[Texte et croquis : Olivier Caldara]

INCIDENCE *ou vitesse ?*

Mon parapente vole en atmosphère turbulente, en présence de thermiques. L'air étant agité, mon aile change souvent d'attitude et de vitesse lors des variations de la masse d'air. Ces changements lui permettent de s'adapter, de « réguler » sa trajectoire. Une question simple revient assez souvent : qui de l'incidence ou de la vitesse de mon aile permet cette adaptation et permet finalement de « passer au mieux » dans les changements de masse d'air ?

MASSE D'AIR ET STABILITÉ

Quels sont les comportements d'un aéronef de vol libre lorsqu'il est soumis aux variations de la masse d'air (vol en air turbulent, entrée et sortie de thermique, etc.) ? Quels mouvements sont imposés à cet aéronef ? Comment varient son attitude et sa vitesse et pourquoi ?

Nous nous intéresserons à la partie « aérodynamique » de ce comportement, puis aux effets de cette aérodynamique sur l'aéronef lui-même, en tenant compte de son centre de gravité, etc. Nous verrons que le comportement d'un rigide et celui d'un parapente sont sensiblement différents.

Pour appréhender les différents effets mis en jeu sur une aile dans une masse d'air variable, supposons une aile, à vitesse stabilisée, qui entre dans une zone ascendante (figure 1). L'enchaînement des différentes phases est le suivant :

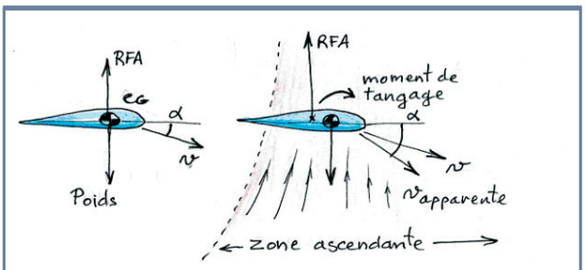

Figure 1 : Comportement au changement de masse d'air.

• Avant l'entrée dans la nouvelle masse d'air l'aéronef est à l'équilibre. La résultante aérodynamique compense exactement le poids (même intensité et moment nul donc aucune rotation en tangage). L'incidence entre sa vitesse V et l'axe avion est constante.

• Lors de l'entrée dans la nouvelle masse d'air, la première chose qui change est la direction de l'écoulement d'air sur l'aile. En gros, l'ascendance provoque une augmentation de l'incidence sur l'aile. Elle est d'autant plus importante que la vitesse ascendante de l'air est élevée. Au tout début, du fait de son inertie, la vitesse et l'attitude de l'aile ne changent pas (pas de rotation), mais l'incidence et la vitesse « apparente » du courant d'air changent à cause de la vitesse ascendante de la nouvelle masse d'air.

• Le nouvel écoulement étant établi, le changement d'incidence provoque un changement de répartition des forces sur l'aile donc un changement (en force, direction et position) de la résultante. En ce qui concerne la force, elle augmente puisque l'incidence a augmenté. L'aéronef subit donc dans un premier temps une accélération vers le haut.

• Le changement de position et de direction de la résultante provoque en même temps l'apparition d'un moment de tangage par rapport au centre de gravité. Suivant la stabilité aérodynamique en tangage de l'aile :

- la position de la résultante recule et ce moment est à piquer sur une aile aérodynamiquement stable (l'aile tend à rattraper et diminuer l'augmentation d'incidence due à l'entrée dans l'ascendance) ;

- sur une aile aérodynamiquement instable la résultante avance et le moment est à cabrer (l'aile tend à amplifier l'augmentation d'incidence) ;

- Sur une aile « indifférente », la position de la résultante ne change pas lorsque l'incidence varie (fig. 1).

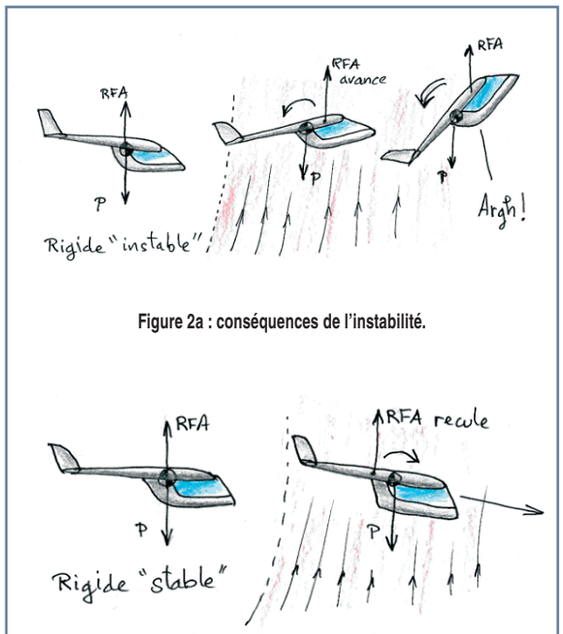

Figure 2a : conséquences de l'instabilité.

Figure 2b : conséquences de la stabilité.

A partir de ce comportement initial à l'entrée dans l'ascendance, les phases suivantes dépendent fortement du type d'aéronef :

Si l'aéronef est de type planeur classique, rigide ou pendulaire (où le pilote-centre de gravité est proche de l'aile), sa stabilité est principalement basée sur la stabilité aérodynamique (stabilisateur sur un planeur, vrillage négatif de l'aile sur un rigide ou un delta). Une configuration aérodynamiquement instable est donc impossible car l'engin serait impilotable et dangereux. En effet un déplacement à cabrer de la résultante ne permet pas à l'aéronef de retrouver une position stable du fait de la proximité du CG (figure 2a). Ce type d'aéronef est donc toujours stable. Dans ce cas il tend à piquer en entrée d'ascendance pour contrer l'augmentation d'incidence et sa vitesse va momentanément augmenter. Elle va ensuite se stabiliser lorsque l'incidence reviendra à sa valeur initiale (figure 2b).

Nota : les caractéristiques de stabilité des ailes et des profils ont été décrites dans les n° 338 et 339 de *Vol Libre*.

Aéro et Mécavol pour les nuls

Si l'aéronef est de type parapente (pour lequel le pilote/centre de gravité est très éloigné de l'aile), le déplacement de la résultante vers l'avant ou vers l'arrière permet le plus souvent de retrouver une position stable car la distance au CG est très grande et l'équilibrage ne nécessite qu'un faible changement de calage de l'aile au-dessus du pilote. Il est donc parfaitement possible de réaliser un parapente muni d'un profil stable, indifférent, ou instable. Les « précurseurs » le savent bien. Ils utilisaient très souvent des profils « creux » extrêmement instables...

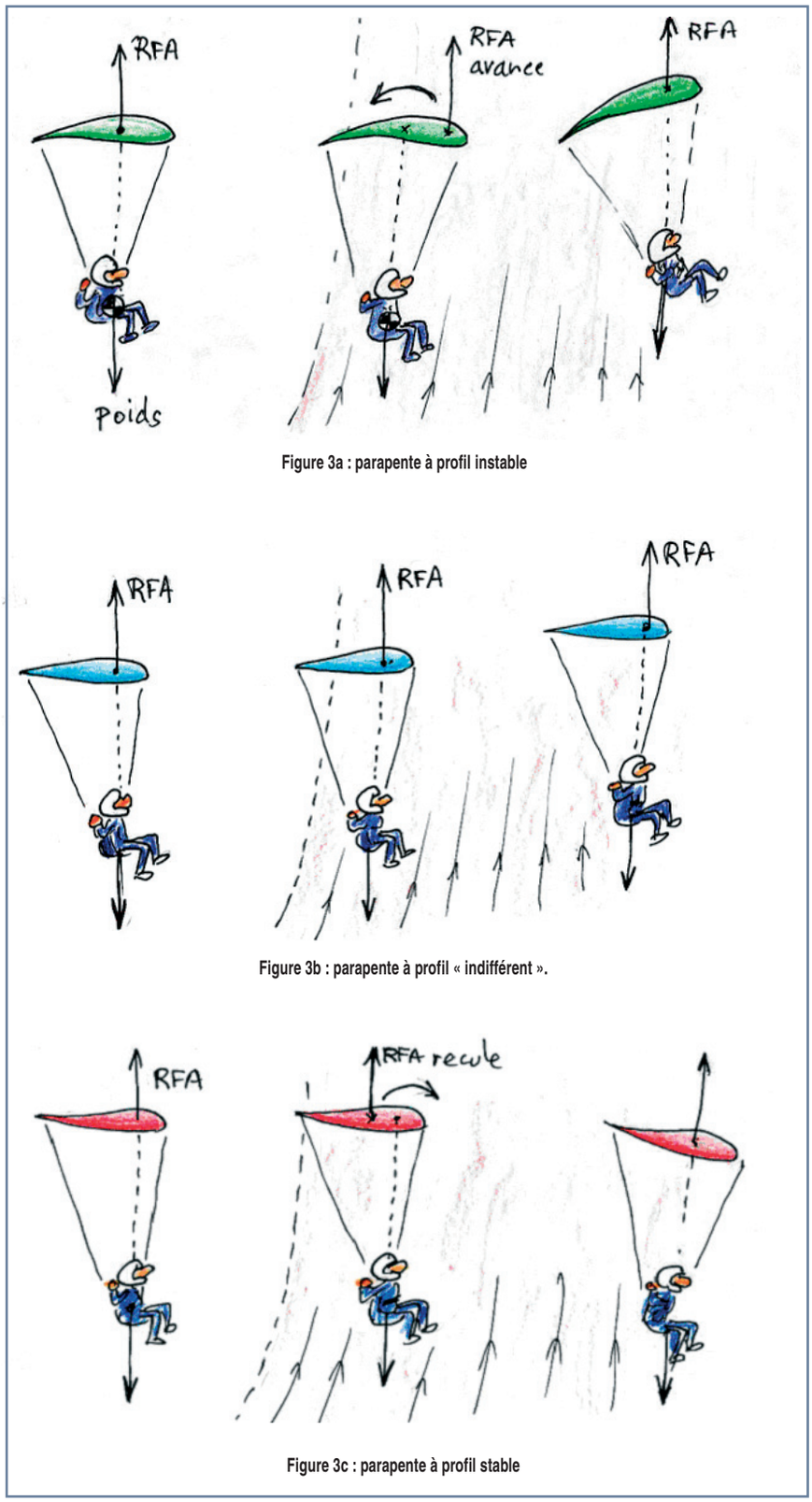

Figure 3a : parapente à profil instable

Figure 3b : parapente à profil « indifférent ».

Figure 3c : parapente à profil stable

Et des générations de pilotes ont été formés avec ces machines !

Sur un parapente, suivant la stabilité en tangage de l'aile, trois comportements sont donc possibles lors d'une entrée dans l'ascendance (figure 3) :

- avec un profil instable (cas le plus courant), l'augmentation d'incidence et l'avancement de la résultante font cabrer l'aile qui ralentit. Puis l'incidence diminue et l'aile retrouve son régime de vol (figure 3a) ;
- avec un profil indifférent, l'augmentation d'incidence n'a aucune action sur la position de la résultante. Le parapente n'a pas de mouvement de tangage et continue son vol avec la même attitude (figure 3b) ;
- avec un profil stable, l'augmentation de l'incidence et le recul de la résultante tendent à faire piquer l'aile qui accélère. Puis l'aile ralentit et retrouve son régime de vol. Un parapente à profil stable a le même type de comportement qu'un rigide à l'entrée dans l'ascendance (figure 3c).

Les figures précédentes montrent les différentes phases sur un planeur classique ou rigide et sur un parapente pour les trois cas de stabilité de l'aile.
Les comportements lors de la sortie d'une ascendance, ou bien à l'entrée dans une descendance sont assez symétriques à l'entrée dans une ascendance :
- pour une aile à profil stable : tendance à cabrer ou ralentir ;
- pour une aile à profil instable : tendance à piquer et accélérer ou « shooter » en avant pour un parapente.

A titre de conclusion et d'un point de vue général, les descriptions précédentes montrent que les variations d'attitude et de régime de vol d'un aéronef dans une atmosphère changeante sont, comme le dirait Mr de la Palisse, dues au changement du courant d'air, au changement d'incidence et à l'enchaînement suivant :

1. Masse d'air différente
2. Changement du courant d'air
3. Changement d'incidence
4. Changement de la résultante (force et direction)
5. Tangage de l'aéronef et changement de vitesse
6. Retour progressif au régime nominal (attitude et vitesse)

Un aéronef « neutre » aura tendance à suivre les variations d'atmosphère
Un aéronef « stable » aura tendance à les contrer, les « lisser ».
Un aéronef « instable » aura tendance à les amplifier.