

GÉRER la PRESSION

■ Texte et croquis :
Olivier Caldara ■

n°26

Dans le langage courant du pilote de parapente, la « mise en pression », le « contrôle de la pression de l'aile » sont communément abordés dès qu'il s'agit de décrire le vol en thermiques ou en atmosphère turbulente. La clef de la sécurité dans ces situations dépend effectivement de la réactivité du pilote par rapport à ses sensations, notamment aux freins. Cependant, compte tenu des éléments présentés dans la dernière chronique, nous allons voir que le ressenti du pilote au niveau des commandes n'a que peu à voir avec la pression interne. En quelque sorte, les compétiteurs sont probablement les seuls pilotes qui doivent réellement « gérer la pression » en vol !

PRESSION INTERNE, CONSTANTE OU VARIABLE ?

Nous avons constaté lors de la dernière rubrique que lorsque l'aile est en régime de vol stabilisé (vitesse et incidence), la pression interne est égale à la pression d'arrêt sur le profil au niveau de l'entrée d'air. En première analyse, cette pression dépend donc de l'incidence, qui détermine la répartition des C_p autour du profil (voir rappel figure 1). Elle dépend aussi de la vitesse de vol, qui détermine la pression dynamique $p_{dyn} = 1/2 \cdot \rho \cdot V^2$. La pression interne est égale à la pression dynamique multipliée par le C_p présent au niveau de l'entrée d'air. Lorsque celle-ci est bien placée et dimensionnée (comme sur la figure 1, flèches rouges), ce C_p vaut 1, et la pression interne est égale à la pression dynamique. Si l'entrée d'air est mal placée (figure 2), ou bien trop petite pour prendre en compte les variations d'incidence de l'aile dans son domaine de vol, du décrochage au vol accéléré (figure 3), le C_p diminue et la pression interne diminue d'autant. Cette diminution entraîne un enfoncement du profil pour toutes les zones où la pression externe est supérieure à la pression à l'entrée d'air.

En supposant que nous disposions d'une aile bien conçue, à l'entrée d'air bien dimensionnée, la pression interne ne dépend finalement que de la vitesse, selon une loi parabolique. Elle ne dépend de rien d'autre, ni de l'aile, ni du profil, ni des freins, etc.

Si l'entrée d'air est bien placée au point d'arrêt ($C_p=1$), le profil peut être freiné ou non, avoir une forme patatoïde, de bergère Louis XV ou bien celle du « Poisson Volant » de Francis Heilmann, la pression interne sera la même ! En gros, en prenant pour l'air une densité de 1.2 kg/m^3 , cette pression varie de 2 kg/m^2 au décrochage (20 km/h), à 6 kg/m^2 aux vitesses courantes bras hauts (36 km/h), et 12 kg/m^2 à vitesse max (50 km/h).

Cependant, si la pression interne ne

varie pas en fonction de la forme du profil, la répartition de C_p à l'extrados et à l'intrados en dépend fortement, notamment lorsque le profil est freiné au bord de fuite. Dans ce cas la portance augmente, c'est d'ailleurs à ça que sert un volet de bord de fuite, ainsi que les efforts appliqués sur le bord de fuite (figure 4).

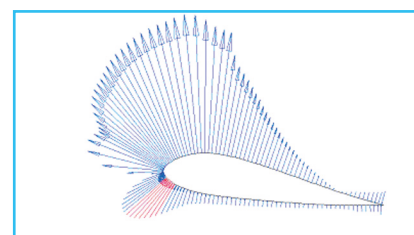


Figure 1 : C_p incidence 7°

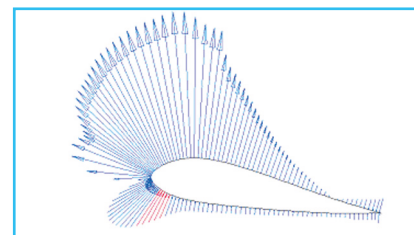


Figure 2 : entrée d'air mal placée

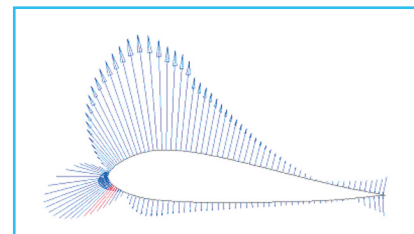


Figure 3 : incidence mini

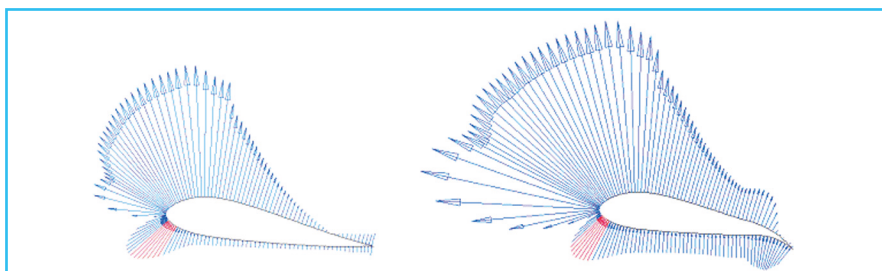


Figure 4 : variation des efforts freiné/non freiné à incidence 7°

F I C H E T E C H N I Q U E





Ces efforts au bord de fuite dépendent aussi de l'incidence, qui modifie la répartition de C_p pour un profil donné, freiné ou non.

D'OÙ VIENNENT NOS PERCEPTIONS ?

Les impressions ressenties en vol, notamment au niveau des commandes, dépendent principalement de l'effet des conditions externes (incidence, vitesse) sur la répartition des efforts sur le profil. Analysons par exemple les situations suivantes :

■ Un pilote en vol stabilisé entre dans un thermique. Sa vitesse de vol, donc la pression interne de l'aile, ne varie pas instantanément. Elle a d'ailleurs plutôt tendance à diminuer. En conservant ses commandes en position, le pilote ressent un effort plus important dans les freins, simultanément à l'accélération vers le haut due au thermique. Que s'est-il passé ?

- la pression interne n'a pas changé ou très peu ;
- l'incidence de vol a augmenté à cause de la vitesse vers le haut du thermique ;
- donc la portance a augmenté, ainsi que

les efforts au bord de fuite et dans les commandes ;

- l'augmentation de portance crée une accélération vers le haut, jusqu'au retour de l'équilibre des forces, et retour à l'incidence normale de vol ;
- si le pilote reste dans le thermique, il monte à vitesse constante.

Si le pilote sort du thermique, il ressent un allègement dans les commandes, une accélération vers le bas. Le mécanisme est inverse :

- la pression interne n'a pas changé ou très peu ;
- l'incidence de vol a diminué à cause de la vitesse vers le bas du thermique ;
- donc la portance a diminué, ainsi que les efforts au bord de fuite et dans les commandes ;
- la diminution de portance crée une accélération vers le bas, jusqu'au retour de l'équilibre des forces, et retour à l'incidence normale de vol ;

Dans cette situation, la « pression » ressentie dans les commandes est tout simplement l'expression d'une augmentation ou diminution d'incidence.

Suivant l'instabilité de l'aile (voir VL n°338), l'entrée et la sortie du thermique

vont s'accompagner de mouvements en tangage, à cabrer en entrant, à piquer en sortant.

La méthode logique et largement préconisée pour assurer un pilotage sûr si l'aile est instable, est tout simplement de chercher à conserver une tension constante dans les commandes : relâcher lorsque la « pression » augmente à l'entrée du thermique, freiner lorsque la « pression » diminue à la sortie.

■ Un pilote en vol stabilisé engage un virage. Sa vitesse de vol ne change pas. Le pilote ressent un effort plus important du côté freiné. Que se passe-t-il ?

- la pression interne ne change pas et n'est pas différente entre le côté freiné et le côté non freiné !
- la portance du côté freiné a augmenté ;
- la répartition de portance du côté freiné est augmentée au bord de fuite ;
- l'effort sur la commande est plus important.

■ Un pilote vole très lentement. Le pilote ressent un effort plus important qu'en vol normal dans les commandes. Que se passe-t-il ?

- la pression interne est plus faible qu'en vol normal ;
- la répartition de portance est très augmentée au bord de fuite braqué ;
- l'effort dans les commandes est plus important.

Dans ces deux derniers cas, la « pression » ressentie aux freins provient de la variation du profil et de la répartition de portance.

CONCLUSION

Les variations d'efforts ressenties dans les commandes au cours d'un vol n'ont que très peu de corrélation avec la pression interne. Elles sont principalement dues aux variations d'incidence et de forme de bord de fuite du profil qui entraînent une variation de la répartition de portance et des efforts au bord de fuite. En définitive, « gérer la pression » de l'aile signifie plutôt gérer son instabilité. Les efforts aux freins représentent l'information de variation d'incidence, transmise au pilote lui permettant la réaction correcte à cette variation, en temps quasiment réel et avant que l'aile ne modifie trop son tangage (décrochage en entrée de thermique, abattée en sortie). Après ce remue-ménages, vous prendrez bien une p'tite pression... ■■■

