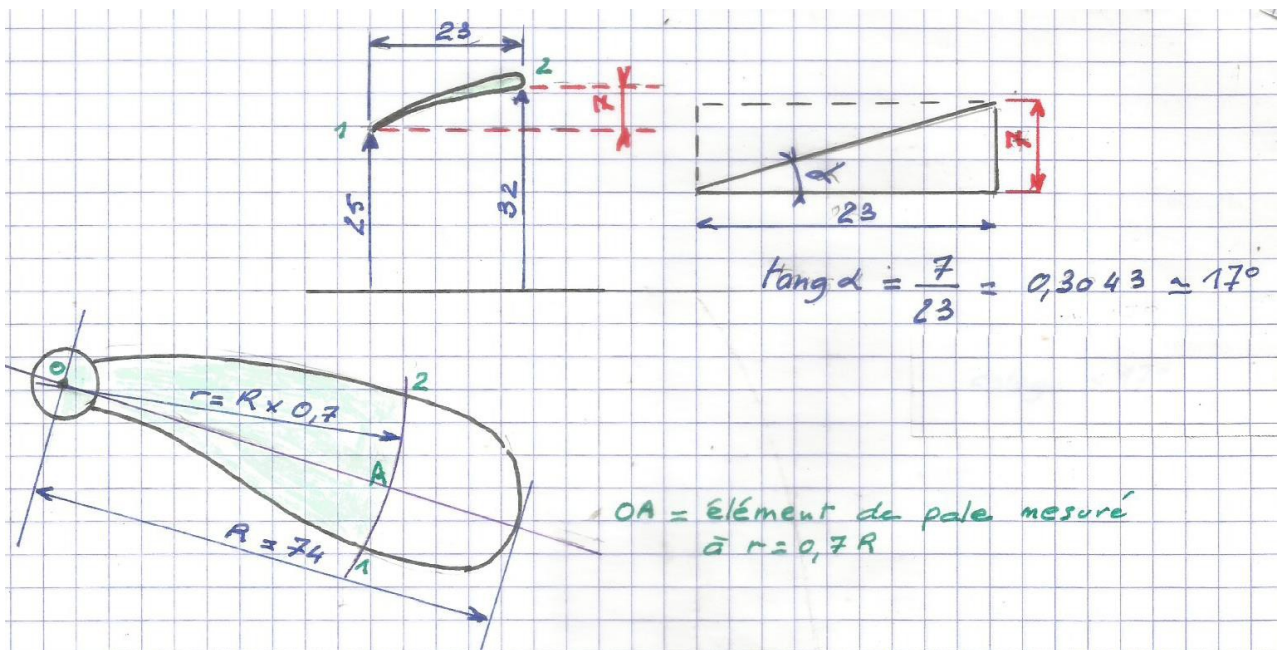
Recherche du PAS d'une hélice retournée à un diamètre de 148 mm = 6".



L'hélice est calée dans un support et on mesure la différence de hauteur entre le bord d'attaque et le bord de fuite à une distance de $r = R$ (rayon de l'hélice) x 0.7, soit 51.8 mm

A cette distance, on mesure la base de la projection de la pale : ici, 23 mm.

Après déduction de l'épaisseur de la cale, on peut calculer l'angle formé à l'extrémité de la section de base.



17°, un angle que j'appelle angle de calage. Car avec mes pales plates, je ne vois pas bien comment déterminer un angle d'incidence (voir en bas du document).

La section de base d'une hélice est déterminée à 0.7 R de l'axe mais parfois, on trouve une mesure à 0,75 R . Des différences selon les sites consultés ...

$$PAS = 2 \times \pi \times r \times \tan \alpha$$

$$r = 0,7 R \text{ (rayon hélice)}$$

formule de calcul du PAS

L'hélice de 8" x 4.5" a été réduite à un diamètre de 148 mm.

On utilise cette formule et notre hélice est devenue une 6" x 4", ce qui représente un grand PAS.

Le nombre de pales

Lecture : "Il est préférable d'avoir un minimum de pales car chaque pale produit une traînée. Le nombre de pales est donc le minimum capable de transformer toute la puissance du moteur en traction sans devoir tourner trop vite.. *Mais encore*, plus le moteur sera puissant et plus il faudra de pales pour utiliser toute cette puissance en tournant à vitesse raisonnable."

Toutes mes lectures et mes expériences confirment que la **bipale est la meilleure** .

Cependant, on peut être tenté de la remplacer par une tripale ou une quadripale pour répondre à un problème d'échelle. On obtiendra alors une similitude en suivant cette règle (MRA, n° inconnu):

. bipale = D

. tripale = D x 0.92

. quadripale = D x 0.87

Pour en revenir au PAS, l'élément le plus important pour une hélice :

Remarques qui intéressent la recherche pour l'Hélicap version 1 : traction d'un véhicule par une hélice - <http://www.vapeuretmodelesavapeur.com/helivap/index.html>

- . un PAS faible combiné à un grand diamètre favorise l'accélération en début de roulage
- . si le PAS est faible, la traction de l'hélice est meilleure à basse vitesse
- . *en modifiant le calage (valeur de tangente α), on peut obtenir un PAS plus petit ou plus grand*

Types d'hélices, 3 cas intéressants :

. **l'hélice à PAS FIXE** : cas d'une hélice du commerce et il faudra en acheter bien des exemplaires pour trouver la bonne ... Là, pas de modification possible !

. **l'hélice à PAS VARIABLE** qui existe dans le commerce mais pas facile à réaliser et de plus, un seul calage m'intéresse, celui au sol, en roulage.

. **l'hélice à PAS REGLABLE** dont on peut modifier l'angle de calage en lui permettant de pivoter sur son axe.

C'est cette 3ème option qui a été retenue pour mes constructions d'hélices.

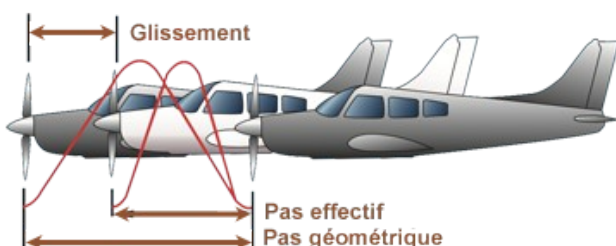
Rappel important : le PAS d'une hélice détermine la distance parcourue en 1 tour

Pour l'instant on a parlé de PAS GEOMETRIQUE mais il faut penser au PAS EFFECTIF ou REEL qui sera inférieur.

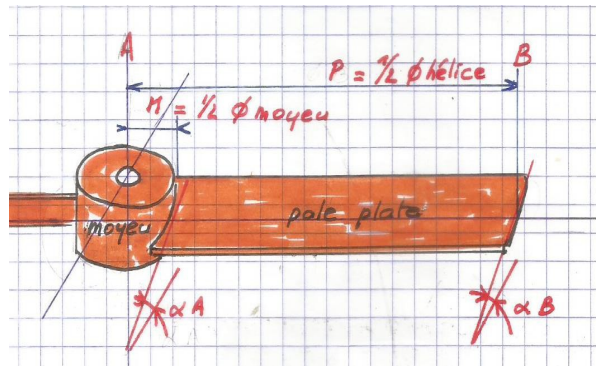
Le PAS EFFECTIF donne la distance réellement parcouru par l'avion pendant un tour d'hélice

Le PAS effectif est égal à la **vitesse de l'avion** * **durée d'un tour d'hélice** (1/vitesse de rotation en trs par seconde)

** encore l'avion alors que le problème n'est pas du tout le même puisque, avec l'Hélicap, il faut tracter une masse importante et non la faire voler Cependant, à la suite d'une expérience on verra que cette formule peut s'appliquer à notre véhicule quand on a plus ou moins estimé sa vitesse ...*



PROBLEME découvert après la réalisation de l'hélice plate : le PAS va varier de son axe à son extrémité



Mes premières hélices furent ainsi réalisées. Et, dans ce cas, l'angle de sa base à la sortie du moyeu est identique à l'angle qu'on trouve en bout de pale.

En **A**: le PAS est fonction de **d** ; En **B**, le PAS est fonction de **D** beaucoup plus grand ce qui donne donc un PAS plus grand.

Conséquence, les points **A** et **B** n'avanceront pas à la même vitesse et le rendement de l'hélice sera très mauvais.

$$PAS = 2 \times \pi \times r \times \tan \alpha$$

$$r = 0,7 R \text{ (rayon hélice)}$$

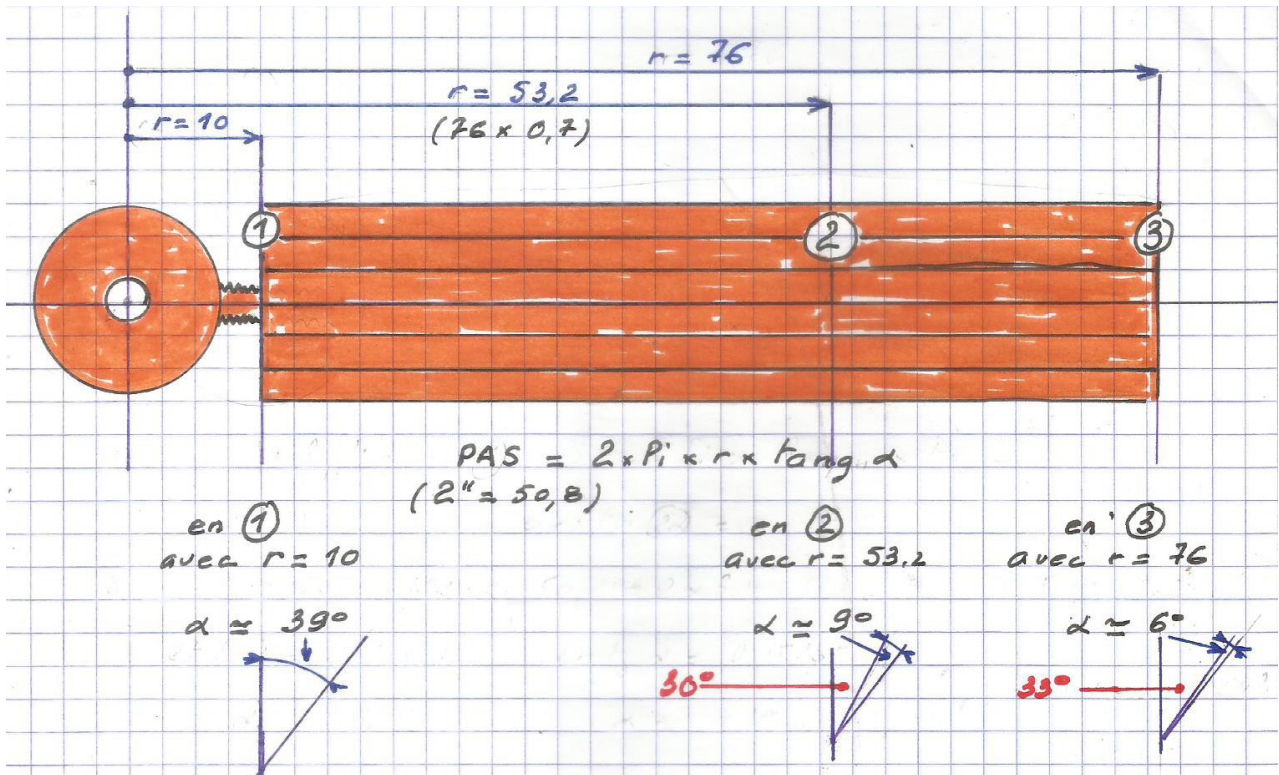
Une formule qui va servir bien souvent !

Quelle solution pour obtenir en bout de pale B le même calage donc le même PAS qu'en A ?

Le **VRILLAGE** de la pale va permettre à l'hélice de fonctionner avec un angle relativement constant.

Lecture : "La forme vrillée de la pale s'explique par la différence de vitesse qui existe entre son extrémité et sa base. Afin d'obtenir une force de traction sur toute sa longueur, un "angle d'attaque" important est nécessaire là où la vitesse est faible (pied de pale), et un "angle d'attaque" faible où la vitesse est forte (bout de pale)".

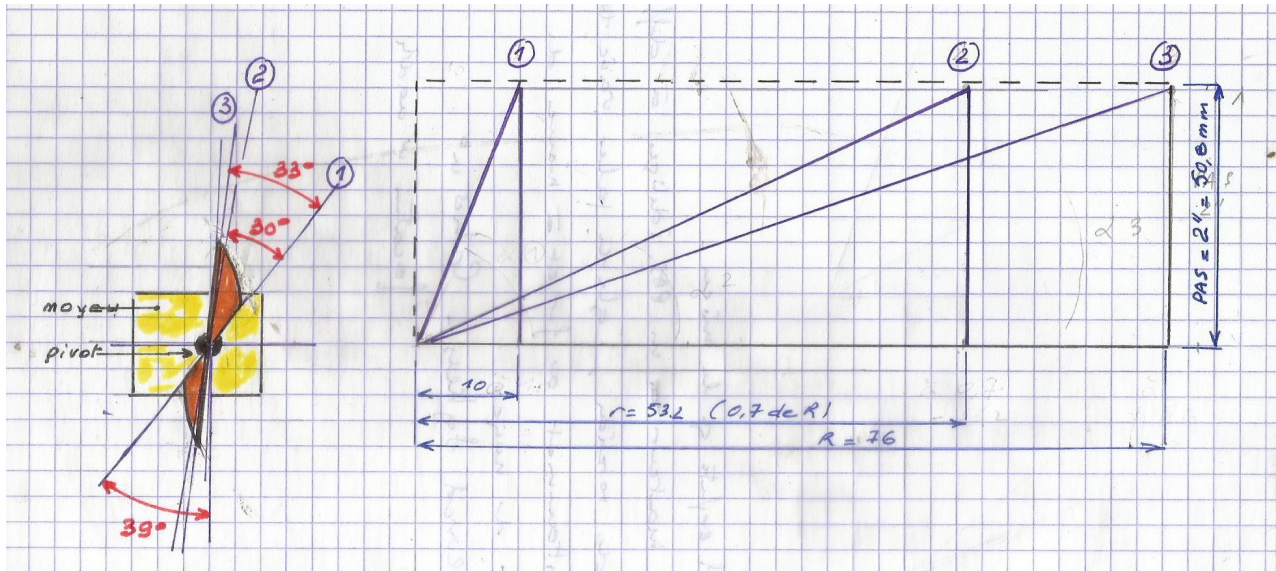
Calcul du vrillage



Avec la formule précédente, en prenant un PAS faible de 2" (soit 50.8 mm) on calcule l'angle formé :

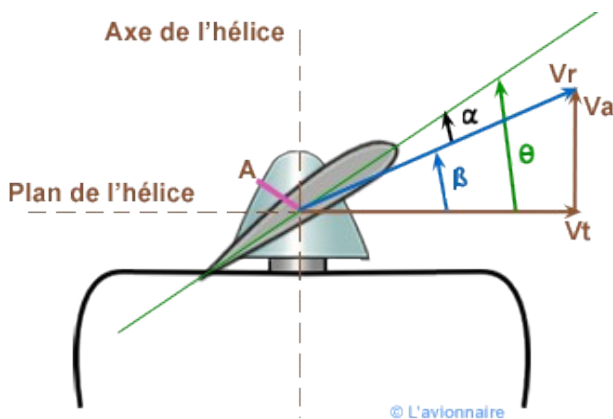
- . en 1, base de la pale, en partant de notre PAS de 2", on obtient un angle de 39°, pour une avance d'environ 5 cm par tour
- . en 3, extrémité de la pale, toujours avec le même PAS, avec le même angle de 39°, l'avance sera de 386 mm par tour

On reprend les calculs et on voit qu'en 2, il faut que le bord d'attaque soit à 9° pour obtenir le même déplacement et qu'il soit à 6° en 3



Un croquis qui sera peut-être plus explicite

Un problème que ne règle pas, il me semble, l'hélice plate, celui de l'angle d'incidence que l'on voit apparaître sur le premier de ces croquis :



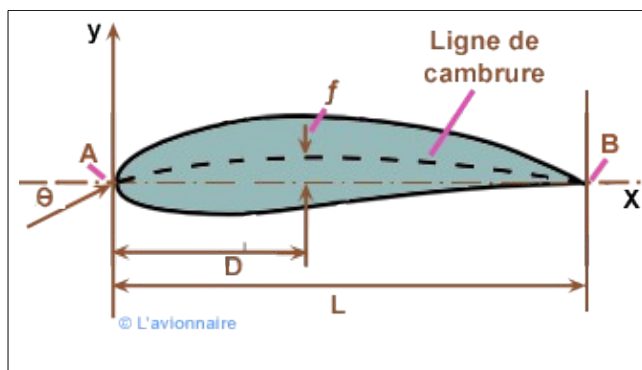
Prenons un élément de pale situé à r de l'axe de l'hélice.

Nous avons :

- θ = angle de calage
- β = angle d'avancement
- α = angle d'incidence

Le point A du profil de référence d'une pale d'hélice en mouvement est soumis à deux vitesses :

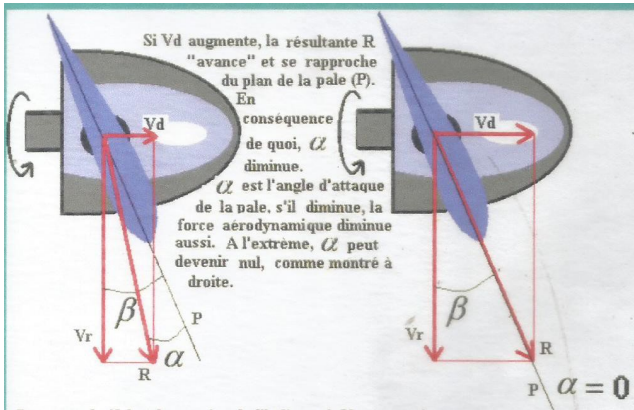
- V_t vitesse tangentielle, égale à $2\pi \cdot r \cdot n$ (n étant la vitesse de rotation en tours/s).
- V_a vitesse en translation en m/s, c'est la vitesse d'avancement ou vitesse de l'avion.
- Il en résulte un mouvement suivant le vecteur V_r .



J'avoue que je m'y perds avec cet θ = angle de calage qui apparaît ...

En fait, on peut obtenir une hélice présentant une cambrure ou plutôt un "bombage" sur l'extrados, petit bricolage facile réalisé dans cet album pour une tripale et une quadripale.

L'avantage pour moi étant qu'on fait disparaître la petite résistance à l'air apportée par la tige filetée soudée qui sert de pivot à une hélice réglable. Par contre l'intrados restera plat ...



Mon hélice à pale plate doit finalement se comporter comme dans le croquis de droite de cette gravure où :

α = angle d'incidence appelé ici angle d'attaque disparaît.

Et, je me trompe peut-être, avec l'hélice à pale plate on se trouve dans le cas où α est nul
et

θ l'angle de calage = β l'angle d'avancement

La force aérodynamique est devenue nulle, mais pourtant, ça avance (de temps en temps) !

Quelques liens relevés parmi une multitude de sites lus et relus :

Faire son hélice : <http://startair.chez.com/FAIRE%20SON%20HELICE.htm>

Réflexion sur le pas des hélices :

<https://le-blog-modelisme-rc-de-hal.over-blog.com/2020/11/reflexion-au-sujet-du-pas-des-helices.html>

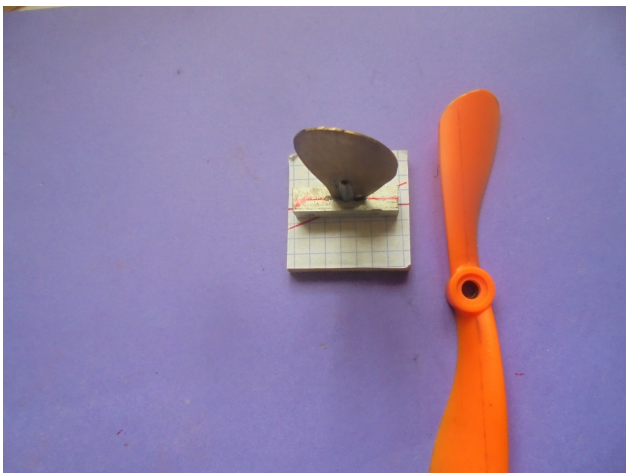
Fabriquer une hélice : <https://www.peanut-scale.fr/a-helices.htm>

Les hélices d'un avion : <https://www.lavionnaire.fr/HeliceHelices.php>

La propulsion par hélice :

<http://www.aero-hesbaye.be/dossiers/hlpv/Propulsion/propulsionhelice.html>

Les 4 croquis qui ne sont pas de moi et illustrent ce document sont issus des 2 derniers sites.



Comment procéder au vrillage ?

Quelques idées à découvrir dans cet album ...

Si vous voulez compléter ou corriger cette fiche, vous pouvez m'envoyer le résultat de vos expériences que je me ferai un plaisir de partager avec les lecteurs.

Jacques

Faaroa, le 20 mai 2022