



**Axe de l'hélice :** axe de rotation de l'hélice.

**Axe de pale :** axe autour duquel la pale tourne lors du changement de calage.

**Centre de l'hélice :** point d'intersection de l'axe de l'hélice et de l'axe de pale.

**Plan de l'hélice :** plan engendré par la rotation des axes de pale

**Elément de pale :** section de pale obtenue par un plan perpendiculaire à l'axe de pale et coupant la pale à une distance  $r$  de l'axe de l'hélice.

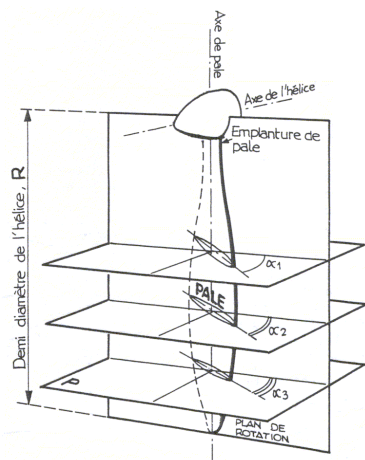
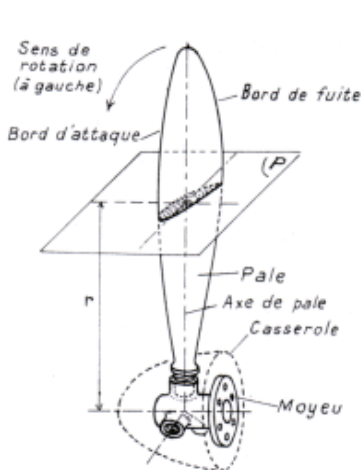
**Hélice à pas fixe :** le pas géométrique  $H$  est constant tout le long de la pale.

**Hélice à pas variable :** le pas géométrique  $H$  varie tout le long de la pale (variation possible lors de la construction).

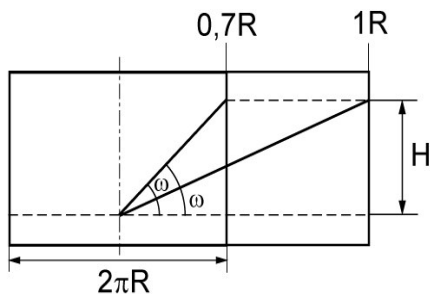
**Hélice à calage fixe :** le calage  $\omega$  ne peut être modifié par rapport au moyeu.

**Hélice à calage réglable :** le calage  $\omega$  peut être modifié au sol

**Hélice à calage variable :** le calage  $\omega$  peut être modifié en vol.



Nota : Le pas de l'hélice tout au long de la pale pouvant être variable, il est nécessaire de définir un section de référence. Cette section est fixée à  $0,7R$  ( $R$  étant le rayon de l'hélice).



$\omega$  : Angle de calage

$\beta$  : Angle d'avancement

$\alpha$  : Angle d'incidence ( $\alpha = \omega - \beta$ )

Pas géométrique :

$$H = 2 \pi R t g \omega$$

Définition du recul :

Le recul est la différence entre :

- le pas géométrique  $H = 2 \pi R t g \omega$

- le pas réel  $H' = 2 \pi R t g \beta$

$H'$  est le pas réel ou l'avancement par tour de l'hélice et s'exprime en mètres par tour.

$$H' = 2 \pi R t g \beta \quad \text{Avec} \quad t g \beta = \frac{V_a}{2 \pi r N}$$

$$\text{Donc } H' = 2 \pi r \times \frac{Va}{2 \pi r N} = \frac{Va(m/s)}{N(t/s)}$$

Le recul crée la différence entre  $H$  et  $H'$ , donc entre  $\omega$  et  $\beta$ , donc de connaître l'incidence qui est à l'origine de  $Ra$  donc de la traction.

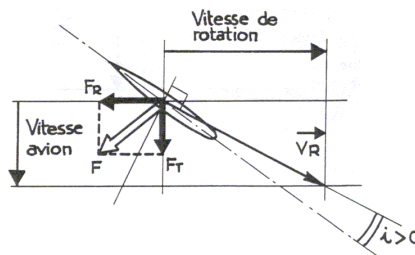
Le pas relatif est égale à :

$$h = \frac{H}{D} = \frac{\text{pas géométrique}}{\text{diamètre hélice}}$$

$$h = \frac{2 \pi \times 0,7 R \text{ tg } \omega}{2 R} = 2,2 \text{ tg } \omega$$

### Fonctionnement aérodynamique de la pale :

La pale attaque l'air suivant un angle d'incidence  $\alpha$  et suivant une vitesse. Il en résulte une résultante aérodynamique qui se décompose en force de traction et force de couple.



Une pale peu être :

- Propulseur :  $r \rightarrow t > 0$  (traction) et  $f < 0$  (couple résistant compensé par le couple moteur)
- Transparence : Si  $C_m \searrow$ ,  $Vt \searrow$ ,  $\alpha \searrow$  alors pour une certaine valeur  $C_m$ ,  $r = f$  et  $t = 0$ . L'hélice ne tracte pas et elle ne freine pas.
- Frein aérodynamique : Si  $C_m$  continue à  $\searrow$ ,  $Vt \searrow$ ,  $\alpha \searrow$ , alors  $\alpha$  devient  $< 0$ ,  $r \rightarrow t < 0$  et  $r \rightarrow f < 0$  sont en sens opposé du mouvement. L'hélice freine.
- Moulinet : Si  $C_m$  continue à  $\searrow$ ,  $Vt \searrow$ , alors  $\alpha$  devient  $\ll 0$ ,  $r \rightarrow t < 0$  sens opposé du mouvement et  $r \rightarrow f > 0$  sens du mouvement. L'hélice tourne.
- En drapeau : le calage  $\omega = 90^\circ$ , la pale est immobile.
- Reverse : le calage  $\omega$  est inversé,  $\omega < 0$ .  $r \rightarrow t < 0$  sens opposé freine l'avion, et  $f < 0$  sens opposé au mouvement de l'avion.

Rendement de l'hélice et puissance moteur :

$$\eta_h = \frac{W_u}{W_m}$$

$W_u =$  Puissance utile = Traction hélice x Vitesse avion

$W_m =$  Puissance Moteur

Ordre de grandeur du rendement maxi : 0,8 à 0,85

Au rendement maxi, les profils de l'hélice sont à incidence de finesse maximale.

Rendement en fonction de  $\gamma$ :

$\gamma$  est appelé paramètre de fonctionnement de l'hélice ou coefficient de similitude de vitesse.

$$\gamma = \frac{Va}{ND}$$

$Va$  = vitesse d'avancement (vitesse avion)

$N$  = nbr de tours/s

$D$  = diamètre de l'hélice

Au décollage :  $V$  est faible,  $N$  est élevé, donc  $\gamma$  est faible.

→  $h$  petit : petit pas

En croisière :  $V$  est élevé,  $N$  est moyen, donc  $\gamma$  est élevé.

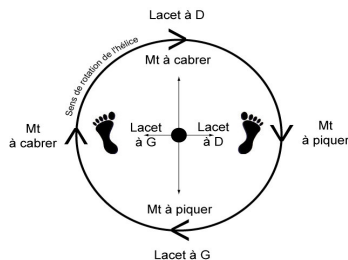
→  $h$  élevé : grand pas

### Effets secondaires moteur-hélice :

**Couple de renversement :** réaction opposé à celui de l'ensemble hélice moteur qui génère une rotation autour de l'axe de roulis à chaque forte variation de puissance. Durant le roulage au décollage la charge augmente sur la roue gauche, en vol il sera plus sensible à forte puissance et basse vitesse..

**Couple gyroscopique :** l'hélice en rotation constitue un gyroscope.

Vue de la place du pilote, l'hélice tourne dans le sens horaire :



**Souffle hélicoïdal de l'hélice :** important sur avion léger à basse vitesse (au décollage). La veine fluide vient créer des forces aérodynamiques sur la voilure et l'empennage vertical.

Vue de la place du pilote, l'hélice tourne dans le sens horaire :

- Voilure → roulis à droite
- Empennage → lacet à gauche

**Déport de la traction :** suivant l'incidence de l'avion, l'axe de rotation de l'hélice fait un angle non nul avec la vitesse relative. La pale descendante a une incidence plus élevée que la pale montante, elle tire donc plus, la traction est donc déportée du côté de la pale descendante.

**Interaction souffle hélice - aile :** vue de la place du pilote, la portance de l'aile gauche est légèrement supérieure à celle de l'aile droite.

### Utilisation :

*Hélice à calage variable ou à régime moteur constant :*

*Avec ce type d'hélice, le pilote peut adapter le moteur et l'hélice à la phase de vol dans laquelle il se trouve. Un système automatique permet alors de maintenir le moteur à son régime de rotation optimal. Le régime moteur de l'avion équipé d'une hélice à calage variable reste constant même si la vitesse varie.*

**Commande de pas d'hélice :** le calage détermine la traînée de l'hélice, donc le couple résistant qu'elle oppose. Cette commande permet d'afficher un régime de rotation.

**Manette des gaz :** permet d'afficher une pression d'admission. Le manomètre doit indiquer la pression atmosphérique ambiante (QFE) lorsque le moteur est à l'arrêt.

*Afin d'éviter le problème du surcouple, il faut toujours augmenter le régime avec la commande de pas avant d'augmenter la pression d'admission. Inversement, pour diminuer la puissance, il faut*

*d'abord agir sur la commande des gaz, et ensuite sur la commande de régime.*

*Le petit pas est utilisé lorsque une faible vitesse et une forte puissance sont nécessaires (décollage, montée) et le grand pas lorsqu'une vitesse élevée et une puissance moins importante sont nécessaires (croisière).*

*Une augmentation du pas c'est-à-dire une augmentation du calage et une diminution de régime se traduit par une diminution de la PA.*

*Une diminution du pas c'est-à-dire une diminution du calage et une augmentation de régime, se traduit par une augmentation de la PA.*

*La richesse doit être réglée pour obtenir le rapport de 1g d'essence pour 15g d'air. La mixture se règle avec l'indicateur de température de sortie des gaz (EGT : Exhaust gaz Temperature). La puissance maximum n'est pas atteinte avec un mélange de 1/15 mais avec 1,25 fois ce dernier. Il faut donc à partir de l'EGT maximum (Peak EGT), enrichir légèrement le mélange jusqu'à faire redescendre l'EGT de 50° F c'est-à-dire deux divisions sur l'indicateur d'EGT.*

Commande de régime :

Manette de régime	Tirée	Poussée
Ressort	Détaré	+ Taré
Masselottes	S'écartent	Se rapproche
Tiroir de distribution	Monte	Descend
Angle de calage	Augmente	Diminue
Régime	Diminue	Augmente

Synthèse :

*Décollage et montée initiale :*

- 1 – PA Maxi.*
- 2 – Plein Petit Pas (PPP).*
- 3 – Mélange pleine riche.*

*Pour passer de la montée en palier :*

- 1 – Diminution de la PA.*
- 2 – Diminution du Régime.*
- 3 – Diminution de la richesse.*

*Pour une augmentation de puissance :*

- 1 – Augmentation de la richesse.*
- 2 – Augmentation du Régime (vers PPP).*
- 3 – Augmentation de la PA.*

*Pour une diminution de puissance :*

- 1 – Diminution de la PA.*
- 2 – Diminution du Régime.*
- 3 – Diminution de la richesse.*



### A savoir :

- Au cours d'un vol plané, moteur sur ralenti, si le pilote tire vers lui ( $N \searrow$ ) la commande hélice « constant speed », on peut dire :

- $N \searrow$ , Calage  $\nearrow$ , Trainée hélice  $\searrow$ , Taux de descente  $\searrow$

- Un avion équipé d'une hélice à vitesse de rotation constante est en descente plané avec la manette des gaz sur réduit est le moteur au ralenti. Que se passerait-il si la manette d'hélice était tirée vers l'arrière ?

- $\searrow$  du taux de descente et  $\searrow$  du RPM

- En descente à puissance réduite, si le pas de l'hélice est réduit, que se produit-il ?

- Vitesse verticale de descente  $\nearrow$ , L/D RATIO  $\searrow$

- Si vous diminuez le pas de l'hélice pendant la descente avec la puissance sur réduit à IAS constante, la finesse de l'aéronef :

- $\searrow$

- L'augmentation de la Pa  $\nearrow$ , à nombre de tours constant, entraîne sur une hélice à calage variable :

- une  $\nearrow$  de l'angle de calage.

- L'angle d'incidence sur les profils d'une hélice à calage fixe :

- varie avec le nombre de tours. Si  $N \nearrow$ ,  $\alpha \searrow$ ; si  $Va \nearrow$ ,  $\alpha \searrow$

- L'angle d'incidence d'une pale d'hélice à calage fixe augmente lorsque :

- la vitesse et le régime moteur diminuent

- Au cours d'un vol plané à puissance nulle et IAS constante, si l'on diminue le pas de l'hélice, la finesse de l'avion

- $\searrow$