Un moment s'il vous plaît...

Texte et croquis :
Olivier Caldara

Stable, instable, amortie, vivante… Ces qualificatifs sont couramment employés pour qualifier une aile ou un aéronef, quel qu'il soit, parapente, delta, rigide, jumbo-jet ! On peut cependant se poser la question de savoir ce qui différencie une aile d'une autre en termes de conception, et quels sont les paramètres qui procurent tel ou tel comportement. La présente chronique est consacrée à une explication des phénomènes de stabilité ou d'instabilité aérodynamique.
Je ne ferai appel dans un premier temps qu'aux notions déjà abordées lors des premières chroniques et à la notion de moment d'une force par rapport à un point ou un axe.

Petit rappel :

Comme on l'a vu lors des articles précédents, une aile (ou pour simplifier un profil en 2D), est le siège de forces développées par l'écoulement aérodynamique dès lors qu'elle est en mouvement. Cette répartition change pour chaque incidence (figure 1), et la résultante de cette répartition de portance change aussi, en force et en position.

En force, comme on l'a déjà vu, elle varie linéairement avec l'incidence, à partir de l'incidence de portance nulle :

figure 1

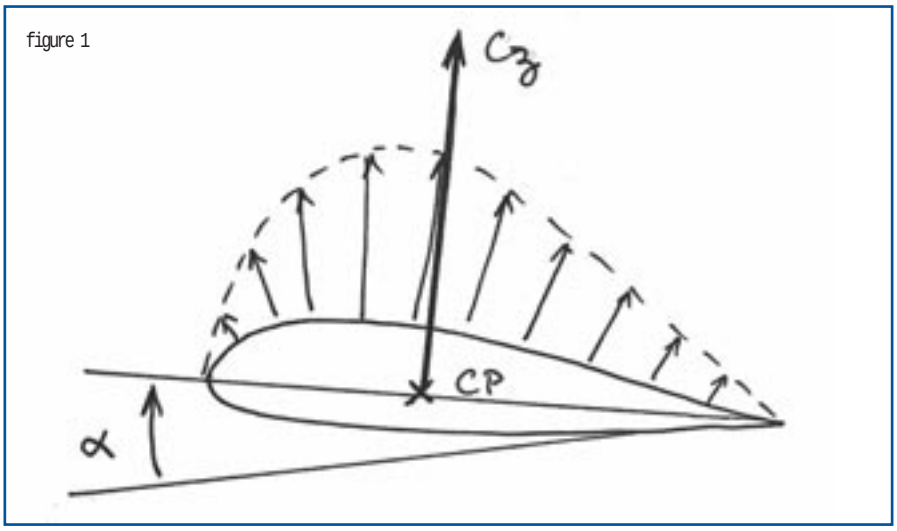
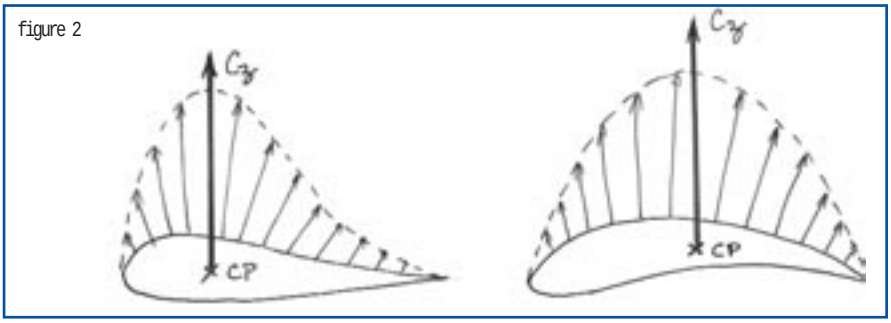


figure 2



$$Cz = k‡(a - aO)$$

Pour la position de la portance, ou centre de poussée CP, il dépend pour une incidence donnée de la répartition de portance. Un profil (1) très "chargé" sur l'avant, ou un profil (2) très creux et "chargé" sur l'arrière, le CP n'est pas au même endroit (figure 2).

Pour cette incidence, le point de centrage où l'aile est équilibrée se situe bien évidemment au centre de poussée CP. Tout irait bien s'il n'existait un seul problème, et de taille :

Que se passe-t-il lorsque l'incidence varie autour de cette incidence de vol sur une rafale, un thermique ?

Là tout dépend de la répartition de portance sur le profil :

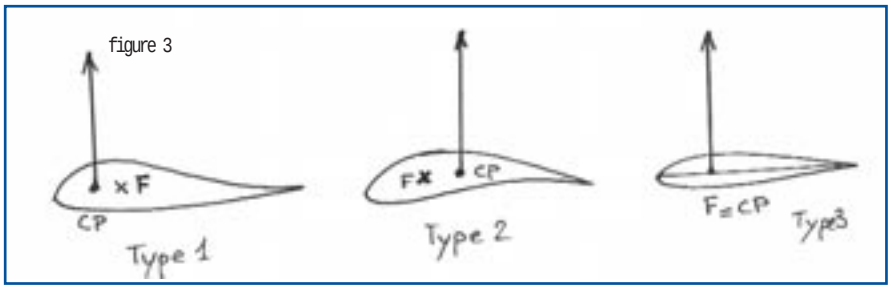
Pour tout profil d'aile, il existe un point de centrage où le moment de rotation autour de ce point ne varie pas avec l'incidence. Ce point est à 1/4 (25 %) de la corde du profil. On l'appelle foyer du profil, ou de l'aile. Suivant la forme du profil, ce moment de rotation particulier Cm0 est à cabrer (profil chargé sur l'avant, ou bien "reflex" comme sur un delta), à piquer (profil creux et chargé sur l'arrière, profil à volet braqué), ou bien nul (profil symétrique, profil type planche…). La figure 3 présente une typologie de ces profils. Comme pour la portance, le moment est caractérisé par un coefficient, dont le sens est choisi positif à cabrer.

Ce Cm_0 est donc :

- Positif pour les profils de type 1, cela signifie que pour une portance positive, le centre de poussée est positionné en avant du foyer (l'aile a tendance à cabrer par rapport à ce point foyer), et que le centre de poussée recule lorsque la portance augmente
- Négatif pour les profils de type 2, cela veut dire que pour une portance positive, le centre de poussée est positionné en arrière du foyer (l'aile a tendance à piquer par rapport à ce point foyer), et que le centre de
- Nul pour les profils de type 3 (cela vaut dire que pour toute incidence, le centre de poussée est positionné au foyer, à 25 % du profil)

Une loi générale se dégage. Pour tout point de centrage le long de la corde du profil (Xc), le moment de rotation Cm par rapport à ce point

figure 3



de centrage est égal à :

$$Cm = Cm_0 + (CG - Xf).Cz$$

Plusieurs résultats intéressants peuvent être tirés de cette expression :

Par définition, l'aile est "centrée" et à l'équilibre lorsque Cm est égal à 0. dans ce cas, CG est exactement au CP, et la distance entre le foyer et le CG est (Cm0/Cz). Le CG est en avant du foyer si Cm0 est positif, il est en arrière du foyer si Cm0 est négatif.

La girouette

(figure 4)
Ensuite le profil de type 3 permet de comprendre la relation entre stabilité et centrage, par le petit exemple suivant : prenons une girouette, composée d'une plaque ayant un profil symétrique :

◆ 1er cas : si son axe de rotation est en avant du foyer, le centre de poussée étant sur celui-ci, cela signifie que pour toute incidence, la girouette aura tendance à se mettre dans le vent, et se stabiliser. Le centrage est dit "stable"

◆ 2e cas : si son axe de rotation est sur le foyer, quelle que soit l'incidence la girouette n'aura aucun mouvement de rotation. Pas très efficace comme girouette… Le centrage est dit "indifférent"

◆ 3e cas : si son axe de rotation est en arrière du foyer, pour toute incidence non nulle la girouette aura tendance à augmenter cette incidence, et à se "retourner" par rapport au vent. Le centrage est dit "instable"

Ce résultat simple est vérifié par la relation sur le Cm, pour tout profil :

● si (CG – Xf) est supérieur à 0, donc CG en arrière du foyer, toute augmentation d'incidence, augmente le Cz, et augmente le Cm, ce qui augmente l'incidence, etc. et l'aile est instable
● si (CG – XF) est inférieur à 0, donc le CG en avant du foyer, toute variation d'incidence, et donc de Cz, provoque un moment de rotation dans le sens inverse qui rattrape l'augmentation d'incidence, et stabilise l'aile.

Donc nous savons maintenant comment rendre une aile stable : il suffit que le centrage soit en avant du foyer (25 % de la corde). Il reste cependant un problème… Il faut aussi trouver un centrage tel que le moment soit nul en vol (aile à l'équilibre, avec le poids appliqué juste au même endroit que la portance). En analysant une fois de plus l'équation du moment, cela signifie que l'on doit trouver une solution où Cm = 0, pour une portance Cz supérieure à 0. Seuls les profils ayant un Cm0 positif peuvent donner une solution à ce problème, car la condition de stabilité impose (CG – Xf) inférieur à 0.

Ces profils à Cm0 positifs sont communément appelés "autostables", ou bien "reflex". Il y a plusieurs moyens d'obtenir une aile ayant ces caractéristiques :

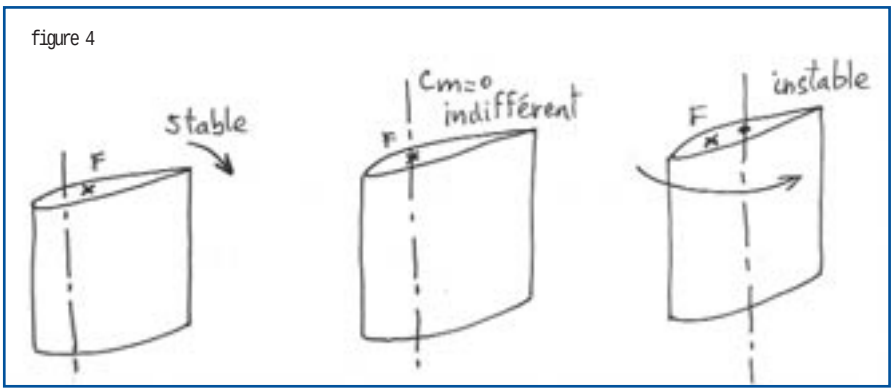
● la munir d'un profil autostable
● lui donner de la flèche et du vrillage négatif en bout d'aile
● combiner les 2 solutions…

Par ailleurs, il existe d'autres moyens de stabiliser une aile, avec parmi ceux-ci :

● ajouter un stabilisateur en arrière de l'aile (cas classique), ce qui recule le foyer de l'ensemble
● stabiliser par une stabilité pendulaire supérieure à l'instabilité aérodynamique (cas du parapente)

Nous aborderons lors de la prochaine chronique les conséquences "dynamiques" en vol de ces différents moyens de stabilisation, et des différentes "races" de profils utilisés.

figure 4



www.VLDweb.fr
Aviation De Loisir
paiement à votre convenance par carte bancaire sécurisée