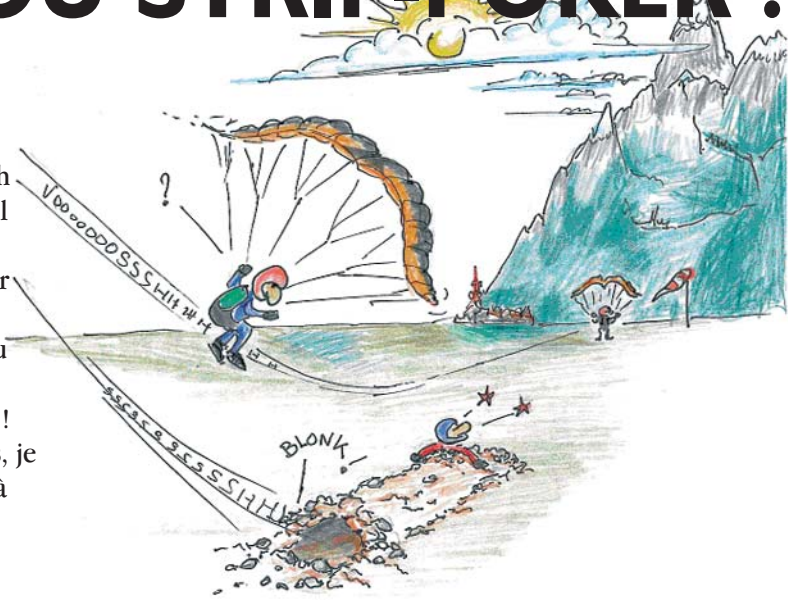
MINI-VOILE OU STRIP-POKER ?

« Allo ?
- Allo, Olivier ?
- Oui ?... (…mmh, 2 glaçons pour moi SVP…) ! Ah bonjour Noël, comment tu vas (merde les filles, il m'a retrouvé !) ?
- Tu sais que c'est le bouclage et euh… ton papier serait le bienvenu !
- Euh, oui (aïe, aïe, aïe, j'ai zappé la chronique du mois de septembre !). C'est quoi déjà le sujet ?
- Tu devrais le savoir : l'atterrissage en mini-voile !
- Euh, bon d'accord, tu l'as demain… Eh les filles, je vous rejoins plus tard sur la plage. Juste un truc à finir… »



Pas de petits veinards, pendant vos vacances, vous pourrez tout de même vous instruire tandis que les forçats de l'Aéro-mécavol doivent faire leur devoir pour la France. Euh, les filles, un petit strip-poker ce soir quand j'aurai fini ? Bon, fini la gaudriole, entrons dans le vif du sujet. Ce mois-ci nous verrons les particularités de l'atterrissage en mini-voile par comparaison avec nos parapentes habituels. Nous en tirerons les règles simples à respecter pour que cette phase cruciale se passe pour le mieux.

DYNAMIQUE

Afin de comparer plusieurs situations sur les deux types d'ailes et de présenter les trajectoires et vitesses d'atterrissage pour ces différentes situations, les figures de cette chronique sont tirées d'un petit simulateur en Excel. Il est réalisé à partir du modèle aérodynamique, déjà présenté dans ces colonnes, qui donne par exemple les performances « usine » de la Ski'M. Ce modèle permet entre autres d'obtenir l'incidence de l'aile en fonction du pourcentage de freins, de 0 à 100 %. La trajectoire est calculée pas à pas, par exemple toutes les 0.2 secondes, à l'aide des lois de la dynamique.

A chaque instant ou chaque pas de calcul :

- l'incidence est fonction du pourcentage de freins à cet instant ;
- l'incidence et la vitesse instantanée donnent les forces de portance et traînée ;
- la somme des forces, y compris le poids, donne l'accélération instantanée

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{\gamma}$$

- l'accélération permet le calcul de la vitesse et de la position instantanées

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{\gamma} \cdot dt, \quad \vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{V} \cdot dt + \frac{1}{2}\vec{\gamma} \cdot dt^2$$

- vitesse et position permettent le calcul du pas suivant, etc.

Il suffit de « lâcher » l'aile avec une position et une vitesse initiale, puis de la piloter aux freins, pour faire de jolies montagnes russes dignes du cours de pilotage « gestion du tangage ».

La trajectoire et les vitesses (vitesse-air, Vz) forment donc une table en fonction du temps et de la position des freins. Les courbes présentées sont l'image de ces tables pour chaque cas traité. Ce simulateur permet entre autres de réaliser un arrondi en appliquant une loi de freinage « à la demande » pour contrôler trajectoire et vitesse jusqu'à l'impact. Chaque type de voile est représenté par 3 séries de courbes :

- un premier ensemble présente la trajectoire du pilote jusqu'au sol, vue de côté, sur une distance de 100 m. Le pourcentage de freins au cours de la trajectoire est représenté au dessous ;
- un second ensemble présente la vitesse sur trajectoire, jusqu'à la vitesse d'atterrissage. Le freinage est aussi rappelé en dessous ;
- le dernier ensemble présente la vitesse verticale, jusqu'à l'impact et le freinage.

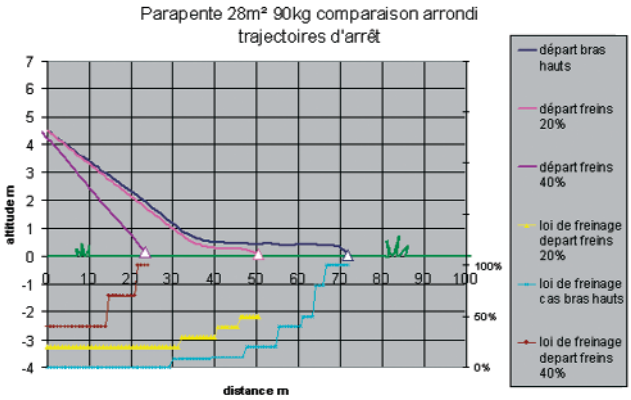
Bien sûr, une infinité de lois de freinage est possible au cours de l'atterrissage, de l'arrondi « parfait » au gros « cratère » grave… Dans un but de démonstration, les courbes présentées sont typiques de certains comportements et ne sont bien sûr pas uniques.

PARAPENTE ET MINI-VOILE

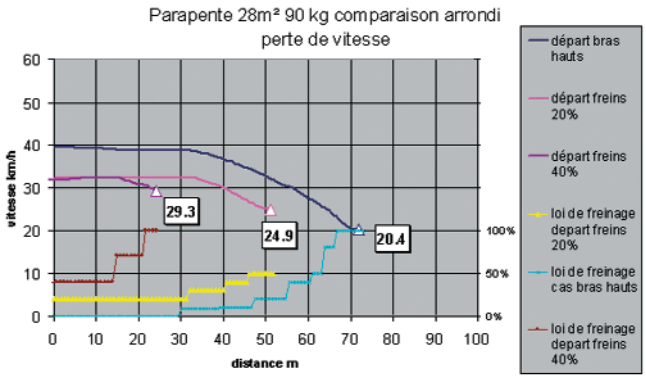
Le cas du parapente « normal » (28 m², allongement 6, PTV 90 kg) est à voir figures 1 à 3 (trajectoires, vitesse-air, Vz). Ces courbes présentent le cas d'atterrissages sans vent. Elles sont représentées par des petits triangles en fin de trajectoire.

Les courbes en bleu foncé, bleu clair pour le freinage, montrent le cas d'un arrondi débuté bras hauts. La vitesse atteinte est très faible (20 km/h) et la gestion de la Vz autour de 0 m/s grâce au freinage continu pendant le flare est bien visible sur la figure 3 (page 48).

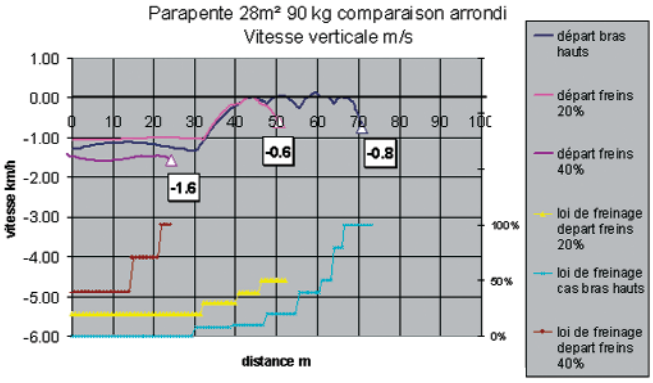
Les courbes magenta, jaune pour le freinage, représentent un arrondi débuté avec 20 % de freins, à vitesse plus lente. A cause d'une moindre capacité de changement de



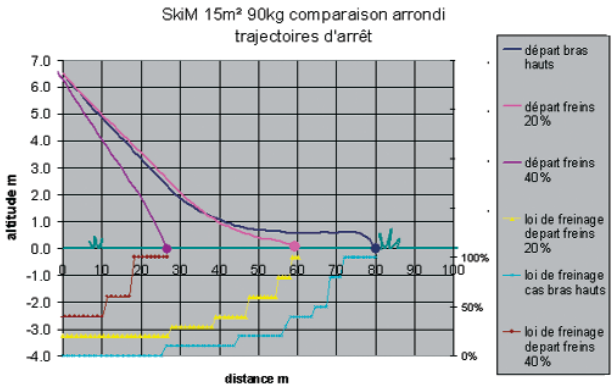
[*Figure 1 : trajectoires d'arrêt en parapente*]



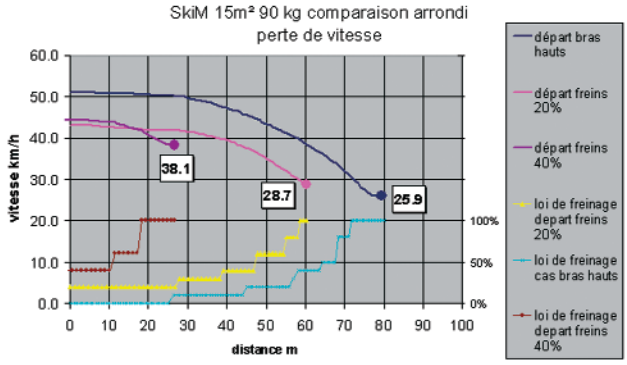
[*Figure 2 : vitesses d'atterrissage en parapente*]



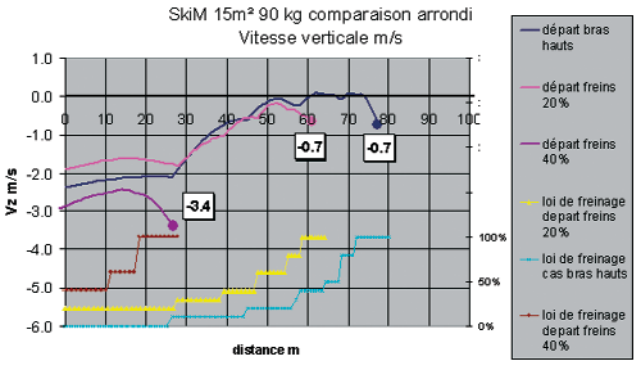
[*Figure 3 : vitesses verticales d'atterrissage en parapente*]



[*Figure 4 : trajectoires d'arrêt en Ski'M 15*]



[*Figure 5 : vitesses d'atterrissage en Ski'M 15*]



[*Figure 6 : Vitesses verticales d'atterrissage en Ski'M 15*]

trajectoire, la vitesse d'arrivée est plus élevée mais quand même raisonnable (25 km/h) et la Vz est toujours bien gérée dans le flare.

Les courbes bordeaux, brun pour le freinage, montrent un arrondi débuté à vitesse lente, avec 40 % de freins. Ce cas est typique d'une marge de freinage insuffisante pour l'arrondi. Le passage de 40 % à 100 % de freinage permet tout juste de diminuer la vitesse, sans infléchir la trajectoire. Le parapente se pose avec une Vz négative de 1.6 m/s, à 29 km/h. De bonnes jambes sont conseillées pour cet arrondi raté qui se transforme en petit cratère.

En résumé, comme enseigné dans les bonnes écoles, un bon atterrissage commencé bras hauts est plus simple et plus contrôlable. Cependant, du fait des vitesses de vol relativement faibles, de la faible charge alaire en parapente et de la bonne finesse, un atterrissage approximatif ou commencé trop lent permet tout de même des vitesses d'impact raisonnables (cas de la figure 2) ou encore gérables avec de bonnes jambes (cas de la figure 3). En gros, en parapente il vaut mieux arriver bras hauts et faire un arrondi, mais les conséquences ne sont pas trop graves si « on se loupe ».

Le cas d'une mini-voile « typique » (Ski'M 15 m², allongement 4.5, PTV 90 kg) est schématisé figures 4 à 6 pour le cas d'atterrissage sans vent. Elles sont représentées par des petits cercles en fin de trajectoire

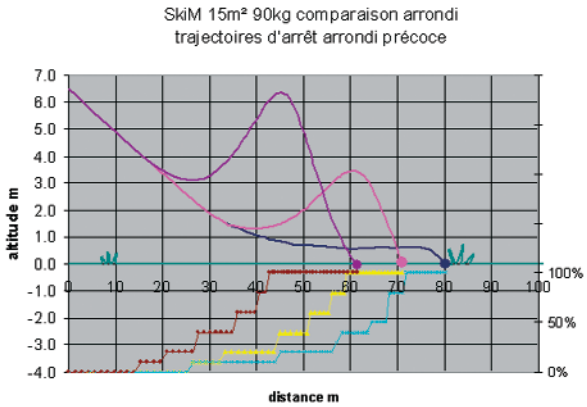
Les courbes en bleu foncé, bleu clair pour le freinage, montrent le cas de l'arrondi débuté bras hauts. La vitesse atteinte est très raisonnable (26 km/h) et, comme pour le parapente, la gestion de la Vz autour de 0 m/s grâce au freinage continu pendant le flare est bien visible. Bien géré, un atterrissage en mini-voile est comparable à un atterrissage en parapente, avec un flare nettement plus long.

Les courbes magenta, jaune pour le freinage, représentent l'arrondi débuté avec 20 % de freins, à vitesse plus lente. Comme pour le parapente, la vitesse d'arrivée est plus élevée, mais un peu moins gérable (29 km/h), et la Vz est toujours bien contrôlée dans le flare.

Les courbes bordeaux, brun pour le freinage, montrent l'arrondi débuté avec 40 % de freins. Dans le cas de la mini-voile, ce type d'approche peut s'avérer catastrophique avec une vitesse finale de 38 km/h et une Vz de -3.4 m/s !

La mini-voile est comme le parapente. Un bon atterrissage doit commencer bras hauts. Le résultat est très proche avec un plus long flare. Une différence de taille cependant : si un mauvais atterrissage est encore acceptable en parapente, une arrivée trop lente est à proscrire absolument en mini-voile. Dans ce cas, une vitesse d'arrivée nettement plus élevée combinée à une Vz importante augmente le risque. ■

Par ailleurs, en parapente comme en mini-voile, il faut se garder d'arrondir trop tôt ou trop violemment. La bonne stratégie est de contrôler en temps réel le freinage, afin que la vitesse de vol reste horizontale pendant tout le flare. Idéalement, le flare se termine par le décrochage de l'aile au moment où le pilote touche le sol. La figure 7 montre quelques exemples de trajectoires arrondies trop violemment (voir les lois de freinage au-dessous) et leurs conséquences un peu verticales.



[*Figure 7 : arrondi trop rapide en Ski'M 15*]

Allo, j'ai fini

Avant de rejoindre mes partenaires de strip-poker, voici en guise de conclusion quelques recommandations résumées sur l'atterrissage en mini-voile :

- **Arriver systématiquement bras hauts ou après une prise de vitesse (virage)**
- **Un arrondi-flare bien géré donne une vitesse d'atterrissage similaire à celle d'un parapente**
- **Ne jamais arriver freiné**
- **Comme en parapente, le vent de face est un ami, le vent de dos un ennemi. Ne jamais atterrir vent de dos en mini-voile.**