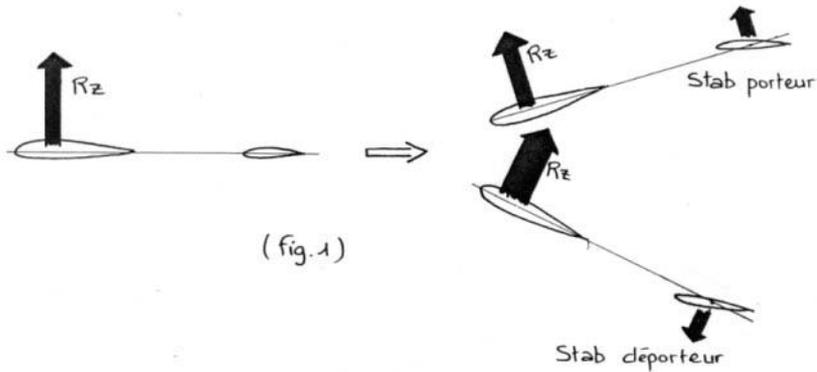


# LE CENTRAGE

## Introduction :

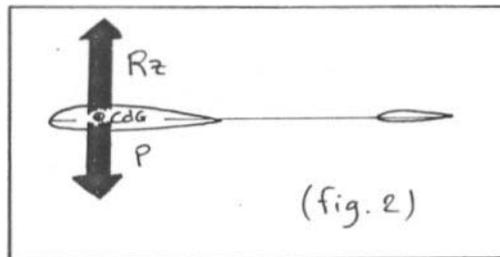
Dans les calculs de polaires de vitesse, on suppose que le stab est toujours neutre (ni porteur ni déporteur) quel que soit le  $C_z$  de l'aile. En réalité, si le centre de gravité du planeur est fixe, cela n'est pas possible. En effet, si le planeur vole stab au neutre pour un certain  $C_z$ , il faudra le rendre porteur pour diminuer le  $C_z$  de l'aile (piquer pour diminuer le  $C_z$ ), ou le rendre déporteur pour augmenter le  $C_z$  de l'aile (Fig.1).



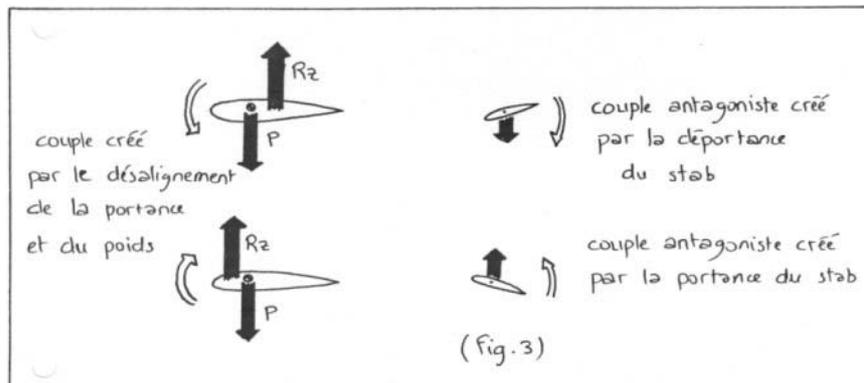
Ceci signifie donc que le stab ne peut être neutre que pour un point de la polaire. Un seul point de la polaire calculée est juste mais l'erreur sur les autres est faible.

Du point de vue des performances, on a tout intérêt à avoir un stab neutre pour le  $C_z$  de l'aile correspondant à la configuration de vol que l'on désire (ex : finesse maxi); en effet, toute portance du stab s'accompagne d'une traînée importante car le stab est aérodynamiquement moins bon que l'aile (son allongement est très faible est la traînée induite est considérable).

Pour éviter cela, il faut centrer le modèle de façon que la résultante des forces aérodynamiques qui s'appliquent sur lui passe par le centre de gravité pour la valeur de  $C_z$  choisie; elle équilibrera alors seule le poids, sans qu'une portance intervienne au niveau du stab (Fig.2).



Si la résultante ne passe pas par le centre de gravité, elle crée avec le poids un couple de forces qui devra être équilibré par une action porteuse ou déportuse sur le stab (Fig.3).



## Le centre de poussée :

### **Définition :**

C'est le point d'application de la résultante aérodynamique; il est situé sur la corde du profil et se déplace en fonction de l'incidence. Cette variation de position est importante pour des profils très porteurs et minime pour des profils peu porteurs.

### **Calcul de la position :**

On a vu ci-dessus que, pour ne pas avoir de force porteuse ou déporteuse sur le stab, le poids et la portance devaient être alignés; ceci signifie que le centre de poussée et le centre de gravité doivent être confondus; centrer le planeur revient donc à répartir les masses pour aligner le centre de gravité sur le centre de poussée. Il faut donc dans un premier temps déterminer la position de ce centre de poussée.

On calcul la position du centre de poussée pour un  $C_z$  donné grâce à la formule :

$$\frac{d}{e} = \frac{C_m}{C_z}$$

Où : • d est la distance du centre de poussée au bord d'attaque

• e est la corde moyenne de l'aile

•  $C_m$  est le coefficient de moment du profil défini de la même manière que les coefficients de portance

et de traînée.  $C_m = \frac{16 \cdot M}{S \cdot E \cdot V^2}$ , avec M = moment de toutes les forces aérodynamiques s'exerçant sur la surface de l'aile.

•  $C_z$  est le coefficient de portance du profil considéré.  $C_z$  varie; il peut être par exemple de 1,2 pour la portance maxi d'un profil et de 0,8 à la finesse maxi; on voit donc que la position du centre de poussée dépendra du  $C_z$  donc des conditions de vol (on choisira par exemple de voler à  $C_z$  maxi ou à  $C_z$  de finesse maxi; dans les deux cas, la position du centre de poussée, donc du centrage ne sera pas la même.

Il faut donc connaître la valeur de  $C_m$  pour le  $C_z$  qui nous intéresse. Pour certain profils étudiés en soufflerie, on trouve la courbe donnant  $C_m$  en fonction de  $C_z$ . Lorsque l'on ne dispose pas de ces courbes, on peut approximer les résultats en utilisant la formule déterminée expérimentalement :

$$\mathbf{C_m = C_{m_0} + 0,25 \cdot C_z}$$

Remarque : dans certains ouvrages, on trouve la formule  $C_m = -C_{m_0} + 0,25 \cdot C_z$ , car, en Allemagne par exemple, le  $C_{m_0}$  n'a pas le même signe qu'en France pour le même profil : en effet, nous verrons plus loin que  $C_{m_0}$  est positif pour les profils usuels, et négatif pour les autostables; en Allemagne, les signes sont opposés (négatifs pour les profils usuels) ce qui explique la nécessité du signe moins devant  $C_{m_0}$  dans la formule, car il faut bien entendu trouver le même résultat pour  $C_m$ .

Nous utiliserons donc la formule  $C_m = C_{m_0} + 0,25 \cdot C_z$

$$\Leftrightarrow \frac{C_m}{C_z} = \frac{C_{m_0}}{C_z} + 0,25$$

$$\text{or } \frac{d}{e} = \frac{C_m}{C_z}$$

$$\text{donc } \frac{d}{e} = \frac{C_{m_0}}{C_z} + 0,25$$

$C_{m_0}$  est la valeur de  $C_m$  pour laquelle la portance est nulle ( $C_z = 0$ ),  $C_{m_0}$  est déterminé en soufflerie par expérimentation et il est donné pour chaque profil; on peut retenir que :

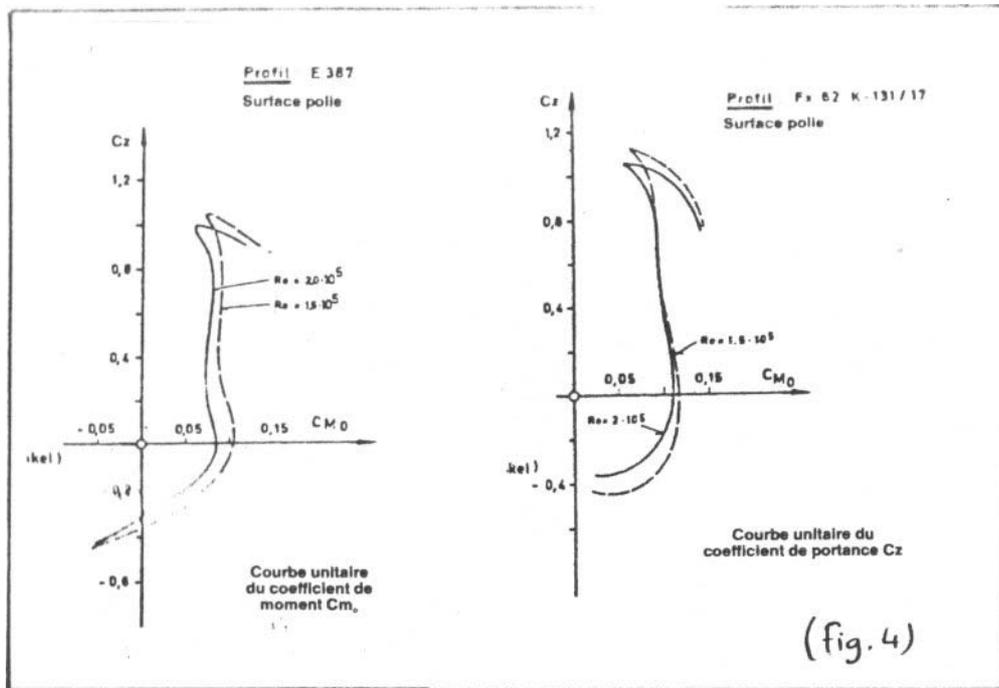
• Plus le profil est porteur, plus le  $C_{m_0}$  sera important et plus le centre de poussée (donc le centre de gravité) sera arrière.

• Plus le profil est porteur, plus le centre de poussée bougera facilement, donc plus le planeur sera instable sur l'axe de tangage.

$C_{m_0}$  varie peu en fonction de  $C_z$  dans la plage "normale" d'utilisation; par contre, si on se trouve dans des zones de  $C_z$  proches du décrochage ou à l'opposé en portance nulle ou même négative, les valeurs de  $C_{m_0}$

varient (cf Fig.4).  $C_{m_0}$  varie peu en fonction du nombre de Reynolds (cf Fig.4). On le considère donc comme une constante caractérisant le profil.

Remarque : la valeur de  $C_{m_0}$  dépend essentiellement de la courbure de la ligne moyenne du profil (ainsi  $C_{m_0}$  est nul si la courbure est nulle).



$C_{m_0}$  peut être nul, positif ou négatif.

$C_{m_0} = 0 \Rightarrow \frac{d}{e} = 0,25$  : le centre de poussée est fixe et situé à 25 % de la corde; c'est le cas des profils biconvexes symétriques aux grands nombres de Reynolds. Ces profils sont dits indifférents puisque leur résultante ne se déplace pas.

$C_{m_0} > 0 \Rightarrow \frac{d}{e} > 0,25$  : le centre de poussée est situé à plus de 25 % de la corde et il se déplace vers l'avant lorsque  $C_z$  augmente; c'est le cas usuel : le profil est instable : en effet, lorsque  $C_z$  augmente, c'est en général parce que l'on augmente l'incidence; on voit alors que le centre de poussée se déplace vers l'avant, ce qui fait que la résultante tend à faire encore augmenter l'incidence.

$C_{m_0} < 0 \Rightarrow \frac{d}{e} < 0,25$  : le centre de poussée est situé à moins de 25 % de la corde et se déplace vers l'arrière si  $C_z$  augmente; c'est le cas des profils autostables.

Donc, si on connaît  $C_{m_0}$ , on peut calculer la position du centre de gravité qui sera la même que celle du centre de poussée obtenue par la formule. Ce calcul simple donne une bonne base pour centrer un planeur; dans la pratique, on centre le planeur plus ou moins avant ou arrière selon l'effet recherché ou ses goûts personnels; en effet, le centrage influe sur la stabilité du planeur.

Un planeur centré avant sera stable, mais si on exagère sur le plomb, il perdra de la manoeuvrabilité et ses performances s'en ressentiront. A l'inverse, un planeur centré arrière sera plus maniable et tendra à revenir plus lentement à la position de vol correspondant au réglage du trim; cela peut être un avantage en acrobatie mais il ne faut pas exagérer le centrage arrière car le modèle peut devenir impilotable.

Exemple de calcul : on veut faire voler un planeur muni d'un Eppler 193 à finesse maxi. Nous désirons calculer son centrage.

Le  $C_z$  de l'E193 est de 0,7 approximativement et le  $C_{m_0}$  est égal à 0,078. On utilise la formule :

$$\frac{d}{e} = \frac{C_{m_0}}{C_z} + 0,25$$

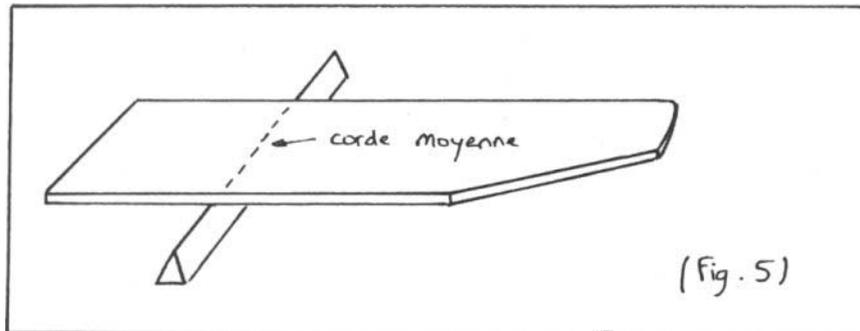
$$\frac{d}{e} = \frac{0,078}{0,7} + 0,25$$

$$\frac{d}{e} = 0,36$$

Donc le centrage de l'E193 pour un vol à finesse maxi s'effectuera à 36 % de la corde. Alors, quel que soit le calage de l'aile sur le fuselage, le stab sera neutre lorsque l'aile travaillera à  $C_z = 0,7$ .

Attention,  $\frac{d}{e}$  représente le pourcentage de la corde moyenne de l'aile; si l'aile est rectangulaire, la corde moyenne est la même que la corde d'emplanture. Si l'aile n'est pas rectangulaire, le centre de poussée est sur la corde où est situé le centre de gravité de la surface de l'aile, et ce ne sera plus la corde de l'emplanture.

Pour déterminer cette corde, une méthode simple consiste à découper une forme en carton (car c'est plus homogène que le balsa) qui représente l'aile à l'échelle. Puis, on place cette forme perpendiculairement à l'envergure. La position pour laquelle l'équilibre est réalisé correspond à la corde moyenne (cf Fig.5).



Le centrage peut ainsi être réalisé à 36 % de la corde moyenne, ce qui correspond à un pourcentage de la corde d'emplanture tout à fait différent de 36 %.