



# Fonctionnement de l'hélice (1ère partie)





# sommaire

- Certaine méconnaissance des diverses causes de variation du régime moteur (autre que la pression d'admission) pour les avions équipés d'une hélice à calage fixe et des effets moteurs
- Des incidents sur trois avions du club ont amené l'élaboration de ce cours

1. Rappel théorique

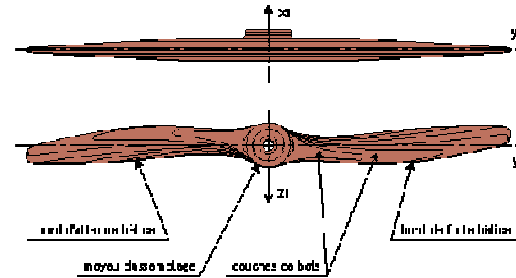
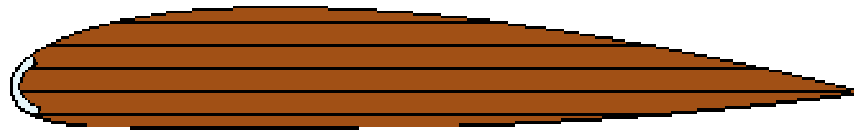
2. Pas fixe – pas variable – régime moteur

3. Effets d'hélice

4. Pannes : conduites à tenir  
signes annonciateurs  
bon réflexes

# Types d'hélices

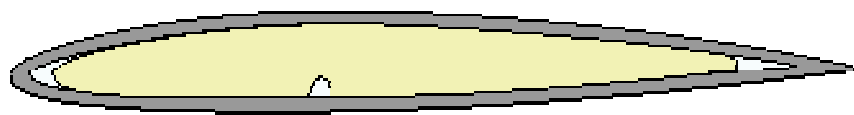
pale en bois lamellé collé



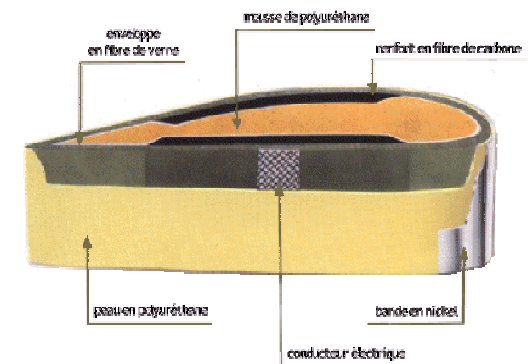
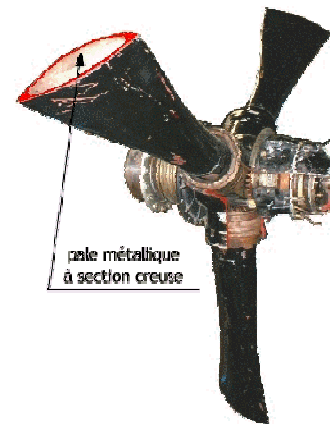
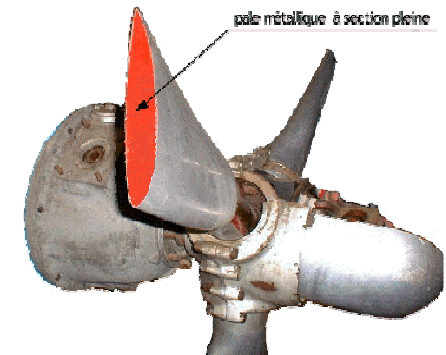
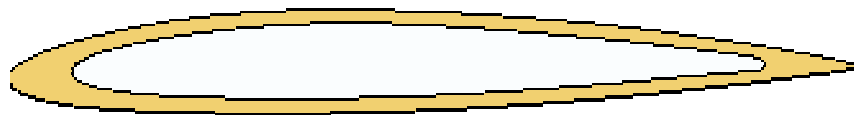
pale en alliage léger



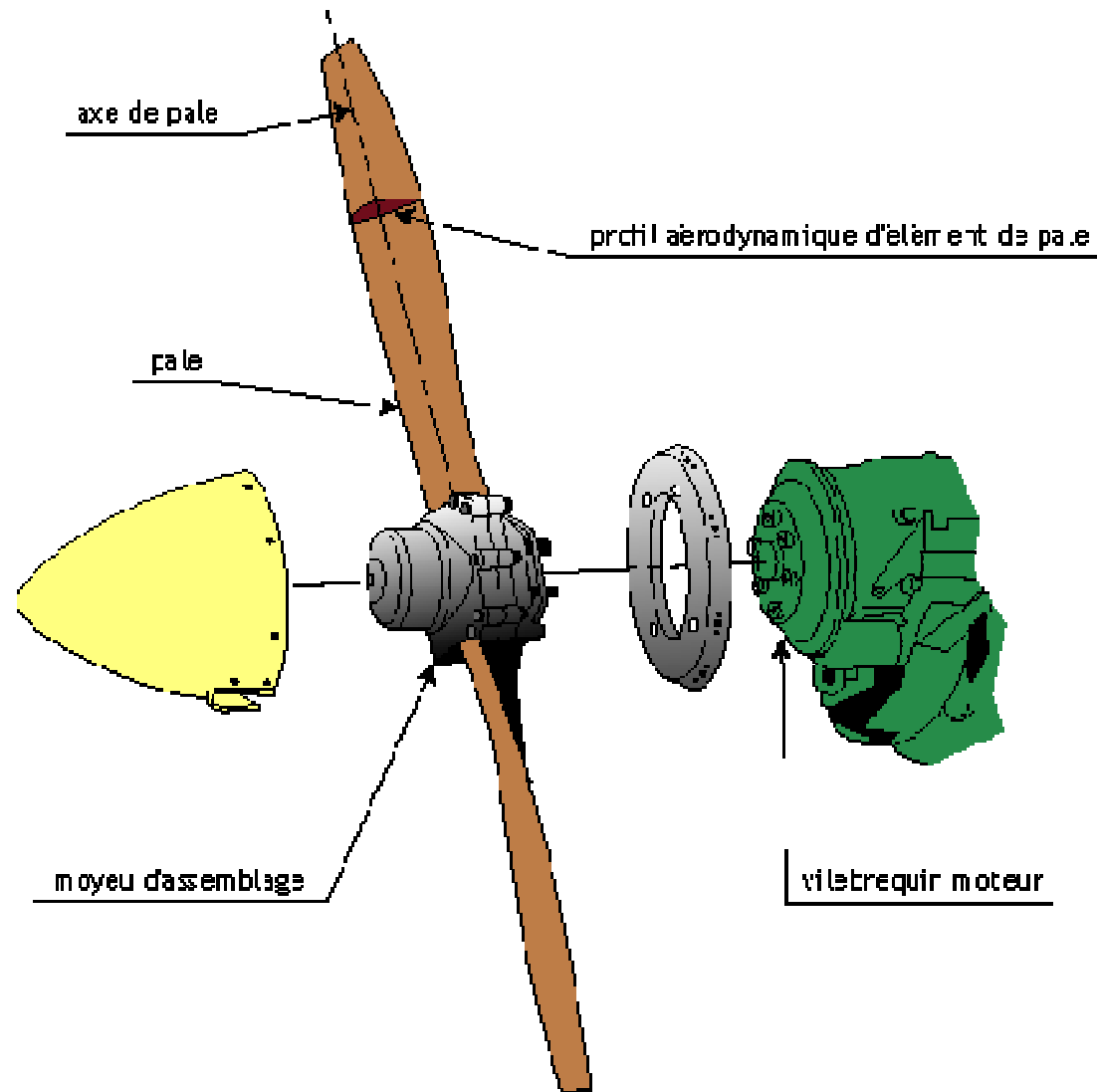
pale en acier avec remplissage de mousse



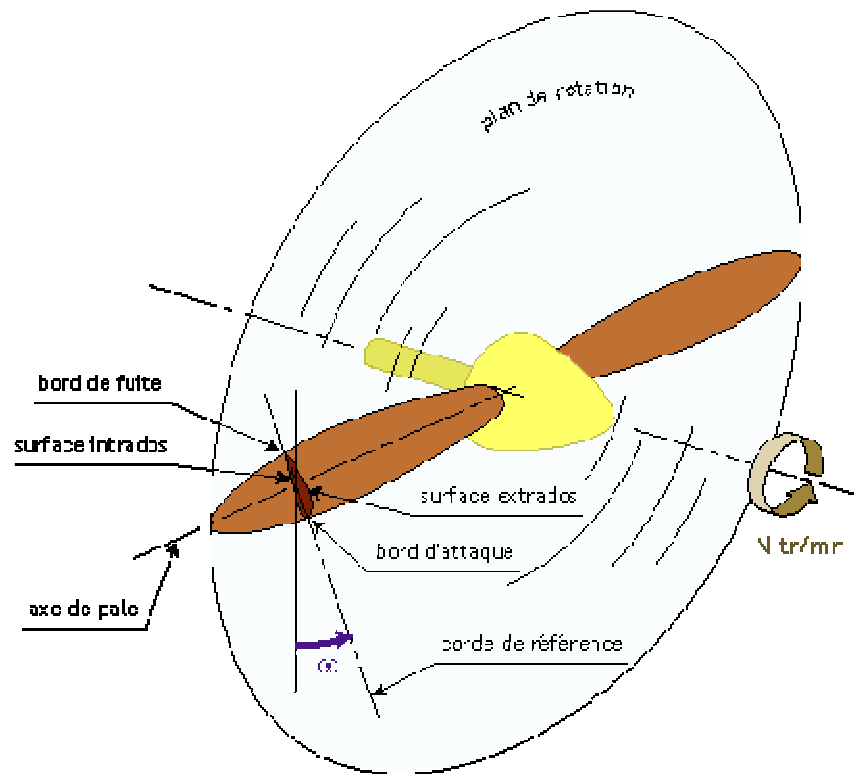
pale en matériaux composites



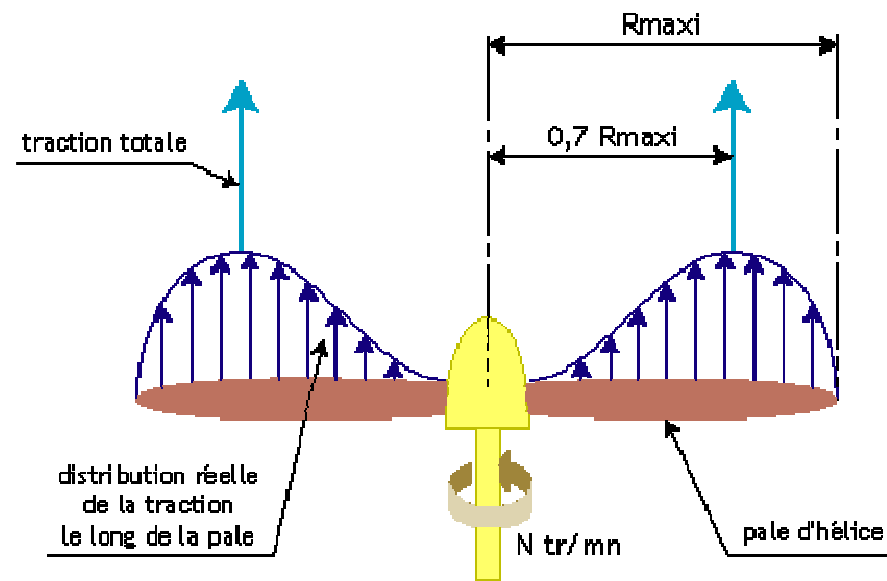
# Eléments de base



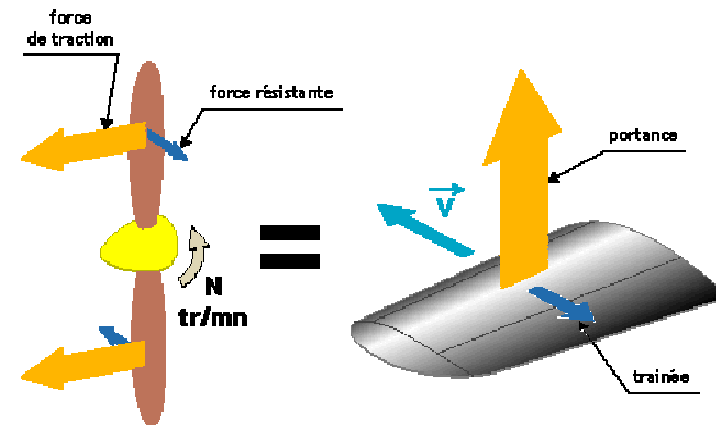
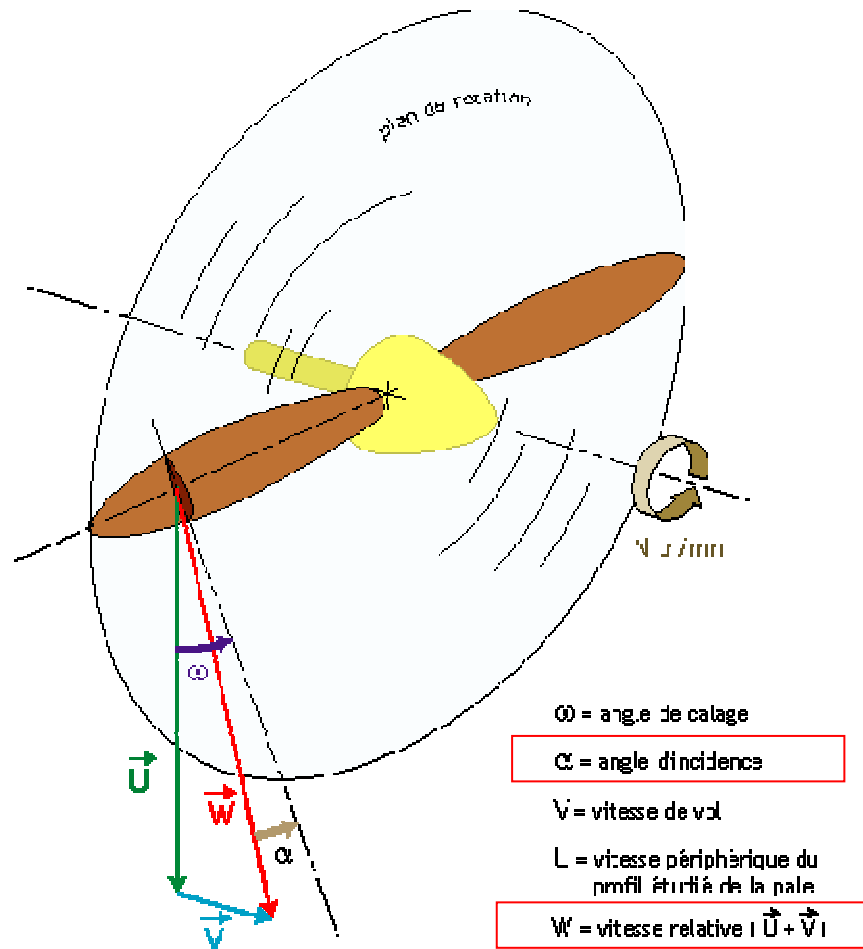
# définitions



$\alpha$  = angle de calage ou de pale



# Fonctionnement aérodynamique de l'hélice

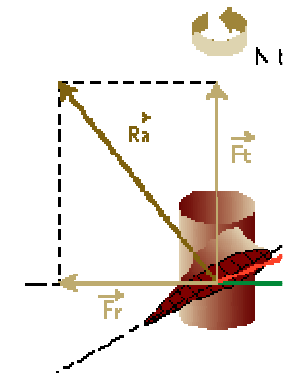


La résultante aérodynamique est fonction:

- du **profil** aéro. (section)
- Intensité **Vitesse relative**
- **Angle d'incidence**

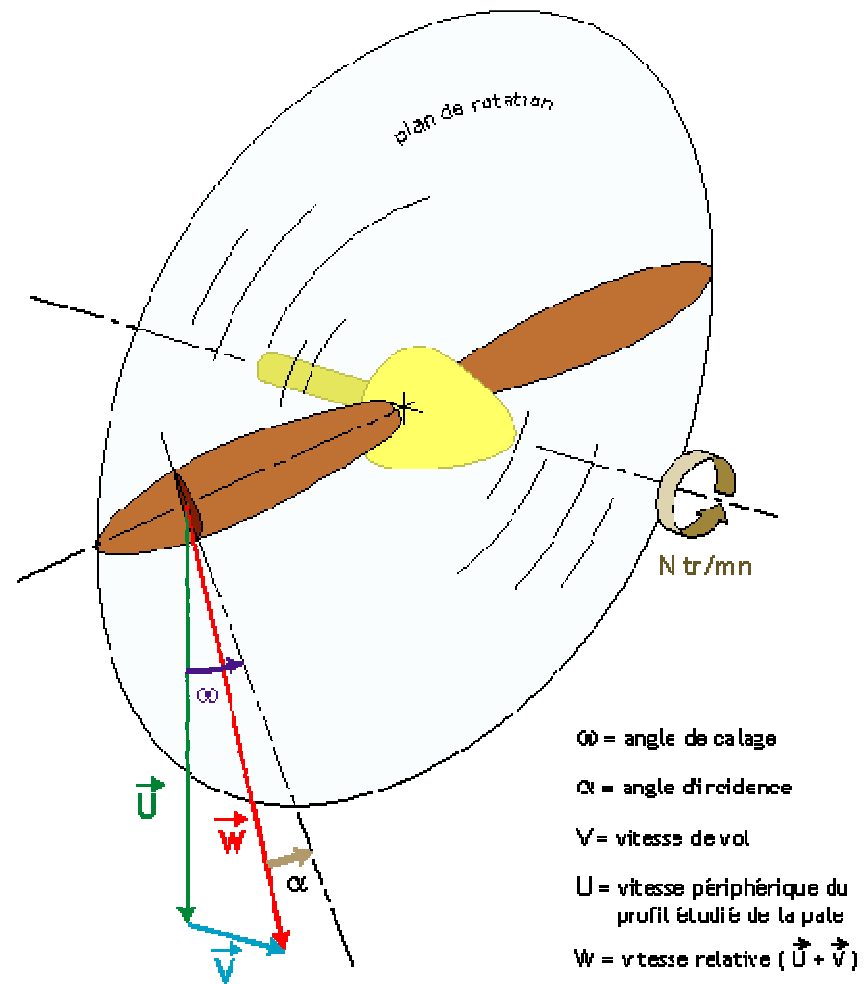
Décomposée en :

- Force de **traction**
- Force **résistante**

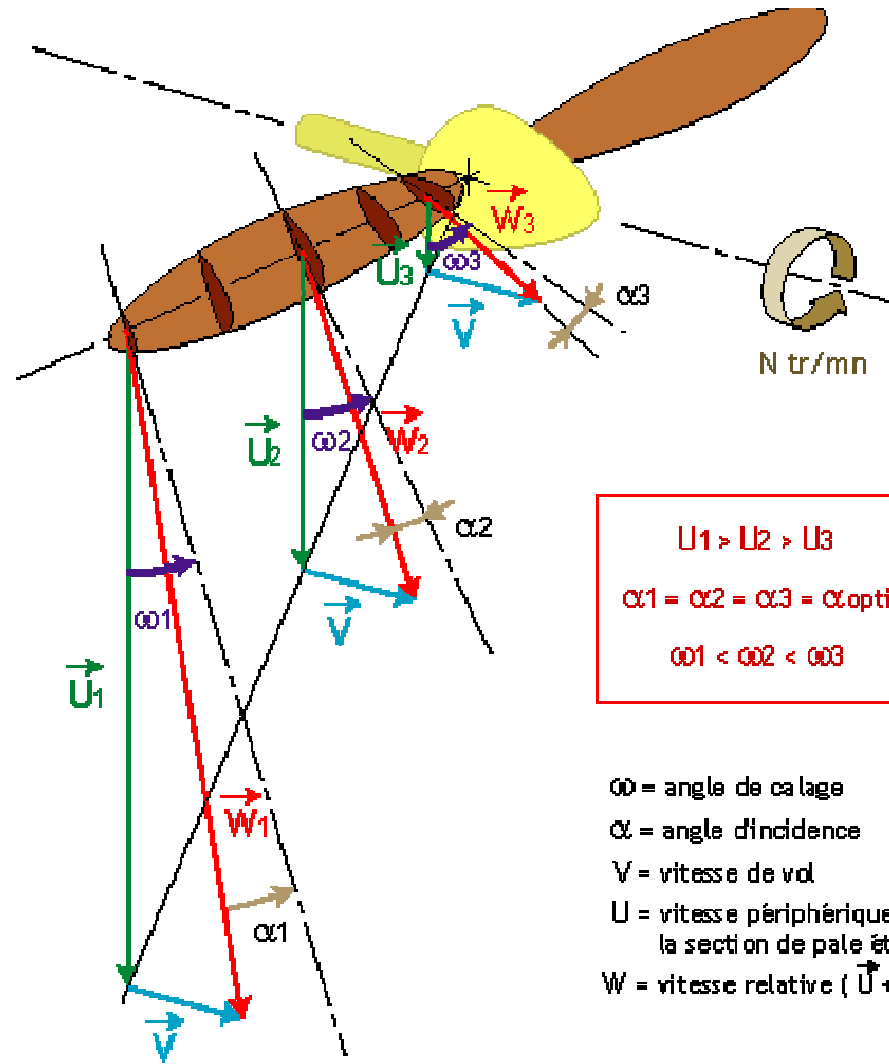


# Vrillage de l'hélice

- L'angle d'incidence optimum ( $\alpha_{opti}$ ), pour une section de pale donnée, correspond à l'angle qui engendre le **meilleur rapport de la force de traction sur la force résistante**.
- Une hélice qui tourne à un régime de rotation donné (N tr/mn) a :
  - une vitesse périphérique de rotation importante au sommet de la pale ( $U_{sommet}$ )
  - une vitesse périphérique de rotation faible au pied de la pale ( $U_{pied}$ ).
- Les pales d'une hélice sont vrillées pour avoir l'angle d'incidence optimum tout le long de la pale, ainsi, l'angle d'incidence est constant du pied jusqu'au sommet de celle-ci.  
L'angle de calage au sommet de la pale est faible alors que celui du pied est grand.



# Vrillage de l'hélice



$$U_1 > U_2 > U_3$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_{opti}$$

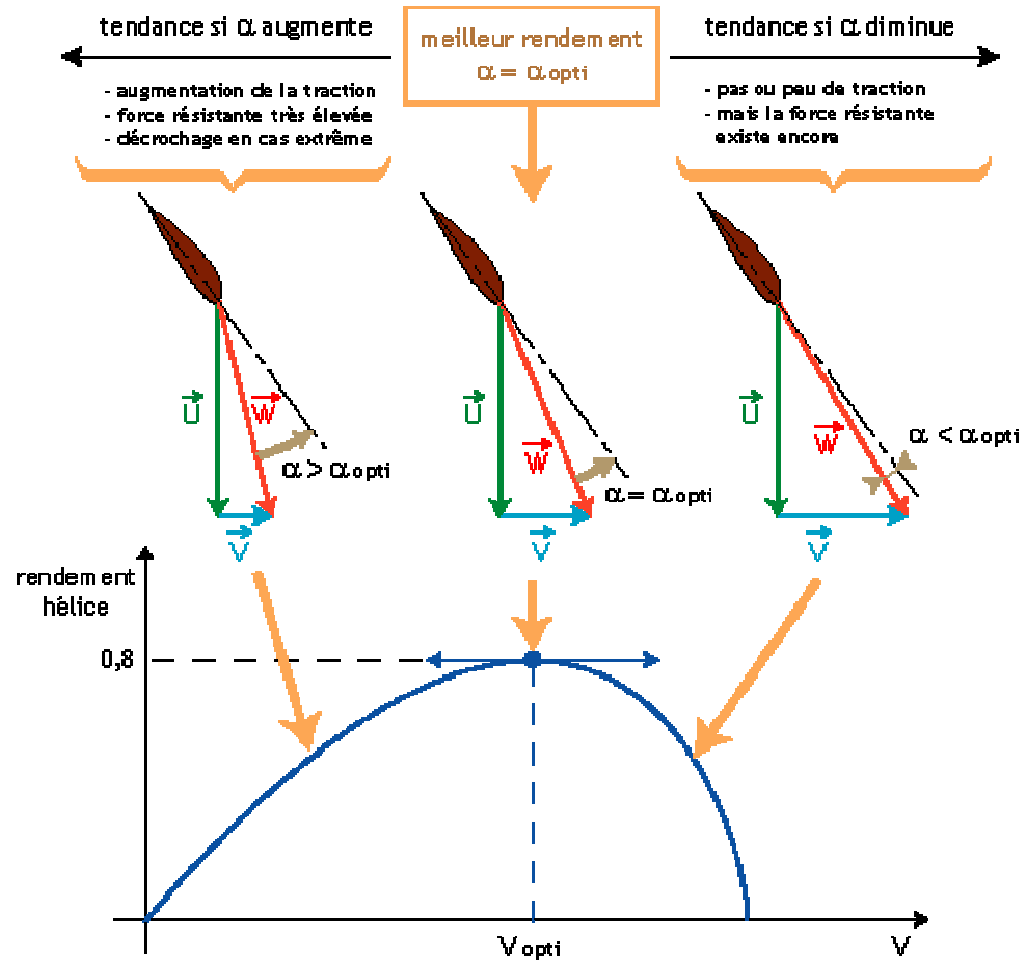
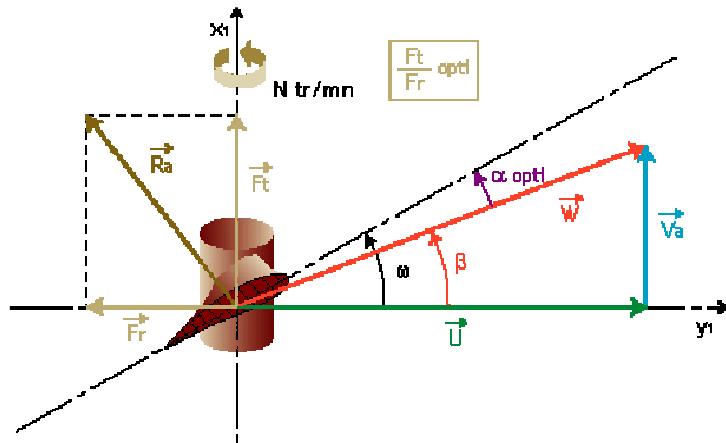
$$\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$$

- $\omega$  = angle de calage
- $\alpha$  = angle d'incidence
- $V$  = vitesse de vol
- $U$  = vitesse périphérique de la section de pale étudiée
- $W$  = vitesse relative ( $\vec{U} + \vec{V}$ )



# Rendement d'une hélice a calage fixe

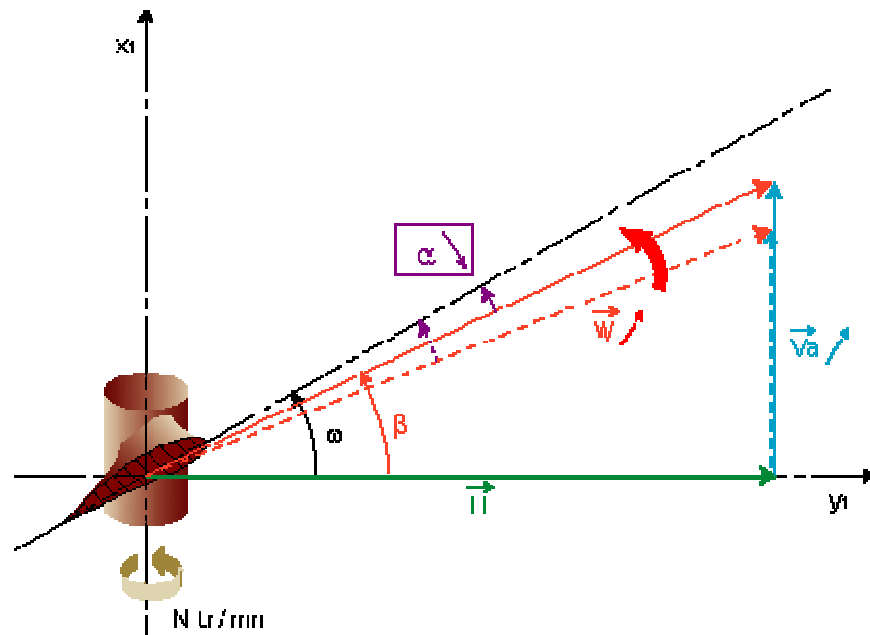
- Rendement optimum sur une plage de vitesse très petite



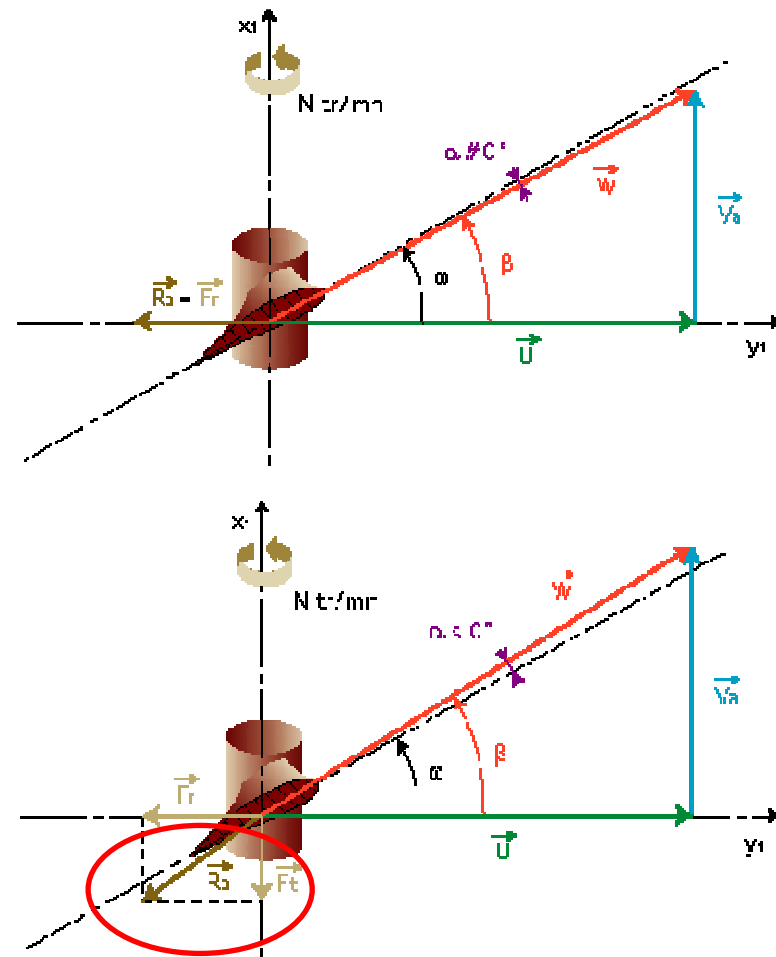
Evolution de la vitesse de vol  $V$

# hélice a calage fixe et régime moteur

Exemple de l'augmentation de la vitesse  
Avion à régime constant : la vitesse relative augmente



Mode transparent : sans effet

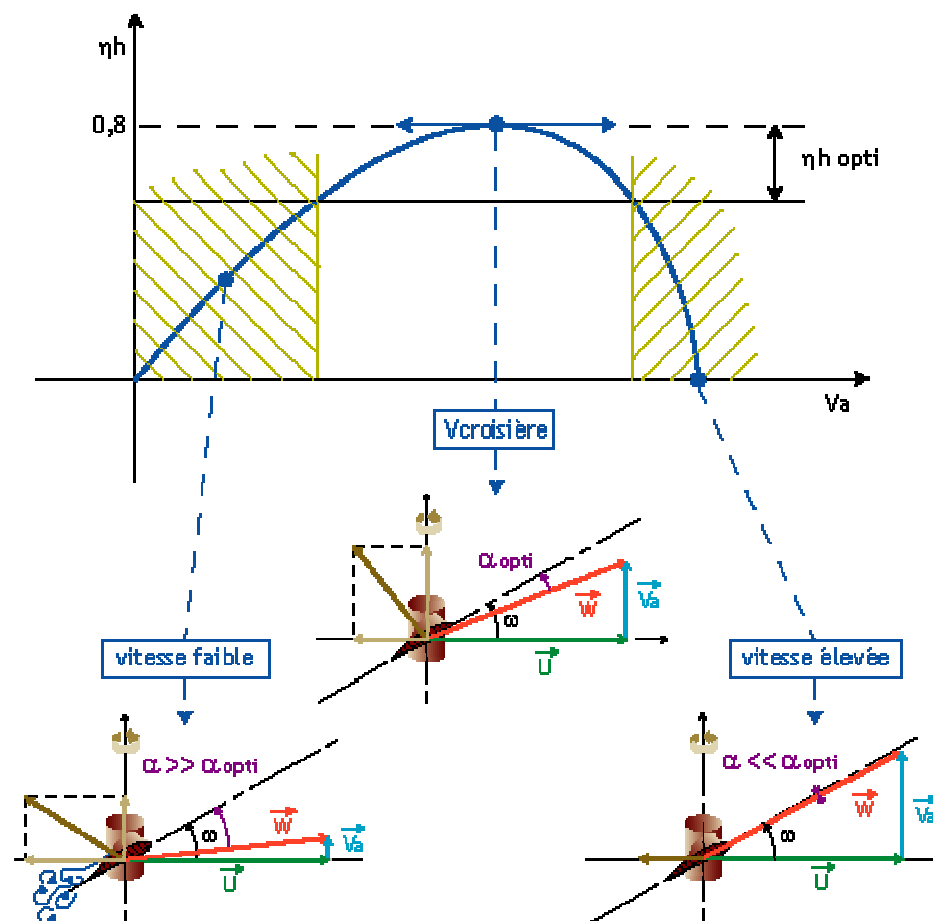


Mode frein aérodynamique :  $R_a$  s'oppose

# hélice a calage fixe et régime moteur

- Vitesses avion **faibles**, l'angle d'incidence est important :
  - la force de traction est correcte
  - la force résistante est très élevée.

- Vitesses avion **élevées**, l'angle d'incidence est faible :
  - la force de traction diminue plus vite que la force résistante
  - le régime de rotation augmente et cela peut conduire au dépassement du régime maximum.

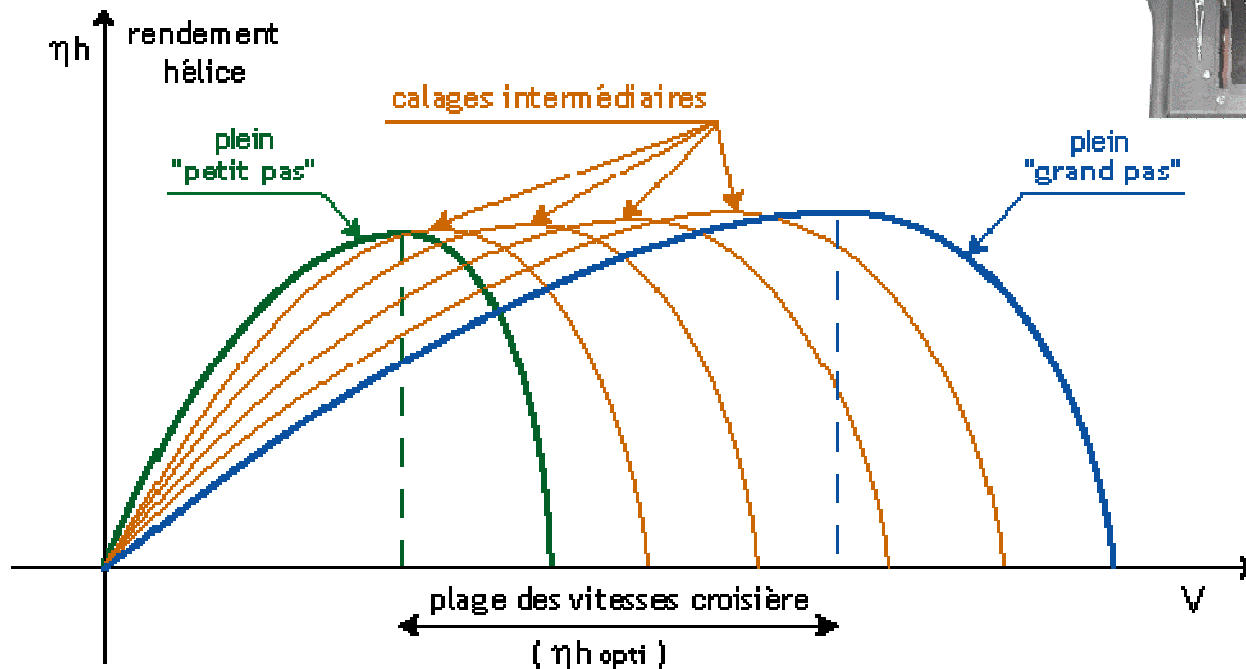
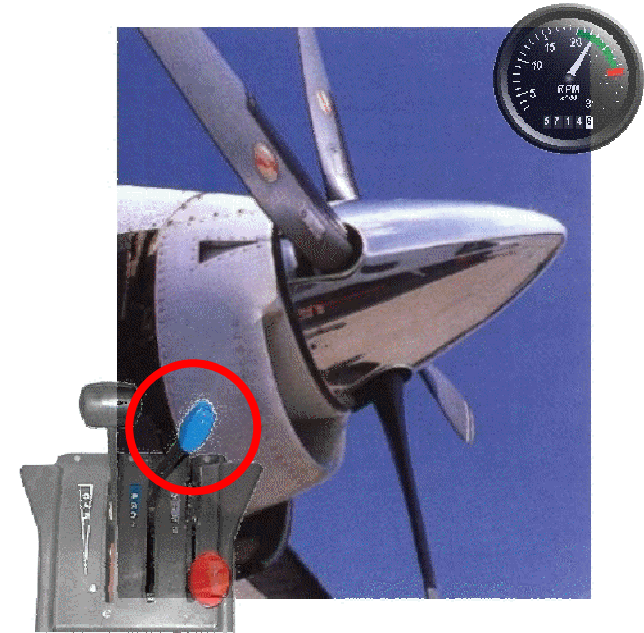


# Hélice a calage variable

Il existe plusieurs types de calages variables :

- réglable au sol
- à deux calages
- à calages multiples

Adaptation de l'angle d'incidence par rapport a la vitesse avion



# Fonctionnement de l'hélice (2ème partie)



# Effet d'hélice : effet de couple

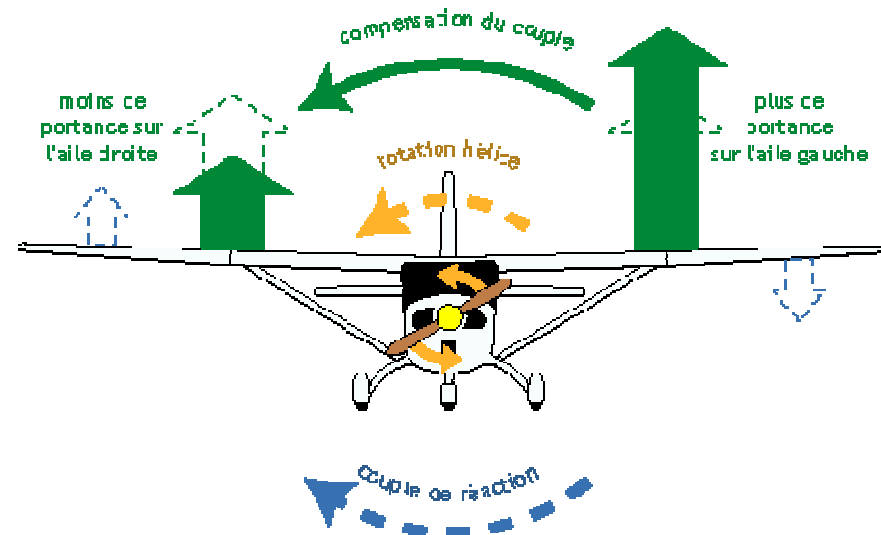
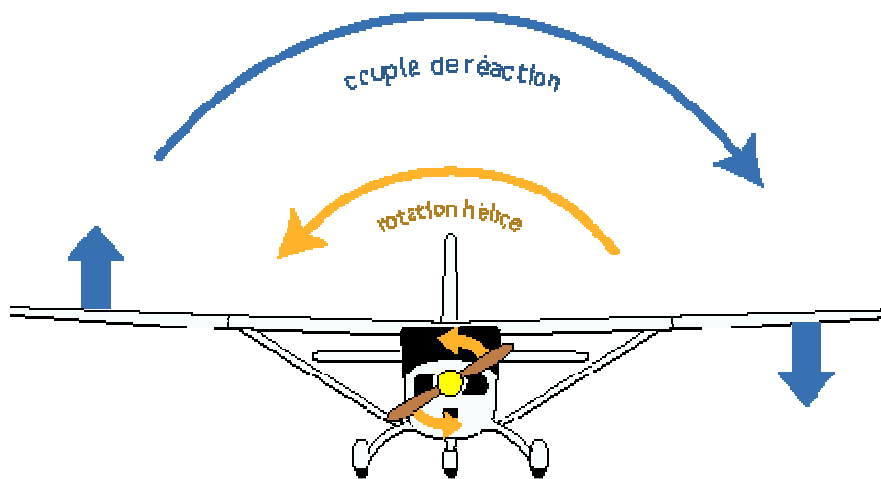
Agit sur l'axe longitudinale

Depend de :

- puissance moteur
- dimension hélice
- dimensions avion

Compensation en vol :

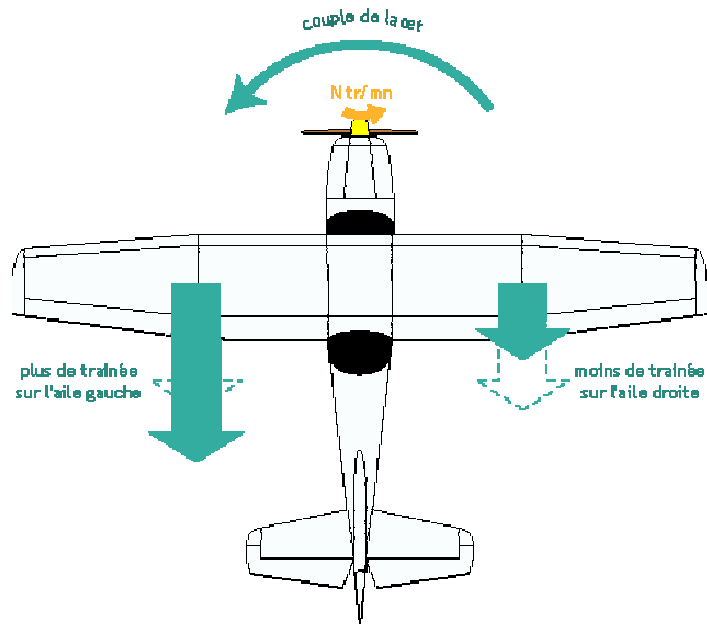
- par construction



# Effet d'hélice : effet de couple

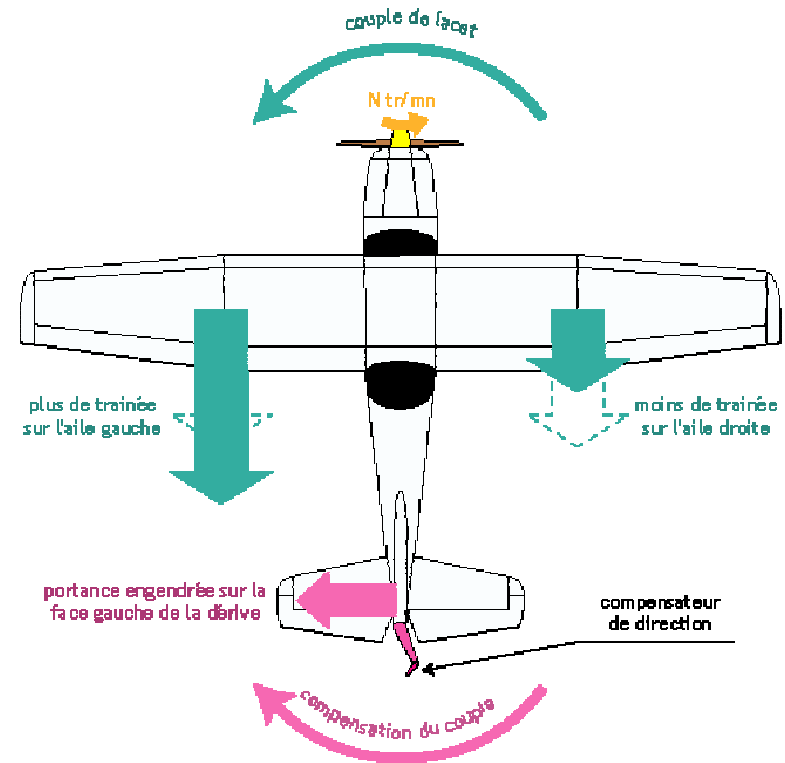
Couple de lacet :

- du à l'augmentation de la traînée sur la demi-aile

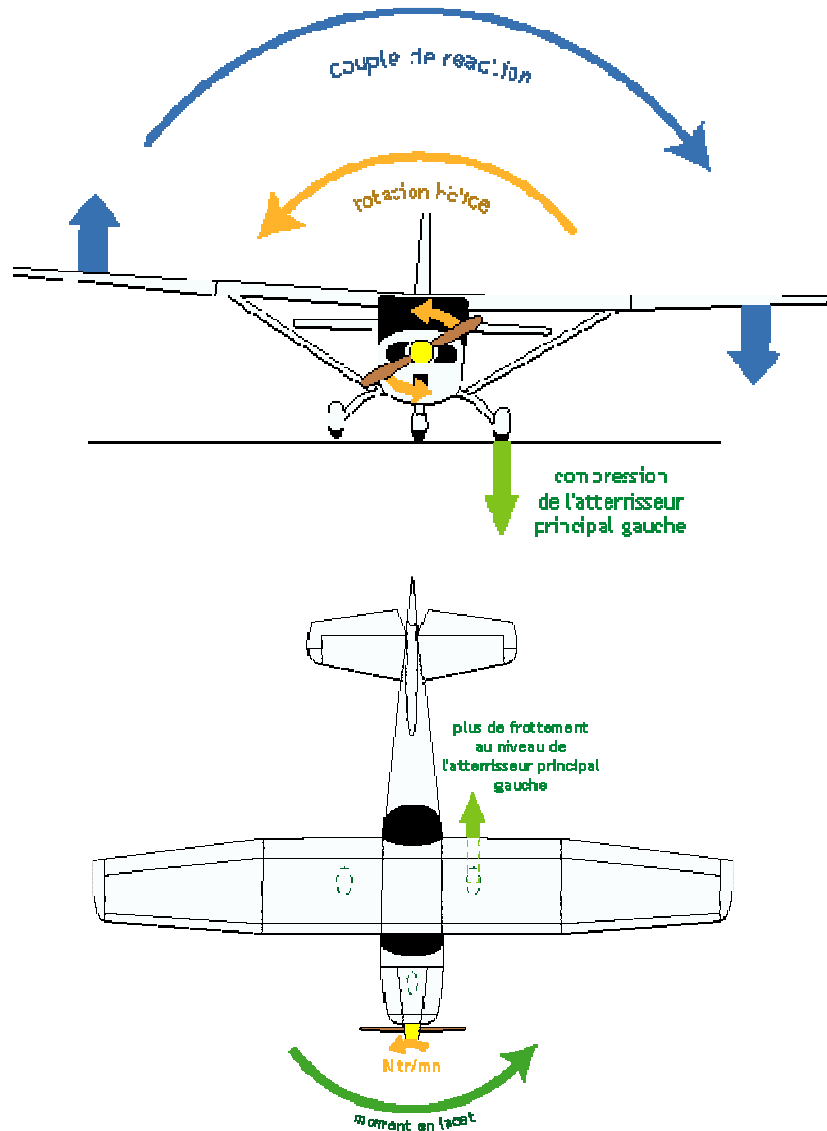


Dispositif de compensation :

- compensateur de direction



# Effet d'hélice : effet de couple



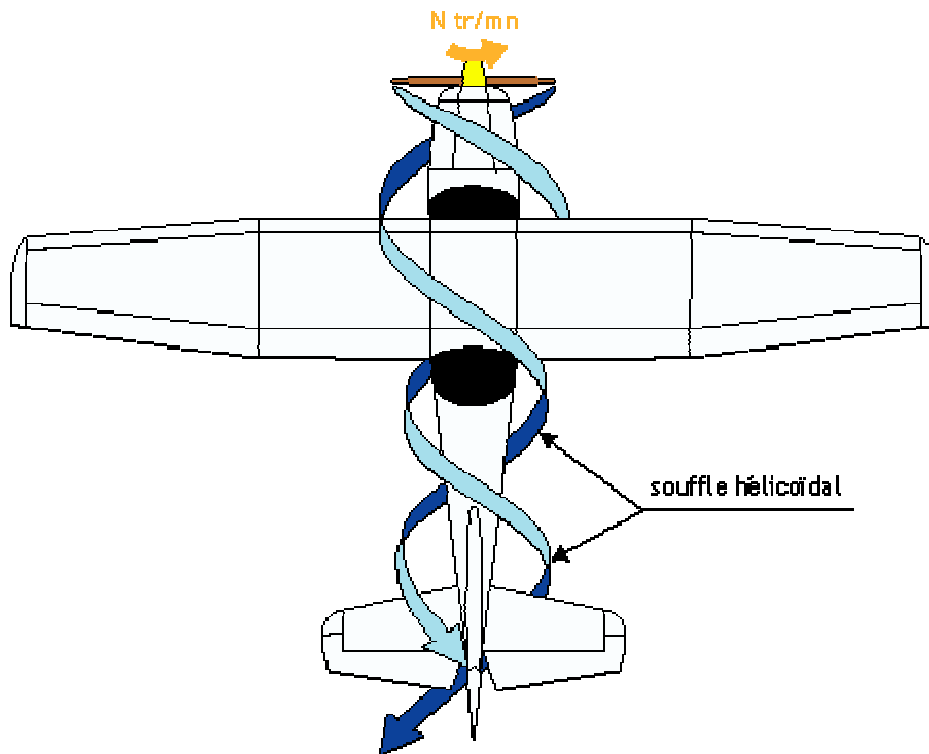
- Au sol, le couple généré écrase le train gauche ( pour une hélice sens horaire), donc les frottements du pneu sur le sol sont plus importants

- Il en résulte un moment en lacet



# Effet d'hélice : effet du au souffle hélicoïdal

Le mouvement de rotation de l'hélice permet une accélération de la masse d'air qui la traverse ainsi qu'une mise en rotation de celle-ci.



- Phase de **décollage, montée**,  
A l'approche du **décrochage** :

- vitesse avion faible
- régime élevé

= souffle important et serré

- Phase de **descente, approche** :

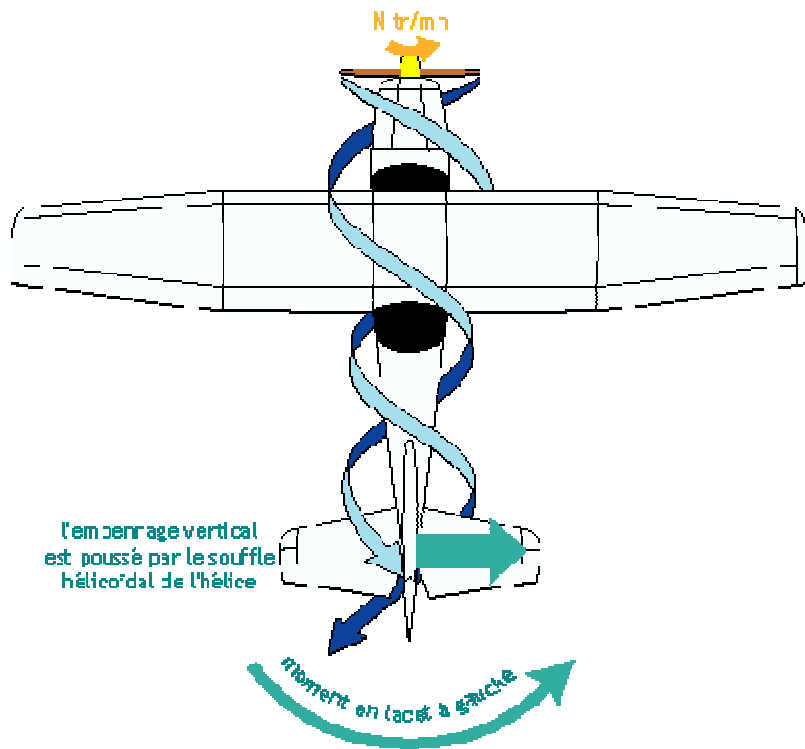
- vitesse avion élevée
- régime faible

= souffle faible et allongé

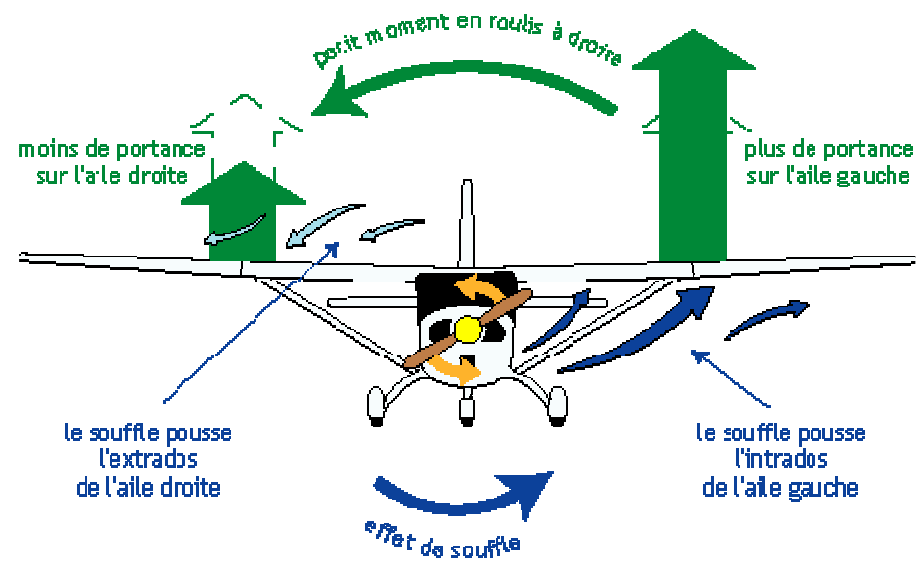
# Effet d'hélice : effet du au souffle hélicoïdal

Deux moments sont générés :

Un moment en lacet



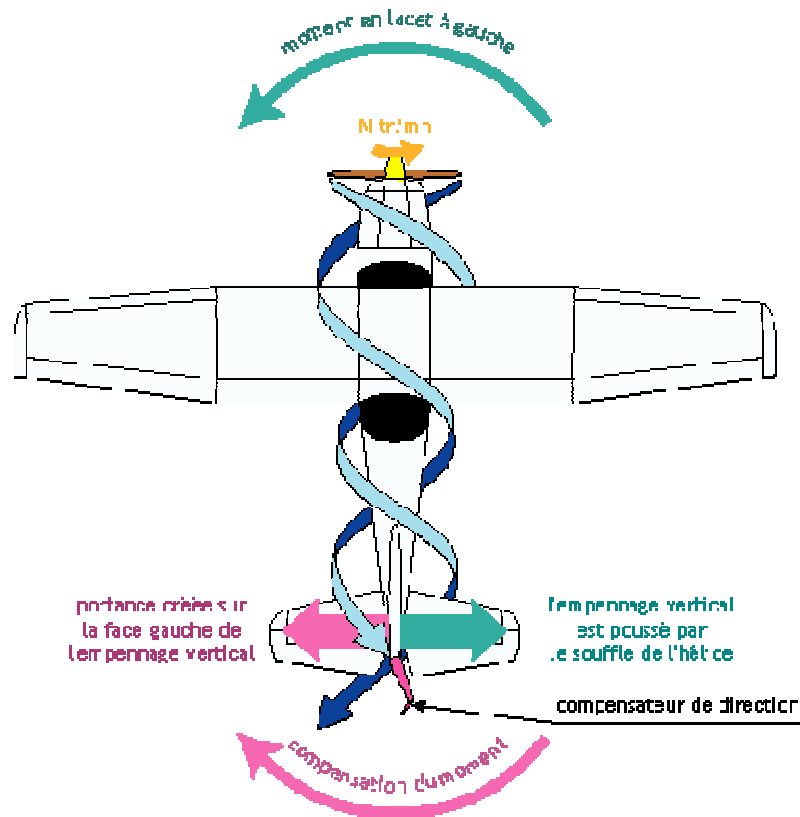
Un petit moment en roulis



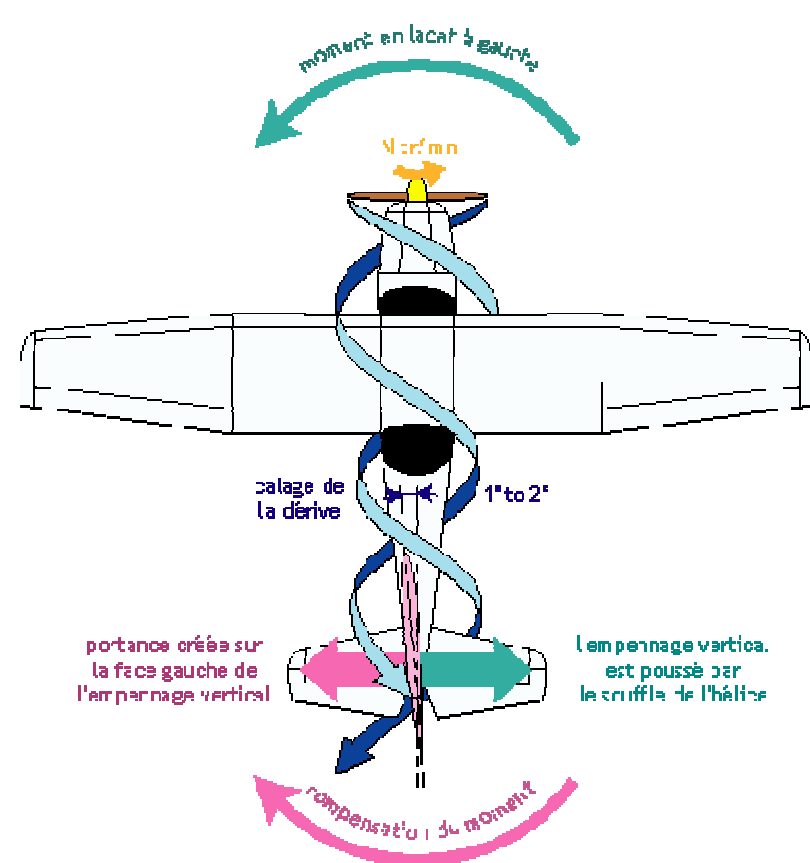
# Effet d'hélice : effet du au souffle hélicoïdal

## Compensation du moment en lacet :

- par compensateur de direction

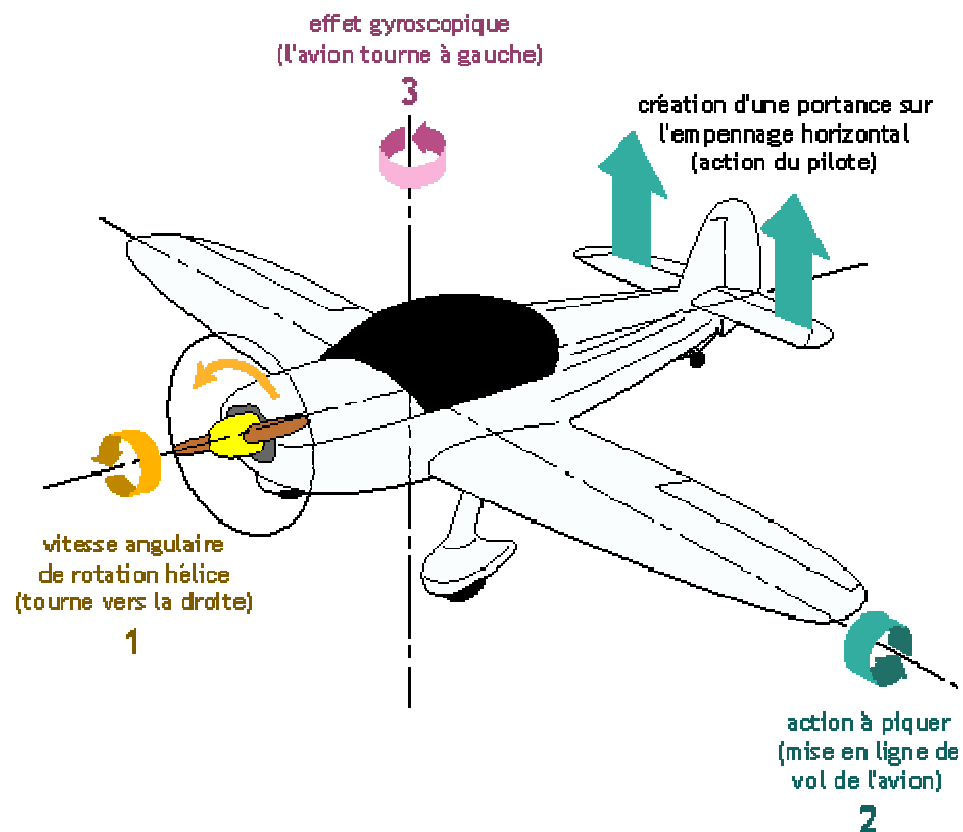


- par construction : calage de l'empennage vertical



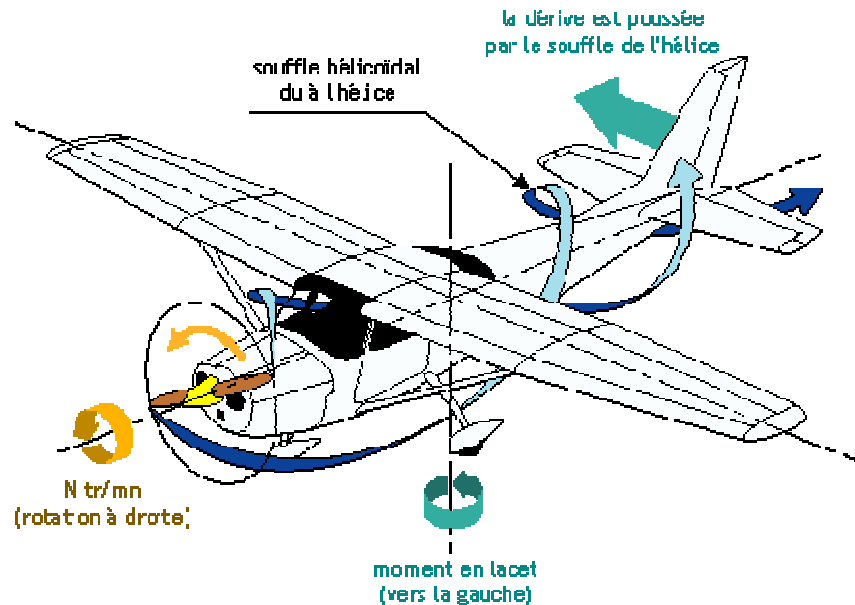
# Effet d'hélice : effet gyroscopique

L'avion étant stable, comprenant une voilure tournante il peut être assimilé à un gyroscope





# Synthèse des effets hélices



- **Effet de couple** : faible car petite puissance moteur
- **Effet gyroscopique** : léger lors des changements d'attitudes
- **Traction dissymétrique** : incidence élevé ou mise en ligne de vol pour les trains classique

Sur nos avions, l'effet le plus important reste celui du souffle **hélicoïdal**

Les effets sont plus importants à **vitesse faible** et **puissante moteur forte**

# Limitations liées aux dommages

- Les pales d'une hélice doivent être inspectées avant chaque vol afin de détecter les **rayures**, les **entailles**, les traces d'**érosion** et de **corrosion** éventuelles
- Les **traces d'érosion mineures** peuvent en principe être laissées en l'état jusqu'à la dépose de l'hélice pour révision complète. Les **rayures**, qui peuvent conduire à des criques (ou fissures), doivent être repérées et un mécanicien doit être averti. Il adoucira de tels dommages et repeindra la zone concernée. Ces défauts se rencontrent logiquement au niveau du bord d'attaque des pales.
- Le pilote se reportera **aux limitations** indiquées par le fabricant de l'hélice en cas de doute concernant un dommage particulier. Les pales qui présentent des criques ou des surfaces sévèrement endommagées doivent être considérées comme inutilisables (non avionnables).
- Tous les **joints et les points d'assemblage** d'une hélice doivent être examinés afin de détecter d'éventuelles fuites. Les fuites d'huile sont inacceptables.
- Une hélice ne doit pas présenter de signes excessifs de **vibration**. C'est aussi une indication claire d'endommagement.

# Cas de pannes

Très fortes vibrations

Tachymètre incohérent

Bon réflexes :

- Réduire les gaz
- Arrêt du moteur
- Mettre l'avion en montée
- Attendre l'immobilisation de l'hélice
  
- Procéder à un atterrissage d'urgence