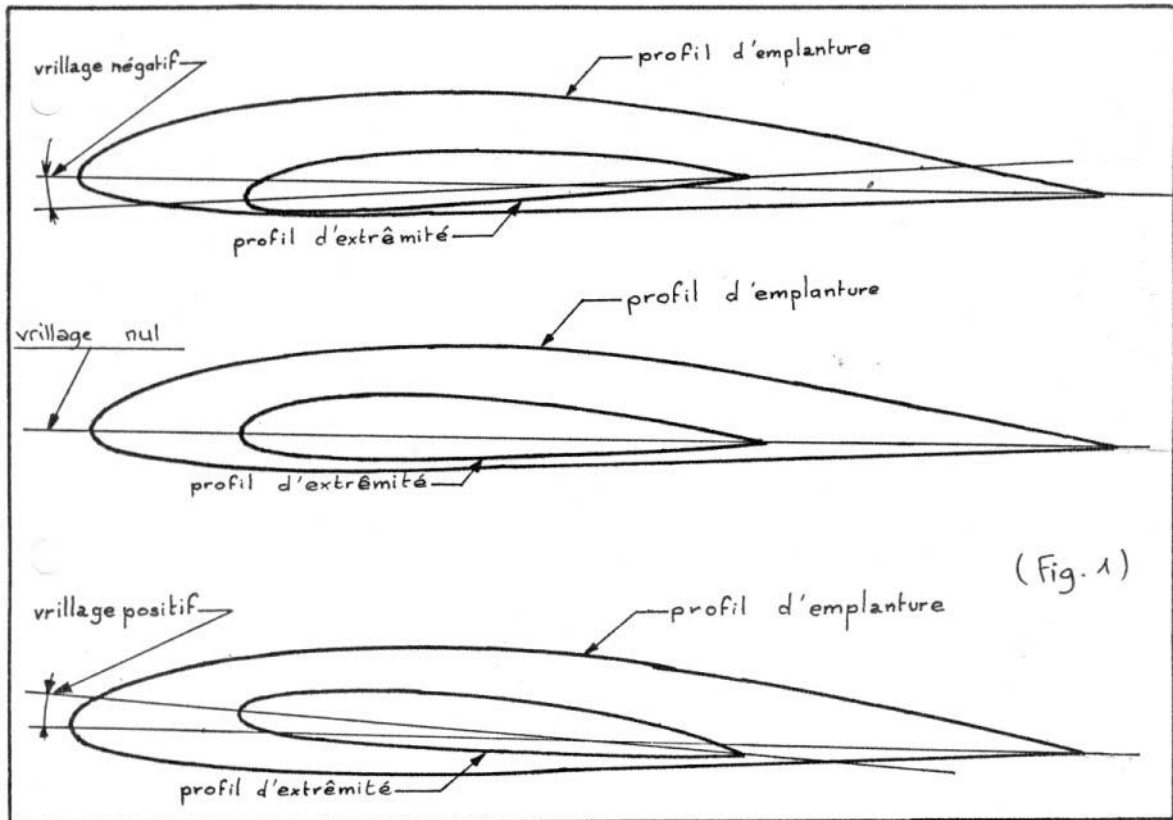


LE VRILLAGE

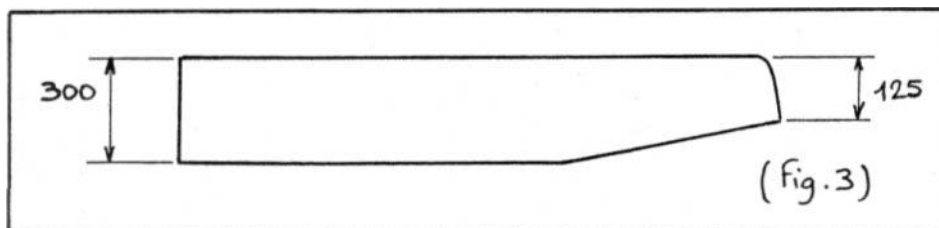
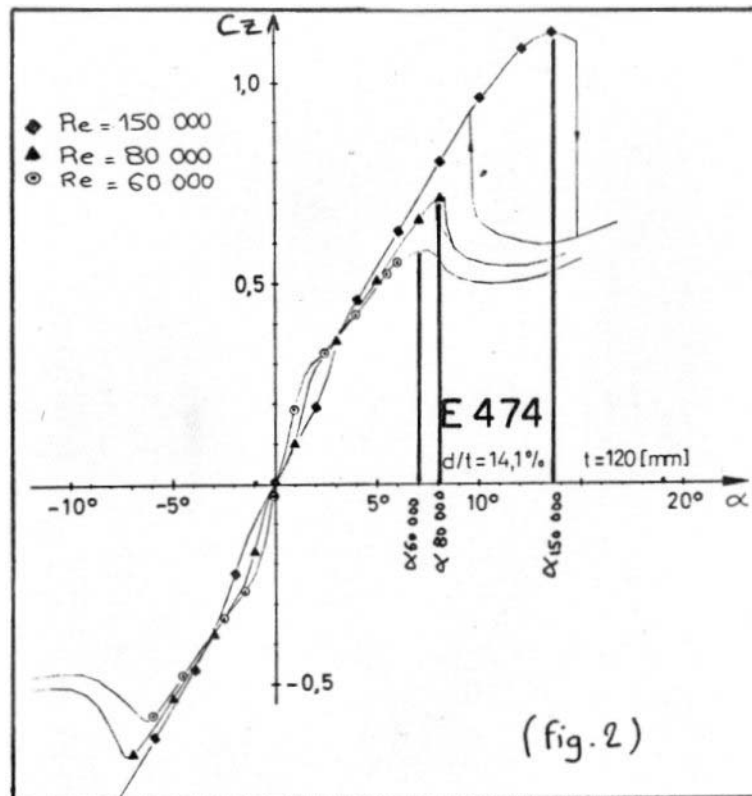
Un profil possède un axe de référence : la corde; celle-ci passe par le bord d'attaque et le bord de fuite. L'angle de cette corde avec le vent relatif est l'angle d'incidence. Lorsqu'une aile est vrillée, toutes les parties de l'aile n'ont pas la même incidence; on distingue le vrillage positif et le vrillage négatif ce qui décrit la position du profil d'extrémité par rapport au profil d'emplanture (Fig.1).



Le vrillage a deux effets principaux :

- Il est l'un des trois moyens d'obtenir une répartition de portance elliptique le long de l'aile.
- Lorsqu'il est négatif, il est utilisé pour éviter que le décrochage n'ait lieu à l'extrémité de l'aile avant d'intervenir à l'emplanture; en effet, une aile décroche sainement si elle décroche d'abord à l'emplanture, puis à l'extrémité.

Prenons l'exemple d'une aile équipée d'un Eppler 474 dont la polaire est représentée en (Fig.2) et dont les dimensions sont données en (Fig.3).

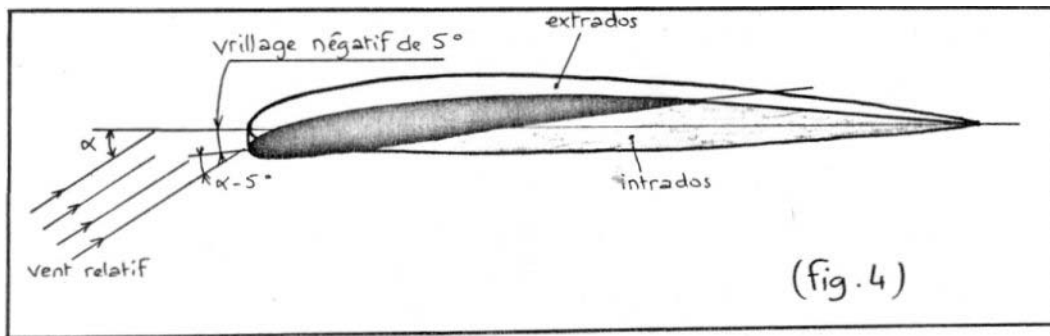


Le décrochage intervient au moment où les trois courbes $C_z(\alpha)$ atteignent leurs maximums; on voit que le décrochage ne se produit pas aux mêmes incidences selon que l'aile évolue à $Re = 150\,000$, à $Re = 80\,000$ ou à $Re = 60\,000$. On a respectivement les trois incidences de décrochage : $\alpha_{150\,000} = 13,5^\circ$; $\alpha_{80\,000} = 8^\circ$; $\alpha_{60\,000} = 7^\circ$ (cf Fig.2).

Imaginons que ces ailes ne soient pas vrillées et que le planeur est en vol stable à une incidence de 2° par exemple; si nous augmentons l'incidence en réduisant la vitesse (par exemple pour effectuer une approche), nous arrivons à une incidence de 8° pour toute l'aile et à 7 m/s; l'extrémité de l'aile vole alors à $Re = 68000 \times 7 \times 0,125 = 60\,000$ et l'emplanture vole à $Re = 68000 \times 7 \times 0,300 = 143\,000$. On voit que l'extrémité volant à 8° pour $Re = 60\,000$ a décroché tandis que l'emplanture est à 8° encore très loin du décrochage puisque celui-ci se produit à 13° pour $Re = 143\,000$.

Votre planeur est alors "privé" de ses extrémités d'ailes qui ne portent plus et il ne vous reste plus qu'à imaginer sa stabilité en roulis !!...

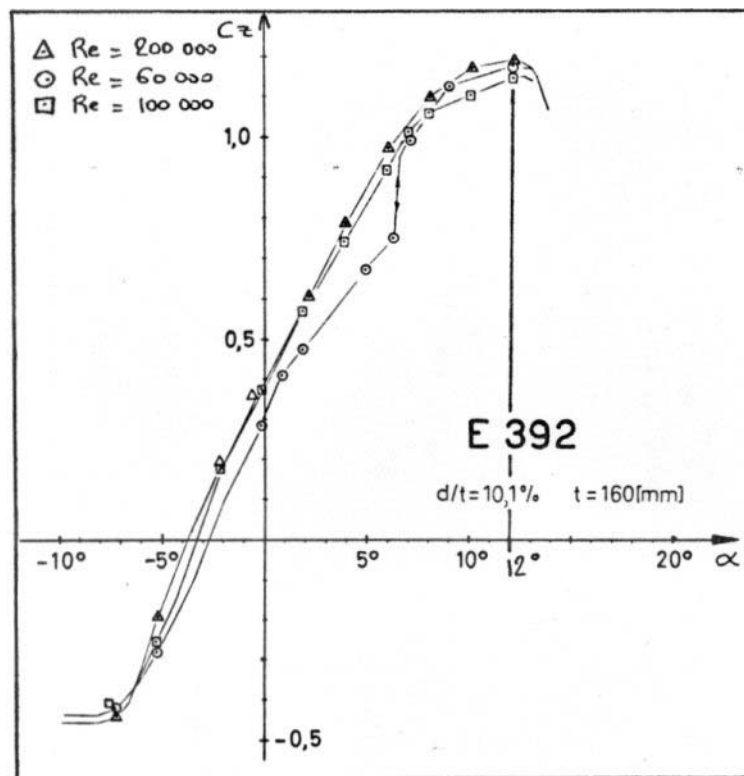
Le remède est donc de vriller l'aile; dans le cas de cette aile à extrémités trapézoïdales, on ne vrillera que les parties non rectangulaires; le vrillage sera négatif et aura une valeur au moins égale à $13^\circ - 7^\circ = 6^\circ$; l'extrémité volera alors avec une incidence de 5° inférieure à celle de l'emplanture (Fig.4).



Cette fois, lorsqu'on augmente l'incidence, on obtiendra simultanément 7° à l'extrémité et 12° à l'emplanture, et l'aile décrochera en une seule fois toute entière, les ailerons restant efficaces jusqu'au bout.

On peut encore rendre le décrochage plus sain en faisant décrocher l'emplanture avant les extrémités, ceci étant réalisé par un vrillage encore plus important des extrémités (6° au lieu de 5° dans l'exemple précédent).

Pour certains profils comme Eppler 392, on voit que, quel que soit le nombre de Reynolds auquel ce profil travaille, le décrochage intervient pour la même incidence $\alpha = 12^\circ$.



Donc, quelles que soient les cordes de l'aile, une aile équipée d'un tel profil décrochera en même temps à l'emplanture et à ses extrémités. On peut cependant lui donner un faible vrillage négatif (1° ou 2°) afin de faire décrocher l'emplanture avant les extrémités, ainsi, lors d'une augmentation d'incidence, l'emplanture atteindra la valeur de 12° (décrochage) avant les extrémités.

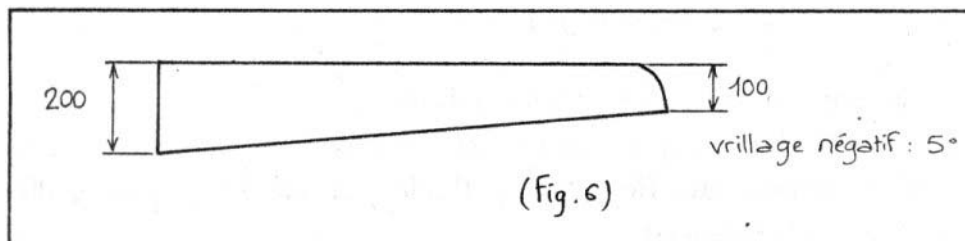
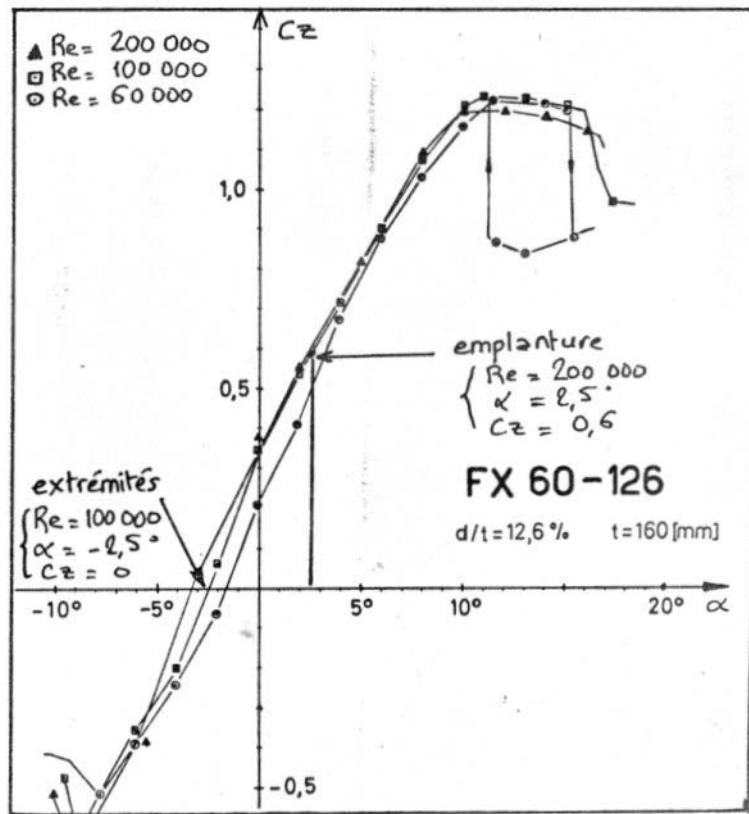
Dans le cas d'une aile rectangulaire :

- Etant donné que toutes les parties de l'aile travaillent au même nombre de Reynolds, l'aile, si elle n'est pas vrillée, décrochera globalement.
- On peut cependant la vriller pour faire décrocher l'emplanture avant les extrémités.

Dans le cas d'un planeur de vitesse :

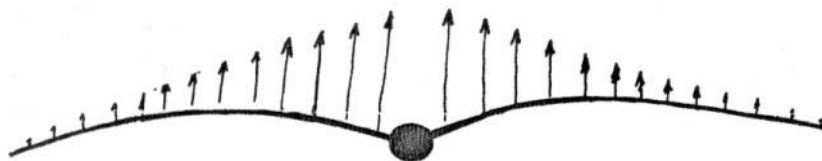
Pour un planeur de vitesse ou pour un planeur classique que l'on fait accélérer, le vrillage peut avoir pour effet de mal répartir les portances le long de l'aile, ce qui engendre des efforts susceptibles de déformer, voire de rompre les ailes :

Prenons l'exemple d'une aile équipée d'un Wortmann FX 60.126 (Fig.5) et dont les dimensions sont définies en (Fig.6) et qui serait vrillée de 5° (ceci pour l'exemple car ce vrillage est excessif pour un tel profil).



Admettons que ce planeur vole à une vitesse telle que son aile à l'emplanture soit à $Re = 200\,000$, son extrémité volera à $Re = 100\,000$ (ceci correspond à une vitesse de vol de 53 km/h, ce qui est faible pour un vol de vitesse, mais nous ne disposons pas de polaires à $Re = 400\,000$ par exemple; le principe reste le même).

Lors de ce vol rapide, le C_z moyen sera par exemple de 0,3 car l'extrémité vole à $Re = 100\,000$, à $\alpha = -2,5^\circ$ et $C_z = 0$; et l'emplanture vole à $Re = 200\,000$, à $\alpha = -2,5^\circ + 5^\circ = 2,5^\circ$ et $C_z = 0,6$ (cf Fig.5). Le C_z varie donc fortement de l'emplanture au saumon, donc la portance varie aussi beaucoup (elle sera plus forte à l'emplanture), ce phénomène étant renforcé par le fait que, l'aile étant trapézoïdale, la surface est plus grande à l'emplanture qu'à l'extrémité pour un même tronçon d'aile et que la vitesse est élevée; donc, en conclusion, l'emplanture porte "très fort" alors que les extrémités ne portent pas, ce qui implique des efforts qui font se déformer l'aile et lui font prendre la silhouette dite de "la mouette" :



Dans certains cas, si l'on diminue encore l'incidence, la portance devient négative en bouts d'aile alors qu'elle est positive à l'emplanture; ceci conduit à des sollicitations de flexion importantes propres à briser l'aile.

Conclusion : il ne faut surtout pas vriller exagérément l'aile d'un planeur devant voler vite à moins de le munir d'une structure très solide.

De toute façon, le vrillage d'une aile agissant sur la répartition de portance, il ne faudra pas trop l'exagérer pour essayer de conserver une répartition de portance elliptique.