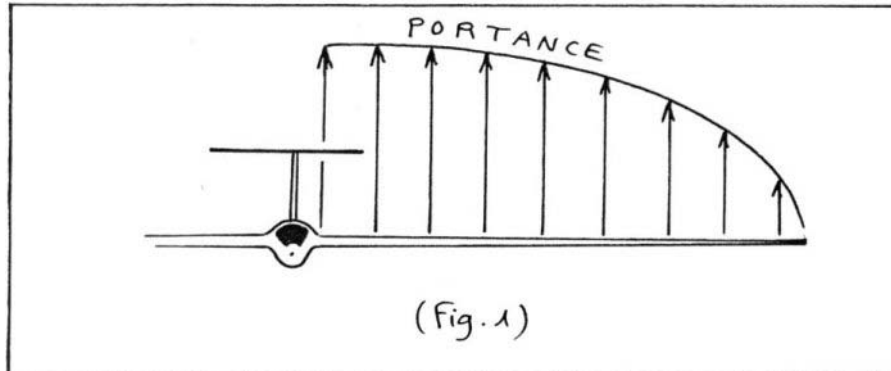


LA REPARTITION DE PORTANCE ELLIPTIQUE

Des calculs d'aérodynamique montrent que la répartition idéale de la portance le long d'une aile est elliptique, ceci afin d'obtenir le meilleur rapport $\frac{\text{portance}}{\text{traînée}}$; ceci se traduit sous forme de schéma (cf Fig.1).



On cherche donc, lorsque l'on conçoit une aile, à se rapprocher le plus possible de cette configuration. Pour cela, il existe trois méthodes :

- on peut construire une aile de forme elliptique ou approchante
- on peut vriller l'aile
- on peut faire évoluer le profil

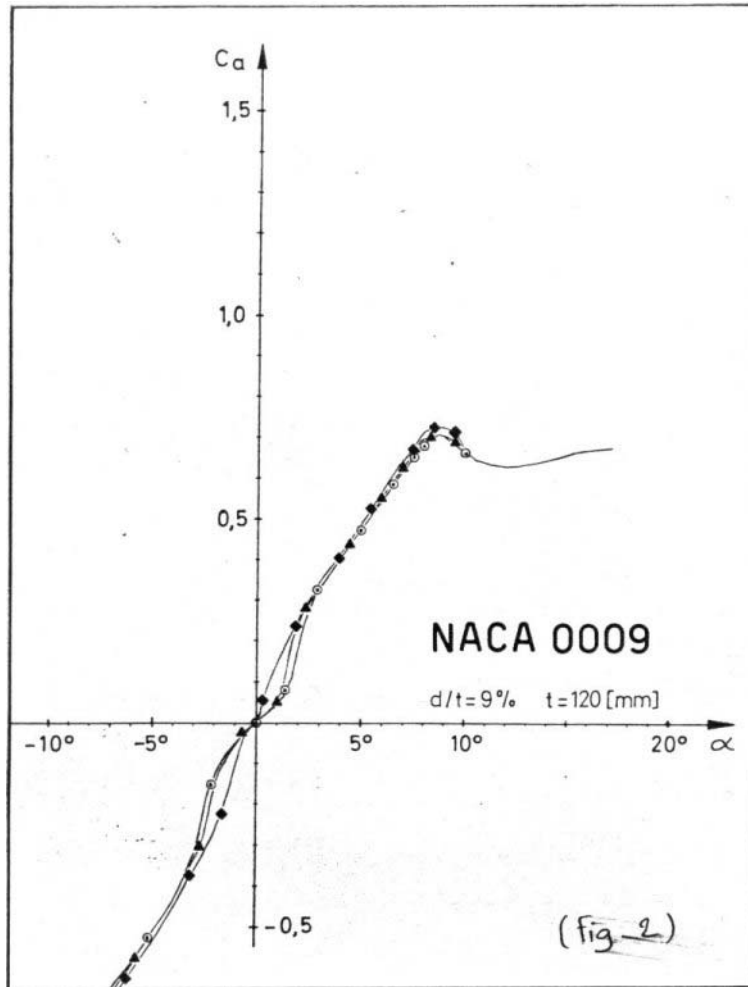
Ces trois méthodes peuvent être employées séparément ou simultanément. Voici leurs principes :

Aile de forme elliptique ou approchante :

Le principe est d'obtenir une portance R_z elliptique le long de l'aile.

$$\text{Or } R_z = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_z \cdot V^2$$

On voit que le long de l'aile, on ne peut faire varier que S et C_z (ρ et V^2 étant supposés constants). Pour certains profils, C_z ne varie que très peu dans la plage "classique" d'utilisation du profil, c'est-à-dire entre le décrochage et la portance nulle; c'est le cas pour le profil NACA dont la polaire $C_z(\alpha)$ est représentée en (Fig.2). On sait que, quels que soient les nombres de Reynolds auxquels on a mesuré C_z en fonction de α , le C_z est le même pour une même valeur de α .



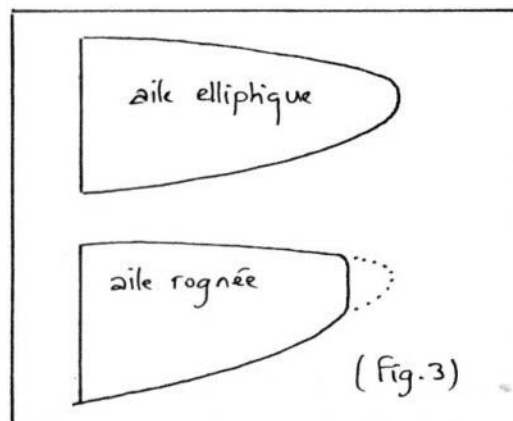
Ceci signifie que, quelle que soit la forme de l'aile, même si la corde varie (donc le nombre de Reynolds), le C_z ne varie pas le long de l'aile, et seule la surface S est importante dans le calcul de R_z .

Donc si la forme de l'aile est elliptique, la répartition de surface sera elliptique et la répartition de portance sera elliptique le long de l'envergure.

Ceci a été réalisé sur des avions comme le Spitfire ou le Heinkel 111, où les ailes étaient des ellipses parfaites, et sur lesquels même les empennages adoptaient cette forme.

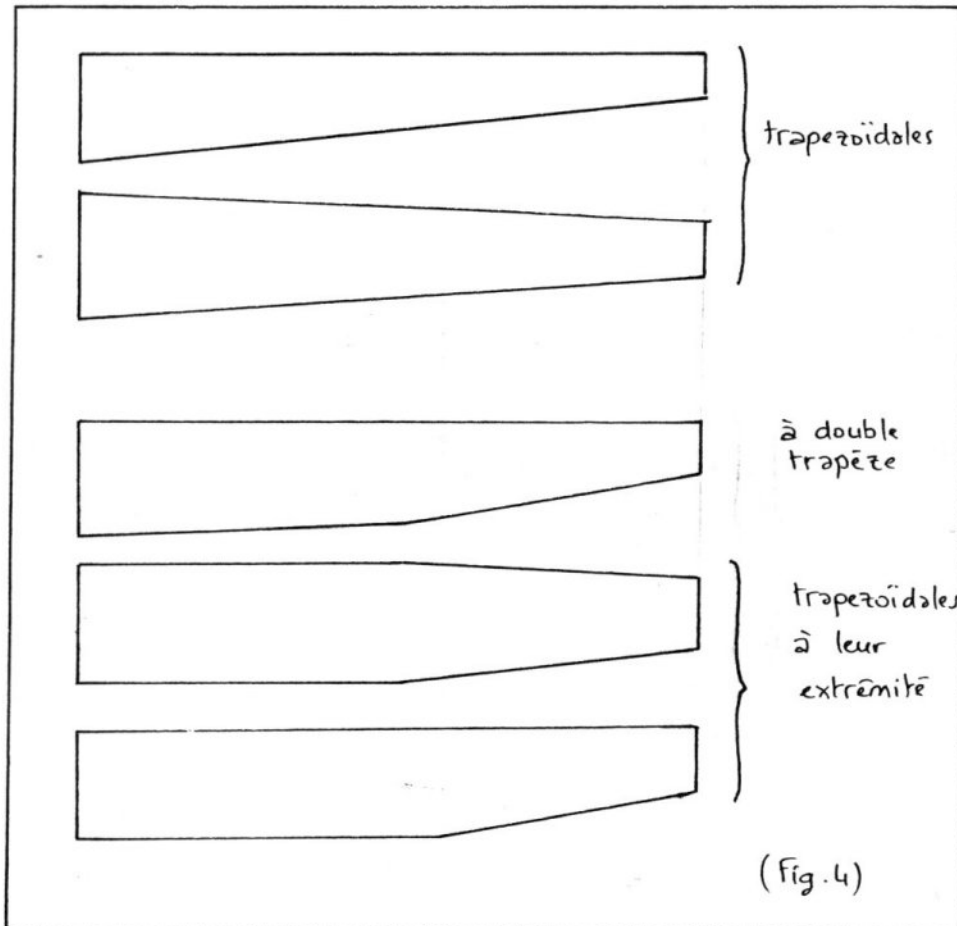
Cependant, des ailes de cette forme posent des problèmes aux basses vitesses à cause des faibles cordes de leurs bords marginaux, ce qui les rendait vicieux au décrochage.

Pour cette raison, les Spitfire eurent les ailes rognées (cf Fig.3) pour le vol à basses vitesses (appui au sol) mais perdirent de leur finesse donc de leur vitesse en vol rapide...

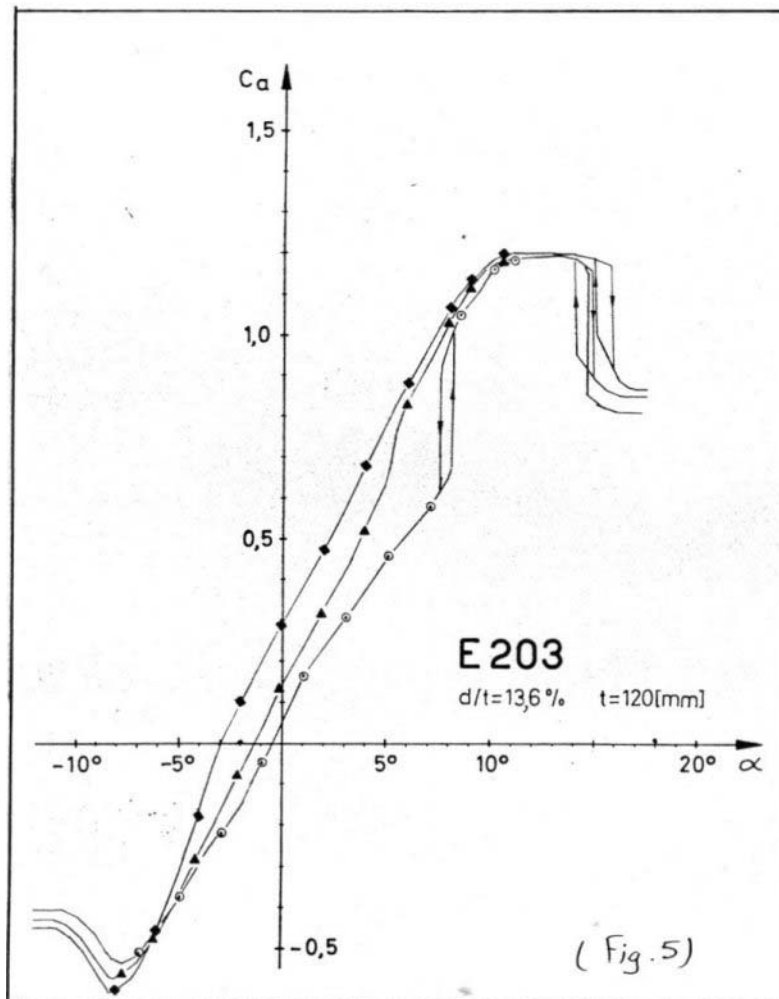


En résumé : Si l'on utilise un profil dont le C_z varie peu avec le nombre de Reynolds, il suffit de réaliser une aile de forme elliptique pour obtenir une portance elliptique.

Mais la difficulté de réalisation d'une telle aile (surtout au niveau du respect du profil car la corde varie tout au long de l'envergure) incite souvent à seulement approcher la forme; on réalise alors des ailes trapézoïdales ou à double trapèzes ou trapézoïdales à leur extrémité (cf Fig.14), toutes ces ailes ayant pour but de se rapprocher de la forme elliptique.



Attention : Si une aile est elliptique, elle n'offre une répartition elliptique que si le C_z du profil est constant le long de l'envergure, c'est-à-dire s'il ne varie pas trop avec le nombre de Reynolds. Or, ceci n'est pas le cas de tous les profils; contrairement au NACA 0009 de la (Fig.2), le profil Eppler 203 par exemple a un C_z qui varie beaucoup avec le nombre de Reynolds. Donc le R_z (portance) ne variera plus seulement avec la surface S , mais aussi avec le C_z le long de l'aile (cf Fig.5).



Une aile de forme elliptique équipée d'un Eppler 203 ne donnera donc pas une répartition de portance elliptique.

Le vrillage :

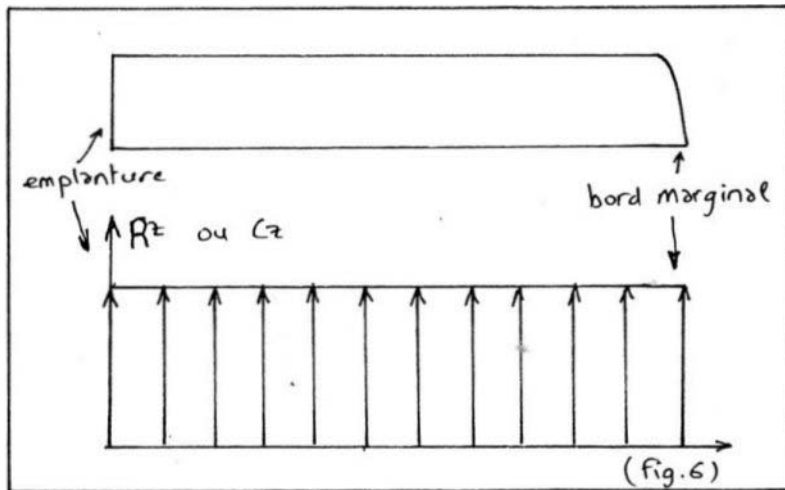
Un des but du vrillage est développé dans un chapitre qui lui est consacré : c'est l'influence du vrillage sur le décrochage. Ici, nous parlerons d'une autre utilisation du vrillage qui nous intéresse : il peut aussi être employé pour obtenir une répartition de portance elliptique le long de l'aile.

Le C_z varie en fonction de l'incidence comme le montre la (Fig.5) par exemple.

Pour obtenir une variation elliptique de R_z (portance) le long de l'envergure, on va cette fois agir sur C_z .

Sur une même aile, si toutes les parties de l'aile ne volent pas à la même incidence, elles n'auront pas le même C_z ; ainsi, en vrillant une aile négativement, les C_z iront en décroissant en allant de l'emplanture au bord marginal.

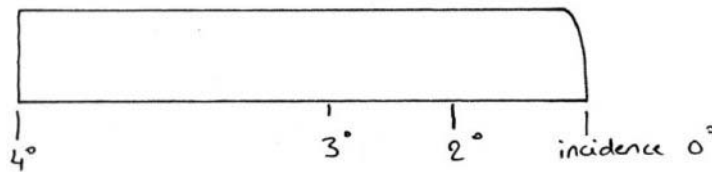
Exemple : soit une aile rectangulaire équipée d'un profil E203 dont la polaire est représentée en (Fig.5); nous allons tracer la portance de cette aile (ou le C_z ce qui revient au même puisque sur une aile rectangulaire, la portance $R_z = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_z \cdot V^2$ ne dépend que de C_z car les autres termes sont constants le long de l'envergure) en fonction de l'envergure pour cette aile non vrillée (Fig.6) et vrillée (Fig.7).



Dans le cas de l'aile non vrillée, toutes les parties de l'aile volent à la même incidence et le C_z est constant tout le long de l'aile.

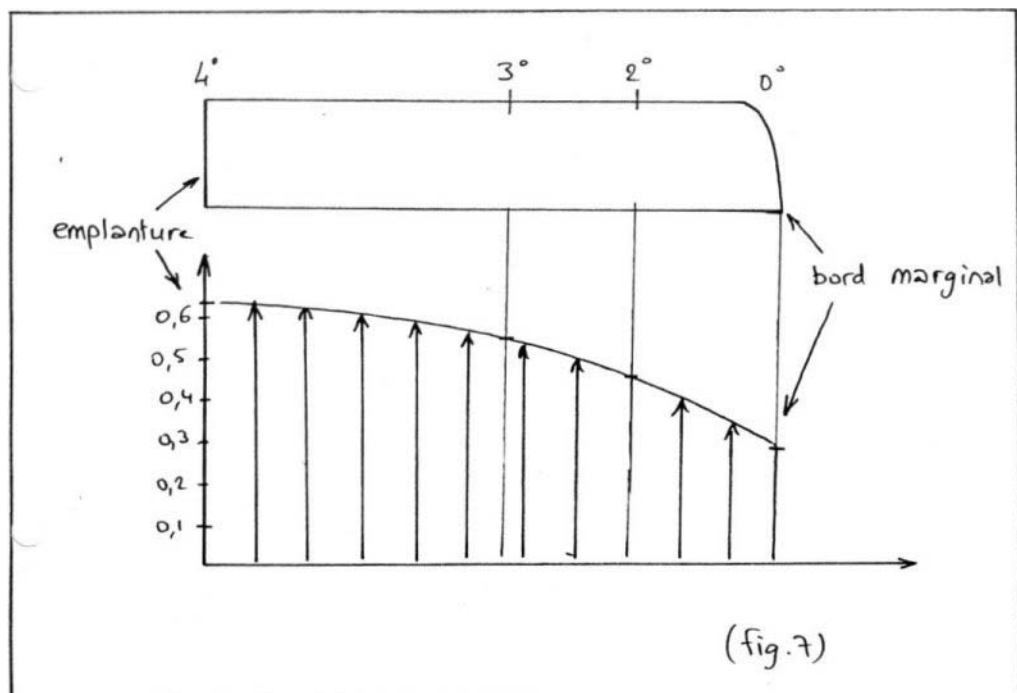
Considérons maintenant une aile vrillée négativement c'est-à-dire que les profils d'extrémité d'aile volent à une incidence plus faible que les profils vers l'emplanture. Prenons pour exemple une aile équipée d'un E203 dont la polaire se trouve (Fig.5). considérons que cette aile vole à 150 000 Reynolds, c'est-à-dire, considérons la courbes dont les points sont de losanges ♦.

Supposons que l'aile est vrillée comme l'indique la figure ci-dessous:



C'est-à-dire qu'il y a une différence d'incidence géométrique de 4° entre l'emplanture et l'extrémité. Supposons que cette aile vole ainsi, c'est-à-dire que l'incidence entre la corde d'emplanture et la direction du vent relatif est de 4° et qu'elle soit de 0° pour le bord marginal (on aurait pu faire voler l'aile à plus forte incidence; par exemple 6° pour l'emplanture et 2° pour le bord marginal, la différence géométrique étant toujours, bien sûr, de 4°).

Donc, on voit sur la courbe de la (Fig.5) que les C_z correspondant à des incidences de 0° , 2° , 3° et 4° sont respectivement pour ce profil : 0,3; 0,45; 0,55; 0,65. Ceci représenté sur la (Fig.7) montre la répartition du C_z le long de cette aile.



On voit que cette répartition se rapproche de la répartition elliptique idéale.

Evolution du profil :

Dans cette méthode, le profil évolue le long de l'aile; on ne retrouve pas le même profil le long de l'aile. On peut donc ainsi faire varier le C_z le long de l'envergure en employant des profils aux C_z décroissants de l'emplanture au bord marginal.

Pour concevoir une telle aile, il faut :

- Disposer des polaires de nombreux profils pour pouvoir déterminer une famille de profils susceptibles d'être utilisés sur une même aile.
- Que les profils aient des formes qui puissent être associées (au niveau de l'épaisseur relative par exemple, il faut que celle-ci soit décroissante de l'emplanture au bord marginal; il ne faut pas non plus intercaler un profil creux entre deux profils biconvexes)...

Pour ces raisons, on calcule rarement soi-même une aile évolutive; la meilleure solution est d'employer les familles de profils spécialement conçues pour des ailes évolutives; le Pr. Eppler a calculé des profils qui sont conçus pour faire partie d'une même aile évolutive.

Conclusion :

Les trois méthodes exposées ci-dessus sont en général employées simultanément ou tout au moins deux par deux : ainsi, on trouve des ailes à profil évolutif de forme trapézoïdales ou des ailes à double trapèzes vrillées, etc.

Par exemple, pour un planeur de thermique où l'on recherche la finesse en priorité, il est fréquent de trouver des ailes de forme non rectangulaires, par exemple trapézoïdales, vrillées (le vrillage agissant en plus sur le décrochage, le rendant plus sain).

Pour un planeur de début, on choisira aussi de vriller les ailes que l'on pourra faire rectangulaires pour des facilités de construction (le vrillage ayant ici le rôle important d'agir sur le décrochage ce qui est excellent pour le débutant).

Pour un planeur de vitesse, on évitera de vriller les ailes, car à grande vitesse, le vrillage induit des efforts aérodynamiques qui déforment les ailes et peuvent même les rompre; on se limitera alors à une forme d'aile avec trapèze en extrémité par exemple, ce qui suffira pour obtenir une répartition de portance proche de la répartition elliptique, qui, pour un planeur de vitesse est très "plate", étant données les faibles valeurs de C_z (la faible portance) qui interviennent dans un vol de vitesse (cf Fig.8).

