



■ Texte et croquis :  
Olivier Caldara ■

n°39

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

## Un PETIT BOUDIN

Un après-midi de printemps, sur le déco de la Mecque du parapente :

- « Moi j'ai une X, elle est super, maniable et tout, mais j'ai eu un peu de mal à m'habituer par rapport à mon ancienne Y, j'ai l'impression de ne rien avoir dans les mains tellement les freins sont légers.

- Ouais, ben t'as de la chance, moi j'ai opté pour une Z de même surface, elle est aussi maniable que la X, mais l'effort aux commandes est un peu élevé. »

Ce genre de discussion est assez courant sur les décos ou au bar de l'atterro, surtout après un cross assez long qui a fatigué l'un des pilotes et pas l'autre.

Finalement, un bon sujet pour la présente chronique : **qu'est-ce qui, sur une aile de parapente, influe sur l'effort aux commandes ?**

### UN PETIT BOUDIN ?

L'analyse de la géométrie et des forces appliquées sur le parapente en vol nous aide à déterminer les différentes raisons principales qui entraînent un effort aux commandes (figure 1).

1. Tout d'abord, l'aile est une structure gonflée, la différence de pression entre intérieur et extérieur donne une tension au tissu. Chaque caisson est une sorte de petit « boudin » de tissu qui tient en forme justement grâce à cette tension. Pour bien visualiser l'effort nécessaire pour déformer ce « boudin », on peut l'assimiler à un ballon tubulaire, similaire à ceux utilisés par les clowns lors du classique numéro consistant à réaliser toutes sortes d'animaux avec ces ballons... Le gros « chienchien » est nettement plus difficile à faire que le petit caniche (figure 2) !

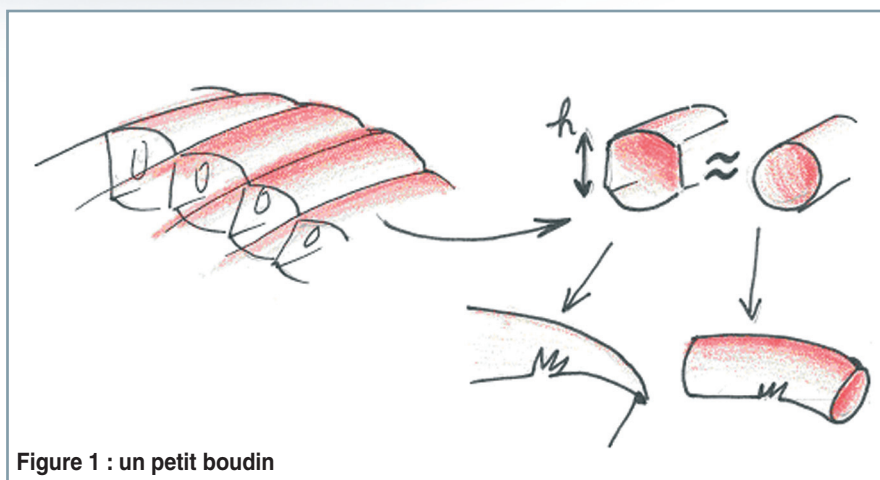


Figure 1 : un petit boudin



Figure 2 : le gros chien-chien et le petit caniche...



En gros, la théorie des tubes gonflés nous indique que la force nécessaire pour plier un boudin tenant par sa pression interne est proportionnelle à cette pression (donc dans notre cas à la vitesse au carré), et au cube du rayon ou du diamètre du tube. Pour résumer :

La force de « pliage » du bord de fuite dépend :

- Du carré de la vitesse de vol (comme toutes les forces sur un parapente...);
- Du cube de la hauteur du profil à l'endroit du « pliage » du volet.

Ainsi, une simple différence d'épaisseur de bord de fuite de 25 %, de 10 à 12.5 cm par exemple au niveau de la cassure de volet, multipliera par deux l'effort à fournir pour le plier !

L'épaisseur réelle à cet endroit dépend aussi de l'allongement (à surface égale, la corde du profil, donc son épaisseur réelle au niveau de la cassure du volet de bord de fuite, est d'autant plus petite que l'allongement est grand). Donc il est aussi compréhensible que les efforts sur une aile plus allongée soient en général plus faibles.

**2.** Un deuxième effet provient de la forme du bord de fuite du profil (figure 1), qui modifie l'effet « tube » décrit ci-dessus. Un bord de fuite plutôt « creux » sera plus facile à plier qu'un bord de fuite « bombé dessous », caractéristique d'un profil Reflex par exemple.

**3.** Un troisième effet provient de la forme en plan de l'aile, qui détermine le centrage du pilote sous l'aile. Une aile à « bord d'attaque droit », comme on en rencontrait il y a quelques années, prédispose à un pilote centré assez en avant, alors qu'une aile à « bord de fuite droit », plus courant de nos jours, entraîne un centrage pilote plus arrière. Pour une aile parfaitement elliptique, c'est... entre les deux.

Le centrage du pilote influe sur la distance entre celui-ci et le volet de frein, en profondeur, et sur le fait que la résultante des forces s'applique plus ou moins près du bord de fuite. Comme le montre la figure 3, un pilote « centré avant » prend en charge un plus faible délestage de son poids lors du freinage qu'un pilote « centré arrière ». L'un des deux « se soutient » plus que l'autre en tirant sur le frein.

Enfin, bien sûr, l'effort à fournir est proportionnel aux efforts principaux présents sur l'aile donc tout naturellement au poids emporté qui détermine la force de portance nécessaire. Les biplaceurs le savent bien ! Pour une même forme de modèle, le biplace est « un tantinet » plus lourd. La meilleure démarche est d'ailleurs pour un biplace de le concevoir comme tel.

En résumé, comme tout le monde l'a par ailleurs remarqué, une aile de début peu allongée, à bord de fuite droit, profil épais et stable ou Reflex sera plus « camion » aux freins qu'une aile plutôt elliptique, allongée et profil plus mince, plutôt « instable » et nécessitant un pilotage actif. C'est tant mieux, l'inverse aurait été plutôt difficile à gérer tant pour les moniteurs dont les élèves peu expérimentés n'auraient « rien dans les mains », que pour les Champions de cross qui auraient à « faire des haltères » pendant une longue durée. Enfin, dans une même catégorie et une même classe de surface, les subtilités décrites plus haut (épaisseur, forme du bord de fuite, centrage, forme en plan de l'aile) peuvent réellement différencier radicalement les ailes en termes d'effort aux commandes. Des « trucs » sont par ailleurs possibles pour diminuer l'effort aux freins sur une aile donnée :

- Diminuer localement l'épaisseur au niveau du bord de fuite
- Rendre le profil un peu « creux » dans cette zone pour faciliter le « pliage ».
- Répartir le freinage plus à l'extérieur, ce qui donne une efficacité plus directe en virage, donc un freinage moins fort pour le même virage.

Les inconvénients sont :

- Le risque de décrochage en bout d'aile si le déport est trop prononcé
- Une moins bonne finesse en configuration freinée, car la répartition de frein se fait surtout sur l'extérieur.

## EN CONCLUSION

Comme toujours une aile est un compromis et un vrai casse-tête pour le concepteur qui doit le réaliser au mieux possible, en fonction du public visé. ■■

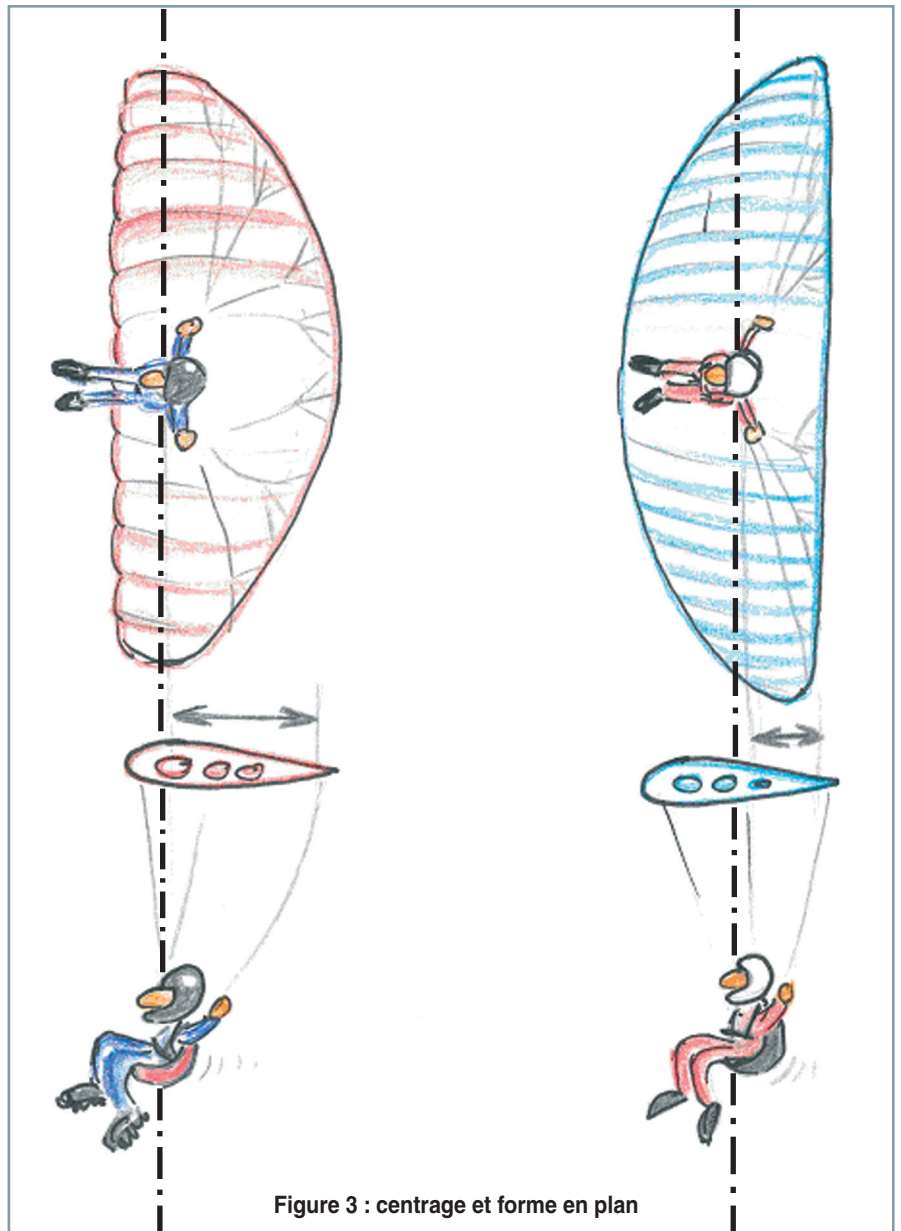


Figure 3 : centrage et forme en plan

