

<b>SOMMAIRE</b>
-----------------

<b>CHAPITRE I: CONNAISSANCE TECHNIQUE DU PARACHUTE .....</b>	<b>1</b>
A) TERMINOLOGIE .....	1
B) QUALITÉS DE VOL .....	3
C) EXEMPLES D'INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES D'UNE VOILE SUR LES QUALITÉS DE VOL .....	3
1° Epaisseur .....	3
2° Surface .....	3
3° Forme .....	3
4° Allongement.....	3
5° l'envergure et la corde de l'aile.....	5
D) Exemples d'influences dues aux éléments de construction.....	6
1° Mode de construction.....	6
2° intercaissons .....	8
3° Types de profil .....	9
4° Les caissons croisés. ....	11
E) EXEMPLES DE COMPROMIS CLASSIQUES.....	12
<b>CHAPITRE II : DÉTAILS D'AMÉNAGEMENTS SUR VOILE.....</b>	<b>1</b>
A) LES INTERCOMMUNICATIONS .....	1
B) CHEMINÉES.....	1
C) LES AIRLOCK.....	2
D) LES WINGLET .....	3
F) LES AIMANTS.....	4
G) LA QUANTITÉ DES CAISSONS .....	5
SEPT OU NEUF CAISSONS ? .....	5
H) LA FORME DES VOILES .....	5
I) LA TAILLE DES VOILES : .....	9
J) LES STABILISATEURS .....	11
K) LE SUSPENTAGE.....	12
1° Les quilles .....	13
2° Fixation directe des suspentes .....	15
3° Galons de renforts .....	15
4° Butée de glisseur .....	16
5° Fonction du suspentage et mesure du calage: .....	17
6° Les pattes d'oies :.....	21
9° Les commandes de freins et de manœuvre .....	23
10° La suspente sacrifiée .....	27
L) LES PHASES D'OUVERTURE .....	27
M) LE POINT D'ANCRAGE DE LA VOILURE .....	27
<b>CHAPITRE III : LES DISPOSITIFS DE TEMPORISATION .....</b>	<b>1</b>
B) LA DRISSE DE TEMPORISATION.....	1
C) GLISSEUR (Freins aérodynamique d'ouverture) .....	3
D) LES FORMES OU DISPOSITIFS ADOPTÉS POUR RALENTIR LA PHASE D'OUVERTURE : .....	7
1° Glisseur « Cloche » : .....	8
2° Glisseur à tuyères pour parachute. ....	10
3° Glisseur à déflecteur : .....	10
4° Glisseur à drapeau ou glisseur russe : .....	12

5° Glisseur « Kangourou » : .....	13
<b>E) LES FORMES OU DISPOSITIFS ADOPTÉS POUR ACCÉLÉRER LA PHASE</b>	
<b>D'OUVERTURE :</b> .....	13
1° Glisseur à résille .....	13
2° Glisseur à trou .....	13
3° Glisseur à ruban .....	14
4° Glisseur en croisillon : .....	14
5° Le bikini slider .....	15
<b>F) LES MOYENS DE RÉTRACTION DU GLISSEUR</b> .....	15
1° Glisseur débrayable en deux parties.....	15
2° Glisseur rétractable .....	16
3° Glisseur rétractable de Performance Design.....	16
4° Glisseur à une seule drisse de rétraction .....	17
<b>G) DISPOSITIF DE MAINTIEN DU GLISSEUR RETRACTÉ</b> .....	18
1° ruban agrippant .....	19
2° patelletes de maintien du glisseur .....	19
3° Dispositif de maintien libérable .....	20
4° Glisseur détachable : .....	21
5° Glisseur amovible RDS.....	23
<b>CHAPITRE IV : CONNAISSANCE GÉNÉRALE SUR LES TEXTILES</b> .....	1
<b>A) CLASSIFICATION DES TEXTILES D'APRES LEUR ORIGINE</b> .....	1
1° Les textiles d'origine naturelle : .....	1
2° Les textiles d'origine chimique : .....	1
<b>B) CARACTERES PRATIQUES</b> .....	1
<b>C) LES DIFFÉRENTS TYPES DE SUSPENTES</b> .....	2
1° Le dacron.....	2
2° le kevlar.....	3
3° le spectra .....	3
L'optima. ....	4
4° le vectran.....	4
5° le HMA .....	5
<b>D) LES TISSUS UTILISÉS POUR LA CONFECTION DES SACS</b> .....	10
<b>CHAPITRE V : LA FABRICATION DES TISSUS</b> .....	1
<b>A) DÉFINITION DES TERMES EMPLOYÉS EN TISSAGE</b> .....	1
<b>B) GÉNÉRALITÉS SUR LE TISSAGE :</b> .....	1
<b>C) ÉVALUATIONS SUR LES VOILURES</b> .....	5
1° contrôle des tissus à la fabrication .....	5
2° déformation des voilures .....	5
3° durée de vie des parachutes.....	6
4° construction par le biais .....	6
5° mesure des volumes des voiles .....	7
<b>CHAPITRE VI : PROPRIÉTÉS SPÉCIFIQUES DES DIVERS TYPES DE VOILURES</b>	
.....	8
<b>A) PARAMETRES D'UTILISATION DES PARACHUTES :</b> .....	8
<b>B) VOILES D'ECOLE :</b> .....	9
<b>C) VOILES DE PRECISION D'ATTERRISSAGE :</b> .....	9
<b>D) LES AILES DE VOILE-CONTACT</b> .....	10
<b>E) VOILES DE CHUTE</b> .....	10
<b>F) LES VOILES DE HAUTE PERFORMANCE</b> .....	11
<b>G) VOILURES DE SECOURS</b> .....	11

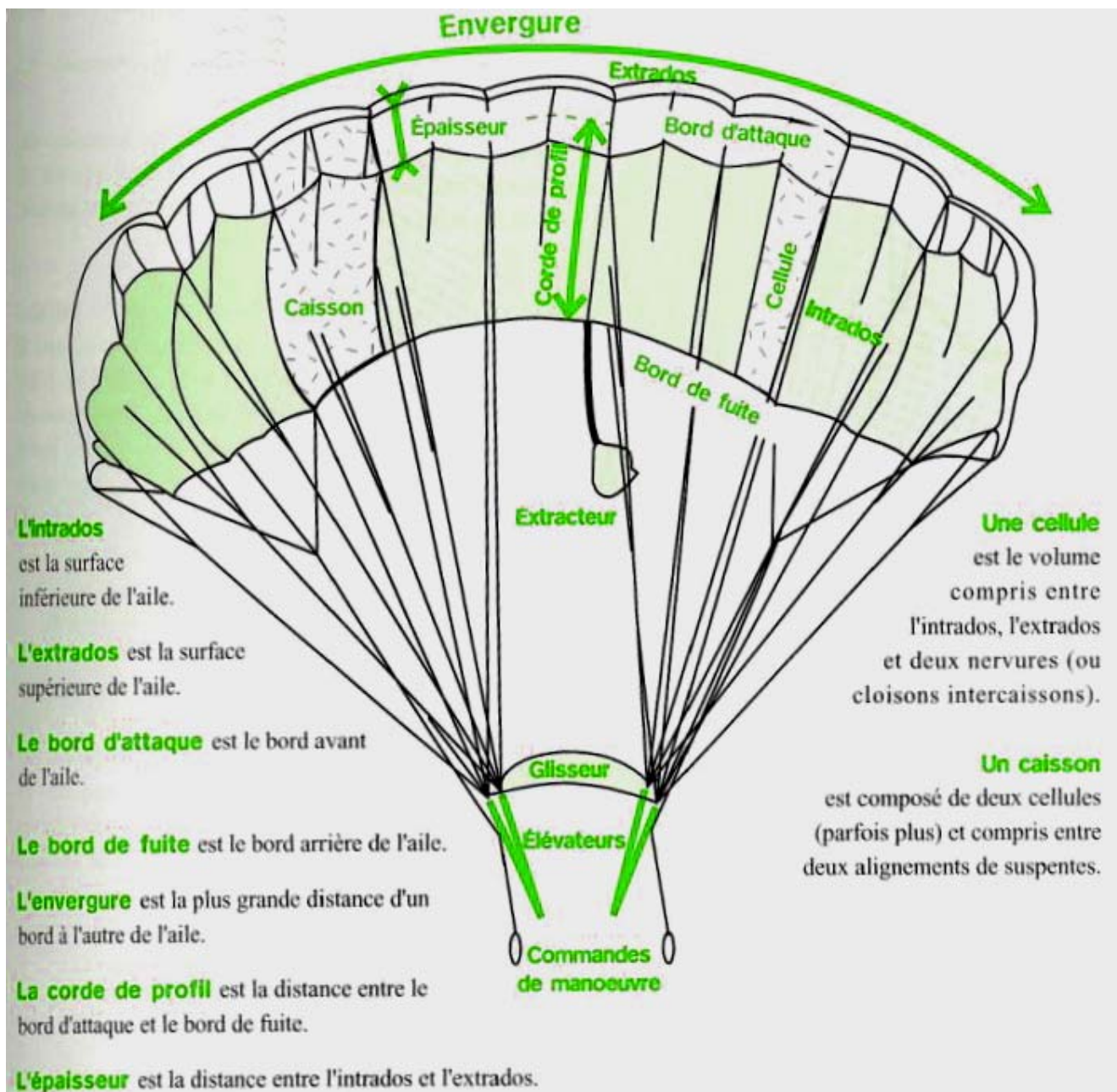
H) VOILES HYBRIDES (PARACHUTE-PARAPENTE) .....	12
I) L'EVOLUTION DE CES 30 DERNIERES ANNÉES.....	14
<b>Recherche et Développement par PD .....</b>	<b>14</b>
A) TECHNOLOGIE DU FUTUR : .....	14
1° Les profils reflex .....	14
2° le concept composites Atair. ....	15
B) LES EXEMPLES DE CHARGES ALAIRES .....	17
1° Le poids équipé : .....	17
2° La charge alaire : .....	17

# CHAPITRE I: CONNAISSANCE TECHNIQUE DU PARACHUTE

## A) TERMINOLOGIE

Il est nécessaire, afin de pouvoir approfondir ce thème d'utiliser une terminologie spécifique. C'est pourquoi, nous énumérerons certains composants ou parties, non seulement en français mais également dans leurs appellations d'origine américaines. La plupart des manuels étant rédigés en anglais, une comparaison sera ainsi possible, dans la rubrique Entretien vous pouvez accéder à un lexique français-anglais des termes les plus couramment usités.

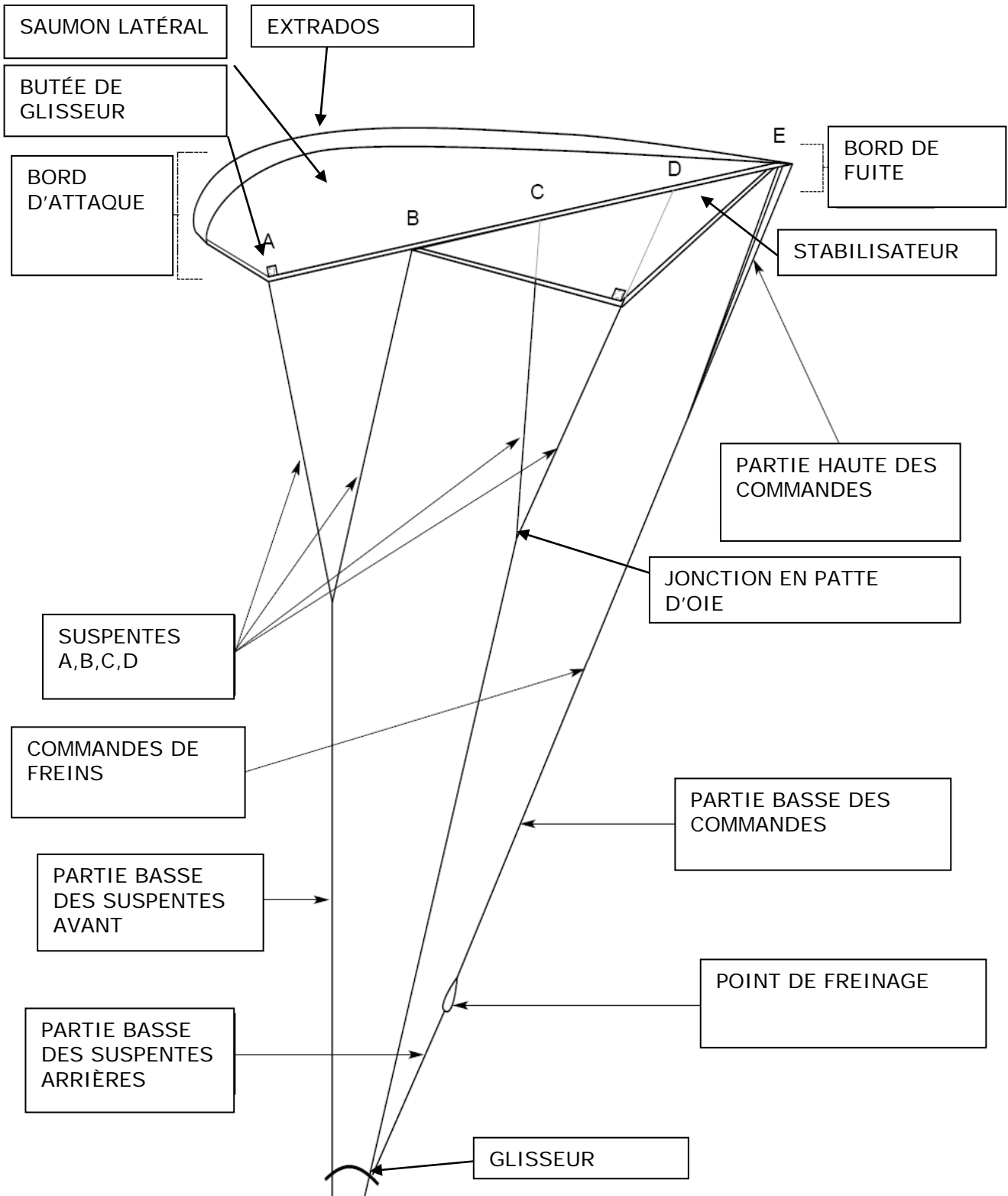
Les schémas suivants présentent les différentes parties d'une voile.



Toute voile aile, possède un **extrados** (dessus de l'aile) et un **intrados** (dessous de l'aile). Ces deux surfaces sont reliées entre elles par des **cloisons d'intercaissons dites porteuses (lorsque reliées à des suspentes) ou non porteuses** en l'absence de suspentes. Le volume

entre deux cloisons d'intercaissons porteuses, l'intrados et l'extrados, se nomme un **caisson** composé de plusieurs **cellules**.

Ce schéma représente la voile de profil et une partie des suspentes.



Les caractéristiques aérodynamiques d'une voile sont essentiellement liées à son profil, ainsi qu'à sa forme « vue de haut ».

*Les schémas vus de haut représentent l'envergure, la corde, et l'allongement.*

*Les schémas vus de profil représentent le bord d'attaque, le bord de fuite, l'épaisseur, la flèche, et la corde de profil.*

Il convient également de définir :

La charge alaire qui est le rapport entre la masse de l'ensemble volant sur surface de la voile (exprimé en kilos/m<sup>2</sup> ou livres/pieds carrés).

L'allongement qui est défini comme le rapport entre le carré de l'envergure sur la surface de la voilure.

L'influence de ces paramètres sur le vol de la voile sera détaillée plus loin.

## **B) QUALITÉS DE VOL**

On définit les qualités de vol comme étant les caractéristiques mesurables du vol d'une aile.

Elles sont nombreuses, mais les principales sont :

la finesse, rapport entre la distance horizontale parcourue sur la hauteur perdue,

la vitesse sur trajectoire,

la réactivité, caractérise la vitesse de réaction d'une voile pour une sollicitation donnée.

On peut également considérer que la vitesse d'ouverture, la stabilité (au sens « mode oscillatoire » sur trajectoire), etc , sont des qualités de vol.

Les qualités de vol sont influencées par les caractéristiques aérodynamiques de l'aile, listées plus haut, mais également par les matériaux, méthodes et paramètres de constructions (comme le choix de matériaux, ou leur agencement).

## **C) EXEMPLES D'INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES D'UNE VOILE SUR LES QUALITÉS DE VOL**

### **1° Epaisseur**

L'épaisseur du profil influence la traînée induite par le profil (et dans une moindre mesure la portance également) et joue donc sur la vitesse sur trajectoire ainsi que sur la finesse. Une plus grande épaisseur réduit la vitesse et la finesse.

### **2° Surface**

La surface d'une voile influence de la même manière la portance et la traînée (en conservant un profil constant). Elle influence donc directement la vitesse sur trajectoire sans influencer la finesse. Pour une masse embarquée constante, la réduction de la surface augmente la vitesse sur trajectoire.

### **3° Forme**

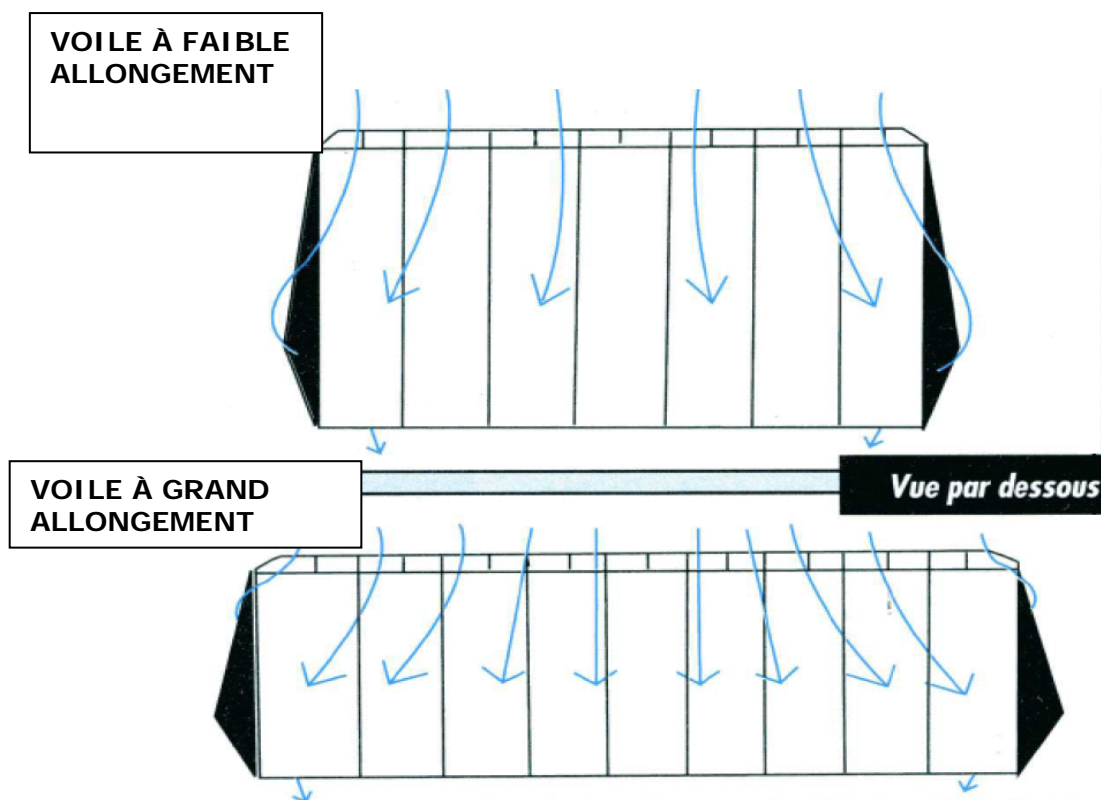
La forme « vue de haut » de la voile influence la répartition des masses et donc les inerties de rotation. Elle a par ailleurs une influence sur la répartition des résultantes aérodynamiques sur la surface de la voilure et influence grandement la réactivité des voiles.

### **4° Allongement**

Les performances d'un profil sont calculées pour un allongement infini. Dans la réalité, l'aile est nécessairement d'une envergure finie. L'écoulement de l'air est perturbé le long des « bords » de l'aile, l'air en surpression à l'intrados ayant tendance à revenir sur l'extrados en dépression. Ce phénomène est d'autant plus important que la voilure est d'allongement faible et de forme rectangulaire.

L'allongement d'une voile est le rapport entre l'envergure et la corde moyenne de la voile. Plus ce coefficient est important, plus la voile sera allongée.

Comment reconnaître un faible d'un grand allongement ?

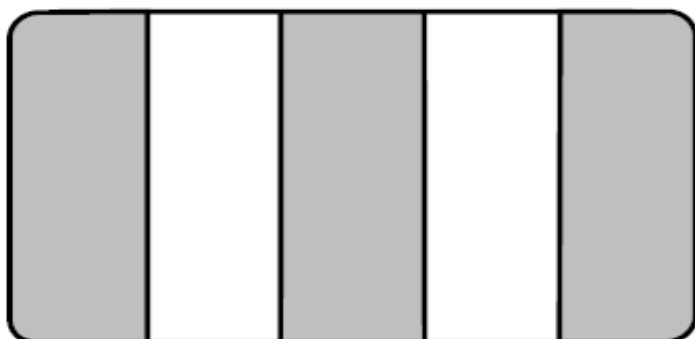


En conservant la même surface de voile mais en allongeant l'aile, c'est-à-dire en éloignant les extrémités on obtient une grande partie des filets d'air centraux moins perturbés, on éloigne ainsi les tourbillons marginaux qui perturbent l'écoulement des filets d'air au dessus et en dessous de l'aile. Ceci amène une traînée supplémentaire, dite traînée induite.

La théorie prévoit que la traînée induite par les tourbillons marginaux sera minimale pour une aile de forme elliptique.

Dans le cas des ailes souples, un allongement important amène un inconvénient supplémentaire ; la tendance à la torsion. La rigidité de l'aile étant limitée une action sur la commande d'un seul côté aura tendance à « vriller » la voile, lui faisant perdre ses qualités.

**Faible allongement :**



**Une aile à faible allongement**

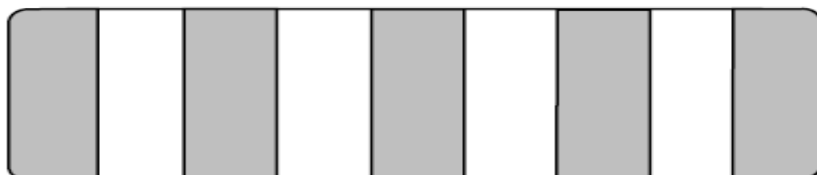
Les ailes d'un faible allongement (entre 1,9 – 2,5 et de grande surface) sont considérées comme des voiles lentes. Les ailes de précision d'atterrissage comme le Foil, les voiles écoles comme certaines PD appartiennent à cette catégorie. Ces parachutes sont rectangulaires et ont le plus souvent 7 caissons. Leur surface est grande, et la charge alaire se veut faible.

### **Grand allongement :**

L'aile de grand allongement est d'autant plus efficace qu'elle est peu épaisse, comme c'est le cas des ailes de planeur. Les voiles à grand allongement ( $> 2,5$ ) et de petite surface, volent vite et ont une finesse supérieure.

Les voiles à grand allongement sont le plus souvent elliptiques ou semi-elliptiques, elles virent très rapidement et ont tendance à partir brutalement en décrochage. Les voiles de hautes performances sont normalement constituées de 9 caissons (cf PD Stiletto et Sabre 2, Springo). Avec un rapport de 3 :1, survient le problème de maintien de la stabilité de l'aile dans les virages.

Les ouvertures de ces voiles sont généralement plus difficiles à contrôler dans la mesure où elles sont souvent elliptiques ou semi-elliptiques elles sont plus sensibles à des changements d'axe. Les avantages acquis par un grand allongement, à savoir la vitesse et la nervosité, sont contrecarrés par les problèmes énumérés précédemment ainsi que par un accroissement de la traînée provoquée par des suspentes plus longues et plus nombreuses pour maintenir le profil.



### **Une aile à grand allongement**

Le volume plié est un caractère important dans les équipements parachute, ainsi le grand allongement est utilisé pour diminuer le volume à efficacité égale. Les parachutes modernes en arrivent donc à des surfaces de voilures principales moindres que leurs surfaces de voilures de secours, ce qui échappe à toute logique.

### **5° envergure et corde de l'aile**

Deux données caractéristiques d'une aile sont son envergure (span) et la corde (chord) représentant la largeur de l'aile entre le bord d'attaque et le bord de fuite.

Du rapport de ces valeurs est défini l'allongement, (aspect ratio = le carré de l'envergure divisé par la surface de l'aile).

Ce rapport est facile à définir pour des voiles rectangulaires en divisant simplement l'envergure par la corde de l'aile.

Exemple :

-PD 280

ENVERGURE = 26,46 pieds, corde = 10,58 pieds, surface 280 pieds carrés. Poids recommandé 88 kg. L'allongement de cette aile est ainsi de 2,5 ou d'un rapport de 2,5 : 1. La charge alaire est dans ce cas de 314 g/pieds carrés

- Stiletto 135

Envergure = 19,02 pieds, corde = (7,61)/5,32 (milieu de l'aile), surface 135 pieds carrés, poids recommandé 80 kg. L'allongement de cette voile elliptique est de  $19,022 : 135 = 2,68$  ou d'un rapport de 2,68 : 1. La charge alaire atteint 592 g/pieds carrés.

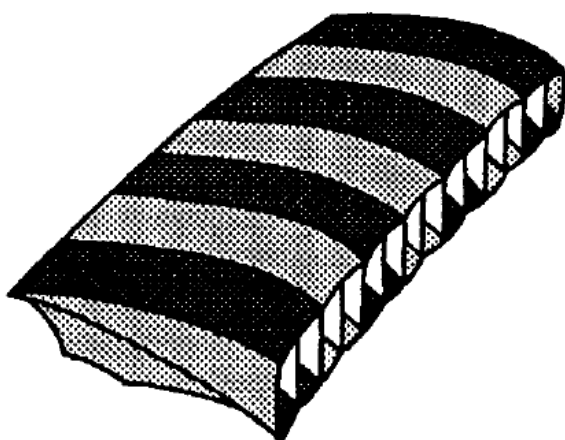
En réduisant la profondeur et en augmentant l'envergure de l'aile, à surface égale, on diminue les effets nocifs des tourbillons marginaux.

La meilleure performance aérodynamique appartient à l'aile peu profonde et de grande envergure : « l'aile de grand allongement », c'est le principe qui est appliqué depuis longtemps aux planeurs et plus récemment aux parachutes.

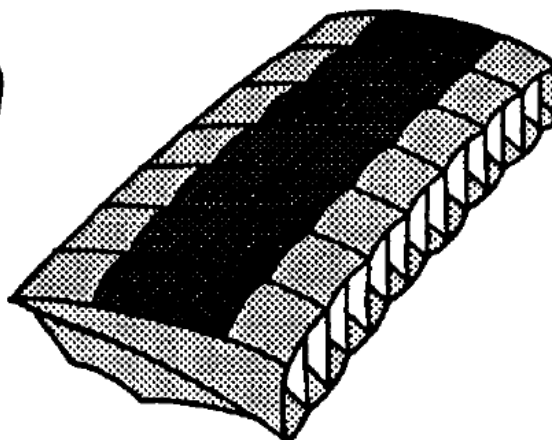


## D) Exemples d'influences dues aux éléments de construction

### 1° Mode de construction



*Construction en profondeur*



*Construction dans le sens de l'envergure*

La majorité des voiles modernes sont construites en utilisant le tissu dans le sens des caissons, ou construction en profondeur, c'est à dire dans le sens de la corde.

On a représenté ci-dessous les méthodes d'agrafages traditionnels des voiles selon que les cloisons sont porteuses ou non porteuses

#### Construction dans le sens de la corde

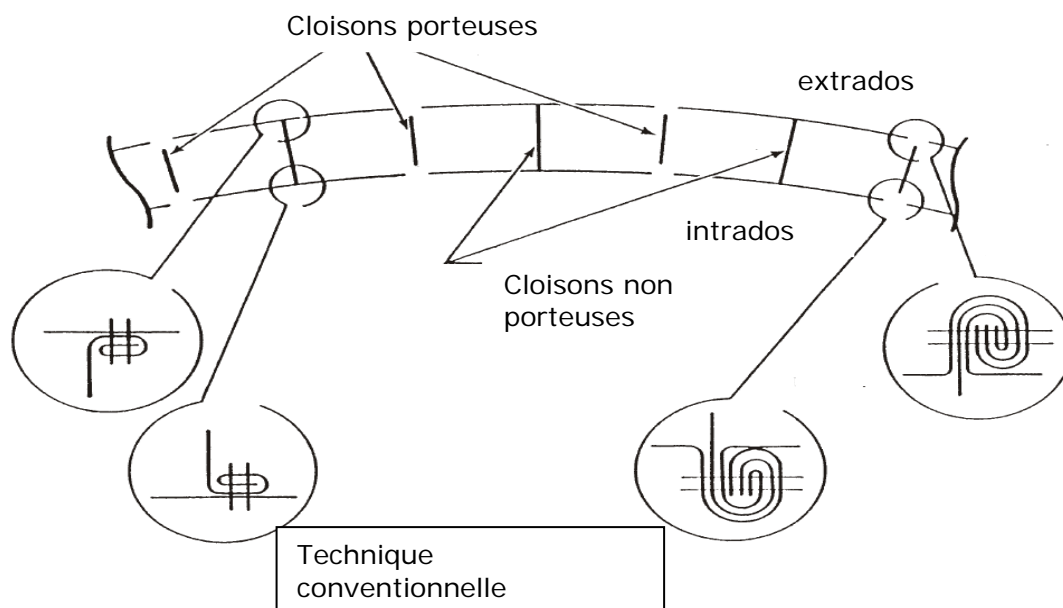
C'est la technique de construction la plus conventionnelle d'un parachute de type-aile.

L'extrados et l'intrados sont assemblés par des panneaux qui vont de l'avant à l'arrière de la voile dans le sens de la corde et sont maintenus aux caissons en utilisant différents types de d'assemblages : voici différentes variations de cette méthode :

**Construction d'un caisson dans le sens de la corde :** l'extrados et l'intrados sont coupés dans le sens de la largeur du caisson (avec en plus la tolérance nécessaire à la couture). Il y a deux méthodes basiques de construction d'un caisson :

**Technique d'agrafage en « I » :** construction d'un caisson complet dans lequel l'extrados et l'intrados sont assemblés l'un à l'autre par coutures avec les cloisons porteuses. Les cloisons non-porteuses sont traditionnellement assemblées à l'intrados et l'extrados aux cloisons porteuses, par une couture plate

MÉTHODE D'AGRAFAGE dite en « I » d'un caisson dans le sens de la corde Vue de face

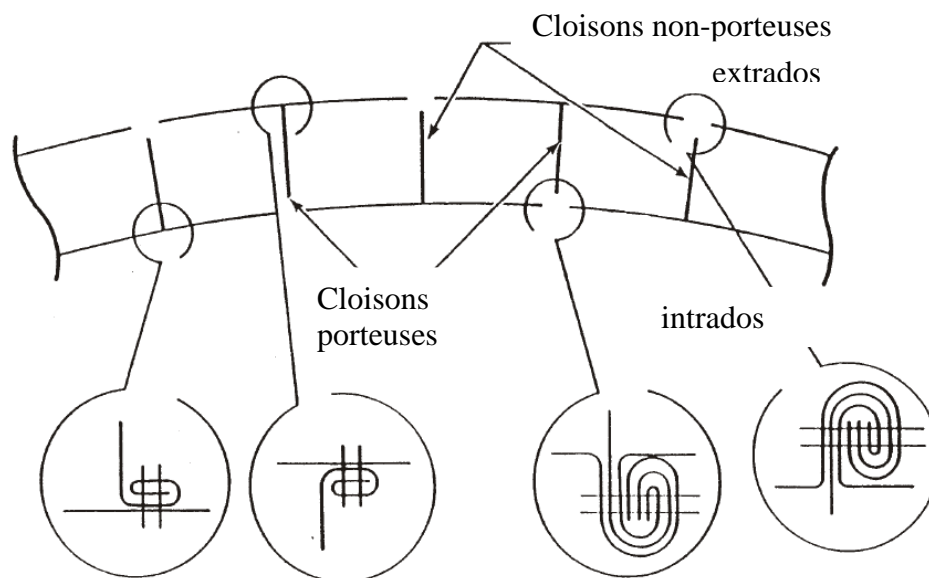


**Technique d'agrafage en « T » :**

Construction d'un caisson complet dans lequel les panneaux d'extrados sont assemblés l'un à l'autre par coutures avec les cloisons non-porteuses et les panneaux d'intrados sont assemblés l'un à l'autre par coutures avec les cloisons porteuses.

Notez bien qu'avec cette méthode les panneaux d'extrados à chaque extrémité seront en fait des demi-panneaux.

MÉTHODE D'AGRAFAGE D'UN CAISSON dite en « T » Vue de face

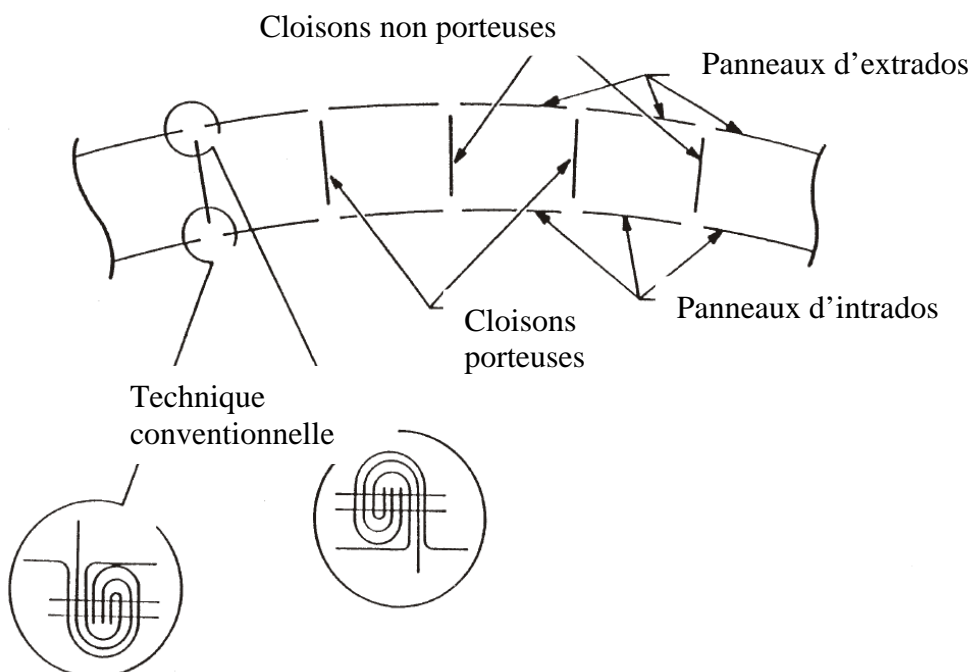


Technique conventionnelle

**Construction par demi-caisson :**

L'extrados et l'intrados sont coupés dans la largeur d'un demi-caisson et assemblés l'un à l'autre à chaque cloison.

CONSTRUCTION PAR DEMI-CAISSON DANS LE SENS DE CORDE Vue de face

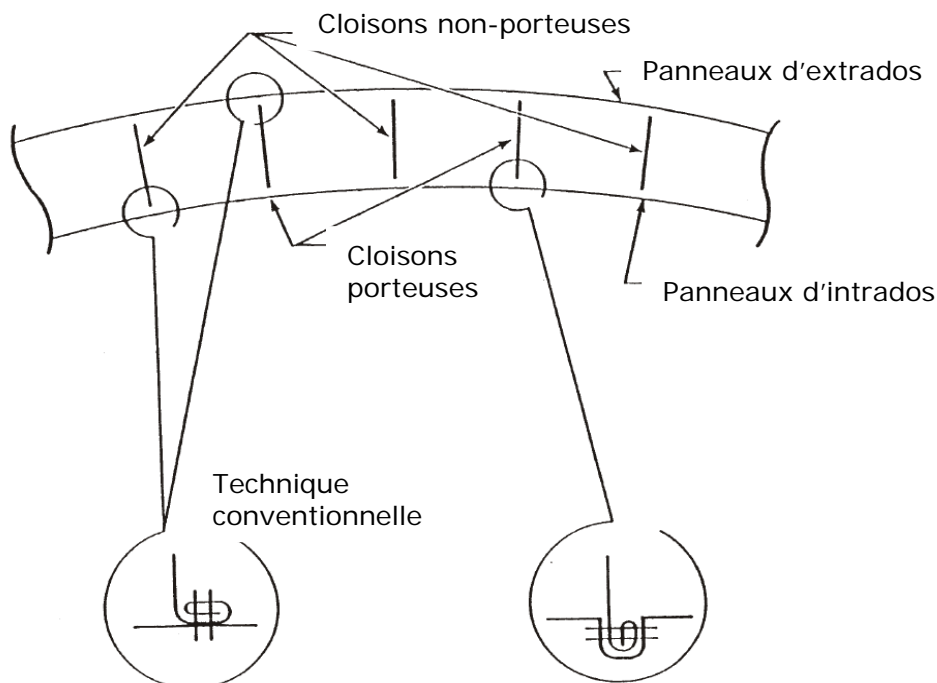


Technique conventionnelle

Certains fabricants utilisent une construction dans le sens de l'envergure.

L'extrados et l'intrados sont assemblés avec des panneaux qui vont de chaque côté de l'envergure en travers de la voile, cela nécessite habituellement 3 ou 4 panneaux pour à la fois l'extrados et l'intrados.

CONSTRUCTION DANS LE SENS DE L'ENVERGURE vue de face



Les caissons séparés peuvent être plus larges. De larges caissons diminuent le nombre de suspentes, mais les caissons seront plus bombés et la résistance de l'air en sera augmentée.

**Note** : la taille des caissons peut être également réalisée avec d des cellules d'épaisseur décroissante à partir du caisson central vers les stabilisateurs comme la voile **PRIMA**.

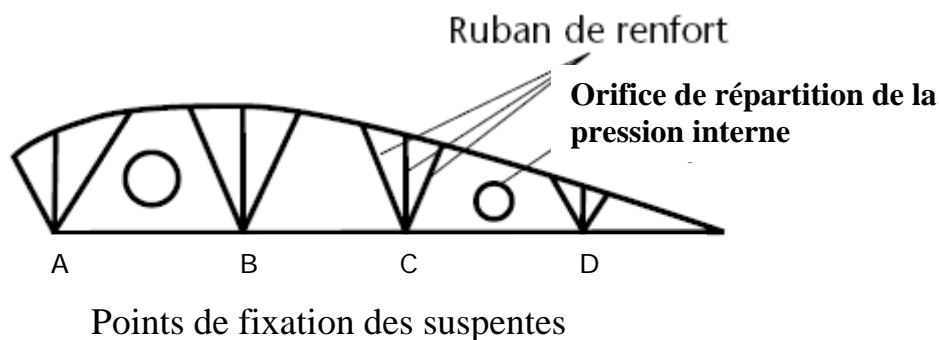
## 2° intercaissons

Les intercaissons lient la surface supérieure (extrados) et la partie inférieure (intrados) de la voile. En donnant un profil adapté aux cloisons d'intercaissons, on obtient un véritable profil aérodynamique. Les suspentes sont fixées aux points d'ancrage situés sous les intercaissons, appelés intercaissons porteurs.

Les **nervures** où sont implantées les suspentes, elles séparent les caissons.

L'effort à l'ouverture est transmis à l'extrados par l'intermédiaire des suspentes et des nervures, ces dernières doivent être renforcées pour une meilleure disposition et répartition de l'effort.

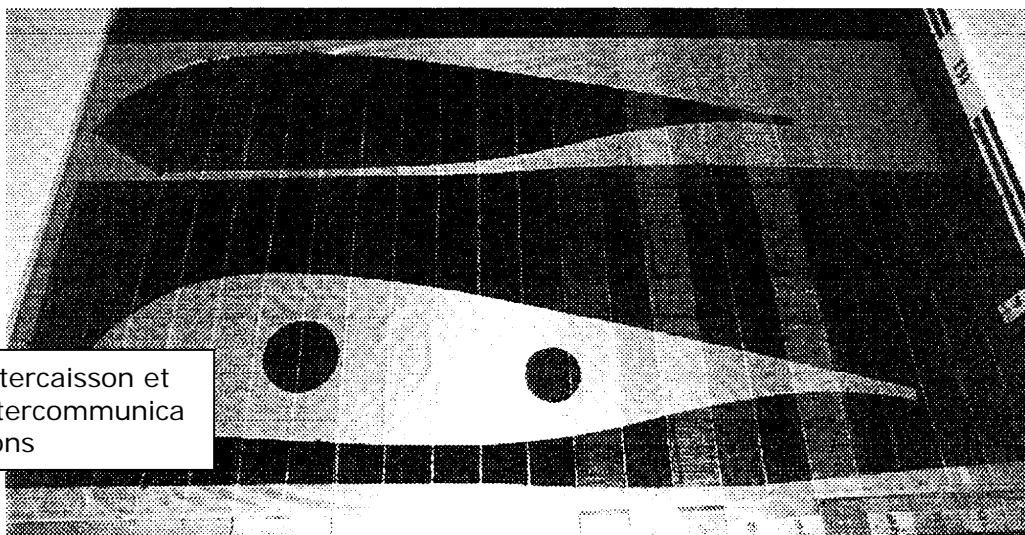
## RUBAN DE RENFORT



### **Intercailson avec renforts et points de fixation des suspentes**

Les voiles comportent un ou deux intercaissons non porteurs, ces derniers sont reconnaissables au fait qu'aucune suspente n'est rattachée.

La forme aérodynamique de la voile peut ainsi être affinée, en donnant un contour adapté aux cloisons d'intercaissons, on obtient un véritable profil aérodynamique.



Intercailson et intercommunications

### **3° Types de profil**

#### **Profil double épaisseur :**

Les voilures de secours présentent de manière conventionnelle des cellules toutes identiques, avec des cloisons porteuses (où la suspente est reliée) et des cloisons non porteuses, il s'agit de profil double épaisseur.

**Profil simple épaisseur :** les profils simples épaisseurs utilisés anciennement dans les constructions américaines ont des cloisons qui s'amenuisent vers l'arrière.

#### **Le profil biconvexe ou double profil.**

En alternant les concepts du profil double épaisseur et du profil simple, PF a introduit le profil « biconvexe ».

Ce concept qui s'appuie à la fois sur les avantages du profil simple et du profil double épaisseur en les alternant est tout-à-fait unique.

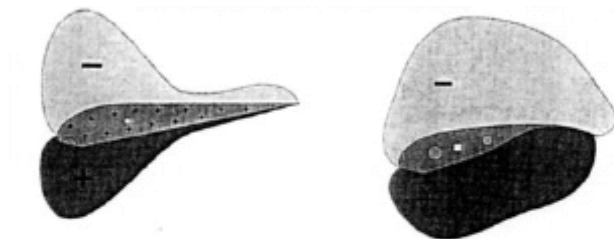
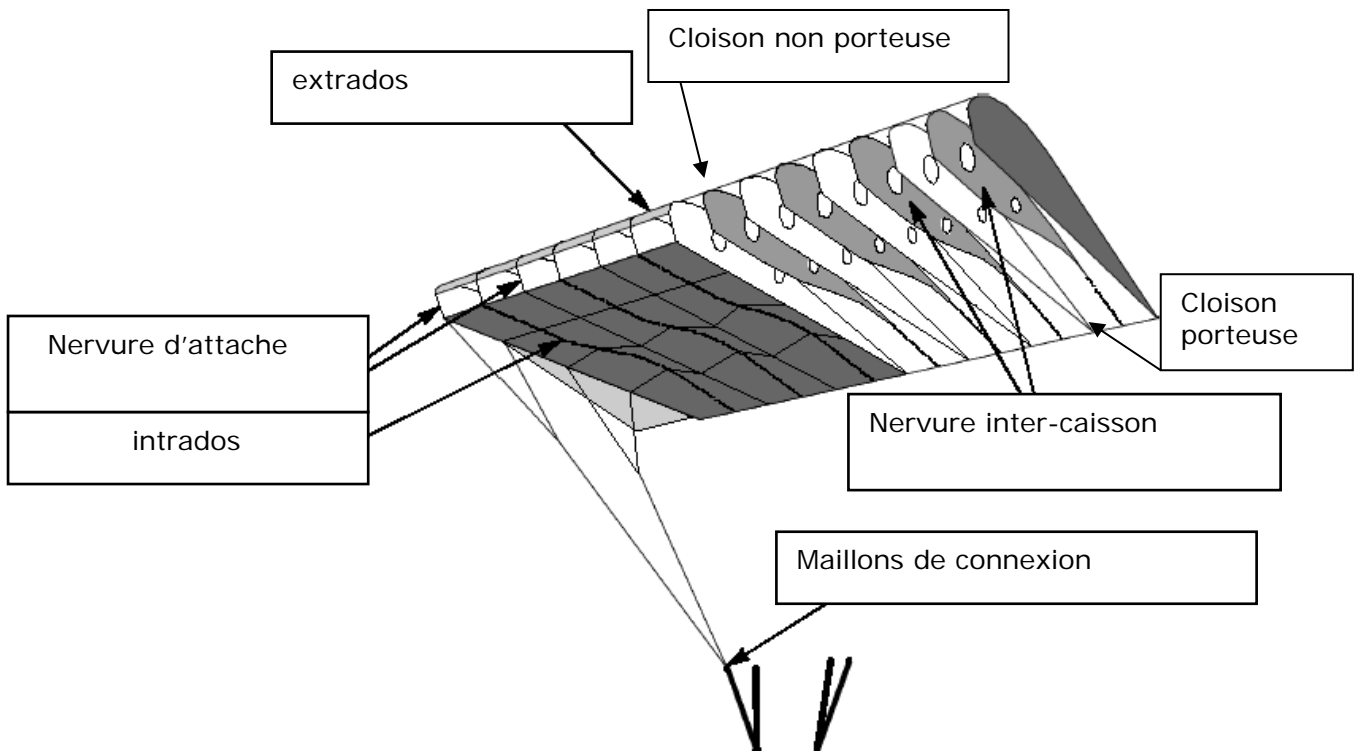
Les cloisons non porteuses de ces voilures s'amenuisent vers l'arrière, à partir de l'intrados, jusqu'à rejoindre l'extrados et à se confondre avec lui par couture, la différence se situe donc sur la hauteur des cloisons non porteuses qui diminuent à l'intrados, vers le bord de fuite, et rejoignent l'extrados jusqu'à se confondre avec lui par une couture.

Les nervures porteuses, sur lesquelles sont fixées les suspentes, restent classiques.

Le concept prétend conserver à la voile sa résistance structurelle originelle.

Le double profil se trouve sur les voilures de secours TECHNO de Parachutes de France, il permet de gagner en poids et en volume.

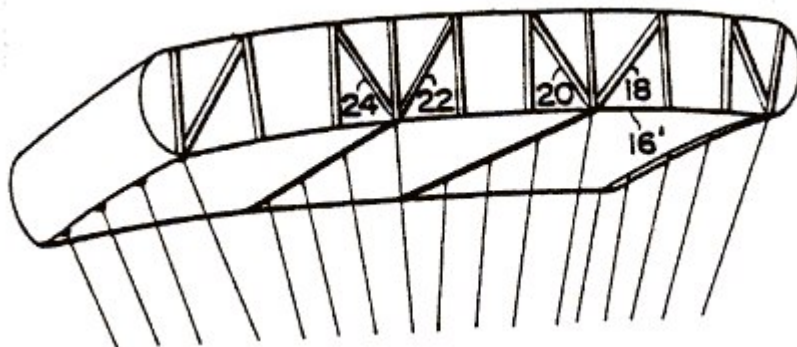
A résistance égale, le volume et le poids sont plus faibles, et en augmentant la portance par déformation du profil, il devient possible de diminuer la surface.



**Selon PF ces schémas représentent à gauche les zones de pression et de dépression d'une aile « conventionnelle » et autour d'une aile à profil bi-convexe à droite**

#### 4° Les caissons croisés.

Les caissons croisés participent à conserver la forme de la voile et permettent à une petite voile de produire une meilleure ressource car il y a moins de distorsion de la voile durant le posé.



Ces derniers jouent fondamentalement le même rôle que les parois communément appelées « inter-caissons » mais ils sont cousus de façon à être en diagonale à l'intérieur des caissons afin de rigidifier le profil de la voile et ainsi avoir une meilleure pénétration dans l'air.

En 1988 Bill Coe de PD dans le but d'améliorer encore plus les performances et l'aérodynamisme de certaines voiles, a fixé en diagonale les intercaissons sur les Excalibur, ce qui leur confère une voile à profil pur et rigide.

Ce concept « Cross Brace » structure les voiles de haute performance d'aujourd'hui car la structure de ces voiles apporte un avantage conséquent au niveau de l'aérodynamisme : elles comportent moins de suspentes donc moins de traînée, un profil pur et rigide sur lequel l'air s'écoule proprement et a commencé à apparaître en Tandem avec les voilures biplaces HOP de Jojo Wings.

Cela a préfiguré les générations de voiles elliptiques (voiles Icarus EXtreme-VX et EXtreme-FX), qui ont repris le concept où les caissons sont composés de trois cellules avec entre chaque rangée de suspentes, des cloisons diagonales mais en rajoutant un bord d'attaque semi-fermé en plus de l'emploi du tissu porosité zéro, ce qui rend le profil plus pur et le rendu aérodynamique plus performant.

Le comptage des caissons croisés devient différent d'une voile classique bi-cellulaire, une voile classique de 7 caissons comporte 14 cellules (2 par caisson) et de même une voile de 9 caissons comporte 18 cellules.



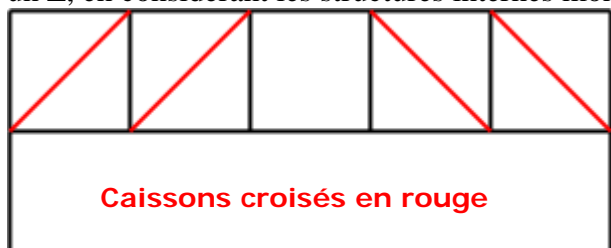
On parle alors de 21 cellules pour une voile comportant 7 caissons telle que la Velocity de PD (un caisson croisé étant composé de 3 cellules). La cellule centrale est fermée et les deux autres sont semi-ouvertes, laissant apparaître ce fameux caisson croisé.

Actuellement, les « caissons croisés » sont utilisés sur des modèles existants de voiles hautes performances à la forme elliptique.

A taille égale ce type de voiles est généralement plus rapide sur tous les points et génère plus de sustentation au posé que les voiles sans caissons croisés. Leur utilisation est recommandée aux seuls pilotes expérimentés ayant déjà eu l'expérience sur les petites tailles de voiles elliptiques traditionnelles.



Les fabricants Performance Designs et Icarus développent un concept avec un nouveau caisson croisé de 5 cellules telle la JSX de chez Icarus, vu de face 4 des 5 cellules dessinent un Z, en considérant les structures internes montées en diagonale.



Vue schématisée du concept Z Brace

Le comptage de ce type de voile devient différent cela donne une voile de 9 caissons de 35 à 45 cellules, leur allouant ainsi une « charpente » intérieure plus importante et mieux agencée au bénéfice d'un profil plus aérodynamique.

D'autres voiles comme la Néo de chez Icarus présentent une mixité de caissons à 3 cellules au centre avec les autres caissons bi-cellulaires partant du principe que la voile nécessite plus de pression au milieu.

Les voiles BR Pro et Springo ont une mixité inversée des caissons bi-cellulaires et tri-cellulaires.

La plupart des voiles rapides actuelles sont dotées d'un bord d'attaque partiellement fermé permettant de diminuer la traînée et de temporiser l'ouverture.



## E) EXEMPLES DE COMPROMIS CLASSIQUES

On comprend donc que selon les compromis des caractéristiques de la voile, on optimisera les performances dans certains domaines pour les diminuer dans d'autres.

Ainsi, les voiles « **haute-performance** » sont des ailes fines (profil peu épais), larges et peu profondes (corde courte). Le bord d'attaque n'est pas très incliné en avant afin que les caissons ne risquent pas de se refermer à haute vitesse, cependant les voiles rapides actuelles

sont dotées d'un bord d'attaque partiellement fermé permettant de diminuer la traînée et de temporiser l'ouverture. Ces voiles possèdent une forme elliptique ou semi-elliptique ainsi qu'un allongement important (>2,5), ce qui leur confère une très grande réactivité. Ces voiles sont généralement utilisées avec une forte charge alaire. Afin d'augmenter la vitesse de ces ailes au profil performant, la surface de ces voiles est fortement réduite, augmentant considérablement la charge alaire.



### Le profil d'une voile de haute performance

La charge alaire = rapport Poids de l'ensemble volant sur surface de la voile ou rapport kilos/m<sup>2</sup> ou livres/pieds carrés

$$\text{CHARGE ALAIRE} = \frac{\text{POIDS DE L'ENSEMBLE}}{\text{SURFACE DE LA VOILE}} \quad \frac{\text{Livres (pounds)}}{\text{SQ FT (pied 2)}} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

La charge alaire se calcule en divisant le poids total du parachutiste et de son équipement par la surface de la voile.

Les charges recommandées par les fabricants sont, pour les voiles de haute performance d'aujourd'hui, entre 1,3 et 1,5 livres /pieds carrés c'est-à-dire entre 590 et 680 g/pieds carrés. De par ces charges élevées, ces ailes sont très rapides et réagissent immédiatement lors de sollicitations des commandes de manœuvre.

En cas d'ouverture perturbée, ces parachutes peuvent tourner de manière extrêmement incontrôlée, avec pour conséquence des vitesses verticales très élevées.

Ces voilures comportent généralement 9 caissons, ce qui permet d'obtenir un profil elliptique, sans trop augmenter le nombre de suspentes, ce qui augmenterait la traînée.

Ceci amène également un avantage au niveau du volume plié. Certaines voiles sont aménagées avec des caissons croisés.

Ces voiles de haute performance ne peuvent pas voler lentement, dans l'optique d'une approche de précision. Lors d'un freinage brutal, l'aile parvient rapidement en phase de décrochage.

En cas d'ouverture perturbée, ces parachutes peuvent tourner de manière extrêmement incontrôlée, avec pour conséquence des vitesses de descente très élevées.

Ces voiles de haute performance ne peuvent pas voler lentement, dans l'optique d'une approche classique, lors d'un freinage brutal, les filets d'air sont fortement perturbés et l'aile peut ainsi parvenir en phase de décrochage.

### Les voiles lentes

Les profils épais et fortement convexes amènent – en comparaisons aux profils fins et peu convexes – une résultante aérodynamique plus importante en intensité à vitesse constante.

Une grande portance à faible vitesse est atteinte au moyen d'un profil épais et fortement convexe.

L'augmentation de l'épaisseur et donc de la surface frontale de l'aile diminue sa bonne pénétration dans l'air, par conséquent elle avance moins vite.



Ainsi la portance et la traînée supérieure de ces profils autorisent des vitesses plus réduites ainsi que des trajectoires plus verticales.

En combinaison avec une augmentation de la surface, on comprend l'avantage apporté à des voiles **lentes et/ou de précision**.

Le bord d'attaque est fortement incliné en avant et garantit ainsi le maintien de la pression de l'air nécessaire à garder la forme de l'aile, ainsi même lors de vol à grand angle d'incidence (typique des approches de précision). La surface des ces voiles est grande.

Les ailes de précision ont le plus souvent une surface de 250 à 280 pieds carrés et ont une charge alaire d'environ 320 g/pieds carrés.

Ces voiles sont généralement d'allongement faible ( $<2,5$ ) et de forme rectangulaire, ce qui leur confère une faible réactivité, Les ailes utilisées en école ont généralement une charge alaire entre 280 et 350 g/pieds carrés.



*Profil d'une voile lente*

Les voiles de performances moyennes : sont un compromis afin d'obtenir une aile ayant une bonne vitesse tout en maintenant des qualités de vol raisonnables et une bonne précision d'atterrissage.



*Profil d'une voile intermédiaire*

## CHAPITRE II : DÉTAILS D'AMÉNAGEMENTS SUR VOILE

### A) LES INTERCOMMUNICATIONS

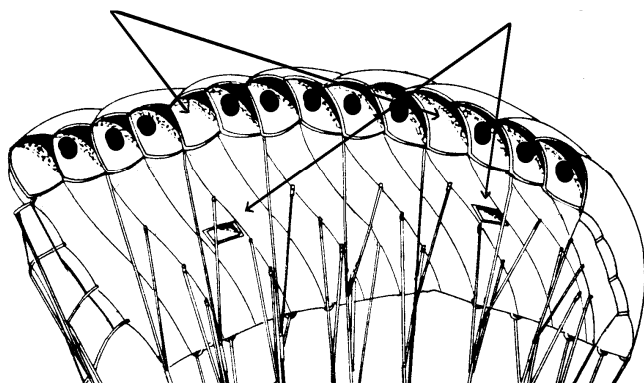
Les cloisons d'intercaissons sont ajourées pour permettre entre les caissons, la circulation et la répartition de sa pression dans la voile.

Les intercommunications permettent de maintenir une alimentation de tous les caissons, en particulier des caissons extérieurs, qui sont mécaniquement moins sollicités par le poids du parachutiste, et donc plus difficilement mis en pression.",

Ces orifices découpés dans les intercaissons contribuent à maintenir une bonne pression à l'intérieur de la voile. Des découpages sous forme de cercle de 8 à 30 cm de diamètre sont pratiqués sur les cloisons. Ces orifices permettant une circulation de l'air à l'intérieur de toutes les cellules de l'aile pour faciliter un gonflement ou regonflement plus rapide. Cela est particulièrement important lors de l'ouverture ou en voile contact. Afin de ne pas détériorer la pureté du profil sur l'extrados, ces ouvertures doivent être placées correctement et ne pas être trop conséquentes pour ne pas avoir de distorsion de la voile, elles peuvent être pratiquées sous forme ovale, ou bien de fentes ou remplacées par la construction d'intercaissons en matériel poreux.

**Cloisons  
fermées**

**Ouvertures basse pression**



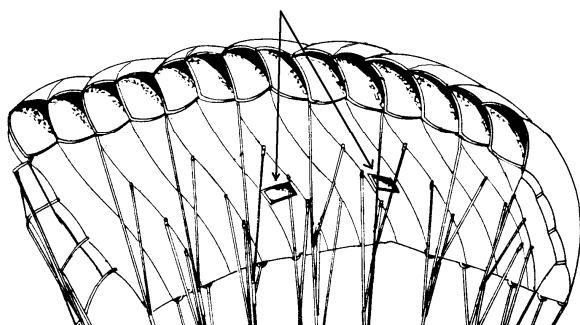
En précision d'atterrissage, pour améliorer les qualités de vol à basse vitesse et donner de la souplesse aux commandes jusqu'à 75% de freins, on isole les caissons extérieurs en créant des ouvertures "basse pression" sur l'intrados des avant-derniers caissons et en bouchant les trous inter caissons existants. Ainsi, en vol, on obtient des caissons centraux à forte pression et des caissons latéraux à basse pression.

### B) CHEMINÉES

Sur certaines voiles de précision d'atterrissage, afin d'améliorer la stabilité de la voile en basse pression dans les derniers mètres avant le posé (alors que la voile est en «parachutale»), des cheminées permettent de réguler la surpression régnant sous l'intrados, faisant donc passer l'air de l'intrados directement vers l'extrados, exactement comme sur un hémisphérique. Ces cheminées présentent à l'ouverture, l'inconvénient d'accélérer la mise en pression de la voile et donc d'ouvrir plus fort.

Cheminées

cheminées



### C) LES AIRLOCK

Les constructeurs ont travaillé sur la conception des valves depuis la naissance de l'aile. Domina Jalbert, celui à qui on attribue le développement de la première voile à caissons était parmi les tout premiers à concevoir le système d'Airlock dans le début des années 70.

Sa première idée était de créer une aile en tissu avec un clapet anti retour, dans le bord d'attaque pour contenir la pression interne de l'aile.

C'est surtout Brian Germain, détenteur depuis 1996 du brevet P.C.S (Pressure Containment System) qui l'a popularisé avec une voile appelée Jedeï, puis une autre appelée Samourai, avec ce concept de permettre à l'air de rentrer dans l'aile de manière linéaire et de le «sceller» contre le haut de l'aile quand cela est nécessaire durant le vol.

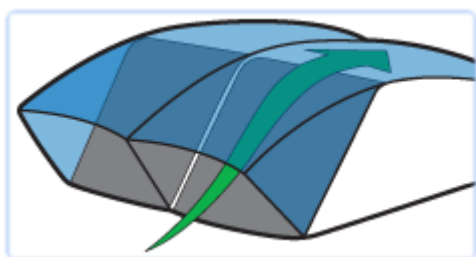
Ce sont des sortes de valves au bord d'attaque qui permettent à l'air d'entrer mais pas de ressortir, de façon à maintenir une pression élevée à l'intérieur de la voile et donc un profil plus rigide et augmenter ainsi les performances de la voile (PD l'a utilisé avec la Vengeance).

La raison pour laquelle cette technologie a rarement été employée sur toutes les voiles depuis le début c'est que la maîtrise du concept est difficile en termes de réglage et d'ajustement.

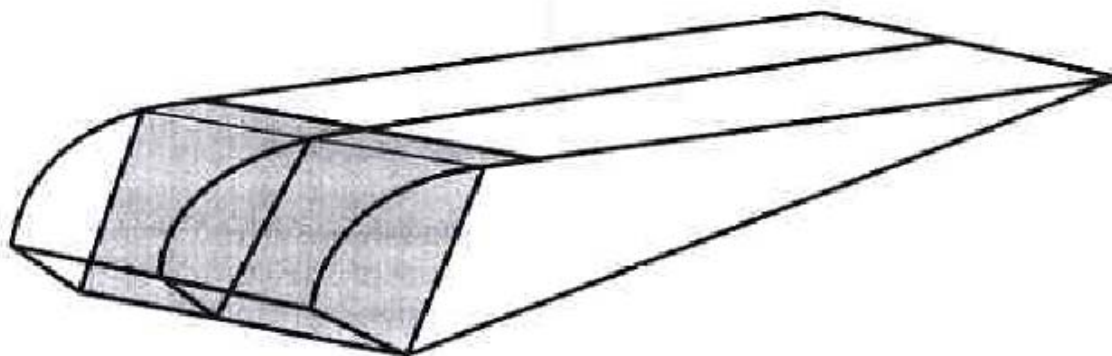
La performance de la voile est sensiblement augmentée dans ses domaines de vol, de plus, la théorie veut que l'aile ne sera pas autant déformée ni affectée dans des conditions turbulentes de vol, car le maintien de la pression à l'intérieur des caissons rend également la voile plus stable dans les turbulences.

Le but de ce concept est donc de ne pas subir de dégonflement, et d'améliorer la sécurité en donnant plus de temps à l'utilisateur pour réagir correctement dans des conditions turbulentes et regagner le contrôle de la voile.

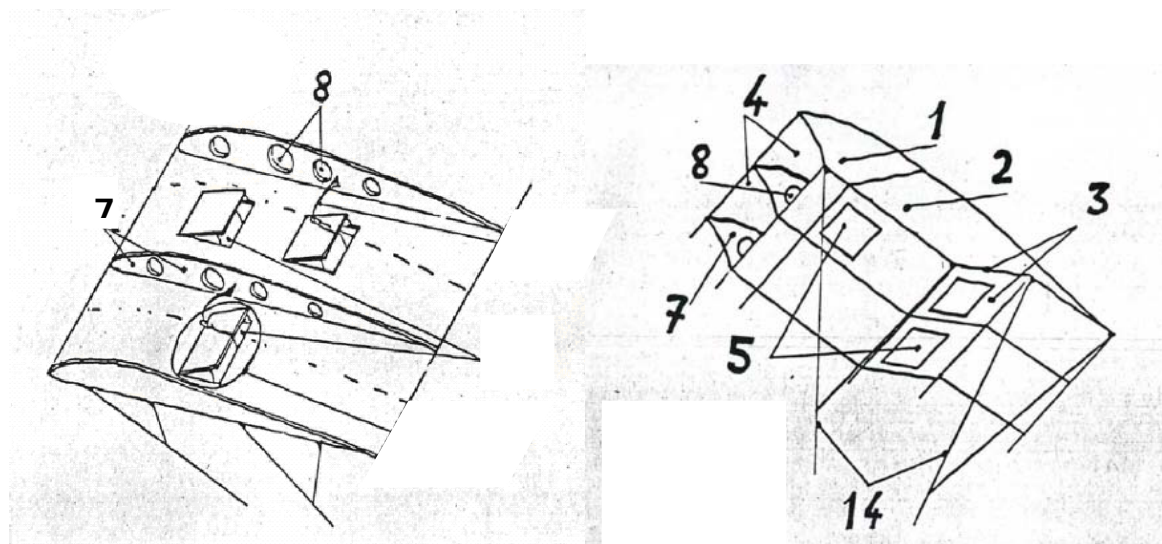
*Pour information : la pression à l'intérieur des caissons est égale à la pression d'arrêt du bord d'attaque et dépend de la vitesse sur trajectoire.*



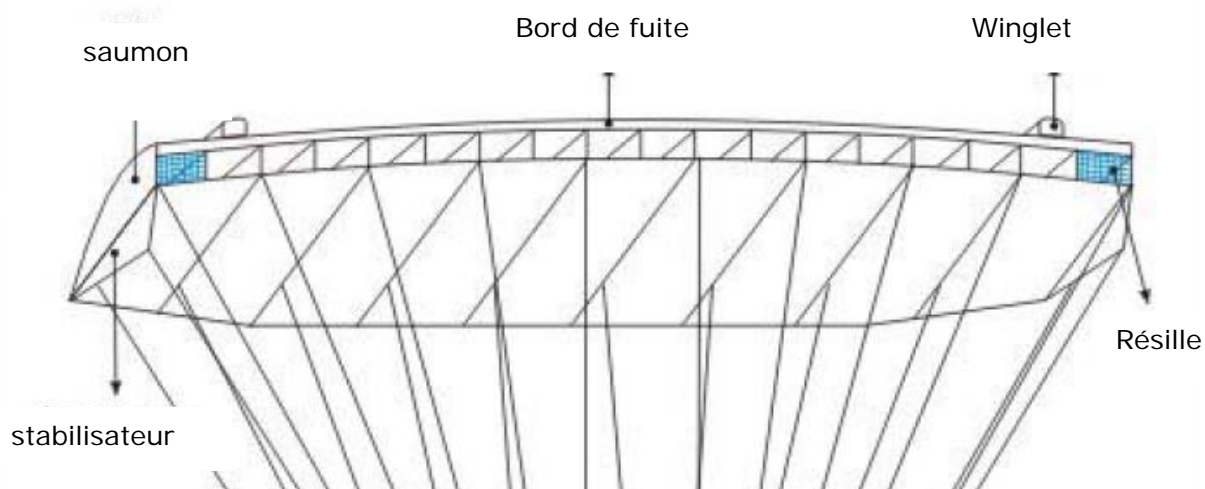
Airlock



D'autres brevets ont été déposés comme celui de Jacques DEGRACES en 1988 présentant un dispositif pour amincir le profil de l'aile et empêcher son dégonflement en formant une alvéole étanche, ce dispositif était caractérisé en ce qu'il comportait pour chaque caisson ouvert sur le devant, une alvéole avant et une alvéole arrière avec une ou plusieurs entrées d'air d'intrados (5) munies de valves de non-retour (15) composées d'un clapet cousu sur un côté à l'intérieur de l'intrados de l'aile et reliées à lui par des drisses laissant l'air pénétrer.



#### D) LES WINGLET



Présent sur les voiles Nitro, ce principe est destiné à diminuer la traînée induite des extrémités de voilures et augmenter la portance, mais n'a jamais fait preuve d'efficacité.

Inspiré des planeurs où l'extrémité de voilure est courbée vers le haut, ce dispositif prétend ne pas faire de compromis avec la stabilité directionnelle ni sur les qualités de virage.





La voile Nitron de Précisions Aerodynamics utilise également les Winglet pour prétendument améliorer les virages engagés aux élévateurs avant.

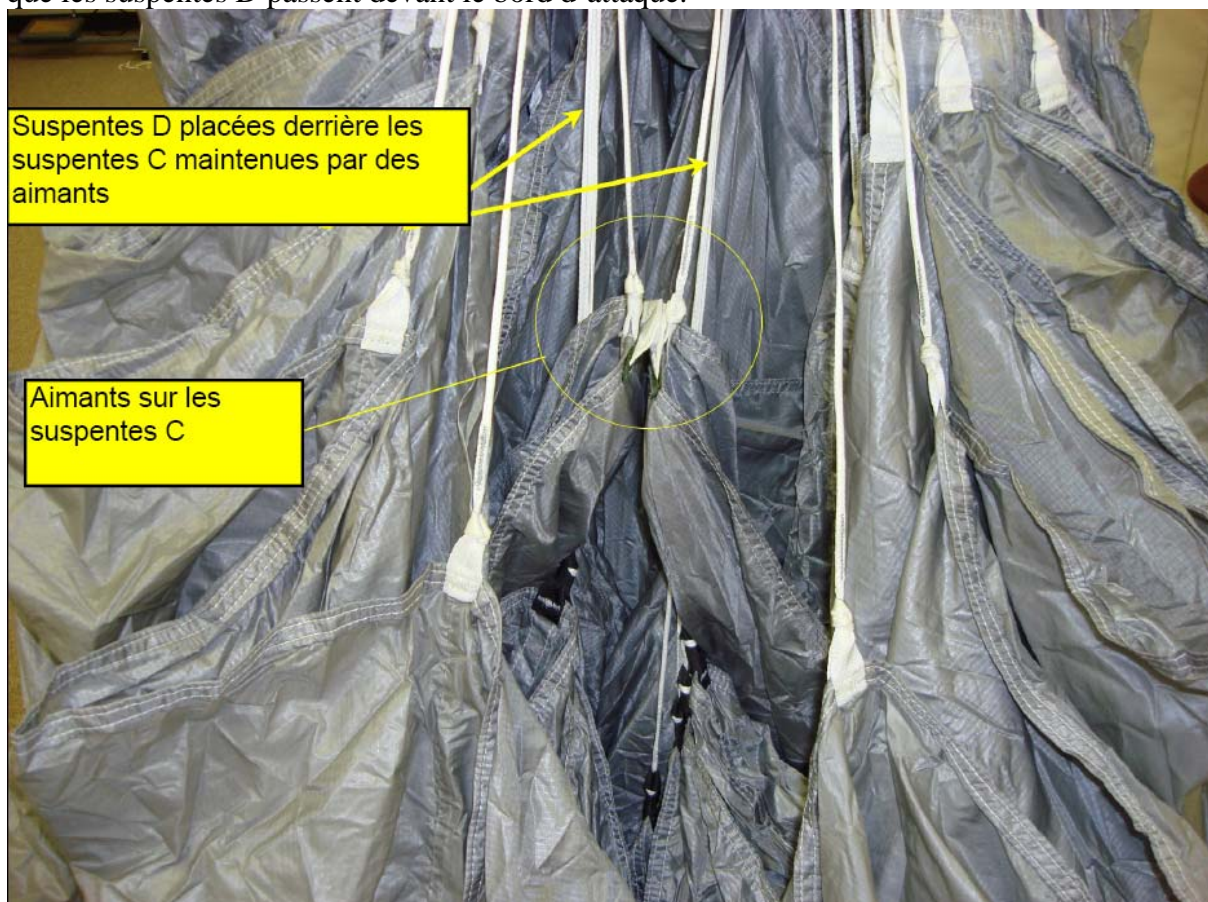
### **E) LA RÉSILLE**

Inspiré des voiles de parapente, les ouvertures des caissons externes de voilures comme la Nitro, sont couverts par de la résille. Cette résille est faite pour permettre aux voiles en virage engagé de résister aux distorsions de perte de pression à l'intérieur des caissons externes, un comportement connu que l'on peut constater sur certaines voilures.

Avantageusement, la largeur des mailles du tissu résille doit être choisie avec un certain ordre de grandeur de l'épaisseur, afin que cette épaisseur perturbe au minimum l'écoulement.

### **F) LES AIMANTS**

Ils sont utilisés sur certaines grandes voilures comme les Intruder de Para Flite, pour éviter que les suspentes D passent devant le bord d'attaque.



## **G) LA QUANTITÉ DES CAISSONS**

Pour une envergure donnée, le nombre de caissons qui est incorporé à l'aile fait varier son comportement.

Une aile avec plus de caissons, améliore les qualités de vol et apporte une portance accrue, mais cela augmente aussi le volume de pliage et le poids de la voile, tout comme le nombre de suspentes.

### **SEPT OU NEUF CAISSONS ?**

La plupart des voiles principales actuelles sont construites avec sept ou neuf caissons. Une « neuf caissons » plane plus loin et de nombreux parachutistes préfèrent la façon dont elle pose.

Les « sept caissons » sont généralement plus sensibles lorsque la voile est pilotée en freins et réagissent mieux aux alentours de la phase de décrochage, tels que pour les approches type « précision d'atterrissage ».

Parce qu'elles ont moins de suspentes et pour celles qui ont deux cellules par caisson, les « sept caissons » offrent généralement à égalité de surface, un volume plié plus petit. Le concept « sept caissons » est préférable pour les voiles de secours, pour les voiles utilisées en voile contact et en précision d'atterrissage.

Au début des années 80 les voiles « neuf caissons » ont supplanté les « sept caissons » grâce notamment à leur meilleure finesse.

L'évolution des sept caissons vers les neuf caissons avait pour but l'augmentation de l'allongement pour diminuer la traînée induite avec une meilleure tenue du profil sur l'envergure, évitant les grosses ondulations transversales.

La voile « Bandit » a préfiguré toute une génération de voiles jusqu'en début des années 90, où la Triathlon puis la PD Spectre annonce une nouvelle génération de voile à « sept caissons », de haute performance pour l'époque qui apportèrent un regain d'intérêt au concept « sept caissons » qui commençait à vieillir.

Ces nouvelles voiles tiraient profit d'un tissu de fabrication révolutionnaire et d'un design plus moderne au sens aéronautique, afin d'éliminer les désavantages du profil « sept caissons » tout en conservant ses qualités.

Certaines « sept caissons » actuelles planent plus loin que certaines « neuf caissons », mais la plupart des « neuf caissons » offrent un plané plus long que celui d'une « sept caissons ». La quiétude en vol et les caractéristiques d'ouverture stables s'obtiennent plus facilement avec des voiles « sept caissons ».

### **Vol droit freiné :**

Parmi les voilures plus anciennes, beaucoup ont été dessinées pour descendre avec un angle plus raide pendant un vol freiné.

Ceci était particulièrement vrai pour les voilures destinées à la Précision d'Atterrissage.

Les voilures de haute performance actuelles sont projetées avec des caractéristiques différentes et elles peuvent voler différemment avec un vol freiné. Beaucoup de voilures actuelles planent plus loin avec les freins.

## **H) LA FORME DES VOILES**

Ce terme se rapporte à la forme de l'aile vue d'en haut. Les voiles principales actuelles se présentent sous trois types de forme : rectangulaire, semi-elliptique et elliptique.

Il y a quelques années, toutes les formes étaient rectangulaires.

De nos jours elles sont majoritairement semi-elliptiques. Les termes « elliptiques » et « semi-elliptiques » sont employés en référence principalement à la forme de la voilure pour diminuer la traînée induite, augmenter la vitesse et la finesse.

N'importe quelle voile qui n'est pas rectangulaire peut s'appeler soit semi-elliptique ou elliptique, la performance de la voile dépend de l'ellipticité en combinaison avec plusieurs autres paramètres.

Alors que le terme elliptique est souvent employé pour décrire quelques voiles, aucune voile en parachutisme n'est vraiment elliptique. La forme courbée d'une voile est obtenue par une série de segments droits rapprochés à taille différente, et elle ne forme pas une vraie ellipse. Ce que nous traitons vraiment ici est le degré relatif d'ellipticité d'une voile à l'autre. Ceci implique non seulement de combien est l'ellipticité, mais où est située cette partie. Quelques voiles sont plus elliptiques que d'autres, indépendamment du fait qu'elles s'appellent « elliptiques » ou « semi-elliptiques. »

Dès que les parachutistes commencent à employer le mot « elliptique, » beaucoup de gens ont dans l'idée qu'une voile « elliptique » aura certaines caractéristiques spécifiques.

En réalité, une voile non-rectangulaire peut n'avoir aucune de ces caractéristiques, le terme « fuselé » serait préférable parce qu'il signifie simplement « non rectangulaire ».

Plutôt que la forme actuelle d'une aile, la plupart des parachutistes sont vraiment intéressés par les performances de vol : comment est-ce que la voilure s'ouvre, vole et se pose ? Ces caractéristiques sont influencées par le degré de la forme fuselée, mais pas totalement dictées par cela. L'aile, l'allongement et l'angle de calage sont également très importants. La charge alaire ou le poids embarqué comparé à la taille de voile, est réellement le facteur principal qui détermine la vitesse de la voile. Le degré de voile fuselée influence généralement la réactivité d'une voile, bien que d'autres variables rentrent en jeu. C'est pourquoi il n'est pas nécessaire qu'un parachutiste sache exactement de combien est fuselée ou « elliptique » une voile particulière. La preuve est dans l'exécution, et dans la manipulation.

Par conséquent, il vaut mieux lire les descriptions des diverses voiles, et les démonstrations d'essai de ceux qui pourraient convenir à vos besoins et être prudent en ce qui concerne la terminologie.

Le concept des voiles elliptiques est de diminuer la profondeur aux extrémités de l'aile et en récupérant la surface ainsi perdue par l'augmentation de la profondeur au centre de l'aile, on perd ainsi de la surface latérale inefficace au profit d'une surface centrale plus efficace.

Cette évolution est faite pour diminuer la traînée induite, augmenter la vitesse et la finesse.

Le degré de forme va participer à rendre la voile plus ou moins réactive.

Les voiles semi-elliptiques à égalité de surface sont généralement plus réactives que les rectangulaires. Elles ont les commandes plus faciles à enfoncer et tournent plus facilement.

Une voile semi-elliptique de taille plus grande qu'une rectangulaire peut même être plus nerveuse que cette dernière.

Les voiles semi-elliptiques de petite taille peuvent être extrêmement réactives, spécialement quand elles sont trop chargées.

A égalité de surface, les voiles elliptiques sont généralement plus réactives que n'importe quels autres types de voiles.

Elles tournent plus vite tout en nécessitant moins de sollicitation sur les commandes. Elles sont beaucoup plus sensibles, au point de réagir par exemple aux pressions ou au balancement du poids dans le harnais. Cela explique que la position du corps influe durant le déploiement de la voile si la symétrie n'est pas respectée, car les voiles elliptiques sont réactives durant la phase d'ouverture et cette sensibilité favorise les torsades et les ouvertures désaxées.

Cela est particulièrement vrai pour les voiles elliptiques de petite taille qui réagissent au déplacement du centre de gravité dans le harnais.

Les voiles elliptiques ne pardonnent pas les fautes de pilotage, par exemple, certains parachutistes sollicitent involontairement leurs commandes de freins de façon dissymétrique au moment du posé, occasionnant ainsi un léger changement d'axe de l'atterrissage. Avec une

voile elliptique, ce genre d'erreur peut avoir des conséquences graves en phase finale, avec un posé dans de mauvaises conditions.

Cependant les vitesses horizontales respectives des voiles rectangulaires et elliptiques sont généralement similaires à égalité de surface et de charge alaire.

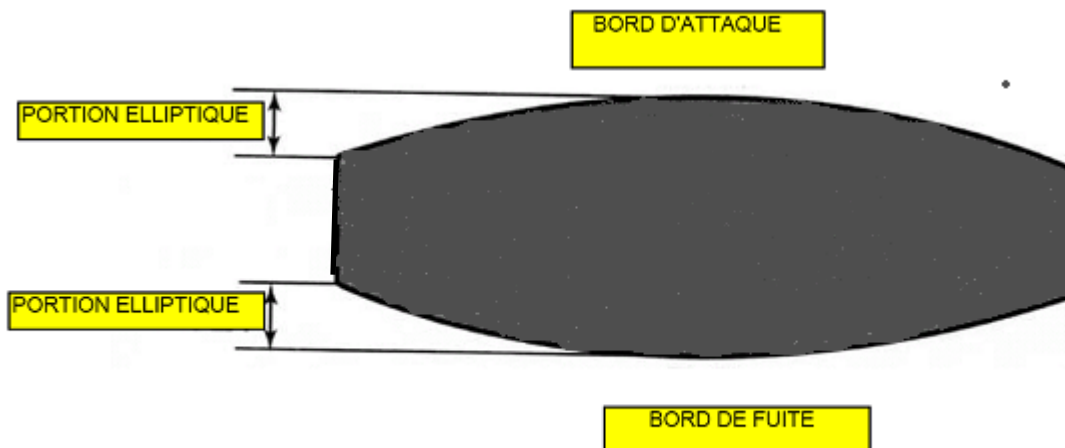
Les voilures de secours, de voile contact n'utilisent pas de forme elliptique car les voilures elliptiques n'ont pas les qualités d'ouverture dans l'axe des voilures rectangulaires.

Les voilures Blue Track de PF ont été les premières voilures dites elliptiques sur le marché.

**La forme elliptique** se généralise même dans les équipements militaires où des voiles entièrement elliptiques atteignent des surfaces de 9000 pieds carrés soit 60 mètres d'envergure emportant des charges allant jusqu'à 11300 kilos et volent avec une finesse supérieure à 4:



A quel point une voile est elle elliptique ?



Le degré d'ellipticité est un facteur important dans l'obtention des caractéristiques de vol désirées.



Le calcul s'obtient avec une formule simple qui permet d'obtenir une valeur baptisée le « Plan en Forme » ou Pf.

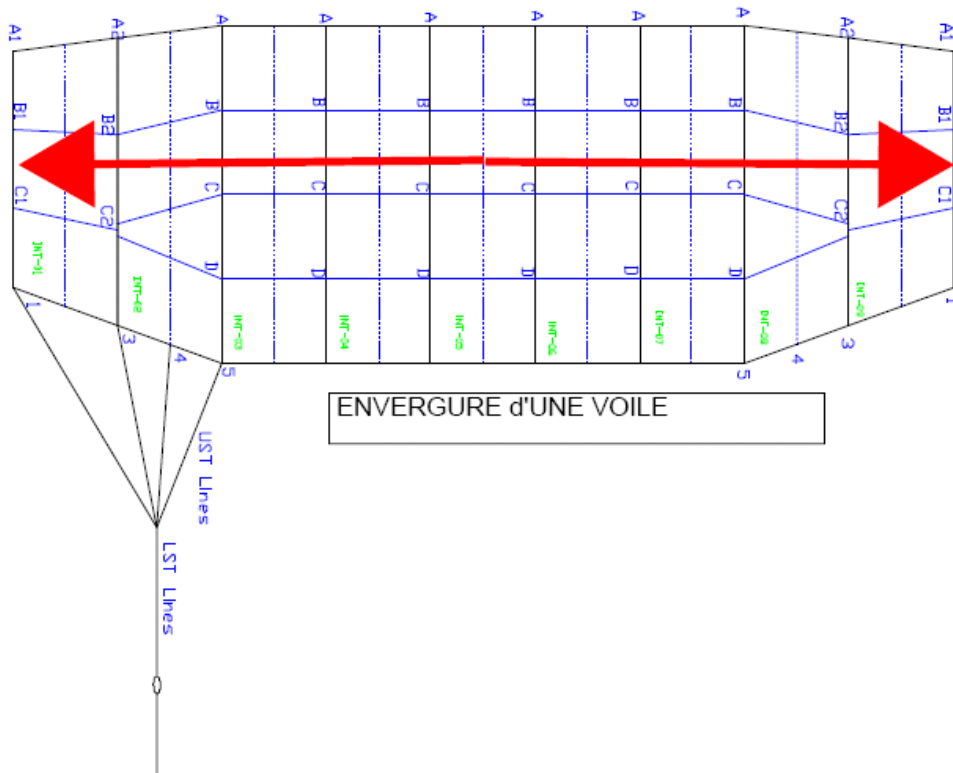
Ce facteur permet la comparaison objective de l'ellipticité des voiles.

Le rapport entre la corde du caisson extérieur et la corde du caisson central est calculé et multiplié par le rapport entre la surface de l'aile (le nombre de caissons) qui est effilée et la surface de l'aile qui est droite.

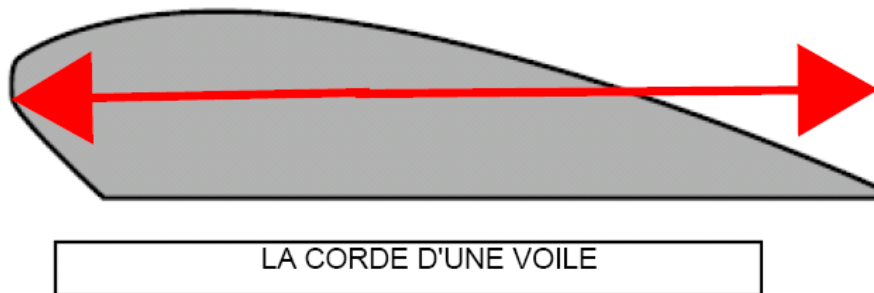
La valeur obtenue donne une indication de l'ellipticité et permet une comparaison facile.

Vous avez besoin de la surface réelle de la voile.

De l'envergure (distance d'une extrémité de l'aile à l'autre) qui varie d'une voile à l'autre :



De la corde (distance du bord d'attaque au bord de fuite) qui varie d'une voile à l'autre :



Exemple :

$$Pf = (1 - (EC/CC) * (N/C)) * 100$$

Où : EC = corde du caisson extérieur

CC = corde du caisson central

N = nombre de caissons effilés

C = nombre total de caissons

Exemple de comparaison de voiles :

Vision 124 de Aérodyne

EC = 5.384 ft

CC = 7.020 ft

N= 6

C= 9

$Pf = (1 - (5.384/7.020)) * (6/9) * 100$

Pf = 15.5

Pilot 124 de Aérodyne

EC = 6.143 ft

CC = 7.228 ft

N = 4

C = 9

Pf = 6.67

Un ordre de comparaison entre voilures permet de connaître le degré d'ellipticité :

	PF	N
Springo 110	28.0	8
Crossfire 2	21.6	8
Safire 2	16.4	8
Vision 124	15.5	6
Stiletto 120	13.3	6
Electra 150	9.5	4
Pilot 124	6.7	4
Sabre 2	5.4	6

Le facteur plan en forme lorsqu'il est utilisé en conjonction avec la surface et l'allongement, aide à apprécier les caractéristiques (taux de virage, efficacité de l'arrondi).

Note sur la comparaison des voilures :

Lorsque l'on compare deux modèles de voilures différents, comme par exemple la Sabre originale (voilure rectangulaire) et la Sabre 2 (voilure semi-elliptique), la comparaison pour être exacte doit employer des voilures de même grandeur et si celles-ci sont utilisées dans les mêmes conditions et par le même parachutiste ou par deux parachutistes d'un poids et d'une taille comparable.

## **D) LA TAILLE DES VOILES :**

Il y a plusieurs méthodes employées. La plupart des personnes ont une référence à la taille de voile selon cette méthode :

Icarus mesure ses voiles en multipliant la taille totale de l'envergure à l'intrados et la corde depuis le point le plus en avant du caisson au point le plus en arrière.

Mesure de la corde : la corde est mesurée (en ligne droite) depuis le point le plus avancé au point le plus éloigné à l'arrière du profil de l'aile.

La corde est mesurée avec la voile étalée sur son côté et une très légère tension et le moins de déformations possible.

Si la corde n'est pas constante, la corde moyenne peut être spécifiée ou bien la corde à chaque cloison porteuse doit être spécifiée.

Performance Designs, prend comme référence la longueur de la nervure depuis la pointe du bord d'attaque jusqu'au bout du bord de fuite en ligne droite et mesure ensuite la largeur de tous les caissons à travers l'intrados (envergure).

La multiplication des deux donne la surface de l'aile. C'est légèrement différent de la méthode officielle du PIA, qui diffère en ce que la largeur de toutes caissons est mesurée à travers l'extrados 15 cm derrière le bord d'attaque, avant de multiplier par la longueur. (Les voiles PD mesurent légèrement plus en utilisant cette méthode).

Les autres fabricants peuvent employer une forme gonflée estimée, qui apporte une mesure semblable à notre méthode :



Au moins un fabricant pratique encore différemment en mesurant la surface totale de la surface supérieure.

Les voiles PD mesureraient énormément plus en utilisant cette dernière méthode.

Il y a des avantages et des inconvénients à chaque méthode. Par exemple, la méthode de mesure de la surface supérieure aurait comme conséquence un volume de pliage de voile très petit pour la taille annoncée, et serait en fait plus petite une fois gonflée que la même taille de voile annoncée venant de la plupart des autres fabricants.

Aucune de ces méthodes n'a été faite intentionnellement pour semer la confusion, c'est simplement que au commencement des ailes, chaque fabricant a fait ce qui avait un sens pour lui. En réalité, la chose la plus importante est de quelle manière la voile vole et se pose. Il n'y a aucun fabricant qui additionne les surfaces supérieures et inférieures, ou tout le tissu utilisé.

A cause de ces variations dans les méthodes de mesure, la surface réelle des voiles représentent parfois une réalité différente de celle qui est donnée par le fabricant.

Quand vous comparez des performances ou des caractéristiques de voiles, vous voulez être certain que vous comparez des ailes similaires.

Certains fabricants donnent la surface projetée soit à l'extrados, soit à l'intrados ou un point milieu.

Une voilure donnée pour 135 pieds carrés peut en réalité faire 150 pieds, exemple la X Fly 170 de Basik fait en réalité 188 pieds carrés.

Si vous utilisez une voilure quand le vent est faible et une autre quand le vent est plus fort, ceci peut affecter l'impression que vous avez de la voilure.

Mais une comparaison peut aussi être affectée par la façon dont les voilures sont construites.

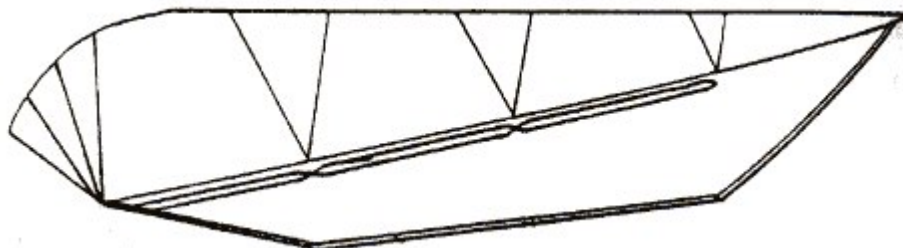
Deux voilures identiques opéreront d'une façon différente si, dans l'un des cas, les commandes de manœuvre sont attachées à l'endroit spécifié par le constructeur et si dans l'autre, elles sont raccourcies de quelques centimètres ou bien si une des voilures possède un extracteur présentant plus de traînée que l'autre, l'état général du cône de suspension ainsi que la porosité du tissu sont à prendre en compte.

## J) LES STABILISATEURS

Ce sont des panneaux latéraux disposés sur le bord latéral des voiles communément appelés « stabilos », ils commencent depuis le bord d'attaque de la voile jusqu'au bord de fuite. Ils réduisent la traînée induite.

Les stabilisateurs procurent progressivement moins de bénéfices lorsque l'allongement de l'aile augmente, à noter que sur certaines voiles comme celles de type Icarus JSX, ou JVX les stabilisateurs sont absents.

Pour la plupart des voiles, ils existent sous différentes formes et peuvent être cousus directement au bout des caissons ou décollés comme sur les voiles de précision d'atterrissage, les « Stabilos » ne sont fixés qu'en quelques points, laissant s'échapper de l'air par les côtés.



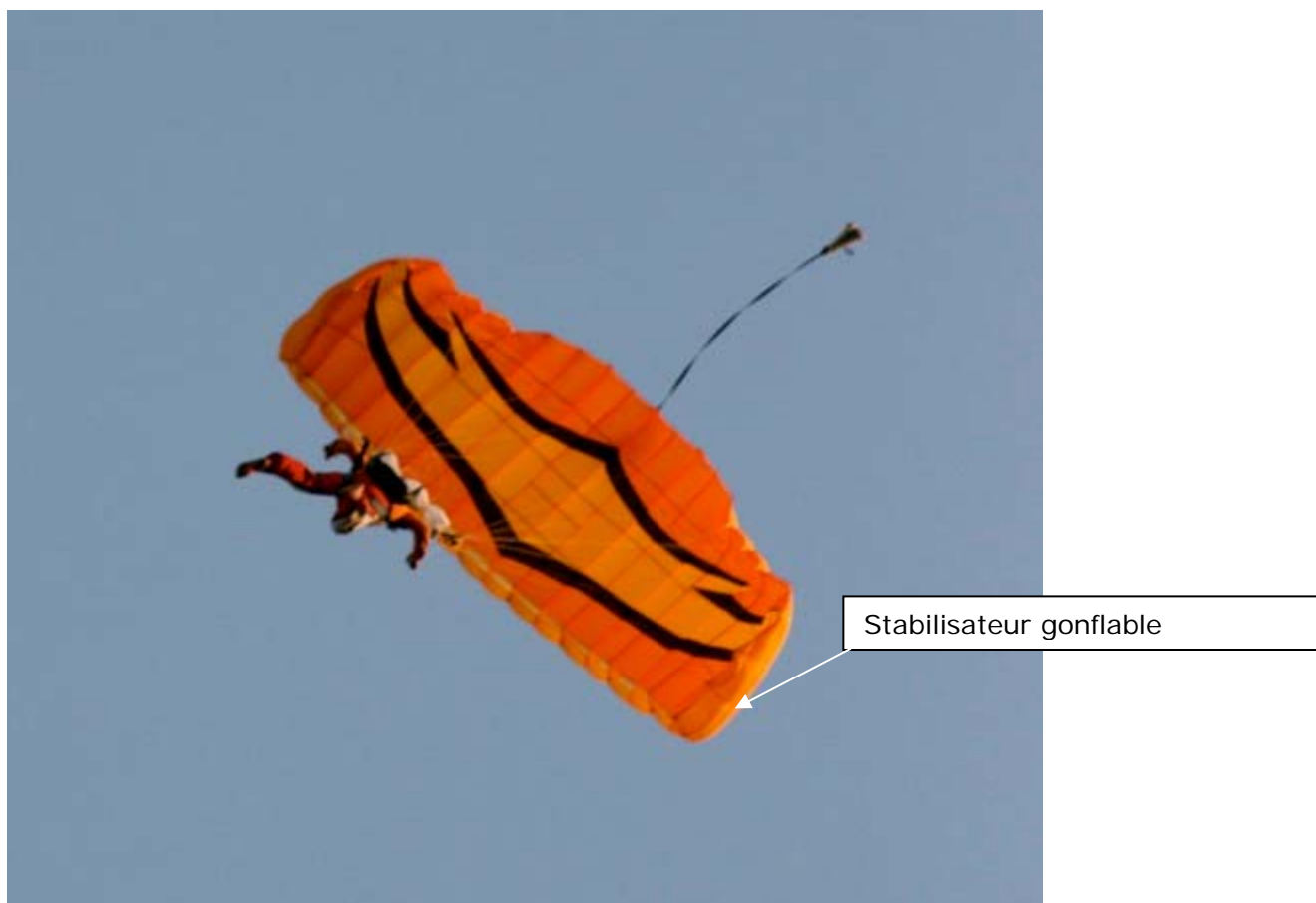
Ils occupent plus de volume au pliage et demandent plus de soins au pliage pour éviter des nœuds avec le cône de suspension.

Cela augmente la stabilité lors de vols fortement freinés en diminuant les oscillations.

Certains stabilisateurs qui sont décollés avec une large ouverture comme ceux de la Karo bénéficient de résille pour un meilleur maintien.



Plus rarement sur certaines voilures comme les voiles Perché ou Chilli de Firebird, on se trouve en présence d'un stabilisateur latéral gonflant (technique utilisée autrefois sur les parapentes).



## **K) LE SUSPENTAGE**

C'est l'ensemble des suspentes, elles peuvent être de différents diamètres et réalisées en différentes fibres (aramide, kevlar, etc).

La plupart des suspentes sont reliées d'un côté à un intercaisson, et de l'autre à un maillon de connexion.

Il existe plusieurs types de fixation des suspentes sur la voile. Sur la plupart des voiles modernes, les suspentes sont fixées à des bandes de renforcement ou rubans montés directement sous les intercaissons. C'est ce qu'on appelle l'attache directe, une invention de Steve Snyder, les forces sont essentiellement transmises sur les bandes de renforcement cousues sur les intercaissons, partie intégrante de la voile.

Les suspentes sont classées en plusieurs catégories suivant leurs positions.

- Les **A** sont les suspentes les plus près du bord d'attaque.
- Les **B** sont celles positionnées juste derrière à peu près au milieu du profil
- Les **C** sont celles positionnées derrière
- Les **D** sont les suspentes les plus près du bord de fuite.

De leurs points de fixation énumérés ci-dessous, les suspentes descendent vers leurs points d'attache aux élévateurs, formant 4 groupes distincts : A, B, C, D.

Les suspentes sont nommées par leur groupe de l'avant vers l'arrière et par leur numéro de rang de la gauche vers la droite.

Par exemple, une voilure avec 7 caissons doit avoir normalement 8 rangs de suspentes reconnaissables de la sorte :

- Suspente A1 est la suspente extérieure à l'avant gauche
- Suspente A8 est la suspente extérieure à l'avant droit



- Suspente D1 est la suspente extérieure à l'arrière gauche
- Suspente D8 est la suspente extérieure à l'arrière droit

Sur une demi-aile, toutes les suspentes d'une même catégorie sont reliées à un même maillon de connexion.

Les suspentes A sont reprises généralement sur un seul élévateur par demi-aile. Ces deux élévateurs sont appelés communément les Avants, car reliés aux suspentes les plus en avant du profil.

## 1° Les quilles

L'attache des suspentes à la surface inférieure de la voile peut être faite soit par attache directe soit avec des quilles qui peuvent prendre la forme de structure caténaire.

Un mode de fixation originel des suspentes employé par Jalbert consiste à coudre des triangles sur les intercaissons. Une partie des triangles dépasse l'intrados vers le bas, les suspentes étant fixées au bout desdits triangles, ces triangles doivent être proprement orientés dans le bon angle.

C'est le mode de distribution des forces :

Ainsi la force n'est pas seulement répartie au-dessous de la voile. Ce système est utilisé depuis longtemps pour les ailes de précision d'atterrissage et s'appellent « quilles » c'est le cas des voilures Foils et Profil par exemple.



Ce concept a été repris par Glidepath.

Sur la photo, exemple de quille avec une butée de glisseur indispensable pour éviter que les œillets ne viennent en contact avec le tissu.

Quand les triangles sont apparus, on a longtemps pensé qu'ils devaient être très longs, couvrir la majorité de la corde de la voile, et les renforcements de ces quilles être très prononcés sur le caisson porteur, ce qui résultait à l'emploi de beaucoup de tissu et de renforcement donc de poids et de volume plié.

Actuellement les quilles sont de taille réduite, déterminant environ 75 % de la surface inférieure de la corde et 90 à 95 % de la surface supérieure de la corde.

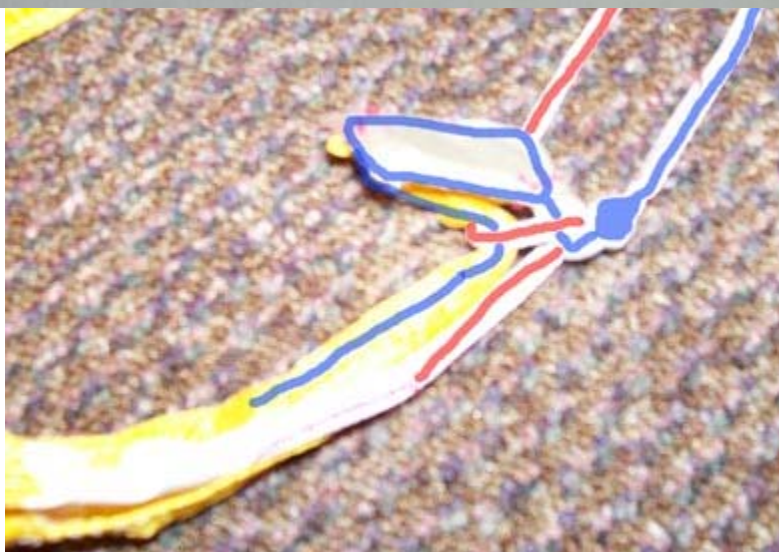
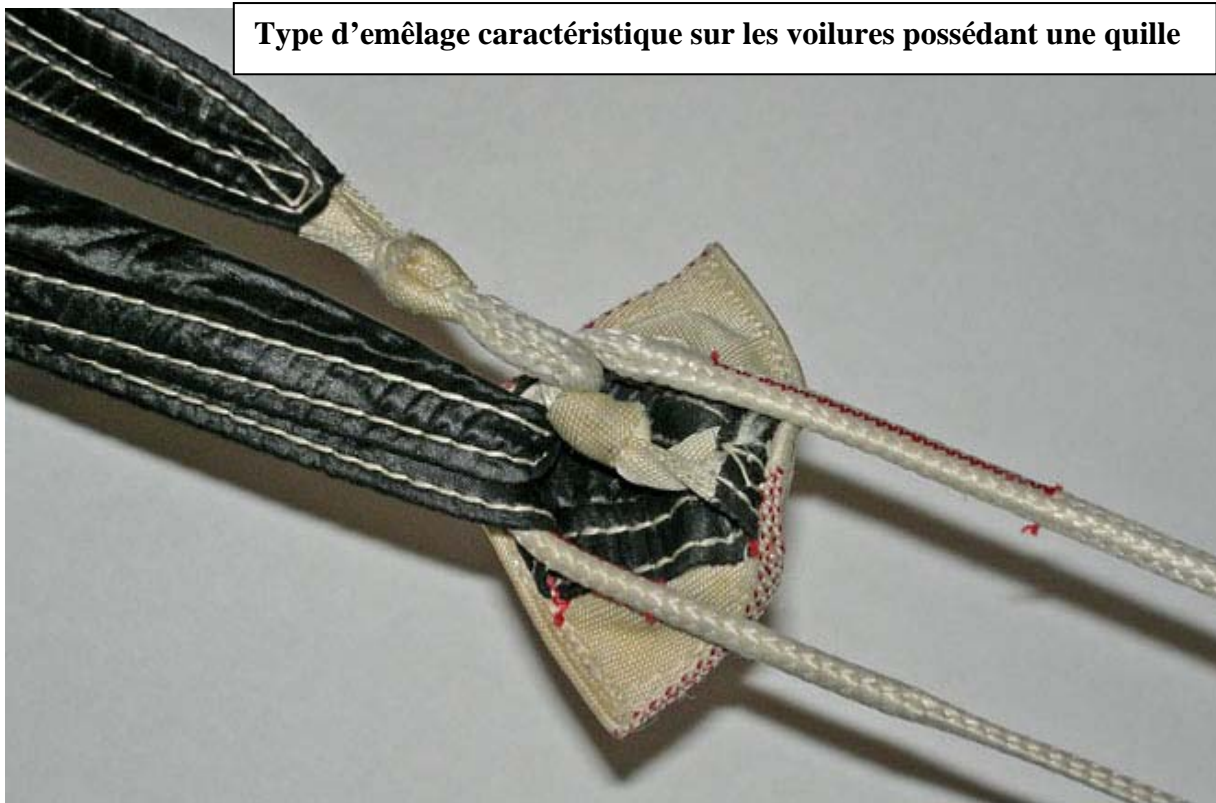
Il est improbable que l'effort supporté par les quilles provoque une déformation de la surface supérieure de la corde.

Les quilles servent à répartir l'effort de tension et ainsi garantir un profil d'extrados pur, et non pas à garantir la stabilité

longitudinale comme on pourrait le penser.

Certains fabricants qui ont choisi de construire des voiles sans stabilisateurs et avec ce dispositif de quilles, comme la Fury reserve sont plus sujets au risque d'emêlage de suspentes autour de la quille.

Type d'emêlage caractéristique sur les voilures possédant une quille



Nous avons différencié par des couleurs bleues et rouges la patte d'attache capturée par une suspente adjacente.

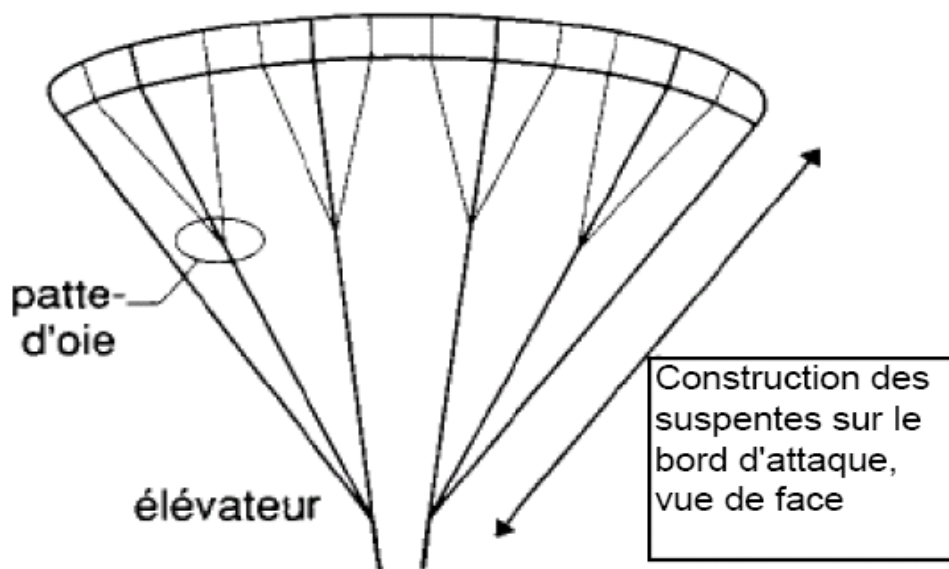
Il suffit qu'un peu de mou se soit ménagé à la fois sur la patte d'attache de la suspente et avec la suspente d'étranglement durant la phase d'ouverture ou que la séquence d'ouverture soit désynchronisée (glisseur descendu prématurément) pour obtenir ce résultat.

Le risque d'interférences est

toujours plus important que sur les voiles où l'arrêtoir de glisseur est incorporé au stabilisateur.

Certaines voiles, telle que la Super-Evolution de Paraflite ou les voiles Cap de Nervures, ont été suspendues à la manière d'une voile de parapente, avec des terminaisons à plusieurs brins dans le sens longitudinal de la voile sur le même groupe, à la différence des suspentages classiques on parle de répartition pyramidale.

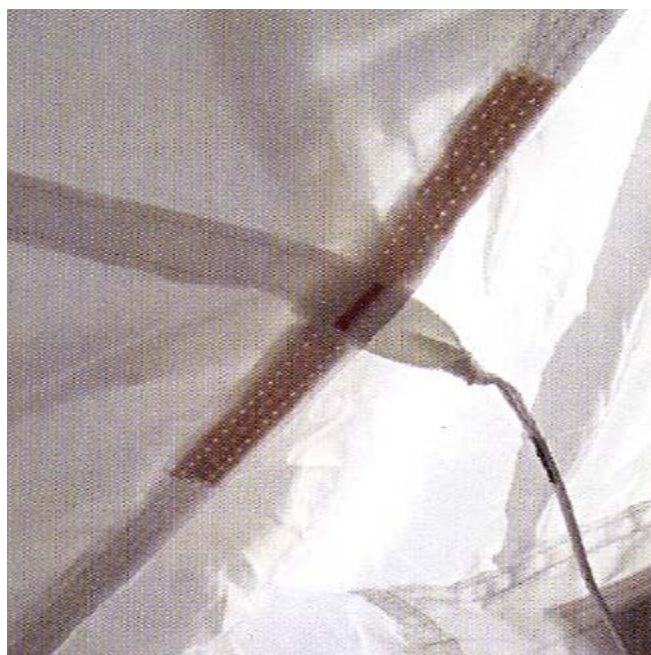
Cette structure de suspentage déforme moins la voile mais augmente la traînée, le cône est plus difficile à fabriquer et à concevoir, il y a beaucoup de liaison à faire, les ramifications obligent un calcul complexe de longueur.



## 2° Fixation directe des suspentes

En 1970 Steve Snyder, a simplifié le concept afin de réduire la traînée, le volume plié.

Les premières voiles en attache directe ont simplement supprimé les quilles et gardé les renforcements.



Actuellement les voiles modernes sont la grande majorité en attache directe depuis que le brevet de Snyder est dans le domaine public et les galons de renfort ne sont plus présents.

Certaines voiles comme la X Fast de Basik ont un renfort Kevlar au niveau d'attache des suspentes des voilures de secours.

La recherche de performance contraint les concepteurs à réaliser des voilures comportant aussi peu de déformations que possible. Cela conduit à accroître le nombre de cellules et le nombre de point d'ancrages suspentes/voilure.

Le cône de suspension d'une voile de secours de sept caissons par exemple est normalement composé de 4 rangées de huit suspentes chacune avec des commandes de manœuvre au bord de fuite.

## 3° Galons de renforts

Différents types de galons peuvent être utilisés selon l'utilisation choisie :



*Galons de support* sur les cloisons porteuses uniquement : aussi connus sous l'appellation « galon en V » sur les voiles qui placent les galons en forme de « V », ils sont employés pour distribuer l'effort des *galons d'attache* des suspentes jusqu'à la voile.

*Galons de bordure des caissons* : se trouvent à la limite de chaque cloison.

*Galons de bordure* : se trouvent en bordure de l'intrados et de l'extrados.

*Galons de couture de bord de fuite*: se trouvent à la limite de la couture du bord de fuite enroulés autour de la couture

*Galon d'attache des suspentes* : cousus à la limite inférieure des cloisons porteuses, en alignement avec les galons porteurs, utilisés pour transférer la charge des suspentes vers les *galons de support*. Certains constructeurs utilisent des galons porteurs qui continuent dans la cloison porteuse remplaçant ainsi les *galons de support*.

*Galons en croix* : galons de renfort qui s'étendent sur l'intrados ou l'extrados pour distribuer l'effort dans toute la voile.

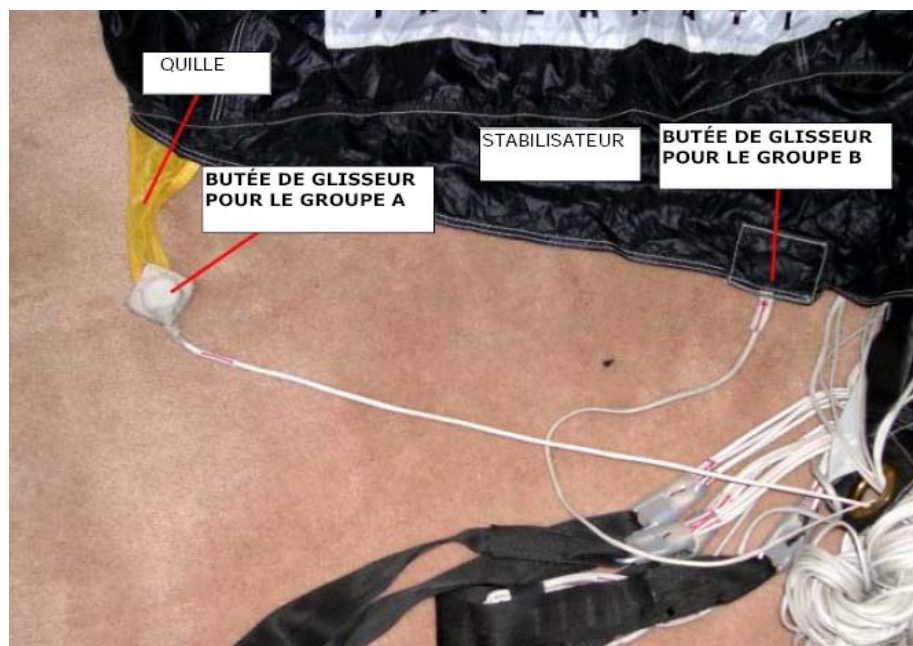
*Galon d'attache de drisse* : utilisé pour attacher la drisse d'extraction de la voile en général en haut de la voile. La plupart du temps ce galon est inséré avec les autres galons de renfort de la voile pour mieux distribuer l'effort.

**Remarque** : il existe une particularité sur les voiles Sabre 2 qui ont un galon de renfort spécifique sur les 3 caissons centraux au niveau du bord d'attaque, ces galons de renfort sont construits plus rigides pour aider au gonflage lors de l'ouverture, en encourageant l'entrée d'air par le centre dans des situations où la voilure est pliée de manière médiocre et/ou le parachutiste a une mauvaise position d'ouverture.

**Note** : les coutures employées pour les galons de patte d'attache sont généralement des bar tack de 42 points, tandis que pour un aiguilletée de la suspente le type de couture réalisée peut être en bar tack 24 ou 28 points.

#### 4° Butée de glisseur

Des butées de glisseur sont installées sur toutes les voilures, en bas des stabilisateurs, il s'agit souvent de pastilles ou d'anneau métallique insérés afin d'empêcher le glisseur de remonter dans le stabilisateur, au-dessus des pattes d'attache, afin de ne pas y rester coincer ou



d'abîmer les stabilisateurs, selon le type de construction d'attache des suspentes, ces butées peuvent être positionnées différemment.

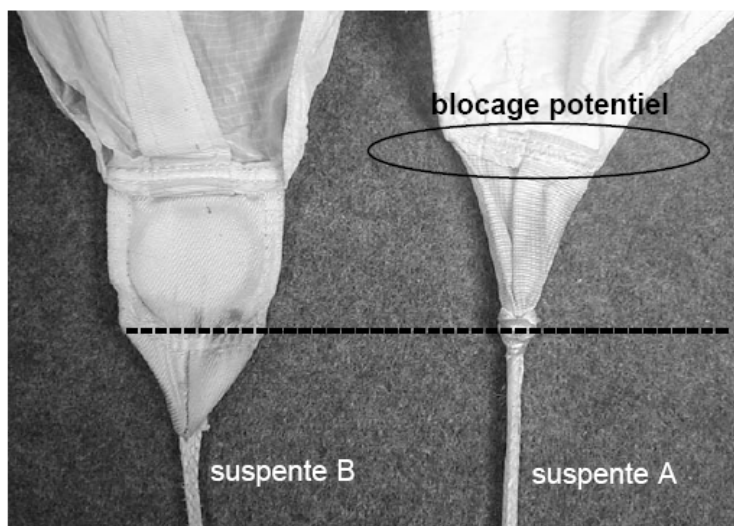
Risques d'étranglement des suspentes avec les butées de glisseur sur les stabilisateurs :

Lorsque toutes les suspentes sont de longueur égale, le risque d'interférence d'une suspente est presque inexistant, le rôle du glisseur étant de limiter la formation d'une boucle de la suspente sur elle-même.

Sur certaines voilures il a été observé que au fur et à mesure des sauts cela pouvait créer un raccourcissement des suspentes non porteuses des butées, les pattes d'attache peuvent alors passer à travers les œillets du glisseur avant que les butées fassent leur office et le glisseur pouvait venir se coincer (cas des voilures BT 80).

**BON DECALAGE**

La zone de blocage potentiel est placé en amont de la butée de glisseur

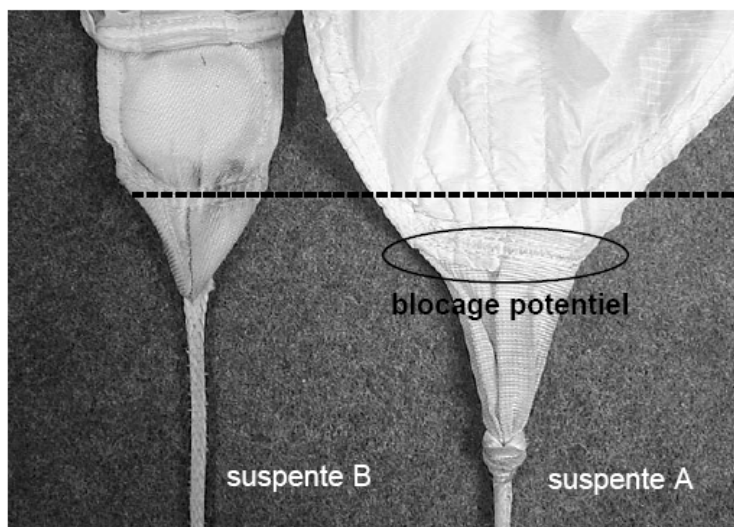


**MAUVAIS DECALAGE**

La zone de blocage potentiel est placé en aval de la butée de glisseur

**ACTION IMPERATIVE**

**POSE DE BUTÉES SUR LES SUSPENTES A EXTÉRIEURES**



### 5° Fonction du suspentage et mesure du calage:

- Maintenir le profil : les longueurs très précises (à un ou deux centimètres près) des suspentes donnent une forme à la voile et assurent le maintien du profil.
- Répartir la charge alaire, en étant liées à la voile en de multiples endroits elles répartissent les efforts sur la surface.
- Assurer le calage de la voile :

En jouant sur les longueurs respectives des groupes A, B, C et D, il est possible de faire varier l'angle entre l'horizontale et la corde moyenne de l'aile.

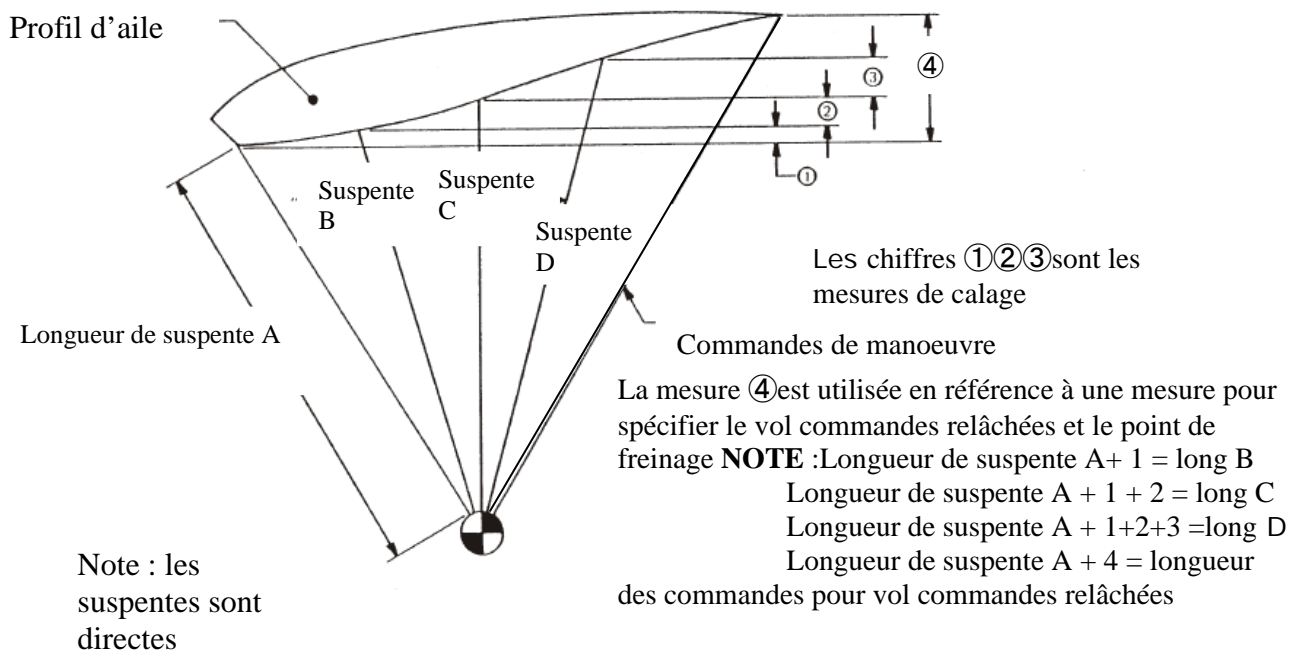
Chaque rangée de suspentes possède sa mesure de longueur de suspentes différente pour obtenir un angle d'incidence de la voile, c'est ce qu'on appelle le calage.

Cet angle est fixe et déterminé par le constructeur une fois pour toute.

En vol, il est possible de faire varier l'angle des élévateurs avant par un afficheur sur les élévateurs de certaines voilures comme en Tandem ou en Voile contact.

Cette modification de l'angle de calage s'accompagne d'une déformation du profil et rend la voile plus sensible aux fermetures frontales, elle est rarement employée, et la voile doit être désaffichée pour l'atterrissage.

Le calage de la voile est donné par le constructeur soit dans un jeu complet de dimensions pour l'ensemble des suspentes, soit comme une différence de longueur depuis un groupe d'élévateur à l'autre : des A à B, de B à C, de C à D.



Pour les voilures qui ne possèdent pas une longueur identique des suspentes dans la même rangée, le calage de la voile doit être donné sous forme de jeu complet de dimensions pour chaque suspente.

Généralement les suspentes appartenant à un même groupe ont des dimensions identiques, par conséquent les spécifications données pour une longueur de suspente à l'extrémité, la longueur des commandes de freins, le point de freinage, et les longueurs des brins de commandes supérieurs et inférieurs sont suffisantes pour déterminer toutes les dimensions du cône de suspension.

Les côtes nominales doivent inclure les marges de tolérance totales à ne pas dépasser sur la totalité de la longueur d'une suspente ou commande mesurée.

Note : la longueur mesurée doit être prise, depuis le point d'attache de la voile dans le but d'éviter des problèmes dus à la longueur des pattes d'attache, du type de nœud d'attache, etc, et doit être réalisé sous tension à environ 5 à 7 kilos.

Ces mesures prennent en compte les longueurs de commandes de freins depuis le bord de fuite jusqu'aux poignées de commandes, et lorsque les suspentes ont des ramifications (pattes d'oies).

Des variations de longueur de suspentes peuvent se produire au fil des sauts, il est normal et prévisible que les suspentes s'allongent sous la charge, alors qu'un certain degré de variation par rapport aux côtes nominales peut s'anticiper, le degré de variation doit rester dans les marges de tolérance.

Le degré d'allongement ne dépend pas seulement du contenu de la fibre, mais aussi de la géométrie de la suspente tressée. Dans la plupart des cas, les suspentes associées avec le

caisson central montreront plus d'allongement que les suspentes associées aux derniers caissons, et les suspentes « A » montreront plus d'allongement que les suspentes « D » sur la même cloison.

L'allongement peut être divisé en deux types. Le premier est l'allongement total de tout le suspentage comparé aux dimensions originales, et le second est l'allongement différentiel entre des suspentes séparées à l'intérieur du même cône.

Aucun des deux types d'allongement n'a d'un quelconque intérêt, excepté si le différentiel est en dehors des marges de tolérance.

Cette tolérance pour l'allongement total est de 1,5 % de la longueur de base, tandis que la tolérance pour le différentiel d'allongement est de 1% de la longueur de base.

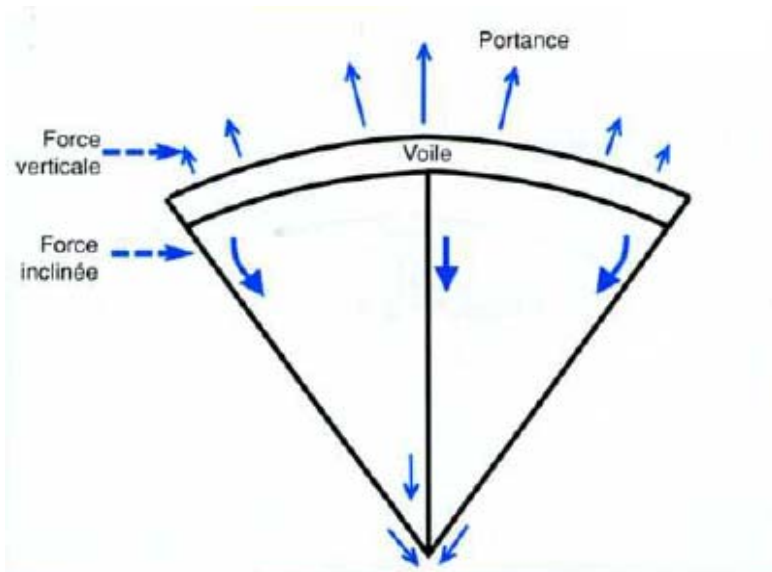
#### PROCÉDURE DE MESURE :

Voici une méthode qui peut être employée et qui doit être respectée pour rester précise.

Par exemple les mesures qui sont prises sous trop de tension peuvent produire une erreur de mesure mais peuvent également produire une voilure qui tourne si trop de mise en tension a été appliquée de manière asymétrique.

1. Étaler la voile sur une surface plate et propre, de préférence une table, à environ 1 mètre du sol, pour faciliter la suspension, avec le bord d'attaque de la voile faisant face au sol et les freins relâchés (configuration de vol bras haut).
2. Attachez le groupe d'élévateurs gauches en bout de table et laissez le groupe d'élévateurs droit de côté.
3. Avec vos doigts, relâchez la boucle d'attache de la suspente centrale « A » afin d'insérer un maillon rapide inox n° 4 à travers l'œil du strapping à l'extrémité finale de la suspente et appliquer une tension de 5 kg. Cela peut être réalisé de manière facile et uniforme en suspendant du poids en dessous du bout de la table, permettant à la charge de retirer le « mou ». L'utilisation d'une poulie en bout de table minimisera les effets de friction sur la tension prévue. L'intention première qui est recherchée est toute simple : retirer le mou de la suspente en appliquant l'exacte tension. Attention : l'utilisation d'une masse supérieure que celle prescrite causera une erreur de mesures, et peut en fait « forcer » une bonne voilure à sortir de son calage !
4. Les mesures de calage qui seront prises sont la distance du rayon extérieur de la suspente telle qu'elle passe autour de la fin du maillon d'élévateur jusqu'à l'extérieur du rayon de la suspente telle qu'elle passe à travers l'intérieur du maillon de connexion relié au poids en bout de la suspente où arrive la voile.
5. Répéter la procédure pour toutes les suspentes du groupe d'élévateurs gauches.
6. Positionner les demi-freins et mesurer la distance entre la suspente de base A et le bord de fuite.
7. Vérifier la marque du cabillot qui devrait consister en la distance spécifiée entre l'extrémité basse du pontet de demi-freins jusqu'à l'extrémité de la commande de manœuvre.
8. Répéter les étapes 1 à 7 sur le groupe d'élévateurs droits.

Le calage par groupe de suspentes doit être identique en longueur donnée, sauf quand les voilures mixent des suspentes directes avec des suspentes centrales (exemple Micro raven 120), à contrario une voilure comme la Decelerator 120 dispose d'un suspentage direct des centrales A et B tout en conservant les côtes nominales identiques à celles en pattes d'oies, ce qui signifie une légère déformation du profil.



Cette géométrie offre un avantage : toutes les suspentes ont la même longueur permettant à la voile de décrire un arc de cercle.

Lors de la séquence d'ouverture du parachute, les suspentes sont alors toutes en tension en même temps.

Le glisseur, les élévateurs et le harnais vont induire un lobe différent de celui qui est conçu originellement, ce lobe change en fonction des manœuvres engagées.

Les longueurs de calage doivent être mesurées depuis la couture en bas du caisson porteur jusqu'au point d'attache.

Les suspentes A, particulièrement les suspentes centrales A supportent le maximum de la charge à l'ouverture.

La longueur des suspentes est habituellement 60 % de l'envergure de la voilure.

35 % de la traînée parasitaire de la voilure est due à la traînée des suspentes, les efforts menés pour réduire la traînée avec des suspentes plus courtes réduisent le plané de la voile et accentue les problèmes de stabilité latérale de la voile.

Une erreur dans la longueur d'attache de la suspente à la voile peut avoir des conséquences sur le tissu qui par manque d'embut va encaisser le choc à l'ouverture.





## 6° Les pattes d'oies :

Le suspentage des voiles peut être effectué soit en suspentes directes soit avec pattes d'oies ou cascaded lines en anglais (2 points d'accrochage sous voile se ramifient en une seule suspenste atteignant l'élévateur) ou en ramifications multiples.

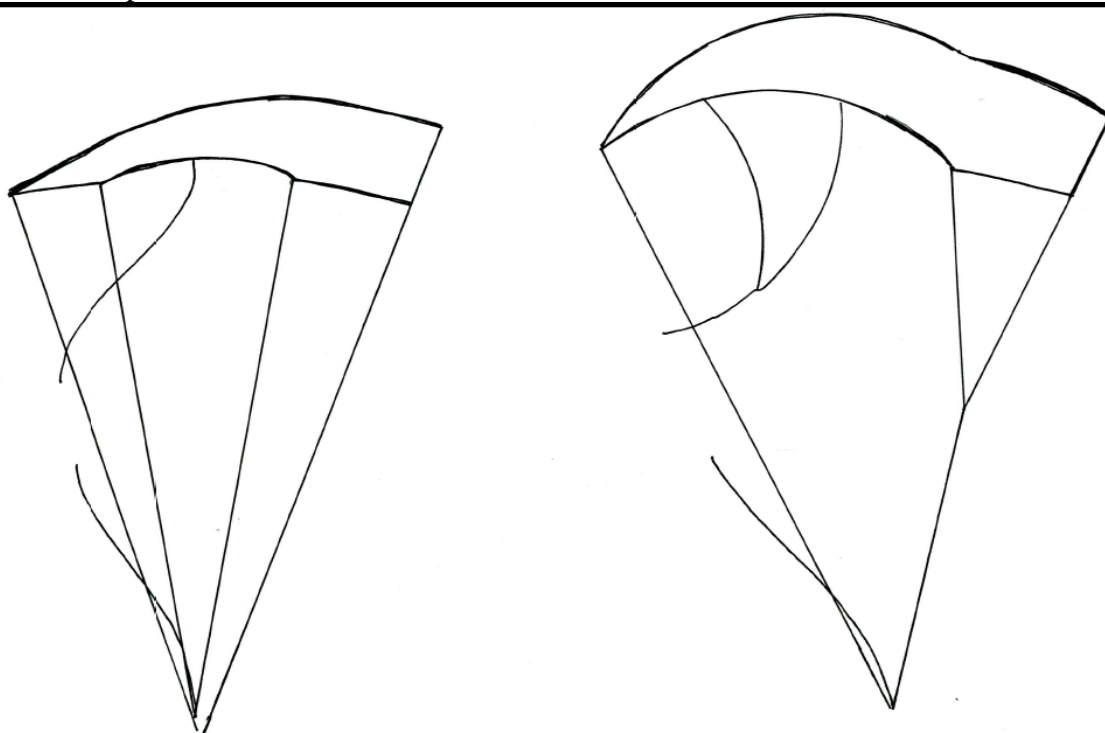
Pour limiter la traînée des suspentes directes il devient alors nécessaire de réaliser des pattes d'oies ou ramifications multiples.

Afin de réduire le poids, le volume de pliage et la traînée parasite, les suspentes sont souvent divisées en deux, c'est ce qu'on appelle les pattes d'oies.

Pour éviter un volume de pliage, le poids et une résistance plus importante, la plupart du temps les cônes de suspension utilisent le système pattes d'oies.

Une patte d'oies cassée va modifier considérablement le profil de la voile comparé à la rupture d'une suspenste directe.

---



En raison du risque de dégradation de profil de voile important, et des risques inhérents à de telles configurations, les voiles de secours sont généralement équipées de suspentes centrales directes (c'est ce qui explique la modification demandée par le Conseil Technique Permanent sur les voilures de secours Véga 180 d'avant Juin 1994).

Sur certaines voilure de secours, ce type de construction permet de résister aux ouvertures « sèches » car l'effort est mieux réparti sur des suspentes directes, ce qui explique pourquoi les voilures de secours Tandem de Performance Design sont construites en suspentes directes. Le suspentage direct a l'avantage par rapport à celui en patte d'oie de ne pas trop déformer le profil de la voile en cas de rupture.

Sur des voiles spécifiques comme en voile contact, les quatre suspentes centrales avant sont directes et de couleur vive pour un repérage plus facile permettant l'appontage afin que les parachutistes ne se prennent pas les pieds dans les pattes d'oies.

En 1994 Michel Auvray modifie le concept classique qui était d'utiliser des suspentes constituées chacune par une drisse formée de fuseaux de fils, lesdits fuseaux ayant été tressés ensemble pour former une drisse qui est ensuite aplatie.

Dans la voilure selon l'invention de Michel Auvray on utilise les suspentes constituées par des drisses définies ci-dessus et on prend comme moyen de renforcement des drisses de même

nature que celles utilisées pour former les suspentes, ce qui simplifie considérablement les moyens de renforcement, ceux ci ont une grande résistance et sont peu larges.

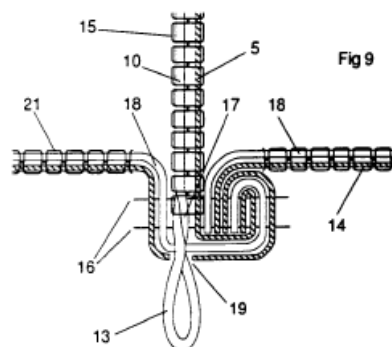
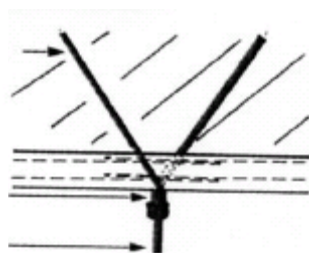
Ce système nouveau de fixation des suspentes se trouve sur les voiles de secours Techno. Les suspentes remplacent les bandes de renfort ou les triangles et sont directement fixées aux intercaissons.

On a représenté ici les modèles d'assemblage des nervures d'attache des suspentes avec la paroi d'intrados.

**Drisse de renfort en polyéthylène**

**Point d'ancrage de la suspente**

**Suspente polyéthylène**



Pas de ruban ni de quille. Ici l'avantage résulte dans une réduction supplémentaire du volume de pliage et dans l'homogénéité des matériaux utilisés.

La problématique est de remplacer le principe du galon de renfort qui grâce à sa texture et aux points de couture, diffuse l'effort progressivement entre les matériaux qui n'ont pas les mêmes coefficients d'allongement afin de ne pas concentrer les contraintes au même endroit.

Le module d'élasticité étant différent entre un galon avec deux rangs de couture et une suspente avec un seul rang de points comme c'est le cas avec les Techno, où les suspentes viennent se fixer directement par aiguilletage sur des bouclettes d'amarrage constituées par une drisse de renfort continue tout le long de la nervure. De surcroît l'intrados de la voile est renforcé par une ligne de drisse microligne cheminant entre les points de fixation.

C'est cette même drisse qui constitue les bouclettes d'amarrage en passant au travers de l'intrados par de petits trous découpés au laser. Les nervures et les renforts d'intrados sont à présent réalisés en suspente polyéthylène de 1000 ou 1500 livres selon le modèle de Techno.

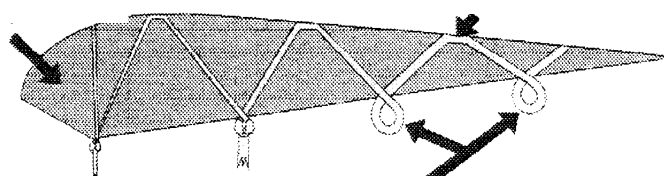
Elles étaient auparavant réalisées en optima suspente pré-étirée supposé avoir un coefficient d'allongement très faible mais dans la réalité la Techno absorbe mal les efforts créés lors du choc à l'ouverture car la fibre s'allonge.

La diffusion des efforts à l'ouverture vers le tissu de la voile est donc importante, puisque les forces sont absorbées en grande partie par le matériau qui a le coefficient d'allongement le plus important.

Ainsi les points de liaison suspentes-voiles ainsi que les suspentes de répartition des efforts cheminant le long des nervures inter-caisson doivent faire l'objet d'une vive attention tout particulièrement si la voilure a déjà subi des ouvertures violentes.

Nervure porteuse

Drisse continue du renfort de nervure

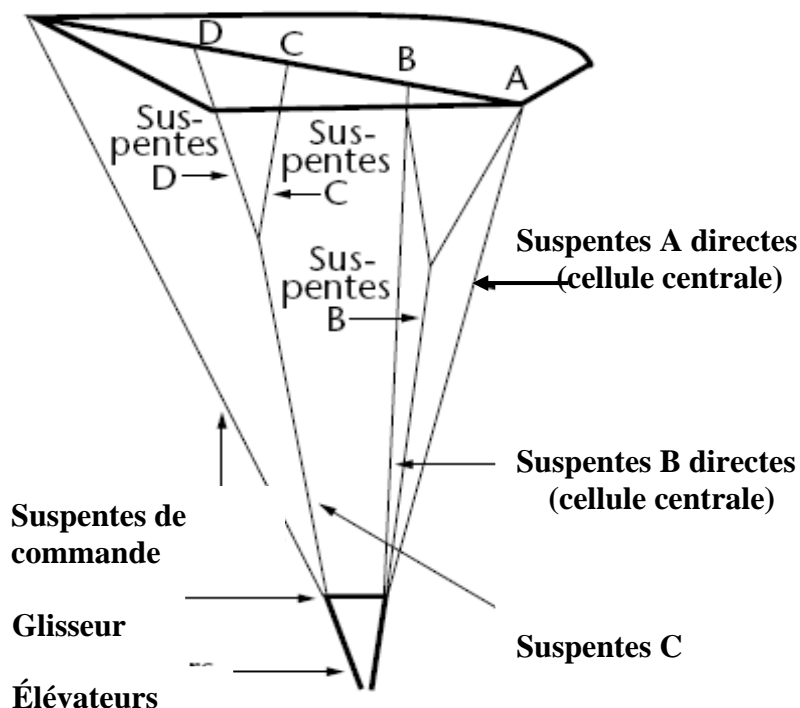


Bouclettes d'amarrage

Fixation directe

## 8° La mesure de déformation des suspentes

On peut équiper les suspentes de capteur de déformation pour indiquer leur allongement. Le but de ces recherches est d'améliorer la sécurité puisque toute suspente trop déformée sera donc rapidement détectée et changée mais le but de ces recherches est également d'optimiser les parachutes pour imaginer un jour un parachute dont la voile se modifiera en fonction des forces s'appliquant sur le tissu et sur les suspentes donc selon les phases d'ouverture et de vol.



## 9° Les commandes de freins et de manœuvre

Les commandes de manœuvre servent à diriger et moduler la vitesse horizontale de la voile, également à contrôler la montée subite de la voile à l'ouverture par un verrouillage des commandes pour guider l'arrière de la plupart des voiles.

Elles sont appelées droite et gauche, les commandes de freins sont positionnées (exception faite des voiles Tandem de chez Icarus par exemple) en tirant le bord de fuite de la voile à un point déterminé et attachées de manière temporaire avant d'être relâchées en vol pour obtenir la meilleure finesse.

Le point d'attache est choisi à une hauteur en référence au bas du bord d'attaque.

Les commandes de manœuvre sont généralement attachées au bord de fuite de la voile en deux différents groupes, droit et gauche et sont habituellement construites avec une section supérieure appelée UST (Upper Steering lines) en anglais et une section inférieure (Lower Steering Lines).

La section supérieure est constituée de deux à huit brins de commandes de chaque côté qui convergent et se rejoignent en une seule suspente de chaque côté.

Les brins de commande sont référencés chronologiquement depuis l'extérieur vers l'intérieur et sont habituellement attachés au bord de fuite, à l'intersection de la couture de chaque intercaisson.

Chaque intercaisson est aussi nommé chronologiquement (uniquement au bord de fuite) depuis l'extérieur vers l'intérieur.

Le numéro d'intercaisson et le numéro de brins de commande peuvent être différents, exemple : les commandes de freins 1, 2, 3, 4 peuvent être attachées aux intercaissons 1, 3, 5, 7



La section inférieure chemine habituellement à travers un anneau de guidage situé sur l'élévateur arrière et attachée à une poignée ou cabillot.

Les commandes et leurs brins de manœuvre doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Une bonne résistance à la rupture pour encaisser les efforts d'ouverture répétés.
- Une bonne résistance à l'abrasion (usure due au frottement), les suspentes sont particulièrement exposées lors du délovage et du pliage (si l'on tire le sac vers soi en les faisant traîner au sol).
- Une élasticité contrôlée pour maintenir la voile bien en forme avec un calage constant.
- Une bonne tenue aux variations de température et d'humidité, les voilures étant exposées pendant les sauts et lors de leur stockage à des conditions très variables.
- Un faible diamètre pour réduire la traînée aérodynamique et le volume plié.

La structure des suspentes est de deux types :

Tressée et creuse : ce sont des brins d'une fibre donnée, tressés directement.

**Matériaux utilisés :** les matériaux employés pour la confection des suspentes sont désignés par le type de fibre (polyester, polyéthylène...) ou par un nom commercial (kevlar, Optima..). les plus utilisés sont regroupés dans le tableau ci-dessous

En vieillissant, une suspente tend à s'allonger, puis très vite à se raccourcir. Pré-étirer les suspentes réduit ces effets, en particulier l'allongement. Mais à terme, le raccourcissement est inévitable.

NOM DE LA SUPENTE	Type	Matériau de base	Traitement	Résistance à la rupture	Exemple de voilures concernées
Optima	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	240 daN	BT PRO-MERIT
Optima	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	330 daN	Techno 1 <sup>ère</sup> génération
Dacron	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	315 daN	CONTACT-PROFIL
Dacron	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	270 daN	ONYX
Dacron	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	360 daN	VEGA 220
Spectra Microline	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	240 daN	STILETTO SPECTRE
Spectra Microline	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	330 daN	STILETTO SPECTRE
Spectra Microline	Tressée creusée	Polyéthylène	Pré-étirée	450 daN	STILETTO SPECTRE
kevlar	Tressée creusée	Aramide	Pré-étirée	De moins en moins utilisé, malgré une bonne résistance, car sensible à l'abrasion	

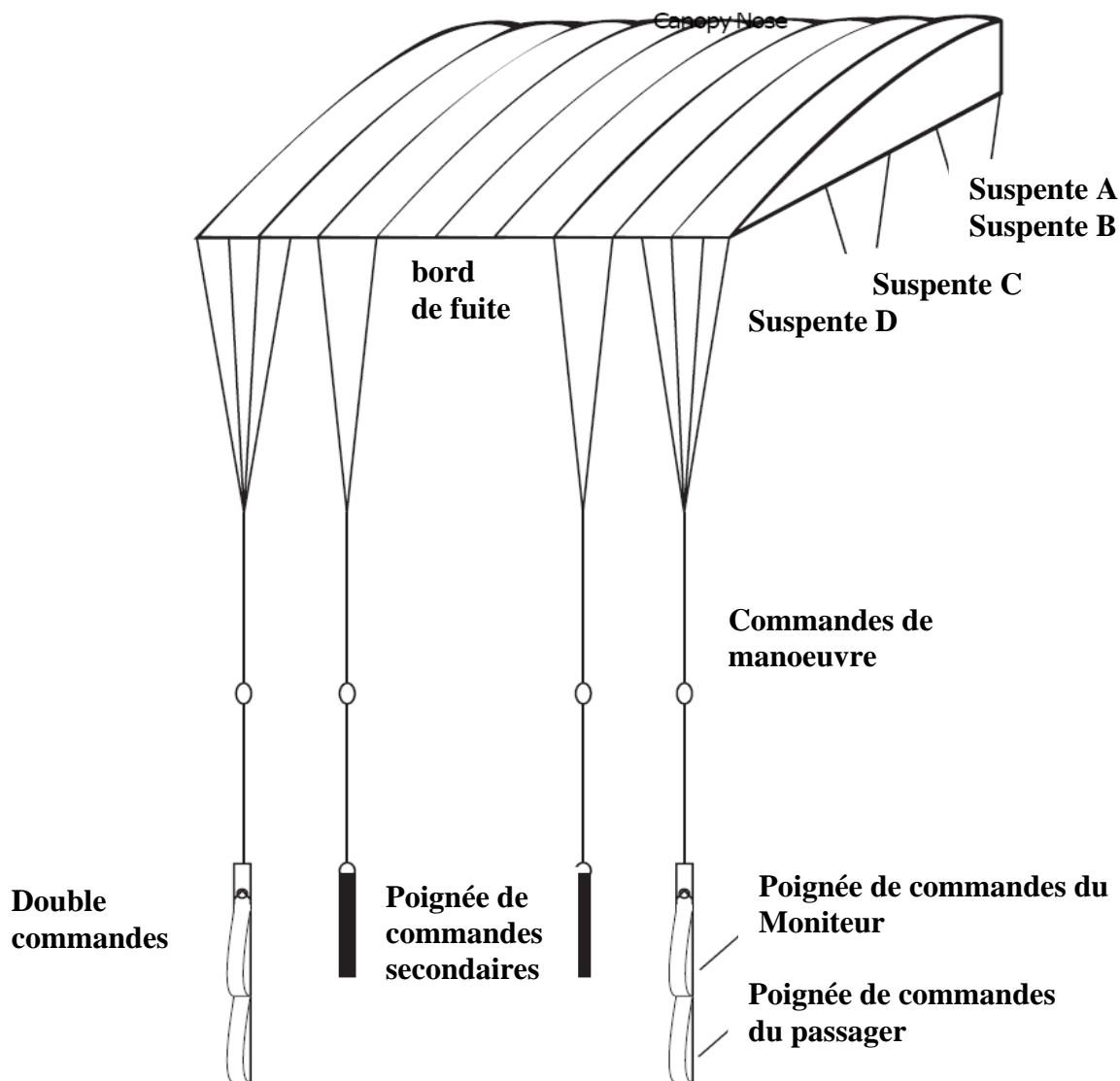
**ATTENTION :** les configurations à brins de commande supérieures de longueur inégale favorise les clés aux commandes lors de la phase d'ouverture.

Certaines voilures comme la Triathlon standard n'ont pas d'attache de brin de commande supérieure dans l'angle du bord de fuite afin de permettre un échappement d'air destiné à diminuer le choc à l'ouverture et de meilleurs posés.

### Dispositif de freinage

La section inférieure droite et gauche chemine habituellement dans un anneau de guidage à l'arrière de l'élévateur correspondant et se verrouille à un cabillaud (poignée) de contrôle des commandes de manœuvre. Une double implantation de commandes existe sur certaines voiles principales Tandem (PF, Icarius et PD).

Dans cette configuration un jeu sert à la libération des demi-freins et le pilotage sous voile aux coins de la voilure tandis qu'une autre suspente indépendante, parfois dédoublée est reliée à l'intérieur du bord de fuite.



Ceci a pour but d'avoir une voile plus répondante durant le vol avec peu de pression car moins dure grâce aux commandes prises uniquement sur les caissons latéraux, tout en conservant une plus grande efficacité à l'arrondi en agissant alors sur l'ensemble du bord de fuite avec le double jeu de commandes.

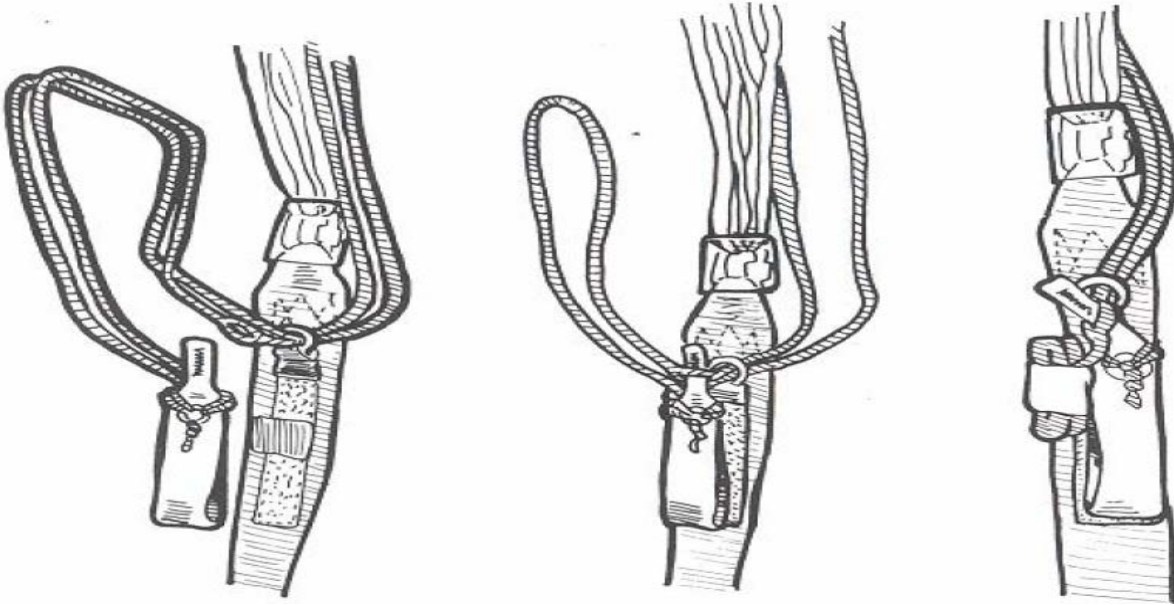
Ce montage permet en cas de rupture d'une commande de se diriger, en effet du fait de la surface importante de la voile et de la charge sous voile, il est impossible de se diriger aux élévateurs arrières.

Sur les voiles Sabre 190 il existe un mode particulier de configuration des commandes de manœuvre.

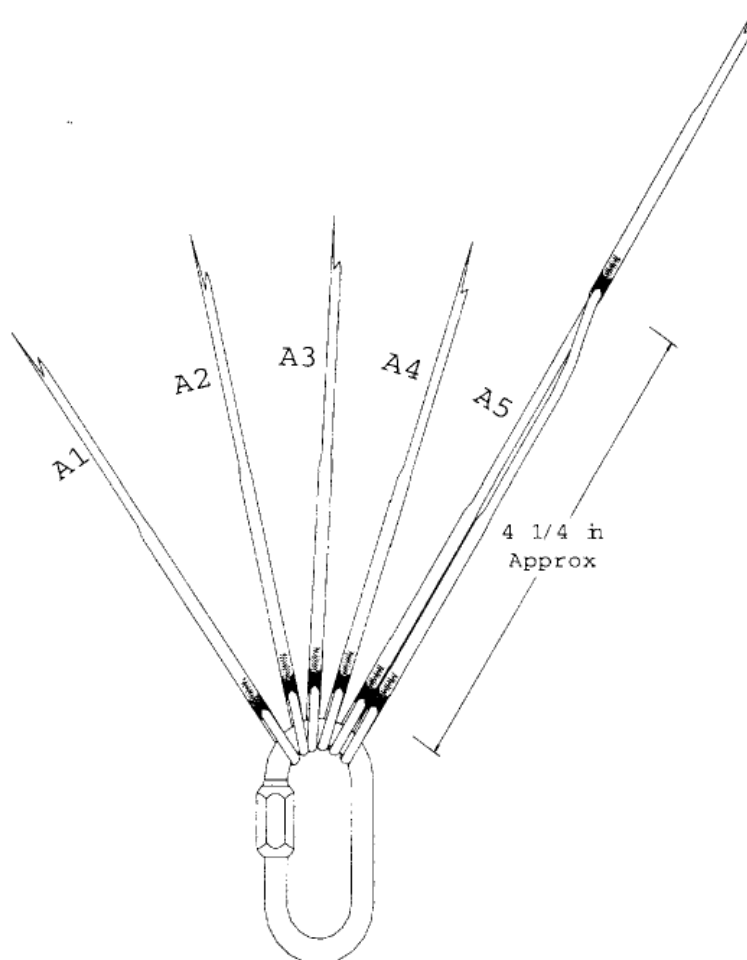
La suspente la plus intérieure est montée directe depuis la poignée de commande sur l'élévateur jusqu'au bord de fuite, cette suspente indépendante n'est pas bloquée au moment du pliage, ce qui permet que les efforts soient moindres lors de l'ouverture.

Cette configuration avait été trouvée pour résoudre des problèmes de chocs à l'ouverture violents sur cette voileure au début des années 90.

Certaines voilures comme les Spark 190,210 et 230, sont équipées avec des doubles commandes de freins.



## 10° La suspente sacrifiée



Le but de cette extrémité de suspente rajoutée est d'offrir une protection supplémentaire contre l'œillet du glisseur, entre le maillon de connexion et les suspentes extérieures de la voile. Dans le cas d'usure de cette suspente, elle peut être retirée et remplacée par une autre suspente sacrifiée.

## L) LES PHASES D'OUVERTURE

Pour pouvoir décrire les phases d'ouverture d'une façon précise, il faut trouver un accord pour une terminologie commune.

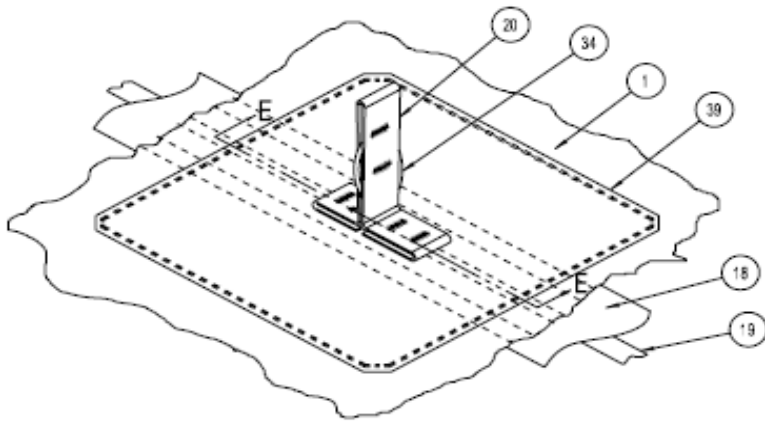
La première phase de l'ouverture, quand la voile parvient à la fin des suspentes, s'appelle l'étalement.

La seconde phase de l'ouverture quand la voile est au-dessus de la tête du parachutiste mais le glisseur n'est pas descendu s'appelle la temporisation.

La dernière phase de l'ouverture quand le glisseur descend le long des suspentes et que les caissons se remplissent, est constituée par la mise en pression.

## M) LE POINT D'ANCRAGE DE LA VOILURE

Toutes les voilures principales et quelques voilures de secours possèdent un point d'ancrage central :



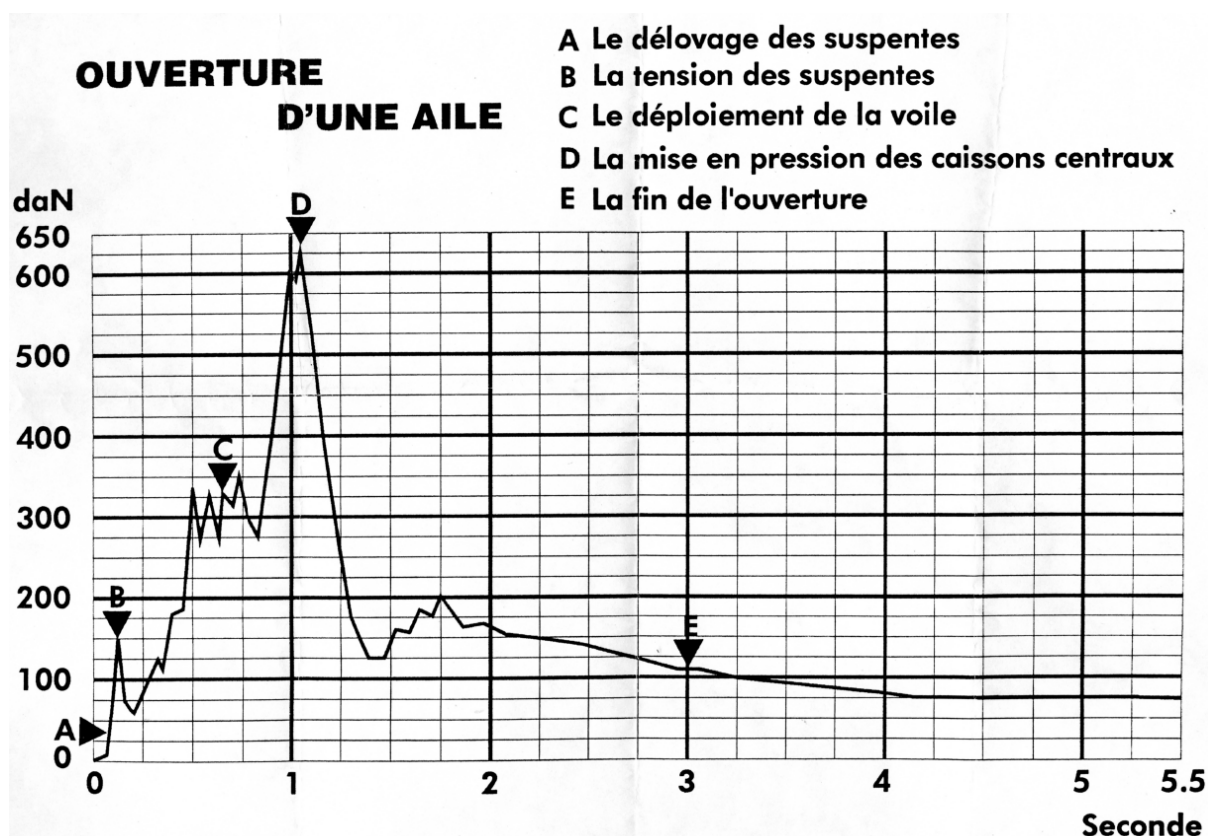
Quand il est mal construit l'accrochage de ce point central peut s'arracher, les conséquences d'une faiblesse de montage (manque de renfort) entraînent des décousures pouvant provoquer la désolidarisation totale de l'estrope et la perte de la ligne d'extraction.



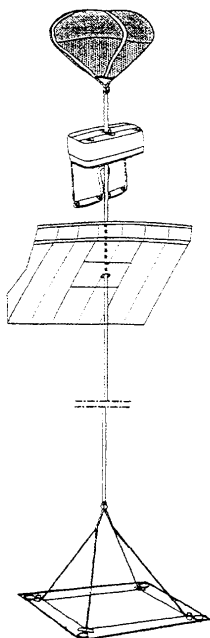
Certaines voilures de Strong possèdent une double drisse répartie de chaque côté du caisson central, qui a la même fonction.



## CHAPITRE III : LES DISPOSITIFS DE TEMPORISATION



### A) LE REEFING



Le reefing est une drisse qui passe au travers de la voile. A l'extrémité supérieure est fixé l'extracteur, à l'extrémité inférieure se trouve :

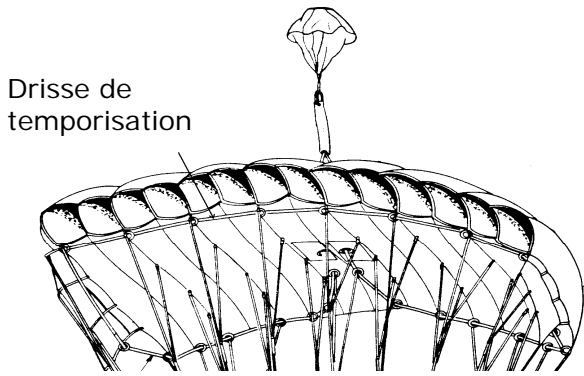
- soit un croisillon formé par deux sangles cousues portant à chaque extrémité un anneau ;
- soit un glisseur.
- soit les deux.

Dans les quatre anneaux passent les quatre faisceaux de suspentes correspondant aux quatre élévateurs. Lors du pliage, le croisillon ou glisseur étranglera la voile, et le ralentissement de sa descente sera garanti par l'extracteur ainsi que par le glisseur lorsqu'il y en a.

### B) LA DRISSE DE TEMPORISATION

La drisse de temporisation passe dans des anneaux placés sur le dessus et ressort par le milieu de l'extrados ou passe par des anneaux sur le pourtour de l'intrados et ressort par le milieu de la voile. Les extrémités sont jointes par un maillon rapide, enserrant également le pied de l'extracteur.

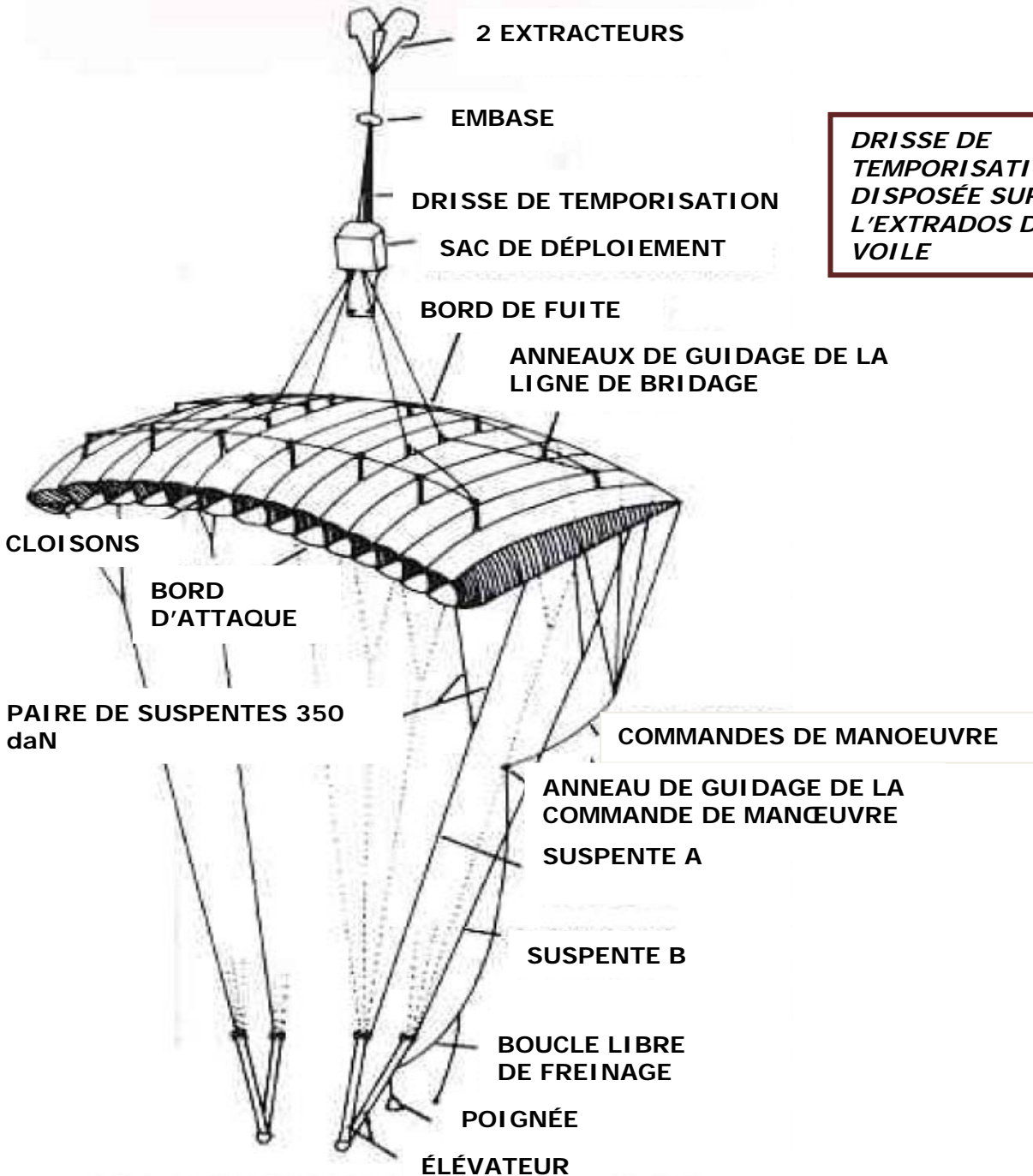




Drisse de temporisation

**DRISSE DE TEMPORISATION  
DISPOSÉE SUR LE BORD  
D'ATTAQUE**

Au pliage, la drisse est tendue puis lovée sur des volets cousus sur les rabats latéraux du sac dorsal. A l'ouverture, la drisse se délove, sous la traction de l'extracteur, qui va ensuite ralentir l'étalement de la voile étranglée par la drisse.



**DRISSE DE  
TEMPORISATION  
DISPOSÉE SUR  
L'EXTRADOS DE LA  
VOILE**

### C) GLISSEUR (Freins aérodynamique d'ouverture)

Inventé par J. Floyd Smith en 48 et adapté alors sur des hémisphériques, il a été réactualisé sur les ailes par Greg Yarbenet dans les années 70 lors d'essais pour Pioneer.

On retrouve aujourd'hui des glisseurs de 44 m<sup>2</sup> sur des voilures transportant des charges extrêmement lourdes.

Le glisseur est constitué d'une toile de tissu dont une face forme un intrados, la toile peut être plane ou en forme de cloche, le glisseur comporte sur son contour une pluralité d'œillets métalliques destinés à être traversés par des groupes de suspentes du parachute et/ou des commandes de manœuvre.

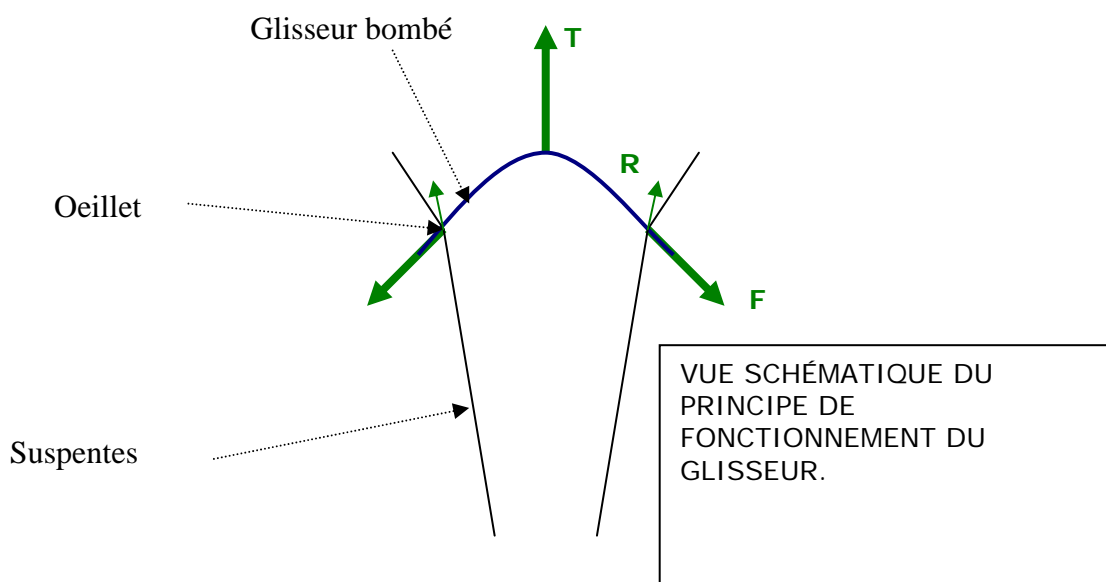
Le glisseur a un contour carré ou rectangulaire et les œillets sont disposés aux angles du contour, mais d'autres formes peuvent être utilisées comme par exemple des formes de polygone.

La taille et la forme du glisseur définissent le réglage de l'ouverture d'une voile, Verticalement, la traînée ralentit la chute du glisseur, horizontalement le glisseur oppose un frein à l'écartement des suspentes, un glisseur ne peut donc pas être changé sans influencer sur la phase d'ouverture.

Lors de l'étalement de la voile, les suspentes vont exercer sur le glisseur une traction.

- Dans le plan horizontal, la résistance mécanique du glisseur va s'opposer aux tractions des différents groupes de suspente, et donc à l'étalement de la voile, c'est pour cela qu'un glisseur doit être résistant et doit être galonné, il supporte un effort important en traction.
- Dans le plan vertical, la traînée aérodynamique générée par le vent relatif sur le glisseur va s'opposer cette traction empêcher ou ralentir la descente du glisseur

Note : la friction du glisseur sur les suspentes lors de la descente contribue également à ralentir son mouvement, pour cette raison le coefficient de frottement peut être augmenté pour ralentir les ouvertures, en choisissant des suspentes en dacron, en lieu et place du microline par exemple.



C'est le dispositif de temporisation d'ouverture le plus utilisé. L'optimisation de la surface du glisseur conditionne de manière importante le contrôle de la phase d'ouverture.

Système simple formé d'un rectangle de tissu plein ou évidé bordé d'une sangle de renfort type 12 (540 daN), muni de quatre anneaux ou œillets en laiton ou en acier inoxydable dans

lesquels passent les quatre faisceaux de suspentes et de commandes correspondant aux quatre éleveurs.

Ce système permet de réduire drastiquement les chocs à l'ouverture, sans ce dispositif le sport parachutiste ne serait pas aussi développé qu'il l'est actuellement, cependant le glisseur est soumis à de fortes contraintes. Après le largage mais avant le déploiement de la voile du parachute, le dispositif est déployé automatiquement pendant une phase de temporisation pour freiner la descente du parachute et permettre un déploiement de la voile à une vitesse suffisamment faible, puis est rétracté après déploiement complet de la voile du parachute.

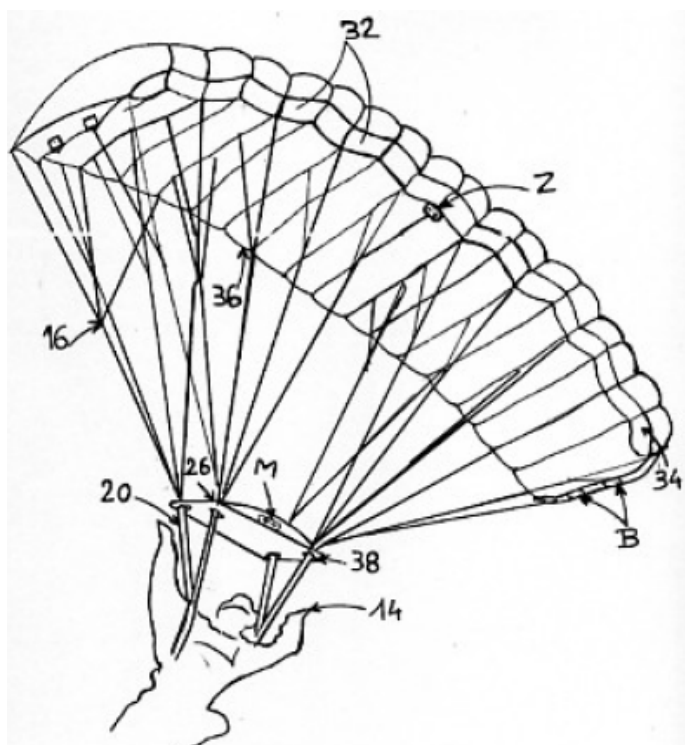
Plus particulièrement dans un parachute, le parachutiste est suspendu à la voile par une pluralité de suspentes, ces suspentes ont leurs extrémités supérieures fixées à une partie inférieure de la voile, les points de fixation étant répartis sur cette partie inférieure.

Les extrémités inférieures des suspentes sont réunies en plusieurs groupes, chaque groupe de suspentes étant relié au parachutiste par un éleveur.

Le glisseur est intercalé entre la voile et le parachutiste.

Pendant la temporisation, le flux aérodynamique exerce une pression sur l'intrados du glisseur ce qui restreint le flux d'air entrant dans la voile et permet une ouverture progressive de celle-ci à basse vitesse.

Dans certains cas, particulièrement quand la vitesse en chute libre devient importante, le glisseur en condition d'utilisation a tendance à se positionner de manière oblique sous la voile, de sorte que son action de ralentisseur peut être significativement diminuée, voire inexistante. Il s'ensuit que la voile du parachute peut s'ouvrir brutalement. Pour éviter cette situation éric Fradet a développé en 2004 un dispositif expérimental par aimantation permettant le maintien du glisseur à l'intrados pendant la phase d'étalement pour améliorer le positionnement du glisseur.



Il consiste à un aménagement d'aimant permanent (Z) disposé sur l'intrados de la voile, combiné à un aménagement d'au moins un élément magnétique (M) sur le glisseur, qui est attiré au premier aimant permanent.

Le dispositif garantit ainsi que le glisseur ne sera pas chassé avant que la toile de tissu ne prenne la forme de dôme durant cette phase d'étalement précédant la phase de gonflage de la voile, comme c'était parfois le cas dans l'art antérieur.

Lors du déploiement de la voileure du parachute, les suspentes tendent à s'éloigner les unes des autres, ce qui a pour effet de désaimanter le dispositif et de chasser le glisseur vers la charge où il est rétracté.

Performance Design a travaillé sur le même concept avec un principe de pression.

Les glisseurs sont fabriqués avec des œillets en acier inoxydable ou en laiton (voilures de secours), plus rarement avec une couche de nickel.



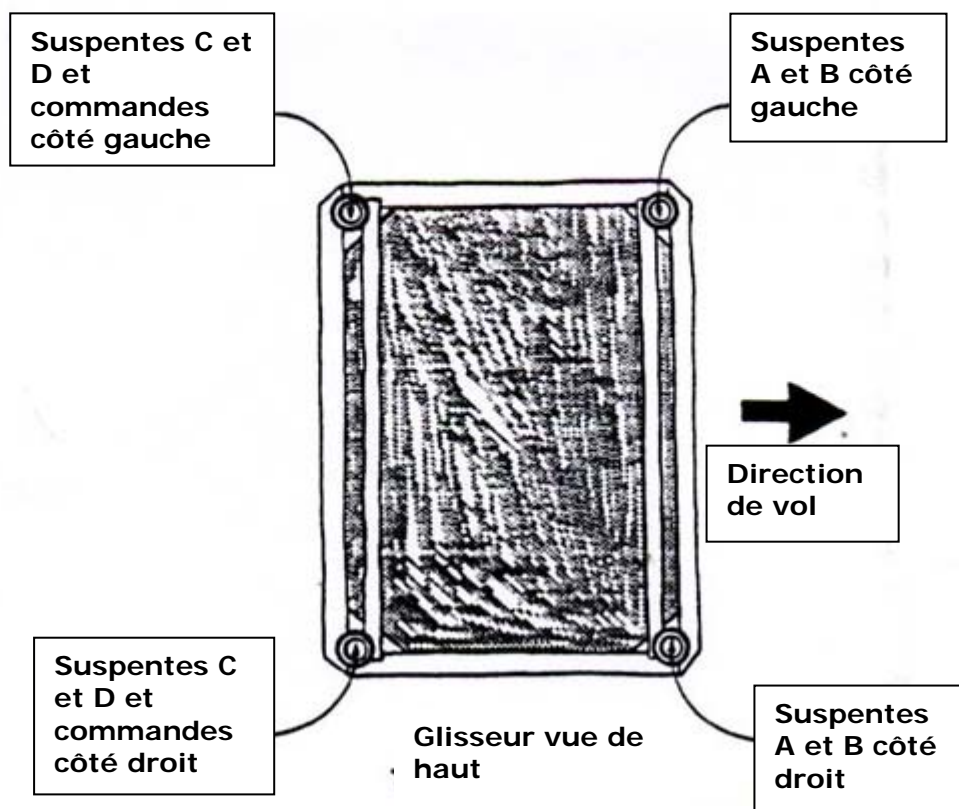
Les œillets en inox équipent la majorité des glisseurs de voileure principale. Les œillets en laiton présentent l'avantage d'être plus légers et donc d'assurer une descente plus douce avec moins de vitesse et d'inertie que les œillets en inox qui eux sont plus résistants. Precision Aerodynamics les a longtemps utilisés pour cet avantage.



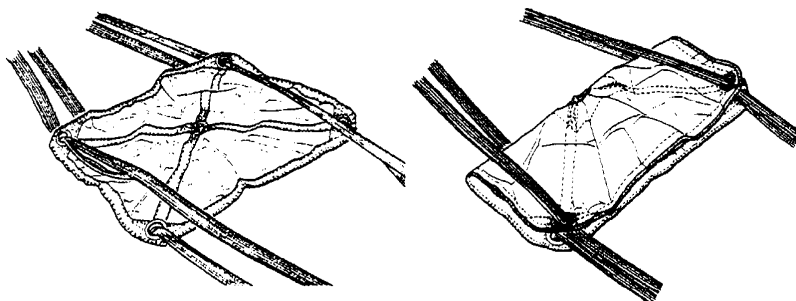
**Note :** à la construction lors du montage sur le glisseur, le sens de sertissage des œillets en inox est généralement inversé par rapport aux œillets en laiton.

A noter que l'on trouve un glisseur nommé le SE Slider de Strong Enterprises qui équipe les voilures Tandem et qui a la particularité d'avoir des œillets séparés supplémentaires destinés à recevoir seulement les commandes, dispositif que l'on retrouve sur les voilures EZ et certaines PD.

Bien que d'autres systèmes ont existé et continuent à être développés pour l'armée ou pour le retour des charges depuis l'espace, le glisseur est la méthode préférée pour étager et ralentir la séquence d'ouverture.

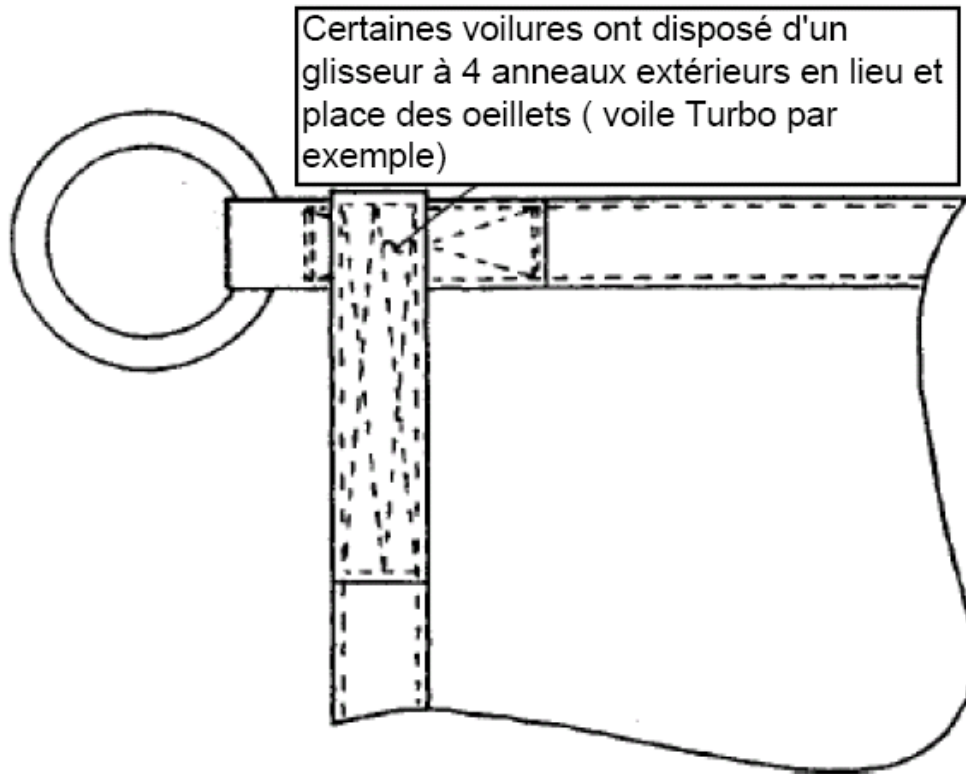


Au pliage, le glisseur est remonté jusqu'en haut du cône de suspension qu'il étrangle. Pour s'épanouir, l'aile devra chasser le glisseur vers le bas. Le glisseur résiste, poussé par le vent relatif et par friction sur les suspentes, le déploiement est temporisé et progressif.





Certains glisseurs comme celui de voilures de secours Strong ainsi que sur les voilures principales de PA, possèdent un anneau en lieu et place des œillets :



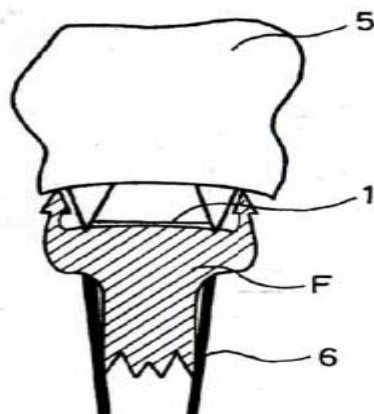
Il existe différents type de glisseurs :

#### **D) LES FORMES OU DISPOSITIFS ADOPTÉS POUR RALENTIR LA PHASE D'OUVERTURE :**

Le système de glisseur conventionnel est alors modifié pour retarder de manière aérodynamique sa propre descente le long des suspentes avec un coefficient de résistance augmenté sans réduction de dimension.

Le but est de prolonger le retard aérodynamique du gonflement de la voile sous l'effet du flux d'air entrant en surpuissance dans les caissons.

On a représenté symboliquement le parcours des filets d'air F pendant une phase de temporisation, l'air qui sort du glisseur 1 contourne l'intrados 2 pour repartir verticalement et gonfler la voile 5 comme visible sur la figure 1.



**FIG\_1**



### 1° Glisseur « Cloche » :

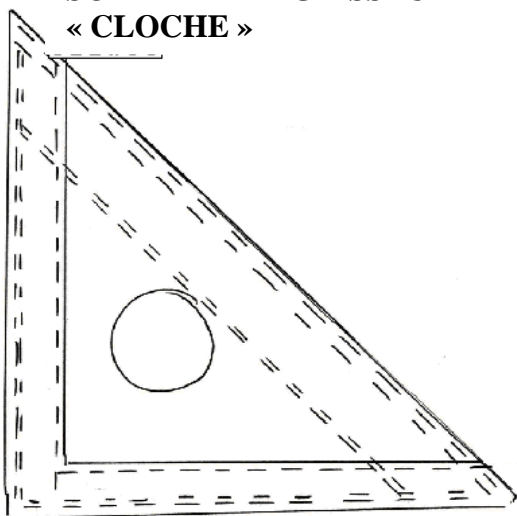
Les glisseurs « cloches » sont préférés aux glisseurs à défecteur pour ralentir la phase d'ouverture, on les retrouve sur les voilures Tandem, sur certaines Springo.

Identique au glisseur classique, il ne diffère que par l'embu de tissus permettant d'augmenter le coefficient de forme.

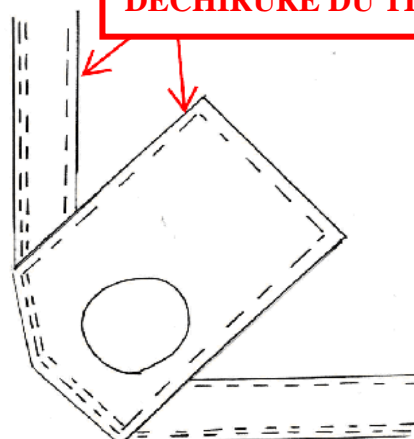
Sa construction demande un renforcement à cause de l'effort conséquent dû à la poche d'air.



CONSTRUCTION DE RENFORT D'ŒILLET QUI SOLIDIFIE LE GLISSEUR « CLOCHE »

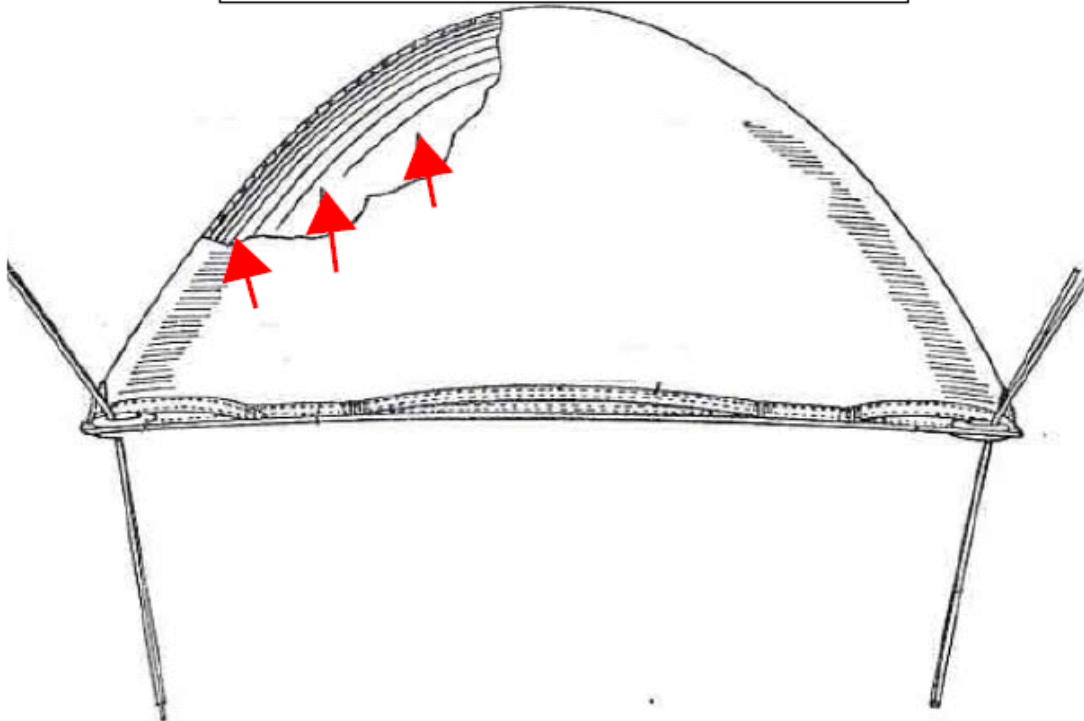


CONSTRUCTION DE RENFORT D'ŒILLET INSUFFISANT SUR GLISSEUR CLOCHE. RISQUE DE DÉCHIRURE DU TISSU

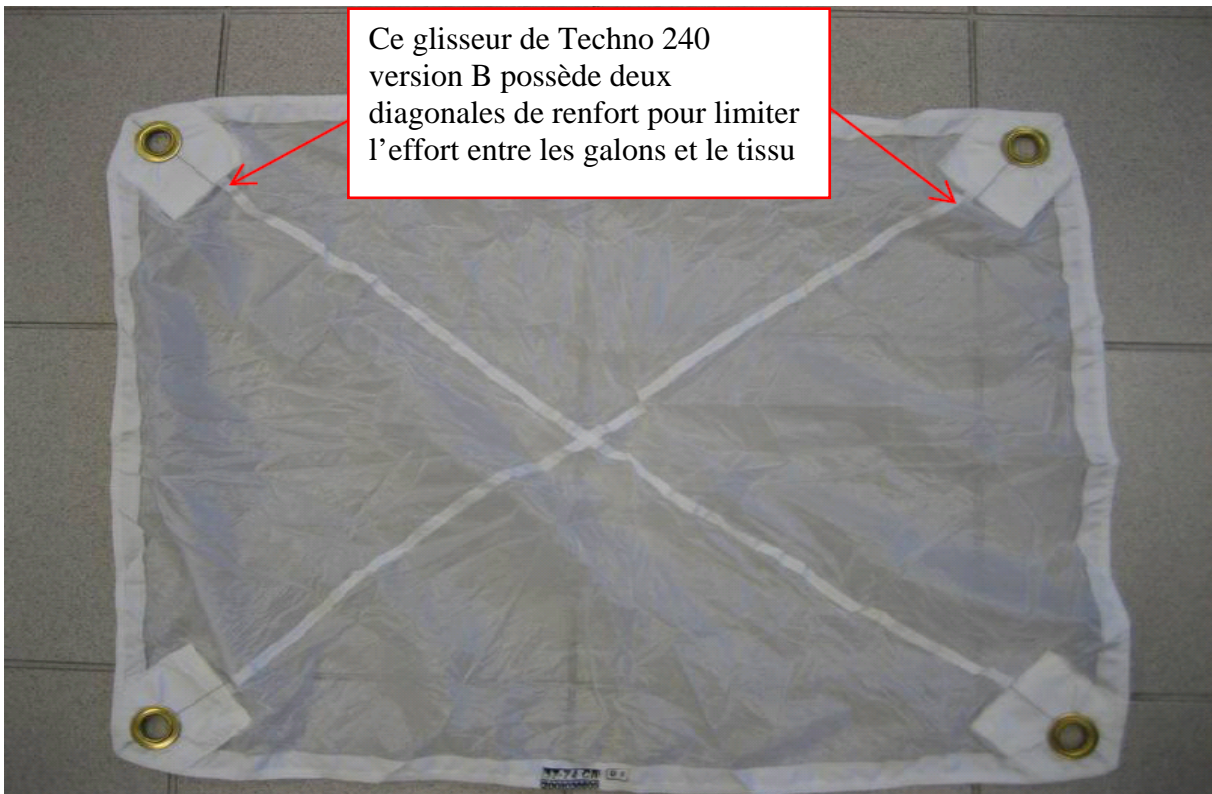


Ce type de glisseur se trouve généralement sur les voiles principales Tandem, il a été employé sur la Techno 240 version B.

**Glisseur Cloche, effort matérialisé à l'ouverture**



Ce glisseur de Techno 240 version B possède deux diagonales de renfort pour limiter l'effort entre les galons et le tissu

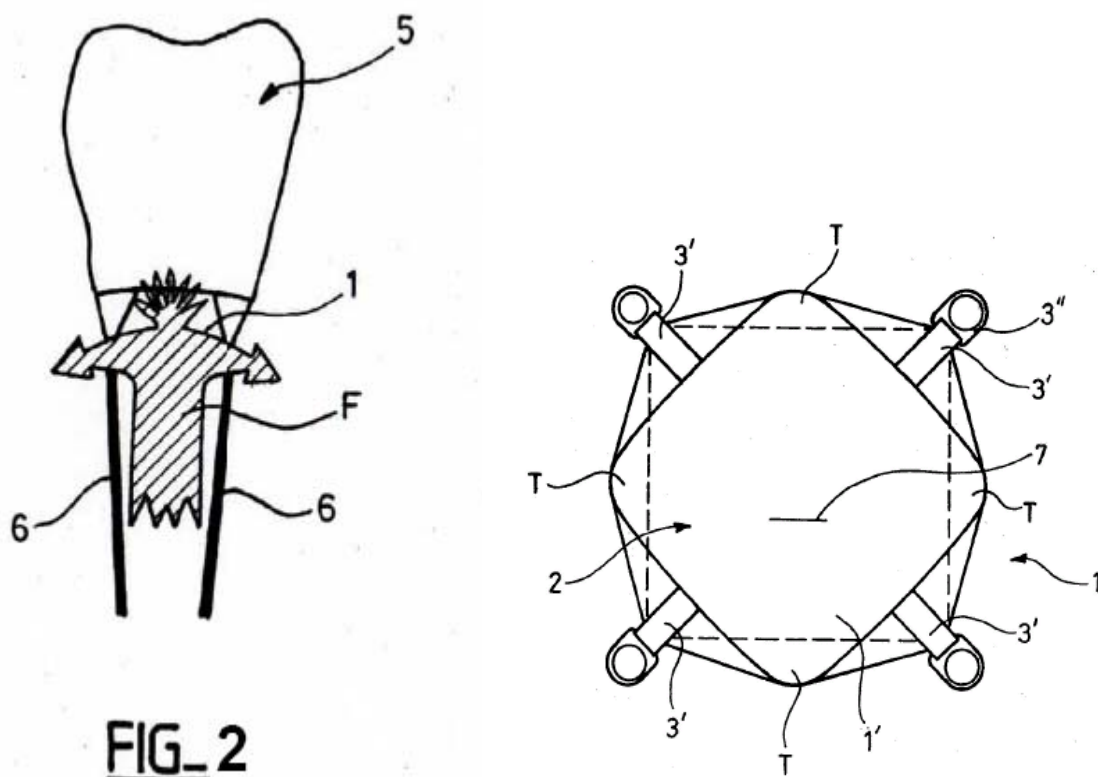


## 2° Glisseur à tuyères pour parachute.

Breveté en 2001 par Michel Auvray, il comprend une toile en forme de cloche ayant une face formant un intrados (2), la toile est bordée du côté de l'intrados par un ourlet périphérique fixé à la toile par une pluralité de points de fixations (3) éloignés les uns des autres d'une distance suffisante pour que l'ourlet périphérique baille entre les points de fixation (3) sous l'action d'un flux d'air dirigé en direction de l'intrados (2). Cet agencement permet d'obtenir une ouverture progressive de la voilure du parachute à haute altitude.

Cette disposition a été prise pour lutter contre les situations où le glisseur ne reste pas en place dans la phase d'étalement de la voile et présente un angle avec l'intrados, de sorte qu'il ne prend pas la forme de dôme.

Dans la figure 2 les filets d'air F plaquent le glisseur 1 en extrémité supérieure des suspentes 6 qui sont fixées à la voilure 5, l'air est canalisé radialement par les tuyères formées par l'ourlet périphérique qui baille de sorte qu'il contourne la voilure 5 sans pénétrer à l'intérieur.



**FIG\_2**

## 3° Glisseur à déflecteur :

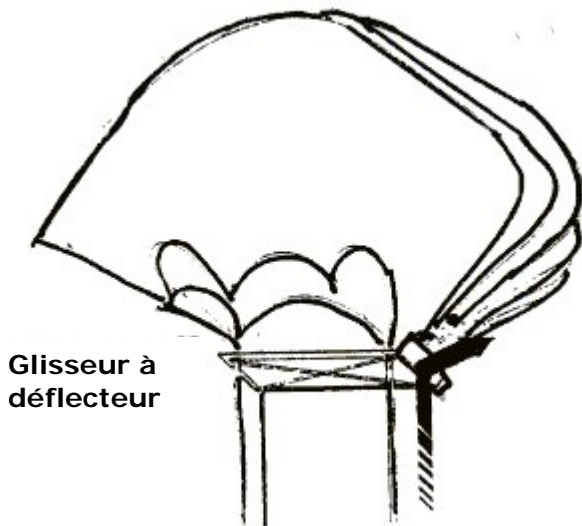
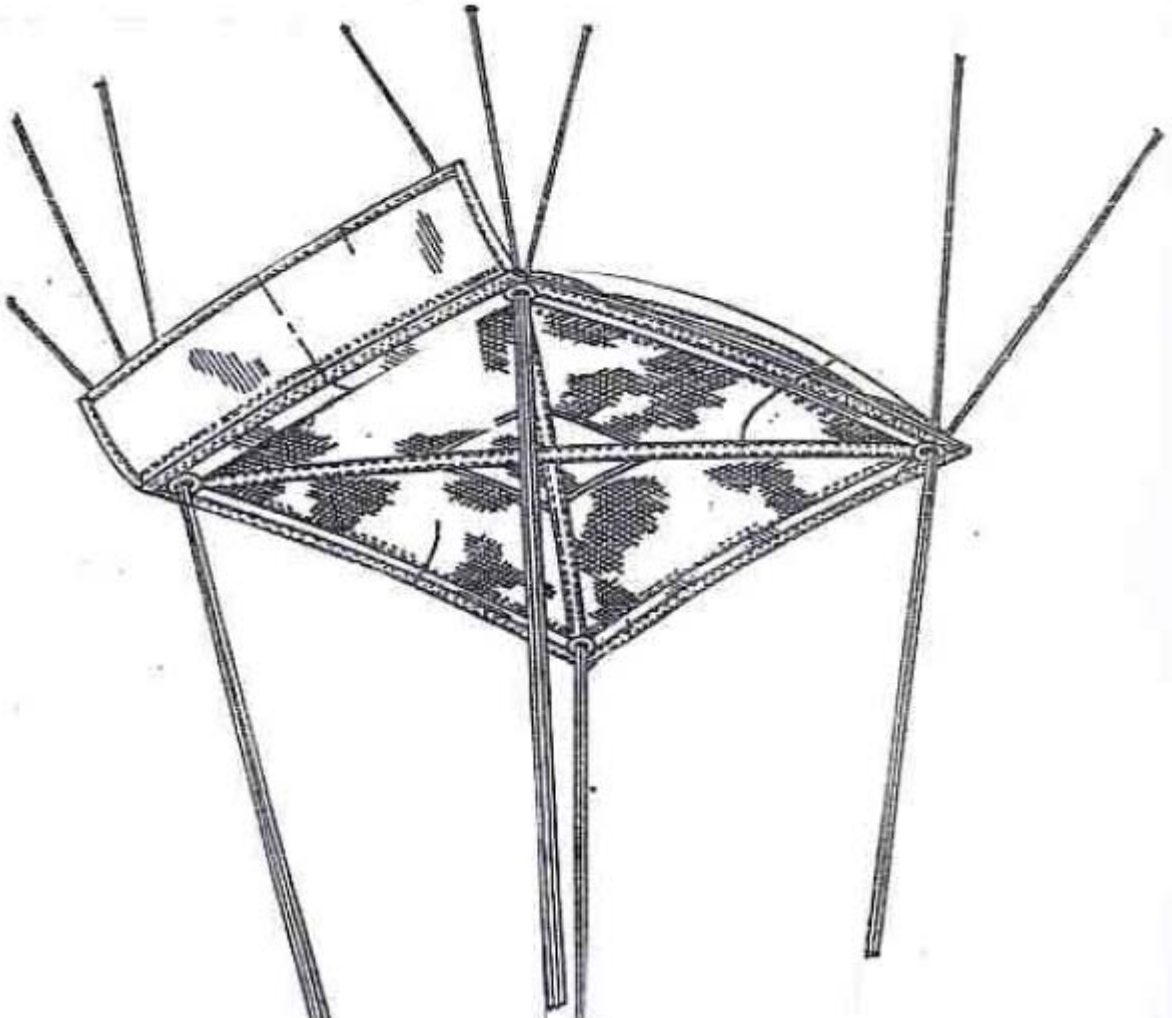
Para-flite en 1986 commercialise un glisseur à déflecteur, il s'agit d'une bande de tissu disposée sur le glisseur du côté du bord d'attaque de la voile, destiné à détourner l'air qui alimente l'avant de la voile pendant l'ouverture afin de ralentir celle-ci.

Le déflecteur (ou volet de déflexion), dévie aérodynamiquement le flux d'air entrant dans le bord d'attaque pour gonfler la voile.

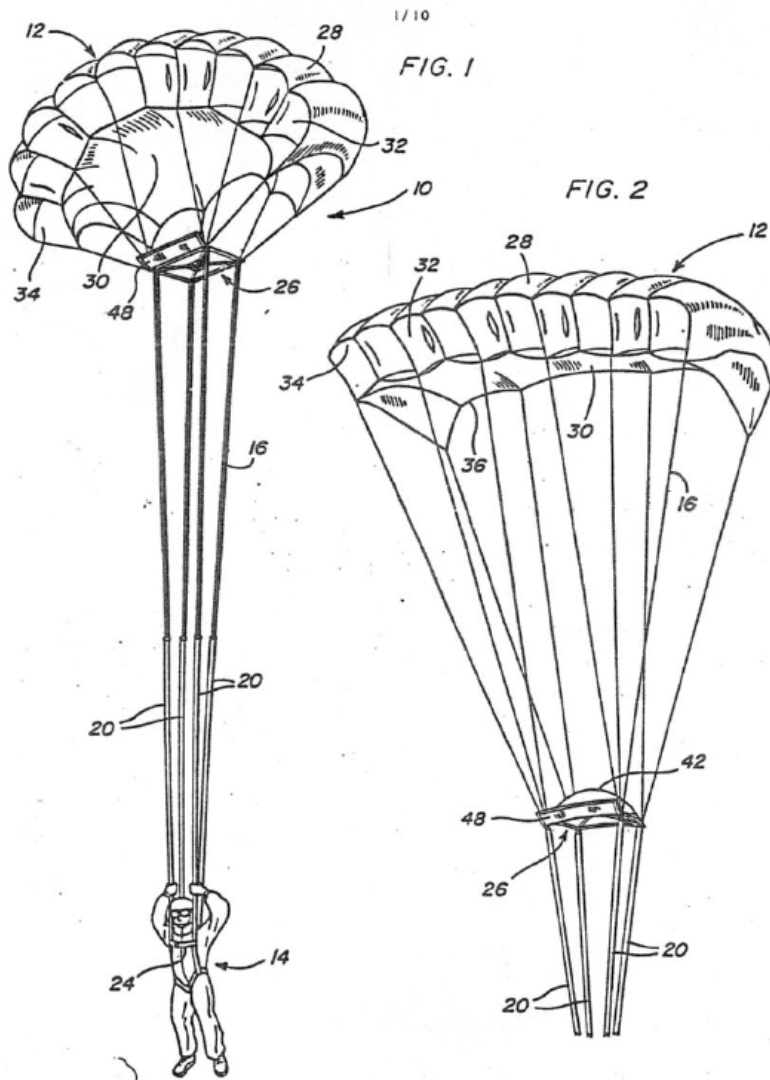
Ce type de glisseur a servi de base de travail aux glisseurs à drapeau ou de type « kangourou » qui sont devenus populaires dans les années 90 avec l'apparition des voilures à porosité zéro, à cause des chocs à l'ouverture violents.



Le volet déflecteur est monté du côté du brod d'attaque de la voile



Glisseur à déflecteur



#### 4° Glisseur à drapeau ou glisseur russe :



il s'agit d'une variante du glisseur à déflecteur munit de cette surface de tissus additionnelle correspondant à l'épaisseur du bord d'attaque, avec au sommet des poches. Le drapeau masque les caissons en position haute, tendu par les poches, retardant ainsi l'entrée de l'air dans les caissons. Le freinage de la descente du glisseur est complété par la surface des poches et du déflecteur (volet de déflexion). Il se trouve sous forme de deux ou trois poches de taille différentes.

### 5° Glisseur « Kangourou » :



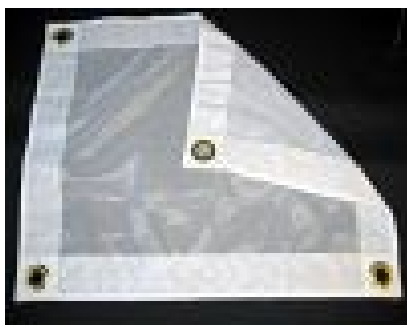
Il s'agit en fait un glisseur russe sans le drapeau et avec seulement les poches, la surface de tissu est ainsi augmentée qui a le double effet d'augmenter la traînée du glisseur et masque le bord d'attaque, afin de diminuer les chocs à l'ouverture.

Une autre solution employée pour ralentir les phases d'ouverture est l'adjonction d'un bandeau de tissu à l'extrados sur le bord d'attaque de la voile comme cela a été fait pour certaines voilures BT 80.

## E) LES FORMES OU DISPOSITIFS ADOPTÉS POUR ACCÉLÉRER LA PHASE D'OUVERTURE :

Il n'est pas recommandé de réduire la surface du glisseur en modifiant la taille car cela restreint l'écartement du cône de suspension.

### 1° Glisseur à résille



Utilisé pour le Voile Contact, le ruban sert de support à la résille qui remplace le tissu plein, afin de favoriser la rapidité d'ouverture. Il s'utilise également en l'absence de résille, avec seulement le ruban.

### 2° Glisseur à trou

Il peut être manufacturé d'origine ou additionné par l'utilisateur par découpe à chaud pour



accélérer la phase d'ouverture en réduisant la surface offerte au vent, ce trou de forme hémisphérique ou à section carrée ou rectangulaire renforcée, va diminuer la traînée, il améliore le gonflage de la voile en distribuant l'air par le centre.

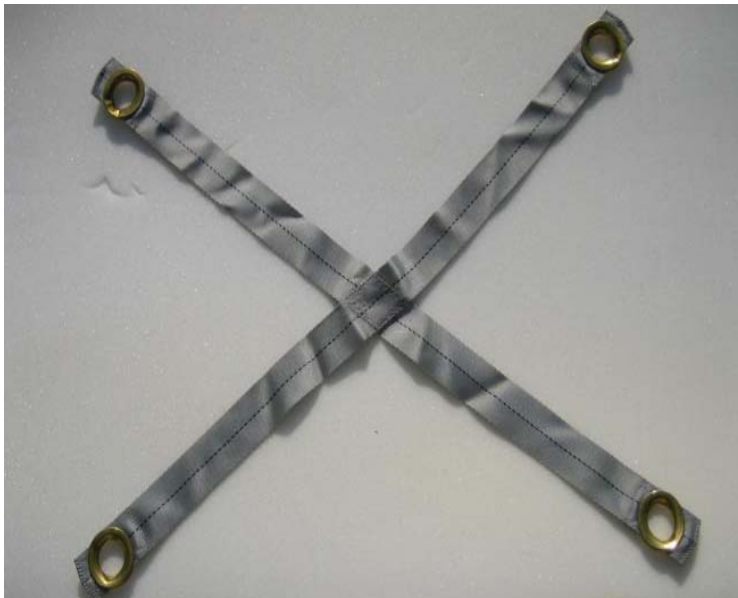


### 3° Glisseur à ruban



Sur certaines voiles de contact, le glisseur est totalement évidé, laissant seulement le galon délimité de ses 4 œillets afin d'accélérer la phase d'ouverture

### 4° Glisseur en croisillon :



inspiré des voilures avec système de temporisation à drisse type Mini-foil, ce glisseur est utilisé pour certaines voilures en voile contact.

Il permet l'élargissement total du cône qui n'est pas bridé par le cadre de support du glisseur, on notera que ce type de glisseur n'assure aucune rétention durant l'étalement, les œillets en laiton sont déformés après quelques ouvertures violentes.

## 5° Le bikini slider



En 1987 Précision Parachutes a conçu un glisseur appelé « bikini » pour sa forme similaire à deux cônes opposés, afin de parer à des ouvertures trop lentes de certaines voiles de secours Raven, Ces voiles Raven d'avant 88 ont été remises à niveau avec ce glisseur qui a deux trous triangulaires, fait à chaud et éventuellement renforcés, à la différence du glisseur à trou central, il était prévu pour distribuer l'air vers l'extérieur.

A noter la présence de petits œillets de glisseur adaptés plus particulièrement aux voilures 5 caissons ayant donc peu de

suspentes à faire coulisser mais également à certaines voilures comme la Techno 240 version C.

## F) LES MOYENS DE RÉTRACTION DU GLISSEUR

Pour diminuer la résistance à l'air du glisseur durant le vol, la plupart d'entre eux peuvent descendre sur les élévateurs et être placés derrière la tête ou enlevés jusqu'à l'atterrissage. Certains dispositifs spéciaux permettent de réduire considérablement leur surface au vent.

Le principe des glisseurs débrayables date des années 1975-78 et a vu le jour en Suisse.

### 1° Glisseur débrayable en deux parties



Ils sont dégrafés après l'ouverture permettant ainsi d'ouvrir le cône de suspension et offrant une meilleure stabilité, ils sont utilisés sur les voiles de précision d'atterrissage pour élargir le cône de suspension et en voile contact pour dégager le champ visuel.



Glisseur dit à « **Gros anneaux** » qui descendent sur les élévateurs au contact des systèmes 3 anneaux. Même but que pour les glisseurs débrayable, ils tendent à se généraliser pour les voiles de PA.

## 2° Glisseur rétractable



Inventé par Pierre Auvray (1987), la rétraction centrale. Tous ces glisseurs peuvent être munis de systèmes de rétraction qui réduisent la traînée du glisseur. Après l'ouverture, le parachutiste tire sur l'extrémité d'une drisse coulissante, ce qui a pour effet de rétracter le glisseur. La drisse est maintenue par un bouton de verrouillage.

## 3° Glisseur rétractable de Performance Design

Inventé par Brian Germain en 1996 et développé par PD.



Il possède deux tirettes qui affleurent le bord du glisseur lorsqu'il est étalé pour le pliage, chaque tirette commande une drisse qui coulisse sur toute la surface du glisseur, chaque drisse est munie d'un taquet qui sert d'« hameçon », cette extrémité rigide est destinée à maintenir le tissu rétracté une fois que la drisse a été mise en tension.



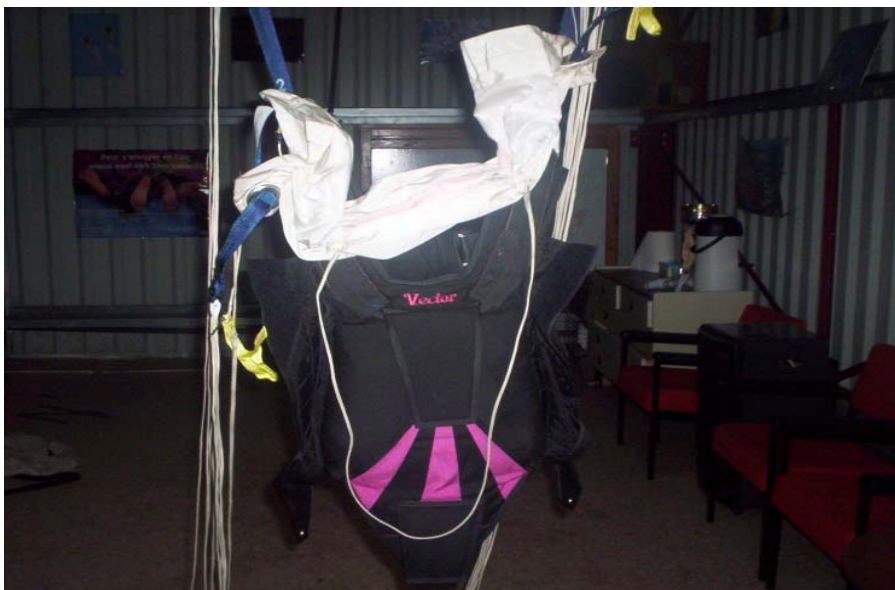
Lorsque l'on tire sur chaque drisse, cela rétracte le glisseur ce moyen de déventement du glisseur a été repris par nombre de constructeurs de voiles.



Glisseur rétractable avec ses deux tirettes



#### 4° Glisseur à une seule drisse de rétraction



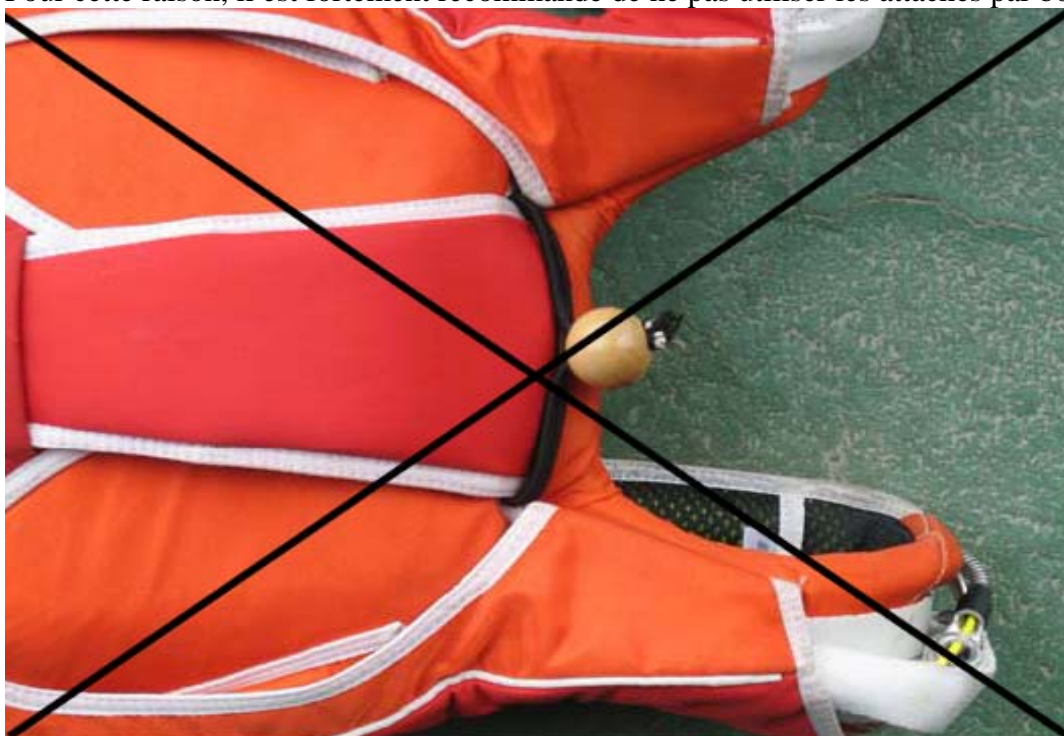
Ce type de mode de rétraction se trouve sur les voilures Démon et Cayennes de Performance Variable, la longueur de l'unique drisse de rétraction du glisseur formant un « lasso » est à proscrire, en raison notamment du risque d'accrochage en cas de collision sous voile.

### **G) DISPOSITIF DE MAINTIEN DU GLISSEUR RETRACTÉ**

Les dispositifs d'attache du glisseur rétracté, placés dans le dos de la combinaison (attache par ruban agrippant existant depuis 1986 et plus particulièrement attache par sandow et boule), présentent par nature un risque de retenue, dans le cas de libération de voile suite à un incident après ouverture tel qu'une collision sous voile ou suite à des torsades causées par une mise en virage trop violente. À cause de sa prééminence; la boule présente également un risque de capture d'un excès de commande.



Pour cette raison, il est fortement recommandé de ne pas utiliser les attaches par boules.



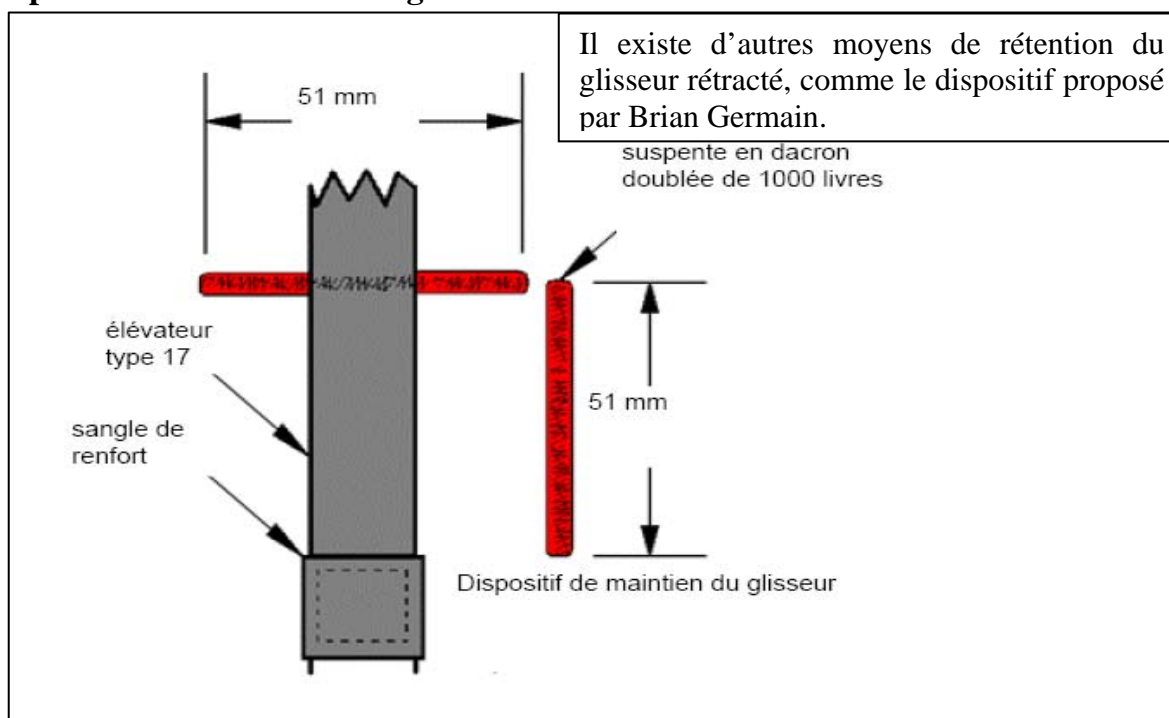


## 1° ruban agrippant

L'attache du glisseur rétracté présente cependant quelques avantages au niveau du dégagement de champ de vision lors de la descente sous voile, pour cette raison le mode d'attache suivant est toléré dans nos structures :



## 2° patelles de maintien du glisseur



Dispositif de maintien du glisseur rétracté par Parachute Systems ou Paratec.

Il existe également des constructions artisanales qui se proposent de modifier des éleveurs déjà existants, les éleveurs étant des composants non certifiés, ces modifications sont possibles.





### 3° Dispositif de maintien libérable

Certains constructeurs comme PdF et Basik conçoivent des dispositifs pour libérer la boule, qui fonctionne avec un jonc court supplémentaire monté sur la poignée de libération de voile, la boule est montée sur un loop dans lequel passe le jonc, de sorte que la boule est libérée avant les élévateurs de principale. Seule une friction supplémentaire existe du fait que l'on rajoute un jonc avec sa gaine.







le jonc de libération de la boule est couplé à la poignée de libération :



#### 4° Glisseur détachable :



Le principe de glisseur détachable date de 1988,



issu des parachutes de pénétration sous voile de type G-9.

Ce type de glisseur fut développé en 2001 par Kamuran Bayrasli, chaque coin du glisseur est fixé de façon amovible sur un anneau restant solidaire au groupe de suspentes auquel il appartient, les anneaux du glisseur se libèrent grâce à un système similaire aux libérateurs 3 anneaux, une fois le glisseur enlevé, les 4 anneaux descendent en bas des élévateurs.



Il existe plusieurs types de glisseurs détachables.

Ces glisseurs sont détachables indépendamment du système d'attache au sac de déploiement, qui se rajoute aux deux languettes à la lisière arrière du glisseur.

Le dispositif de libération du glisseur consiste à tirer sur un croisement de joncs de libération. Attention au placement des anneaux de glisseur avec les câbles de libération qui, à cause de leur rigidité rendent le

positionnement plus difficile lors du pliage.

Vue de détail des composants du glisseur détachable conçu d'origine :

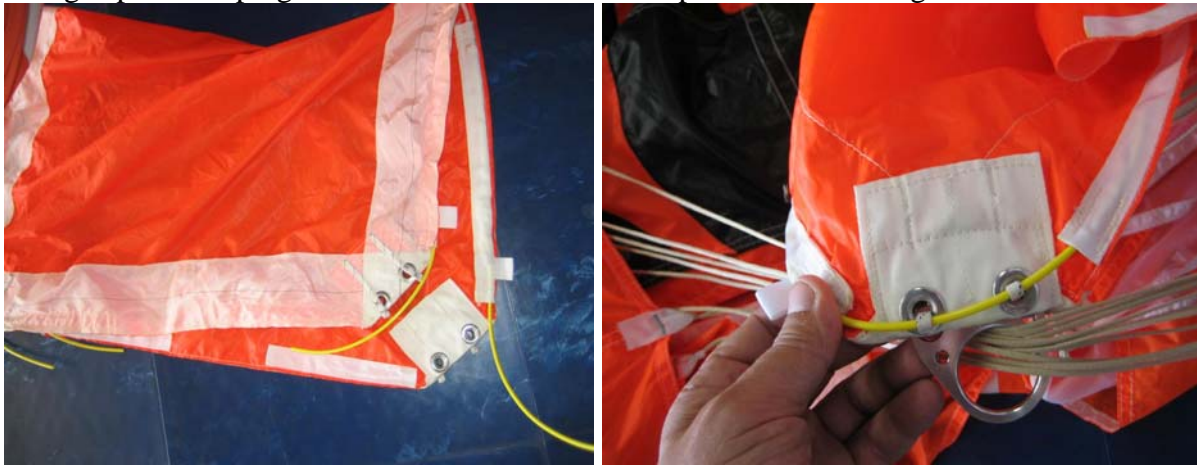


Les anneaux du glisseur ne maintiennent pas suffisamment bien le tissu d'extracteur en forme





Pour éviter les libérations intempestives et la torsion du glisseur dans sa descente le dispositif a été amélioré en 2007 par une attache en double loop, la poignée de libération centrale a été changée par deux poignées de libération latérales disposées dans la longueur.



La version 2007 de glisseur détachable permet des ouvertures en vitesse terminale.



**ATTENTION ! la forme mal usinée de certains anneaux de glisseur détachables provoque une abrasion bien supérieure que celle des glisseurs classiques.**

### **5° Glisseur amovible RDS**

Système RDS : inventé par Ian Bobo et Wayne Downey

Performance Designs a développé un glisseur amovible appelé Removable Deployment System, se traduisant par « système de déploiement amovible ».



Le principe est de pouvoir enlever en une seule manipulation le POD de la voile principale, l'extracteur ainsi que le glisseur, et cela immédiatement après l'ouverture de la voile. La voile est pliée dans un POD de manière similaire à la manière dont est pliée une voile de secours puisqu'il n'y a pas de drisse reliant le POD à la voile principale, en revanche une drisse coulissante relie le POD au glisseur.

Alors que le glisseur descend le long des suspentes durant l'ouverture, la drisse entraîne avec elle vers le bas, le POD et l'extracteur assemblé grâce à cette drisse d'une longueur d'un mètre cinquante environ.

Le but est d'enlever de la voile ouverte la traînée du POD et de l'extracteur qui affecte les voiles de haute performance. En pilotage sous voile les pilotes atteignent des vitesses supérieures à 100 km/h.

Le système utilise le mouvement naturel du glisseur pour amener avec lui le POD et l'extracteur.

Après avoir retiré l'ensemble extracteur-drisse-POD, le pilote le range dans une poche de sa combinaison.

Il existe un risque supplémentaire d'incident voire simplement de brûlure de suspentes dus à la friction, particulièrement lors d'ouverture en vitesse terminale.

Il suffit de rajouter les deux drisses au glisseur détachable pour assurer la jonction au POD.









## CHAPITRE IV : CONNAISSANCE GÉNÉRALE SUR LES TEXTILES

### A) CLASSIFICATION DES TEXTILES D'APRES LEUR ORIGINE

On distingue : Il existe différentes catégories de textiles, parmi lesquelles on peut citer :

#### 1° Les textiles d'origine naturelle :

Les matières textiles d'origine animale : laine, soie, poils d'animaux, cheveux.

Les matières textiles d'origine végétale : elles sont extrêmement nombreuses, mais d'importance et d'utilisations très différentes. Par ordre d'importance, nous citerons le coton, le lin, le chanvre, le jute, la ramie, le raphia, l'alfa, le genêt, l'ortie, les aramides Exemple : le Kevlar (utilisés pour certaines suspentes), etc.

- Les matières textiles d'origine minérale : ce sont des textiles d'usage peu courant ; ils sont peu importants tels que l'amiante, les fibres de verre, les métaux et la tourbe.

#### 2° Les textiles d'origine chimique :

1. Les matières textiles d'origine artificielle :

*à partir de la cellulose :*

- RAYONNE
- ACETATE

*à partir de protéines animales ou végétales :*

- MERINOVA
- ARDIL

- Les matières textiles d'origine synthétique :

*à partir de produits chimiques :*

- POLYAMIDE
- POLYESTER
- ACRYLIQUE

Exemple :

Les polyesters, comme le Dacron utilisé pour certaines suspentes, ou le Tergal.

Les polyamides (par exemple le Nylon), largement utilisés dans la fabrication des sangles car le nylon a la propriété de s'étirer, mais également utilisé pour les tissus de sacs et de voiles.

Les polyéthylènes (par exemple le Spectra utilisé pour la fabrication de suspentes, le Spectra est appelé « microliné » par Performance Designs) ou l'optima qui a une résistance de 320 daN utilisé sur les premières générations de voiles Techno et qui n'était pas dimensionnellement stables avec une tendance à jaunir dans le temps car il ne bénéficiait pas de traitement.

Dacron, Tergal, Nylon et Kevlar sont des noms commerciaux et non pas des catégories de textiles. Le Spectra est une marque (de Dupond), le Dynema (servant à la fabrication de bouclette de fermeture d'Airtec) est une autre marque.

Les deux sont faits dans le même matériau mais avec un procédé légèrement différent.

Il existe des suspentes disponibles dans des couleurs très limitées comme le noir, et le rouge pour le dacron. Les fibres d'un type avancé ne peuvent pas se teindre facilement et sont de leur couleur naturelle, à l'exception du HMA qui peut se teindre en certaines couleurs.

### B) CARACTERES PRATIQUES

**ASPECT** : couleur : variable suivant les textiles.

Eclat : fibres brillantes (soie) ; fibres mortes (coton, laine).

Les textiles chimiques peuvent être obtenus à volonté brillants ou morts.

**LONGUEUR** : - Fibres longues : soie.

- Fibres courtes : coton, laine.
- Les textiles synthétiques peuvent être obtenus à volonté sous forme de fibres continues ou discontinues.

**FINESSE :** Elle varie suivant les textiles.

Pour les textiles chimiques, elle est déterminée lors de la fabrication, donc variable suivant les utilisations.

**SOUPLESSE, ELASTICITÉ :** Elle dépend de la finesse et de la structure des fibres.

**RÉSISTANCE :** Un textile doit résister : à la traction

à la torsion,

aux frottements,

aux produits chimiques

à la chaleur.

**POUVOIR THERMIQUE :** un textile a un bon pouvoir thermique lorsqu'il est capable de conserver la chaleur de notre corps.

**DOUCEUR :** Un textile ne doit pas irriter la peau.

**POUVOIR ABSORBANT :** C'est la propriété que possède un textile.

**PERMEABILITE A L'AIR :** un textile doit permettre à la respiration cutanée de s'effectuer.

## C) LES DIFFÉRENTS TYPES DE SUSPENTES

### *Généralités :*

L'étirement d'une suspente durant l'ouverture implique deux problèmes séparés : le premier problème est l'élasticité, ou la quantité de souplesse de la suspente quand elle subit une charge durant l'ouverture. Le second problème est la tendance que possède ou non la suspente à garder une mémoire, et revenir à sa longueur d'origine, ceci après que le choc à l'ouverture se soit produit et aussi après un cycle de sauts.

La mémoire de forme de certains cônes de suspension est telle qu'une voile peut subir une élongation de suspentes d'une dizaine de centimètres à l'issue d'un saut et être mesurée à longueur identique le lendemain, l'allongement instantané des suspentes se calcule tout de suite après le saut (hors rémanence). Le nylon puis le dacron sont plus élastiques que les matériaux suivants : Microline, Vectran, Kevlar, HMA.

Cependant le HMA et le Vectran sont les matériaux qui retournent le mieux à leur longueur d'origine comparé à la microline ou le dacron, c'est la raison pour laquelle ils sont de plus en plus utilisés sur les voilures performantes.

### **1° Le dacron**

Le Dacron s'étend durant le choc d'ouverture puis rétrécit, permettant un amorti, le dacron cependant s'étire moins et résiste mieux aux UV que le nylon, l'autre avantage du dacron est qu'il offre un coefficient de frottement plus important dans la descente des anneaux du glisseur à cause de sa taille plus importante.

Le gros désavantage du dacron est qu'il est volumineux et prend de la place au pliage, il n'est pas souhaitable sur les plus petites voiles à cause de sa traînée importante, cependant sa durée de vie est très longue.

La suspente Dacron est constituée de tresse creuse étirée à chaud, elle se trouve en différentes résistances sur les voilures principales et de secours.

En chauffant et étirant la suspente à sa fabrication, elle conserve sa dimension plus longtemps que le nylon, étirer à chaud améliore la mémoire de forme.

Le dacron étant difficile à teindre, se trouve souvent sous sa couleur naturelle qui est blanche, mais des suspentes dacron noires sont commercialisées.

La suspente dacron A (400 lb) résiste à 180 kilos.

La suspente dacron B (500 lb) résiste à 227 kilos

La suspente dacron C (600 lb) résiste à 272 kilos

La suspente dacron D (900 lb) résiste à 409 kilos



## 2° le kevlar

La suspente tressée et non traitée Kevlar est le premier aramide utilisé sur les voilures rapides des années 80, et également utilisé sur des voiles de secours comme la Master ou la Hobbit Reserve de chez Strong car c'est un matériau léger et il ne s'étirait pas, sa résistance est 318 daN.

Le kevlar s'étire moins que le dacron de sorte que les ouvertures sont plus « sèches » que avec du dacron. Le kevlar vieillit mal, et il est plutôt « fragile », il s'use prématurément au contact de la poussière et du sable et pour ces raisons est déconseillé en voile principale.

Des traitements sont disponibles pour améliorer sa résistance, certains constructeurs comme PF ont commercialisé un produit appelé **teflar** sur leur BT 40, qui est du kevlar sur lequel on a passé un enduit avec du téflon pour améliorer la résistance à l'abrasion et réduire la traînée.

Cette enduction à base de latex n'était pas fiable dans le temps.

Il est recommandé de passer un pain de paraffine sur leur cône tous les 50 sauts et plus particulièrement lorsque la suspente commence à présenter un aspect sec et rêche pour prolonger la durée de vie de ces suspentes. En effet l'enduction dont sont imprégnées ces suspentes diminue régulièrement après chaque saut et il arrive un moment où il ne reste que la fibre kevlar seule. La durée de vie de ces suspentes s'étend de 200 à 1000 sauts.



Les techniques de couture du kevlar ont évolué au fil des années, à l'origine disponible seulement dans sa couleur naturelle qui est jaune doré, le kevlar se commercialise actuellement, sous d'autres couleurs en vert, bleu roi et noir.

## 3° le spectra

La suspente microline Spectra est couramment utilisée sur les voiles modernes, elle a été introduite en 1985.

La microline est une fibre de polyéthylène connue pour diffuser très efficacement l'effort, mais sans aucun allongement, elle a les avantages du kevlar mais avec moins d'inconvénients. La suspente spectra présentait l'avantage d'être plus durable que le kevlar pour une même résistance donnée et un diamètre égal, elle a supplanté le kevlar car la suspente spectra pèse moins.

La plupart des voilures modernes utilisent du Spectra ou d'autres fibres aramides à la place du nylon ou des suspentes dacron. Ces matériaux sont plus résistants, plus légers et moins volumineux, un exemple est celui de la microline Spectra 725 qui est commune aux voilures principales. La résistance est supérieure mais le volume est moins important que le Dacron 525 utilisée dans le passé.

En conséquence les techniques pour travailler ce matériau sont plus affinées et précises.

Par exemple, la suspente spectra nécessite un aiguilletage de 10 cm tandis que le dacron moins glissant ne nécessite que 5 cm.

La technique de couture du spectra a demandé quelques années pour être perfectionnée et la suspente rétrécit particulièrement sur les suspentes extérieures et les commandes (en contact

avec les anneaux du glisseur lorsque le cône de suspension s'écarte durant la phase d'ouverture).

Cette suspente ne s'étire pas, elle peut donner une fausse impression de ne pas s'user.

Les plus fines de 500 lb sortent du calage très rapidement comparé aux autres tailles.

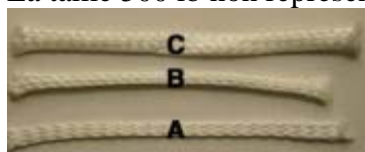
Certaines appellations comme la spectra 825 sont uniquement commerciales et ne correspondent pas à une taille de suspente, PD a appelé ainsi la suspente spectra 725 faite maison pour la différencier de la spectra 725 non enduite.

Le traitement en question consiste à enduire la suspente d'une couche de cire afin de protéger le cône de suspension contre les frottements répétés du glisseur.

Les suspentes de certaines voilures de secours (PD) peuvent être dispensées de cet enduit qui pourrait coller les suspentes entre elles au fil du temps, tassées dans leur conteneur.

L'inconvénient majeur de la microline Spectra est qu'elle rétrécit à cause de la chaleur créée par la friction, dans des proportions dimensionnelles qui rendent un cône hors cote nominale au bout de 300 sauts.

La taille 500 lb non représentée résiste à 225 daN.



La taille C est de la Spectra de 1800 lb

La taille B est de la Spectra de 940 lb

La taille A est de la Spectra de 725/1800 lb

### L'optima.

Longtemps utilisé par Parachutes de France (voilures Techno par exemple), son enduction était sensible à la température, autour de 50 à 60° la suspente subissait une modification de structure qui explique la décoloration que l'on trouve souvent sur ces suspentes.

### 4° le vectran

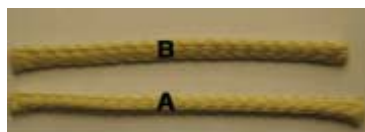
La suspente Vectran utilisée sur les voilures principales Tandem, ainsi que sur les voiles rapides comme la Vélocity ou les voiles Icarus car elle est dimensionnellement stable, et ne s'étire pas.

La suspente Vectran est moins enclin à une modification dimensionnelle comme la plupart des autres types de suspentes communément utilisées, par conséquent une voilure suspentée avec du Vectran conservera ses spécifications de calage au-delà d'un nombre supérieur de sauts, comparé à de la microline ou du dacron par exemple.

La fibre de Vectran à l'état neuf a une couleur qui s'apparente à du blé. Dans son état neuf le Vectran n'a pas l'apparence de la microline ou du dacron.

Le Vectran est construit à partir d'une tresse qui à l'état neuf est plus « brut » que le microline. Cette qualité que possède le Vectran augmente légèrement la friction entre les œillets du glisseur et les suspentes. Cela a pour résultat une décoloration plus sensible de la suspente Vectran mais cette décoloration est normale, ce qui a pour conséquence de montrer l'état abrasif de la suspente Vectran plus rapidement que la microline.

La résistance de la suspente de 580 lb est de 263 daN, celle de 750 lb est de 330 daN (non représentées).



La résistance de la suspente B de 1600 lb est de 727 daN

La résistance de la suspente A de 1000 lb est de 454 daN

## 5° le HMA

La suspente HMA pour High Modulus Aramid est utilisée de manière expérimentale depuis 2002, elle est aussi connue par son nom commercial de Technora, elle est très résistante et a les mêmes caractéristiques que le Vectran en plus petit.

Les qualités développées par la suspente HMA comparées à la microline et le Vectran n'ont été découvertes que récemment, ce qui explique son introduction tardive.

Le bénéfice principal est une résistance égale aux autres suspentes avec un diamètre plus petit, permettant un pliage moins volumineux et une traînée moindre.

Dimensionnellement stable, elle assure une consistance dans les phases d'ouverture et sous voile durant toute sa durée de vie.

La suspente HMA ne se rétracte pas autant, et donc n'affecte pas autant la performance que la microline au fil des sauts, et se combine au fait qu'elle s'use moins que le Vectran.

Les voilures à très haute performance sont plus sensibles que les autres à toute modification du calage qui est faite par la contraction des suspentes microlines, ce type de suspentes HMA leur est destiné car il prévient mieux des resuspentes.

La suspente HMA est traitée contre les UV et recouverte d'un enduit qui supporte bien l'effet des rayons solaires, les essais ont montré que l'effet solaire n'est pas le problème responsable de la durée de vie réduite de ce type de suspentes.

La suspente HMA demande plus de soin que les autres suspentes particulièrement au pliage :

La suspente HMA s'emmêle facilement sur elle-même et se libère dans sa clé en sectionnant



les suspentes voisines.

Les règles à respecter sont les suivantes :

- Attacher les maillons souples dans les élevateurs.
- Les boucles de lovages doivent faire moins de 5 cm et doivent être soigneuses.
- A la mise en place du sac de déploiement, être soigneux afin que les boucles de lovage ne se capturent pas avec d'autres suspentes.

Le HMA ne doit par exemple pas être sollicité au sol lorsque vous ramassez votre voile, car la suspente ne supporte pas l'abrasion, la suspente HMA est commercialisée dans une version telle que HMA 500 pour les Katana de taille inférieure ou égale à 107,

ainsi que pour les voiles XAOS du même ordre de taille et 675 livres sur les voilures Katana



de taille supérieure, les commandes de freins et de manœuvre sont constituées de HMA 975 livres, actuellement plus aucune version de voileure Katana n'est commercialisée avec de la suspente microligne, idem pour les voilures XAOS.

Il existe de la suspente HMA de résistance de 300 livres, réservée aux compétiteurs de pilotage sous voile qui ne supportent pas les ouvertures à vitesse terminales et qui casse facilement au point de devoir être remplacées tous les 100 à 150 sauts grand maximum.

Selon que la suspente ne soit pas traitée (HMA 280 livres utilisé par PD) ou traitée avec de l'enduit bleu (HMA 340 et 350 livres des voilures JVX) ou de l'enduit noir, la suspente HMA enduite semble offrir une meilleure résistance due à une épaisseur d'environ 20 % supérieure et une durée de vie prolongée à 300 sauts.

La rupture peut intervenir à l'ouverture mais aussi dans n'importe quelle configuration de vol, à cause de contraintes supérieures lors des manœuvres sous voile que lors du choc à l'ouverture.

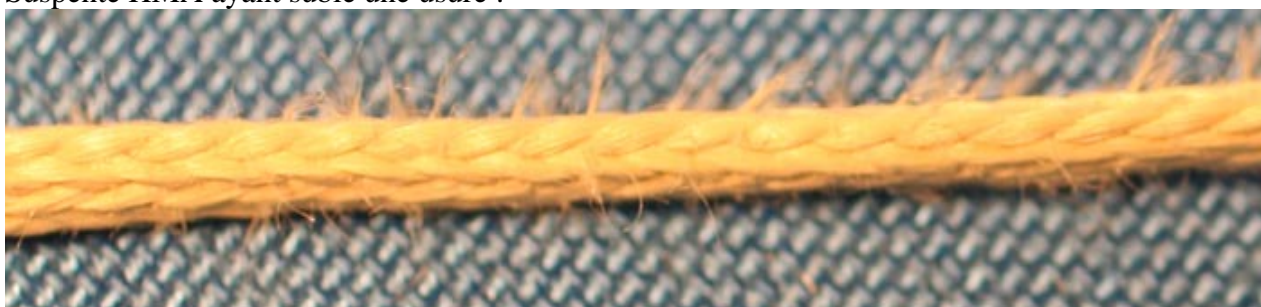
Ce type de suspente demande une attention soutenue, seul les inspections peuvent permettre de connaître le degré d'usure, à la recherche d'une apparence excessivement « sale » et lustrée, ou présentant des « touffes » de fibres. Le changement des suspentes doit être pratiqué régulièrement comme préconisé dans le manuel d'utilisation, cependant la rupture peut intervenir bien avant le nombre maximal recommandé d'utilisations possibles.

Avec les suspentes HMA, le re suspentage intervient d'habitude à cause de l'usure ou de dégâts, plutôt que pour un problème de diminution de performance ou de re calage de la voileure, car ce type de suspentes supporte plus difficilement l'abrasion dans la descente du glisseur que l'effet du soleil sur un cône dont le temps d'exposition est très court.

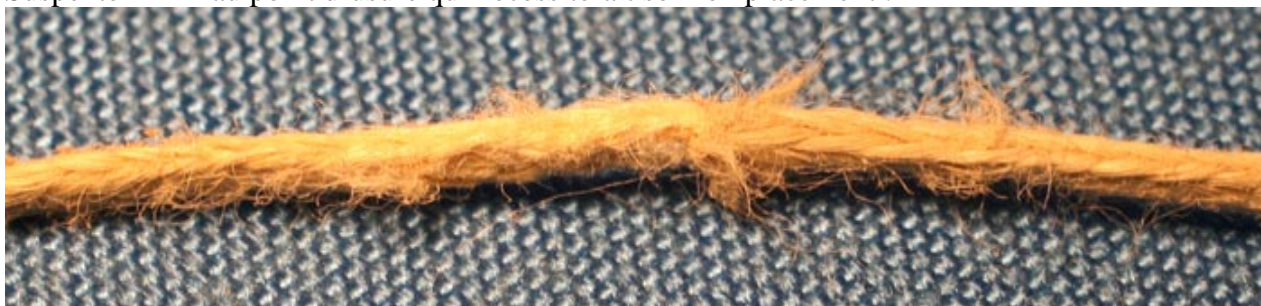
Exemple de suspente HMA à l'état neuf :



Suspente HMA ayant subie une usure :



Suspente HMA au point d'usure qui nécessiterait son remplacement :







Suspente HMA devant être remplacée :



Les différents textiles sont plus ou moins stables dans le temps; certains s'allongent ou se rétractent à l'utilisation alors que d'autres conservent leurs dimensions, certains gardent leurs propriétés alors que d'autres les perdent rapidement. Ce sont toutes ces caractéristiques qui vont déterminer le choix d'un textile ou d'un autre pour une utilisation particulière, l'une d'entre elles étant parfois déterminante.

**Généralités sur l'aramide :**

C'est une fibre technique organique obtenue à partir de polymères polyamides aromatiques par synthèse chimique à basse température. Les fibres d'aramides sont constituées de filaments jaunes d'une dizaine de microns de diamètre assemblés en fil puis tressés.

*Avantages :*

- Peu extensible, faible coefficient de déformation (permet de maintenir un calage homogène).
- Bonne résistance au choc en traction et à l'abrasion (frottement)
- Excellente stabilité thermique, n'entretient pas la combustion, ne fond pas, carbonisation à 425 °C. Dilatation thermique nulle.
- Excellent facteur d'amortissement des vibrations.

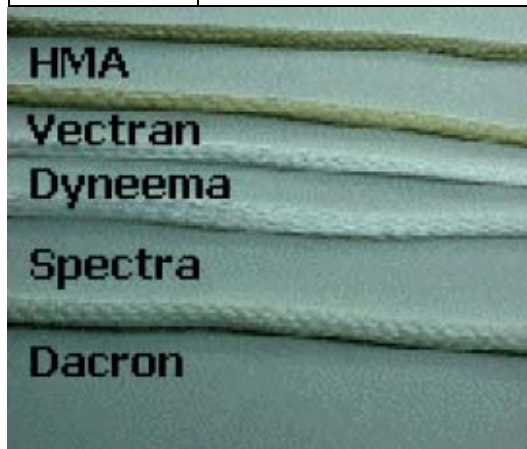
*Inconvénients :*

L'aramide présente des qualités intéressantes, pour nos suspentes, qui se détériorent dans le temps à cause des expositions aux UV, à l'humidité, au lavage lors du pliage.

- Mauvaise résistance aux UV
- Perte de résistance lorsque humide, reprise d'humidité importante.
- Faible tenue en pression
- Faible tenue à la flexion

	Qualités	Utilisation
Polyamide	Résistance à la traction et à l'abrasion Élasticité Léger	Tissus de sacs et de voiles

	Sensible aux UV	
Polyester	Résistance mécanique Résistance aux UV	Suspentes (Dacron)
Polyéthylène	Résistance Point de fusion très bas	Suspentes (Spectra)
Kevlar	Résistance à la traction et à la chaleur, mais sensible à l'abrasion (les poussières cassent les fibres) Peu d'élongation Très sensible aux UV	Suspentes Sanglettes



Les suspentes, en fonction de leurs utilisations sont produites en divers matériaux. D'un diamètre assez fin et d'un poids léger, le matériau le plus courant est le polyamide 66 (NYLON). Néanmoins, d'autres matériaux sont utilisés comme le polyester (DACRON), le polyéthylène (OPTIMA ou MICROLINE), l'aramide (KEVLAR) ou le polyester aromatique (VECTRAN). Aujourd'hui, les voiles sont pour la plupart munies de suspentes spectra (microline). Spectra est une suspente en polyéthylène de haute résistance et de petite distension.

La durée de vie des suspentes Vectran ou microlines est très variable, cela inclut des facteurs environnementaux, le pliage, etc, il a été vu des voilures avec des suspentes vectran de plus de 1000 sauts en meilleur état que d'autres de 200 sauts.

Le microline est plus résistant à l'abrasion que le Vectran, cependant le Microline 525 a tendance à vieillir prématurément, provoquant des allongements et/ou des raccourcissements dissymétriques et donc des ouvertures aléatoires au fil des sauts..

Ces fines suspentes ont l'avantage de diminuer le volume de pliage et la résistance à l'air, le but étant de réduire le plus possible le diamètre afin d'amoindrir la traînée Bien sûr, le choix se fera en fonction des caractéristiques mécaniques et de la tenue de ces caractéristiques au fil du temps et des sauts ainsi PD a testé HMA des suspentes à taille réduites (HMA 300) qui ne sont utilisées que pour les voiles destinées au pilotage sous voile.

La suspente HMA a les caractéristiques du Vectran mais vient en suspente directe car il est difficile de faire des épissures, de plus les coutures peuvent provoquer des craquelures qui ne préviennent pas de la rupture.

Comme désavantage, leur faible élasticité accroît, particulièrement lors de pliages incorrects la dureté des chocs d'ouverture.

En conséquence la longueur entre les suspentes varie et ces diverses dissymétries agissent sur le profil de la voile principale pendant l'ouverture et sur le vol de la voile.

Les spectra ou micro-lines sont résistantes et fines, de sorte qu'elles réduisent le volume de pliage et la traînée, c'est encore plus vrai avec la suspente HMA, ce qui signifie que vous avez un parachute plus petit et une voile plus rapide. Ses caractéristiques de conception, font qu'elles sont très « glissantes » (il y a peu de friction à opposer à la descente du glisseur), et elles s'étirent moins que les suspentes en dacron.

Les suspentes qui ne sont pas pré-étirées comme c'était le cas des suspentes plates de Para-Flite utilisées sur certaines voilures, peuvent s'allonger drastiquement lors d'une ouverture de secours « sèche ».

Certaines voiles comme la Velocity utilise des suspentes en Vectran dont la couleur légèrement brune peut rappeler le kevlar, le matériau a été choisi par PD pour son excellent vieillissement, ce type de voiles ayant très peu de tolérance sur les variations du cône de suspension.

Bien que le Vectran apparaisse très différent par sa couleur et son usure comparé aux autres types de suspentes, sa qualité de mieux résister aux changements de longueur en fait un excellent choix pour les voilures à haute performance.

C'est la raison pour laquelle, les parachutistes se plaignaient des ouvertures dures qui ont cassé autant de mini élévateurs quand ces derniers ont été introduits. Depuis les constructeurs ont conçu des voiles qui ouvrent plus lentement que leurs prédécesseurs, cependant le fait reste actuel : si vous avez une ouverture dure sur une voile en microline (spectra ou Vectran) l'effort vous sera transmis (ainsi qu'à votre équipement) bien plus vite, de l'ordre de 300 %, que si votre voile était montée avec des suspentes dacron.

C'est la raison pour laquelle, les équipements Tandem ou d'élèves sont montées la plupart du temps avec des suspentes dacron.



L'étirement lors de l'ouverture induit deux problèmes séparés :

- 
- 
- le premier problème est l'élasticité ou la capacité d'élongation que possède le type de suspente lorsqu'elle est mise sous traction.
- Le second est la mémoire de forme ou la capacité de la suspente à revenir à sa dimension originale lors du premier choc initial à l'ouverture ainsi que après un très grand nombre de sauts.

En comparaison des autres types de suspentes : la suspente HMA est aussi élastique que le microline, et le vectran mais c'est le dacron qui est le plus élastique.

Le HMA et le Vectran, cependant reviennent mieux à leur dimension originelle que le dacron ou la microline.

Le type de suspentes Téflar à base de Kevlar n'est que rarement utilisé en voile principale car c'est un matériau spécial qui bien que assurant une stabilité dimensionnelle demande de la surveillance et un entretien rigoureux. Suivant le lieu du saut, la surface de pliage et le soin apporté aux voiles qui l'utilisent, ces suspentes peuvent durer entre 200 et 1000 sauts.



Ces suspentes nécessitent de l'entretien car elles ont tendance à présenter un aspect sec et rêche qui demande à être paraffiné, en effet l'enduction dont sont imprégnées ces suspentes diminue régulièrement après chaque saut, et il arrive un moment où il ne reste que la fibre Kevlar seule.

#### **D) LES TISSUS UTILISÉS POUR LA CONFECTION DES SACS.**

Chaque famille de textile a ses propres caractéristiques : résistance mécanique (abrasion, élasticité), perméabilité (ou porosité), résistance à la chaleur, aux rayons ultra-violets (UV), aux produits chimiques (acides, solvants) etc. Certains textiles ne peuvent pas être associés ou mélangés, en particulier pour la fabrication des parachutes, l'un altérant les qualités de l'autre. Deux tissus sont principalement utilisés pour la fabrication des sacs, le Cordura et le Parapack. Ce sont des polyamides.

Le Cordura semble plus raide et rugueux avec une texture similaire au blue jeans, il existe une subdivision à l'intérieur de ces deux familles qui est définie en deniers, le parapack généralement utilisé n'est pas inférieur à 420 deniers.

Le cordura malgré son poids plus important est largement utilisé en deux qualités de 500 et 1000 deniers, en théorie il a une capacité de résister aux ultra violet supérieure au parapack, grâce à la nature plus grossière du matériau employé offrant un ombrage plus important.

Certains cordura résistent mal à certaines températures négatives extrêmes, provoquant un raidissement des rabats en se durcissant pouvant provoquer des difficultés qui entravent l'ouverture du conteneur de secours.

De la même manière lors des ouvertures par sectionneur, les rabats ont tendance à s'agripper plus facilement entre eux rendant leur séparation plus difficile.

Le Parapack a un aspect plus souple.

Certains constructeurs (Paratec, TSE) utilisent un matériau nommé « Allien skin » similaire à celui appelé « diamond back », il s'agit d'un parapak compartimenté en forme de diamants.



## CHAPITRE V : LA FABRICATION DES TISSUS

### DÉFINITION

Le tissu est un article textile formé par l'entrecroisement perpendiculaire de deux ensembles de fils, cet entrecroisement est réalisé au cours du tissage sur métier ou machine à tisser.

### A) DÉFINITION DES TERMES EMPLOYÉS EN TISSAGE

**Le tissu** : surface résultant de l'entrecroisement des fils

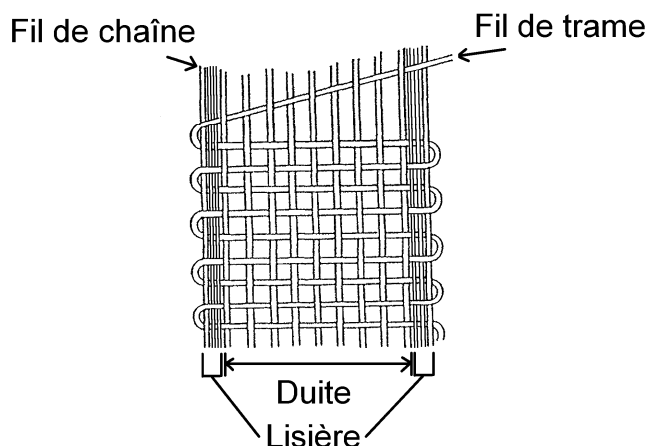
**Le fil** : c'est le fil constituant la chaîne.

**La chaîne** : ensemble de fils placés les uns à côté des autres. La chaîne forme une nappe ayant la longueur de la pièce de tissu. Les fils de chaîne sont choisis plus résistants que les fils de trame, car ils subissent, pendant le tissage, des tractions répétées. On prendra comme fil de chaîne, des fils plus gros, plus tordus, plus résistants.

**La trame** : c'est un fil continu, toujours perpendiculaire aux fils de chaînes et s'entrecroisant avec eux.

**Les lisières** : on dispose de chaque côté du tissu, dans le sens de la chaîne, des fils souvent plus gros, plus rapprochés afin de consolider le tissu pendant les différentes manipulations. Les lisières sont plus résistantes et ne s'effilochent pas.

**La duite** : c'est la longueur du fil de trame entre deux lisières.



### B) GÉNÉRALITÉS SUR LE TISSAGE :

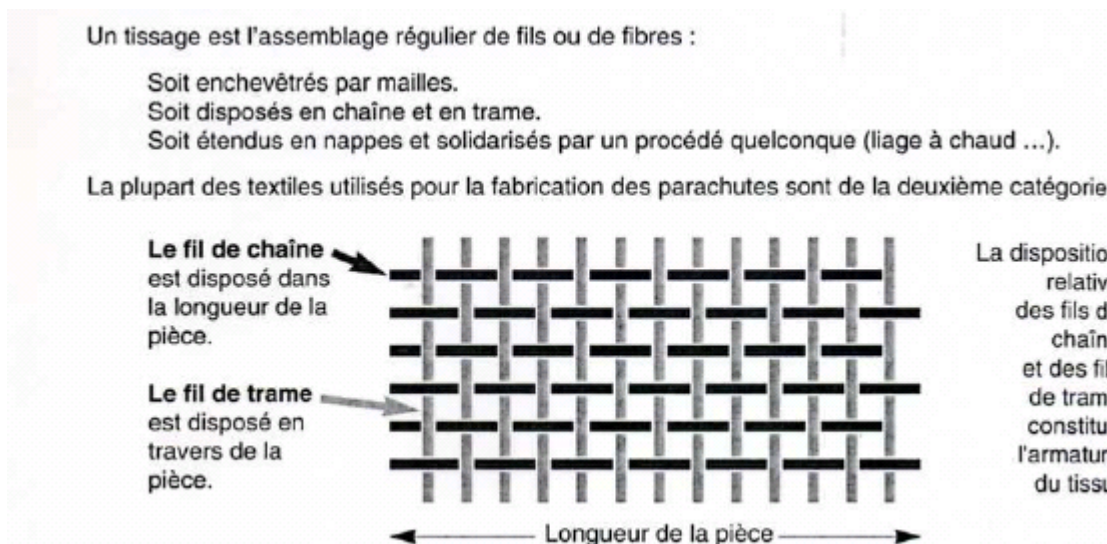
Un tissage est obtenu par insertion d'un ou plusieurs fils de trame entre les fils de chaîne.

Cette disposition dite dans le « droit fil » se doit d'être scrupuleusement respectée avec un angle à 90° sous peine de rejet par certains constructeurs.

### PRÉPARATION AVANT LE TISSAGE

Avant de procéder au tissage, le fil livré par la filature, subit une série d'opérations destinées à le présenter sous une forme d'enroulement adapté pour le tissage : c'est la préparation des fils de chaîne et des fils de trame.





## LA FABRICATION DES RUBANS ET DES SANGLES

### - L'OBTENTION

Les sangles et les rubans sont des bandes obtenues par l'entrecroisement perpendiculaire de deux ensembles de fils, sur métier ou sur machine à tisser.

Le principe de tissage des sangles et des rubans est identique à celui des tissus (insertion d'un ou de plusieurs fils de trame entre les fils de chaîne).

Par contre, la trame est bloquée suivant plusieurs techniques.

Les matériaux utilisés pour la fabrication du tissu, galons de renforcement et suspentes sont faits exclusivement de fibres artificielles. Ces matériaux doivent être très résistants à la traction, distorsion aux UV et être le moins perméable possible à l'air.

Le tissu pour parachute est du polyamide qui peut être teinté, seul le procédé de fabrication du blanc est différent de la couleur. Ensuite pour obtenir un tissu étanche, on y applique un enduit silicone.

Le tissu pour voile est du nylon de mode Ripstop. Ripstop indique que le tissage de la voile est fait de manière à éviter qu'une déchirure ne se propage, tous les 4mm environ, on constate la présence d'un double fil de tissage. On reconnaît typiquement ce tissu aux petits carrés que cela forme. Le tissu doit être le plus imperméable possible. Seule la porosité diffère (entre 0 et 80 Litres/mètres carré/secondes).

C'est ainsi que George Harris développa, pour la première fois et spécialement pour les parachutes, le nylon F111 Ripstop. Le F 111 est un nom de marque qui a été donné pour un tissu à basse porosité qui n'a été fabriqué que quelques années.

Les parachutistes ont commencé à employer le « F 111 » comme nom générique pour tout type de tissu à basse porosité.

Le tissu nylon à basse porosité couramment employé offre une perméabilité à l'air comprise entre 0 et 3 pieds cubiques/minute par pied carré. La mesure est exprimée sous le sigle Cubic feet minute (Cfm).

Par convention la porosité est exprimée en Cfm : nombre de pieds cubiques d'air passant au travers d'un pied carré de tissu sous 1/2 pouce de pression d'eau en une minute.

Par exemple Performance Design et Icarus emploient du tissu cfm 0-3, ce qui signifie qu'un pied carré de tissu permet le passage de zéro à trois cubes d'air par minute (cfm) à une pression d'eau de 0,5 pouce quand le tissu est neuf.

La limite acceptable moyenne de porosité est fixée à 8 cfm pour l'ensemble de la voile (Parachutes de France utilise du tissu ne dépassant pas 5 Cfm pour la fabrication des intrados et des extrados).

La porosité augmente par usure naturelle au fil des sauts, par exposition prolongée au soleil, par immersion de la voile, la voile s'ouvre plus doucement et les caractéristiques de vol se détériorent, le taux de descente augmente et la finesse diminue, la capacité de la voile d'assurer un bon atterrissage diminue dans les mêmes proportions.

Le PF 2500 et le F 111 sont les tissus les plus employés à ce moment là jusqu'à la fin des années 80, dits tissus porosité 5 ou basse porosité.

Actuellement ce tissu de type F 111 est en général utilisé pour les voilures de secours, d'école ou de précision d'atterrissage.

La recherche pour imperméabiliser ce tissu est obtenue par un laminage à chaud qui soude sur quelques microns le tissu en surface.

L'inconvénient de ce procédé est qu'il est techniquement difficile à réaliser avec un bon suivi de qualité dans le temps.

Lorsque le tissu polyamide est soumis à un effort mécanique d'allongement notamment lors de l'ouverture de la voile, ce matériau ayant un module d'allongement élevé de 25%, les micro-soudures assurant l'imperméabilité se rompent et cette imperméabilité disparaît. Les pliages répétés également détruisent les soudures et l'imperméabilité.

Ce tissu n'étant pas imperméable, sa faculté de retenir l'air se dégrade rapidement après quelques dizaines ou centaines de sauts. Après 300 à 500 sauts, une voile en F-111 ou son équivalent, ne portera plus aussi bien que quand elle était neuve.

Cette diminution de performances semblera plus sensible sous une voile de grande taille. Le tissu devient poreux de par la charge endurée, les pliages, l'utilisation dans l'eau ou sous la pluie ainsi que l'exposition aux UV du soleil.

Les ouvertures deviennent plus longues et les performances de vol plus mauvaises. Avec différents procédés on parvient à améliorer la qualité de cette matière.

Les voiles principales modernes qui recherchent un minimum de performance sont construites en tissu nylon enduit qui lui confère une faible porosité ou une non porosité. Les principaux tissus employés sont : le PF 3000 et le ZP 3 pour les tissus étanches.

Le tissu enduit est d'une structure identique au tissu calendré, mais l'imperméabilité est assurée par adjonction d'une enduction de résine qui, lorsqu'elle est polymérisée, conserve des qualités élastiques.

Pour atteindre une étanchéité le tissu est recouvert d'un produit à base de silicone qui empêche la porosité de se créer, par ce procédé la perméabilité du tissu descend à zéro, d'où son nom de zéro porosité, un autre avantage est une résistance accrue à la déchirure, à la lumière et aux UV.

Cette résine bouche les pores du tissu assurant l'imperméabilité. Ainsi les efforts d'allongement ou de pliage n'ont pas d'effet sur l'imperméabilité du tissu. Seul ce procédé assure des performances durables aux voilures.

L'apparition de ce tissu à faible porosité qui a la particularité de se gonfler rapidement et de ne pas avoir d'étirement a eu pour conséquence lors de son introduction, de provoquer des séquences d'ouverture rapide, ce qui a motivé de nouvelles méthodes de pliage et de temporisation.

Les voiles en porosité zéro peuvent faire plus de 5000 sauts sans que le tissu devienne réellement poreux.

La mesure de dégradation de ces voiles montre une légère baisse de la porosité mais une chute de la résistance et une faiblesse à la déchirure.

Le nombre de sauts qui peut être fait sur une voileure dépend réellement du soin qui en a été pris, de l'exposition aux UV, comment la voile a été exposée aux éléments dégradants comme la saleté, la sueur, l'exposition à des divers produits chimiques, particulièrement produits chimiques agricoles.

Ces qualités permettent aux fabricants de concevoir des ailes plus efficaces et de meilleures performances.

En contrepartie, le tissu porosité zéro plie plus « gros » que la basse porosité, surtout quand la voile est neuve, l'autre inconvénient est que le traitement au silicone est plus coûteux.

Les tissus utilisent des grammages de plus en plus faibles, de l'ordre de 30 grammes par mètre carré, ce qui réduit d'environ 23 % le volume de pliage, de plus faibles grammages peuvent envisager d'être employés pour les intercaissons pas les nervures, la résistance à grande vitesse pouvant être problématique.

La société Invista (fabricant entre autres du cordura, du lycra et du téflon, ex-division de Dupont) a annoncé en 2005 avoir développé un fil permettant d'obtenir un tissu 60% plus résistant, 30% moins volumineux et 10 % plus léger que le nylon : le SolarMax.

Quand on fait référence au SolarMax ou au Gelvénor, on ne fait pas référence à un type spécifique de tissu mais à une appellation d'usine.

Les avantages prépondérants du tissu porosité zéro expliquent pour quoi la fabrication de voiles principales est faite majoritairement dans ce tissu. Les constructeurs de voileure sont à l'heure actuelle en période d'essai des tissus dit allégés.

La recherche de faire des voiles de plus en plus petites, correspond à un besoin des clients d'utiliser des voiles plus grandes avec un volume plié plus petit.

Les voileures de secours Optimum de PD ainsi que les Icarus reserve bénéficient d'un tissu en basse porosité développé par Performance Textiles ainsi que Porcher qui produit le même type de tissu (22 Dtex), en comparaison du tissu basse porosité classique, ce tissu a la capacité de ne pas laisser pénétrer autant d'air dans le tissu pendant la phase de pliage.

Pour supporter les ouvertures, un renfort croisé supplémentaire est nécessaire car le tissu est très élastique et la force de rupture est plus basse que sur le tissu à basse porosité employé dans le passé.

Au final, la capacité de travail de la voile est plus importante sur l'Optimum et le tissu plie plus petit.

L'incorporation de ce nouveau tissu qui supporte moins bien l'effort se situe à deux niveaux :

1. Diminuer l'effort imposé durant la phase d'ouverture.
2. Distribuer le choc de manière plus efficace, les changements aérodynamiques du design sur lesquels les ingénieurs de PD sont intervenus sont peu perceptibles entre l'Optimum et la PD Reserve car la PD Reserve a un design à l'origine fortement renforcé.

D'après les mesures faites par Sandy Reid, le volume de voile plié fait gagner une seule taille de voile en fonction du sac-harnais utilisé, par exemple la voileure Optimum 126 pieds carrés en secours plie aussi gros (286 pouces cubiques) qu'une PD 113 secours classique. Les voileures de PD Optimum 113, 126 et 143 en secours passe les tests du TSO C 23D pour une charge équipée de 254 pounds soit 115 kilos alors que les équivalents classiques sont limités à 220 pounds ou 100 kilos.

La gamme s'étend pour le moment de 99 pieds carrés à 143 pieds carrés mais elle s'étendra rapidement jusqu'à 281 pieds carrés, particularité du moment elles ne sont disponibles qu'en orange.

Depuis la voile « Flash » de chez Paratec, certains fabricants proposent des types de voiles principales construites en associant les deux tissus. Cette combinaison des avantages des deux tissus aboutit à des voiles hybrides qui sont conçues pour voler et vieillir mieux qu'une voile fabriquée entièrement en tissu basse porosité, tout en conservant une facilité de pliage.

Ce type de voiles hybrides possède en général l'extrados en porosité-zéro et l'intrados en tissu classique (voile Electra ou Navigator, certaines voiles Spark, certaines voiles X-Fly, voiles Solo, voiles Silhouette, voiles Tandem).

Un autre type de voiles dites hybrides utilise un tissu proche du parapente, comme les voiles JVX de Daedalus, ce type de tissu est appelé « sail material », il est plus épais et plus rigide en a moins de porosité dans le temps que le tissu dit zéro porosité, ce qui permet à la voile de mieux tenir en forme, ce qui est un avantage signifiant pour les épreuves de pilotage sous voile.

Ce tissu est du tissu de parapente tel le 9492 Evolution de Porcher, l'enduction est rigide mais le tissu est très élastique pour du tissu parapente.

L'inconvénient principal du « sail material » est le volume plié qui est très important.

Contrairement à une croyance répandue dans le sport, le tissu porosité-zéro ne fait pas nécessairement une voile plus rapide.

À superficie égale, une voile en tissu basse porosité peut même avoir une vitesse de plané identique à celle d'une voile en porosité zéro. En revanche, le tissu en porosité zéro offrira à la voile un taux de descente plus faible et des aptitudes à voler plus lentement lorsque la voile est pilotée avec du frein. Le tissu basse porosité offre moins de portance que le porosité zéro en l'air comme à l'atterrissage.

## **C) ÉVALUATIONS SUR LES VOILURES**

### **1° contrôle des tissus à la fabrication**

Cette opération est effectuée d'abord par le fournisseur lui-même qui fait des tests de perméabilité après l'enduction puis de nouveau après des cycles de traction qui simule le vieillissement, ensuite par le fabricant pour vérifier si le lot de tissu correspond bien au cahier des charges.

Le contrôle habituel se fait au porosimètre, instrument qui fait office en matière de porosité.

Cet instrument fait passer un volume d'air au travers d'un tissu et mesure le temps nécessaire à 0.25 litres d'air pour passer au travers de 40 cm<sup>2</sup> de tissu sous une pression de 4hPa.

Le résultat en secondes peut être converti en litre par m<sup>2</sup> par minute (Lt/m<sup>2</sup> min litres)

En plus du porosimètre, un test de vieillissement qui simule une cinquantaine de cycles d'ouverture est effectué chez les fabricants les plus développés, afin d'éviter une situation où la dégradation des caractéristiques de vol ou d'ouverture se produit prématurément à l'usage.

Ainsi le tissu éprouvé est soit accepté en toute confiance, soit irrémédiablement rejeté.

Certains fabricants comme Performance Designs rejettent ainsi jusqu'à 60 % de leur approvisionnement.

### **2° déformation des voilures**

Une invention de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et des Industries Textiles peut aussi traiter le tissu pour le rendre conducteur à l'aide de capteurs souples, avec un appareil on peut alors mesurer la résistance électrique du tissu et obtenir son taux de déformation.

Ces mesures permettent de connaître les problématiques de conception, telles que les voiles fluo qui se décolorent car les produits chimiques altèrent la qualité du tissu.

### **Capteurs dans le tissu .**

Les capteurs s'adaptent correctement au parachute, ils sont plus élastiques que rigides.

Création d'un capteur en polymère élastique pouvant être installé sur le tissu, avec dépôt d'un conducteur et de deux fils sans détérioration du tissu. Des « fausses » suspentes sont rajoutées pour alimenter les conducteurs.

Connaissance des efforts de stress à l'ouverture, de la durée de vie et à plus long terme de la manière de construire une voile en renforçant des parties qui sont plus sollicitées lors des chocs à l'ouverture ou en mixant des tissus de différentes porosité pour une meilleure configuration durant le vol.

### **3° durée de vie des parachutes**

Un tissu ou un tissage plus lourd conserve sa solidité pendant une période relativement plus longue parce que les fibres extérieures protègent les fibres intérieures de l'effet des radiations. C'est pourquoi un tissu de 2,2 onces (environ 62,5 grammes par mètre carré) durera plus longtemps que celui de 1,1 once, (environ 31,2 grammes par mètre carré)

Les tissus teints, tels que l'orange international, se détériorent plus rapidement que les tissus naturels (blancs).

On sait que le polyamide vieillit principalement à cause des UV et quelque soit son type d'utilisation, mais moins que les fibres d'origine végétale ou animale. Il est donc souhaitable de fixer une limite d'âge cependant cette limite serait arbitraire car un parachute qui a peu sauté et était bien entretenu ne pourrait plus être utilisé.

Il n'existe pas de durée de vie légale fixée sur les voilures, ni sur les sac-harnais sauf indication spécifique donnée par certains constructeurs ( 20 ans de durée de vie pour Parachute Australia, 1000 sauts sur le Tandem Vector ou 8 ans sur le Tandem Dual Hawk de Strong avant prolongation possible par ces deux derniers constructeurs), hormi ces cas il en revient de la responsabilité du Plieur de mettre ou de mettre hors service un équipement pouvant être jugé dangereux.

Il n'existe pas de test non destructif disponible pour estimer la navigabilité du matériel, le Plieur juge selon son observation visuelle.

La plupart des constructeurs ne fixent pas de limite d'âge, dans les structures fédérales, c'est actuellement le directeur de séances qui engage sa responsabilité, en se reposant sur le spécialiste chargé de l'entretien après un contrôle visuel du matériel.

Certains constructeurs de voiles de secours comme PD recommandent un cycle de pliage des voiles de secours à un an pour leurs matériels, afin d'éviter les manipulations répétées des voiles, ce qui abîmerait le tissu.

Ce même constructeur limite la durée de vie de ses voilures à 40 cycles de pliages ou 25 ouvertures de secours, en suite la voile doit être renvoyée au constructeur pour qu'il décide de la possible remise en service de la voile.

D'autres constructeurs comme Icarius ou PF pour leurs Techno exigent le retour des voilures après 25 utilisations ou 40 pliages pour mesure de la porosité.

En l'absence de consignes du constructeur, c'est la responsabilité de la personne qui fait l'inspection du matériel de décider si l'équipement peut être remis en service, le plieur ou réparateur devra utiliser pour cela les tests d'intégrité de la voile dont il dispose.

Les voilures de secours anciennes comme les Swift dont la conception date de 1981 avec un conditionnement des freins particuliers pouvant poser un problème aux Plieurs non initiés à cette particularité.

### **4° construction par le biais**

En 1984 Ted Strong a expérimenté une méthode de découpe par le biais, issue de la construction des voiles hémisphériques.

Les intercaissons étaient construits en quatre sections, chaque section avec un angle de sorte que la suspente d'attache soumettait la contrainte correctement, en faisant supporter la charge de manière distribuée à travers la trame du tissu au lieu d'être supporté par les galons porteurs.



La découpe par le biais des intercaissons permettait une réduction du volume de pliage grâce à l'élimination des galons porteurs et soumettait le tissu dans le réel sens de l'effort.

Cependant les temps de production étaient supérieurs et pour d'autres types de construction par le biais, cela pouvait poser des problèmes de déformation de profil à cause des contraintes dues au choc à l'ouverture, pour finir cette technique de construction ne semble avoir aucun avenir sur les parachutes de type aile.

PF avait également essayé une méthode de découpe du tissu par le biais sur les intercaissons avant de revenir à une découpe dans le droit fil.

Les constructeurs modifient leur stratégie et aujourd'hui travaillent à la conception de nouveaux tissus ultra-légers qui diminuent d'autant le volume plié.

Caractéristiques de construction des voiles :

Les constructeurs de parachutes qui en ont les moyens conçoivent leurs ailes sur un ordinateur relié à une machine de découpe automatisée (laser ou lame).

Le tissu est parfois coupé dans le biais de la trame. Cela confère à la voile une plus grande résistance au choc à l'ouverture et permet de diminuer le nombre de renforts

### 5° mesure des volumes des voiles

Les mesures de volume de voile sont calculées par la Parachute Industrie Association depuis 1985, il s'agit d'un cylindre en verre pourvu d'un piston de compression. Les résultats de ces mesures qui concernent les voilures de secours et principales sont publiées dans le site de la PIA.



1° Les voiles sont dénudées de tous les éléments externes tels que les élévateurs, les poignées de commandes, les sacs de déploiement, etc. Les seuls éléments admis sont les composants qui font définitivement partie de la voilure comme les diaphragmes, les maillons de connexion et les glisseurs.

2° Étaler la voile

3° Placer la voile dans le cylindre de compression avec les suspentes au-dessus, les parachutes de type aile sont placés dans le cylindre par le bord de fuite en premier de sorte que l'air puisse s'échapper. Le placement de la voilure doit être réalisé avec le tissu étalé aussi régulièrement que possible.

4° Insérer le piston dans le cylindre

5° Appliquer le poids au-dessus du cylindre et compacter la voile pour extraire autant d'air que possible, le cylindre applique 95 kilos de pression sur une surface de 70 pieds cubiques (1,98 m<sup>3</sup>) pendant 30 secondes. Ceci donne un facteur de compression de 3 PSI (Pounds per Square Inch = livre par pied carré).

6° Retirer 64 kilos du cylindre et laisser les 32 kilos restants se stabiliser pendant 30 secondes. Ceci donne 1 PSI. Mesurer la hauteur du volume déplacé depuis la base du cylindre jusqu'à la surface inférieure du piston. la mesure est précise à 15 mm près.

7° Répéter les étapes 2 à 6. Réaliser 5 fois le même test pour la même voilure, ne pas prendre en compte les mesures extrêmes (la plus importante et la moins importante) et faites la moyenne des 3 autres pour établir votre volume final. Arrondissez au nombre entier le plus proche.

## **CHAPITRE VI : PROPRIÉTÉS SPÉCIFIQUES DES DIVERS TYPES DE VOILURES**

### **A) PARAMETRES D'UTILISATION DES PARACHUTES :**

Selon l'ETS0 C23d, la certification des parachutes individuels tolère des paramètres de masse liés au modèle de la voilure utilisée avec une vitesse n'excédant pas 150 kts.

Ces valeurs qui s'adaptent au parachute de secours sont facilement transposables à la voile principale.

Les parachutistes qui pratiquent des disciplines où les vitesses moyennes sont de l'ordre de 160 kt avec des vitesses de pointe de 220 kt (pratique du freefly et compétition de vitesse en chute), dépassent largement les paramètres de certification, tolérés pour l'ouverture des parachutes.

De même les conditions de certification des voiles de secours (150 Kts ou 278 km/h pour la plupart d'entre elles), autorisent des taux de chute maximum de parachutistes en position classiques, mais elle interdit la pratique du « freefly », au risque de provoquer des ruptures de structure.

Les risques inhérents portent principalement sur une ouverture prématurée d'une voile en chute libre à ces vitesses générées par les nouvelles disciplines,

Les risques encourus sont graves, ils peuvent entraîner des ruptures de structure, la détérioration du parachute et la mort du parachutiste.

Ces cas d'ouvertures intempestives sont aggravés lorsque les parachutistes emploient des voiles de secours avec des charges alaires hors du domaine de vol pour lequel elles sont testées.

Les actions préventives de ce type d'incident exigent un contrôle scrupuleux de l'équipement pour éviter cet incident, et prévoir un temps de décélération

De l'ordre de 4 à 5 secondes minimum avant l'ouverture pour assurer une plage de vitesse inférieure à 150 kt.

D'autre part les voiles principales sont de plus en plus elliptiques, les voiles écoles également, la tendance les rend donc réactives et sensibles dans la phase de déploiement et en vol.

Ces incidents soulignent la nécessité d'avoir un matériel adapté à la discipline pratiquée.

Les qualités de vol des parachutes sont obtenues au travers de divers matériaux et méthodes de construction utilisés.

Principales caractéristiques :

Les qualités générales d'une voile sont dépendantes du profil d'aile utilisé ainsi une aile fine, large et peu profonde a une meilleure efficacité aérodynamique qu'une aile épaisse, étroite et profonde.

Les voiles de haute performance, sont donc reconnaissables à leur profil d'aile mince, caractéristique typique des voiles de hautes vitesses. Le bord d'attaque n'est pas très incliné en avant afin que les caissons ne risquent pas de se refermer à haute vitesse, cependant ces voiles rapides actuelles sont dotées d'un bord d'attaque partiellement fermé permettant de diminuer la traînée et de temporiser l'ouverture.

Afin d'augmenter la vitesse de ces ailes au profil performant, la surface de ces voiles est fortement réduite, augmentant considérablement la charge alaire. La charge alaire se calcule en divisant le poids total du parachutiste et de son équipement par la surface de la voile.

Vous trouverez ci-dessous, une description des caractéristiques les plus importantes de quelques types de voiles.

## **B) VOILES D'ECOLE :**

Les qualités demandées aux voiles destinées aux personnes en formation ou inexpérimentées sont :

une bonne sécurité d'ouverture

une vitesse horizontale et verticale faible, vitesse de rotation faible

une grande stabilité sur axe, portance excellente

aucune réaction nerveuse lors de rafales de vent ou de manœuvres soudaines

de bonnes dispositions lors des atterrissages

Une voile école doit se caractériser par sa fiabilité et sa sûreté d'emploi. Elle doit pardonner, de par sa conception, les erreurs commises :

Système de temporisation à glisseur plein pour la simplicité d'emploi

Fourreau lors d'une utilisation en O.A

Pour obtenir ces critères, les voiles sont le plus souvent composées de 7 ou 9 caissons de grande surface profonde et au profil épais (bon comportement même dans les turbulences) avec une faible charge alaire 280 à 350/pieds carrés.

Elles sont souvent bridées par un réglage long des commandes pour éviter à l'élève de décrocher trop tôt au poser.

La tendance pour ces voiles écoles est d'utiliser également les avantages de la nouvelle technologie. L'utilisation de voiles à tissu de porosité zéro, permettant aux élèves d'utiliser un parachute de surface réduit, une qualité d'atterrissage supérieure pour une surface inférieure et une durée de vie des voiles plus grande.

## **C) VOILES DE PRECISION D'ATTERRISSAGE :**

Les voiles de P.A doivent pouvoir s'aligner et poser sur une petite cible, le plus lentement possible. Les qualités demandées sont :

Une bonne sécurité d'ouverture aux vitesses de chute lente et rapides (équipement aussi utilisé pour la voltige)

Une grande stabilité d'axe

De bonnes réactions aux manœuvres : vitesse de rotation lente

Une vitesse verticale lente

Un passage lent en décrochage

Une vitesse propre peu élevée et une bonne portance

Afin d'obtenir les critères mentionnés, les parachutes sont grands avec une charge alaire faible et un petit allongement. Le profil de l'aile est très épais afin d'autoriser des qualités de vol lent (par exemple le Foil 282, environ 320 g/pieds carrés.

De 7 à 9 caissons, surface de 250 à 300 sq/ft, profonde et au profil épais

Système d'ouverture et système de temporisation indifférent, néanmoins, le glisseur débrayable ou gros anneaux sera souvent employé car il permet d'ouvrir le cône de suspension (meilleure stabilité).

Les commandes sont avec cabillots; l'anneau guide est souvent monté sur une sangle rapportée sur l'élévateur généralement très court (35 cm) qui permet un trajet de commande plus direct et de ne pas brider la voile. Les commandes secondaires sont souvent à 4 brins, parfois à 5 pour un freinage plus efficace.

## **D) LES AILES DE VOILE-CONTACT**

L'ouverture est souvent instantanée.

Une aile de VC devra se caractériser par ses qualités de vol à pleine vitesse, et plus particulièrement sa capacité à tenir la "pression" tout en étant déformée et ceci dans des turbulences

Toujours de 7 caissons, d'une surface d'environ 230 ft<sup>2</sup>, d'épaisseur et de profondeur moyennes

- Vitesse propre élevée et vitesse de rotation assez bonne

- Portance moyenne

- Système d'ouverture pull out (abaissement minime et drisse d'extraction plus courte que hand deploy)

- Système de rappel d'ensemble de déploiement impératif

- Système de temporisation à glisseur. En compétition, les glisseurs utilisés sont évidés (sans toile) afin d'obtenir une ouverture plus rapide

Au niveau des élévateurs, des sangles inter élévateurs permettent au parachutiste du dessus d'accrocher les pieds et ainsi de rigidifier la formation. On peut aussi trouver un système d'affichage ou "TRIMS" afin de modifier le calage en vol.

Suspentes du caisson central teintées de couleur vive au bord d'attaque.

## **E) VOILES DE CHUTE**

Donnant priorité à la chute libre où s'effectue le travail, les caractéristiques de l'aile employée sont peu importantes. Néanmoins, un matériel plié à l'encombrement très réduit et léger sera recherché afin de diminuer l'inertie lors des mouvements en chute et d'améliorer le confort du parachutiste.

De 5 à 9 caissons, surface varient selon le poids de l'utilisateur, épaisseur et profondeur faibles

- Une bonne sécurité d'ouverture

- De bonnes réactions aux commandes en vol rectiligne

- De bonnes qualités d'atterrissage avec une longue phase d'arrondi

- Un poids léger, petit volume de pliage

Vitesse propre et vitesse de rotation élevée

Portance faible, finesse bonne

Système d'ouverture hand deploy ou pull out

Système de temporisation à glisseur

Utilisation de matériaux nouveaux : cône de suspension en polyéthylène, aramide ou polyester aromatique ; tissus de voile à porosité nulle

Ces voiles sont donc très nerveuses. Il faut spécialement rendre attentif les utilisateurs des problèmes qu'ils peuvent encourir en cas de conduite incorrecte

## **F) LES VOILES DE HAUTE PERFORMANCE**

La conception de la voile, cellules plus étroites et angles inter caissons plus fermés, lui profère des déformations réduites au minimum, la voile étant parfaitement tenue en forme. Le concept de voile tri-cellulaire signifie que chaque caisson est divisé en 3 cellules au lieu de 2. Grâce à cette triangulation, les caissons sont verrouillés en position, plutôt que flottants et respirant librement, préférant à la voile une structure résolument plus rigide.

Les virages sont rapides et nerveux, et la voile a un large arc de remise à plat lui permettant de plonger plus longuement et de prendre facilement de la vitesse.

Un entraînement spécial est nécessaire pour garantir l'expérience suffisante à l'utilisation de ces parachutes.

Pour les voilures de ce type, les constructeurs ont cherché à optimiser les qualités de vol afin d'obtenir des voiles rapides. De par leur forme elliptique ces voiles se mettent déjà à virer par simple asymétrie dans le harnais. Pour cette même raison les voiles peuvent se mettre à tourner alors qu'elles sont encore en phase d'ouverture.

Le corps doit être maintenu en position rectiligne dans la phase d'atterrissage afin de ne pas quitter son axe par rapport au vent.

En cas de mauvaise ouverture, ces voiles peuvent générer de grandes vitesses de rotation, demandant une décision rapide quant à l'utilisation du parachute de secours.

La plage d'utilisation des commandes n'est plus identique à celle d'une voile école, de pleine vitesse jusqu'à la hanche.

Le point de freinage 100%, dernière limite avant le passage au décrochage peut être atteint au niveau du ventre par exemple.

Du fait de sa petite surface et de son grand allongement, le passage en décrochage est souvent abrupt et la vitesse de descente subitement très élevée.

Cela implique en phase d'atterrissage, de bien sentir les qualités de la voile pour réussir la manœuvre.

Ces voiles ont une forte accélération lors de mise en virages, cette recherche de survitesse induit des rotations brusques effectuées aux élevateurs avant ou par une manœuvre des commandes provoquant une vitesse finale qui peut dépasser 100 km/h.

Les conséquences de telles manœuvres, lorsqu'elles ne sont pas maîtrisées à proximité du sol sont évidentes.

La grande vitesse de ces parachutes demande, de la part des utilisateurs un contrôle renforcé et global de l'espace aérien dans chaque phase du pilotage de voile.

## **G) VOILURES DE SECOURS**

De par de leur destination, ces ailes doivent être d'un emploi sûr, de façon à obtenir une ouverture saine et rapide. Ainsi, leur conception donne la priorité à la sécurité de fonctionnement. De 5 à 7 caissons, surface réduite et d'un faible allongement. Ces voilures sont construites avec du nylon basse porosité ripstop F-111 PF 2500 ou équivalent.

Avant tout ces parachutes de secours doivent avoir les avantages suivants :

- Ouverture rapide et sûre

- Un vol stable

- Utilisation simple lors de l'atterrissage

Lors du choix du parachute de secours, il est important de tenir compte des recommandations du fabricant notamment quant à sa charge maximum autorisée ainsi qu'à l'expérience minimale requise.

Les performances doivent être en rapport avec la voile principale mais ne constituent pas le



critère prioritaire de choix, les surfaces de la voile principale et de secours doivent être proches.

Les certificats d'homologation, respectant les standards minimum pour composants et équipement de parachutes, ne sont d'ailleurs valables que si les indications du fabricant sont respectées.

- Système d'ouverture toujours à poignée câble avec extracteur à ressort
- Drisse d'extraction avec une traînée suffisante pour extraire dans tous les cas la voile (même si l'extracteur est dégonflé)
- Sac de déploiement en tissu léger
- Pas de liaison entre le système de déploiement et la voile afin d'éviter tout incident
- Grande ouverture du sac de déploiement (évite le blocage de la voile lors de sa montée),
- Loves libres ou maintenues par des pontets textiles ou en tissu élastique ou par des élastiques (jump shack)

Les voiles de secours sont fabriquées par homothétie, mais peuvent ne pas réagir de même manière selon le poids embarqué, des recommandations sont données par les constructeurs qui recommandent une charge alaire pour chaque type de surface.

## **H) VOILES HYBRIDES (PARACHUTE-PARAPENTE)**

Le concept de recherche de développement de voiles avec des performances en finesse approchant 5 et un taux de chute de 2 m/s correspond plus à une commande d'origine militaire (parachute de charge de 150 daN pour pénétration sous voile), que sportive.

Ces objectifs ont cependant été atteints avec les voiles Nervures de 22 m<sup>2</sup> possédant un suspentage très ramifié, dès la fin des années 90, cette amélioration de la performance pourrait être susceptible d'intéresser à terme le domaine sportif comme une transition possible vers les petites voiles rapides.

Chaque matériel doit répondre à des besoins propres

<i>Type de matériels</i>	<i>Caractéristiques techniques</i>	<i>Caractéristiques physiques</i>	<i>Emploi</i>
<i>Parachutes d'instruction</i>	voile lente, faible vitesse verticale et horizontale	grande surface, allongement moyen, profil épais	voile peu maniable, faibles performances, sécurité de l'élève
<i>Parachutes de précision d'atterrissage</i>	voilures très stables à basse vitesse	grande surface, profil épais, faible allongement	qualité de vol basse vitesse, stabilité, maniabilité
<i>Voiles contacts</i>	bonne tenue à la déformation en vol	faible allongement, profil épais, surface moyenne	maniabilité, bonne tenue en vol quelles que soient les conditions (déformations dues turbulences)
<i>Vol Relatif / voltige</i> <b>Free style / skysurf / KL</b>	voilure rapide, encombrement réduit et légèreté	petite surface, grand allongement, profil fin	encombrement le plus faible possible, poids minimum pour les figures en chutes
<i>Secours</i>	emplois sûr, priorité de fonctionnement et stabilité en vol	petite surface, faible allongement/allongement moyen	fiabilité d'ouverture, compatibilité avec niveau de l'utilisateur et voile principale
<i>Tandem</i>	sécurité et fiabilité	très grande surface, allongement moyen	vitesse raisonnables, malgré 200 kg suspendus, sécurité, fiabilité
<b>Dérive Sous Voile (DSV)</b>	bonne finesse	grande surface	parcourir un maximum de distance voile ouverte
<b>Voiles hybrides à grande finesse</b>	bonne finesse	faible charge alaire, grand allongement	temps de vol maximum

## **I) L'EVOLUTION DE CES 30 DERNIERES ANNÉES**

Les avancées dans l'aérodynamique des parachutes ont amélioré de façon spectaculaire le comportement à l'atterrissage de la plupart des voiles actuelles.

Depuis les années 70, ce qui a changé fondamentalement, c'est que les voiles de grande surface étaient la norme.

Il était alors beaucoup plus facile pour quelqu'un d'expérimenté de contrôler son environnement sous voile.

A ces vitesses plus lentes, la plupart des gens expérimentés restaient facilement en deçà de leurs limites.

Il était plus facile de faire attention aux débutants.

Aujourd'hui les chuteurs expérimentés peuvent acquérir de très petites voiles, très rapides qui n'existaient pas quelques années auparavant.

Ces voiles peuvent voler à des vitesses et dans des directions hors de portée dans les années 70. Avec la vitesse et la maniabilité supplémentaires, de plus en plus de personnes sont confrontés à des tâches de pilotage de plus en plus exigeantes.

La charge de travail ayant beaucoup augmenté, les capacités à prendre des décisions ne s'améliorent pas automatiquement parce que la voile vole et descend plus vite.

Ces tâches demandent beaucoup plus de concentration et de compétences, lesquelles peuvent même dépasser le niveau qui est celui d'un parachutiste expérimenté.

### **Recherche et Développement par PD**

Depuis l'invention par Bill Coe des becs d'écopage sur les voilures PD, concept repris par l'ensemble des constructeurs, les innovations ont été principalement le résultat de l'utilisation des technologies inspirées du parapente.

Dans le but d'informer les parachutistes et d'éduquer plus particulièrement les personnes qui débutent PD effectuée des séminaires.

Sans dévoiler les secrets de recherche et développement PD souhaite communiquer le plus possible sur leurs évolutions.

Le but pour PD est de connaître en retour les besoins et les désirs des clients à venir afin d'anticiper le changement du marché.

Actuellement l'état des connaissances est tel qu'il permet à PD de délimiter :

- ce que l'état de la science connaît déjà
- ce que PD sait ne pas avoir la connaissance
- ce que PD ne sait pas ne pas avoir la connaissance

Certaines recherches sont effectuées sans un but quelconque de développer un dispositif ou un concept, mais seulement par curiosité.

D'autres recherches sont effectuées pour répondre aux demandes des clients.

## **A) TECHNOLOGIE DU FUTUR :**

### **1° Les profils reflex**

Les ailes à profil réflexe commenceront à faire leur apparition dans le parachutisme sportif, un concept ancien utilisé dans l'aéronautique de début et repris dernièrement dans le paramoteur et le parapente, où le bord de fuite est plus relevé que le bord d'attaque, c'est donc une partie surélevée dans la construction au bord de fuite du profil qui le rend stable automatiquement..

La caractéristique principale est de permettre de voler vite en toute sécurité, l'aile augmente en stabilité et rigidité avec la vitesse mais au détriment du taux de chute.

La vitesse qui offre une grande sécurité passive se retrouve dans les phases d'atterrissage.

## 2° le concept composites Atair.

Atair a travaillé sur un produit appelé Composite Parachute Technology.

Un matériau non-tissé et flexible.

Atair Aerospace, Inc. développe une nouvelle technologie inventive pour les textiles flexibles, non-tissés, composites destiné à la conception et construction relatives aux parachutes.

Le tissu composite Atair remplace le nylon ripstop qui est resté inchangé comme matériau de base dans la fabrication des parachutes depuis 50 ans.

Ce nouveau tissu est créé en comprimant en « sandwich » un modèle élaboré de fibres de haute résistance entre les couches ultra-minces de polymère et puis en les fondant sous la chaleur et des pressions extrêmes.



L'essai initial, effectué par l'université d'Alberta, a indiqué le matériau peut être 300% plus fort, 600% moins étirable, et 68% plus petit que le nylon conventionnel de Zéro Porosité.

Ce matériau ressemble à du tyvek qui est un tissu de polyéthylène qui a l'aspect du papier. Ce matériau composite est disponible seulement en blanc.

En utilisant des méthodes de production courantes, les voiles en nylon subissent des distorsions et doivent composer avec les coutures dans des bandes de tissu pour retenir le tissu dans une forme la plus proche de celle modelée.

Ces rajouts de renfort et couture augmentent le volume de pliage de manière significative, rendent la construction des voiles plus complexes, et présente des erreurs de couture cumulatives de tolérance dans la construction.

Le textile composite d'Atair permet une technologie de construction dans des panneaux de tissu sensiblement plus résistants et qui tiennent mieux leur forme sous la tension, sans besoin de galon de renfort.

Atair combine ces développements en technologie de matériaux avec leurs conceptions de voilures et des techniques inventives de construction.

Cette nouvelle technologie de matériaux préparera le terrain pour la prochaine génération des parachutes, des ailes particulièrement légères destinées à emporter des charges extrêmement lourdes, et bien d'autres possibilités spécialement dans les parachutes dédiés à la récupération des charges.

En effet Atair ne développe pas actuellement de parachutes sportifs avec ces matériaux composites.

Les dispositifs et avantages sont regroupés dans les colonnes qui suivent.



- Un poids nettement plus léger, un plus petit volume de pliage et une plus haute résistance que le nylon ZP
- La force et la résistance à l'étirement est conçu dans le tissu de manière exactement assortie à l'effort imposé pendant le vol à un panneau particulier
- On élimine la déformation due à l'étirement du tissu augmentant ainsi l'efficacité aérodynamique
- On élimine le besoin de renforcer les renforts des panneaux.
- Permet des cycles de pliage sans déplier la voile pendant 5 ans.
- Les ailes fabriquées avec des composites ont des traînées sensiblement inférieures et une efficacité supérieure aux ailes produites dans le nylon pour un concept identique.
- Des techniques de collage sont possibles de manière multiple : couture, soudure par ultrason, ou liaison chimique en utilisant des adhésifs.
- Preuve faite de porosité nulle, imperméable à l'eau, la rouille, et à l'épreuve des UV

## B) LES EXEMPLES DE CHARGES ALAIRES

Ce tableau présente l'évolution des charges alaires en fonction du poids et des tailles de voile.

		S	U	R	F	A	C	E	D	E	V	O	I	L	E
POIDS TOTAL ÉQUIPÉ		300	280	230	210	190	170	150	135	120	110	99			
	50 kg (111livres)	0,37	0,43	0,48	0,53	0,58	0,65	0,74	0,82	0,93	1,01	1,12			
	55 kg (120livres)	0,41	0,47	0,53	0,58	0,64	0,72	0,81	0,90	1,02	1,11	1,23			
	60 kg (133livres)	0,44	0,51	0,58	0,63	0,70	0,78	0,89	0,99	1,11	1,21	1,34			
	65 kg (144livres)	0,48	0,55	0,63	0,69	0,76	0,85	0,96	1,07	1,20	1,31	1,45			
	70kg (156livres)	0,52	0,60	0,68	0,74	0,82	0,92	1,04	1,16	1,30	1,42	1,58			
	75 kg (167livres)	0,56	0,64	0,73	0,80	0,88	0,98	1,11	1,24	1,39	1,52	1,69			
	80 kg (178livres)	0,59	0,68	0,77	0,85	0,94	1,05	1,19	1,32	1,48	1,62	1,80			
	85 kg (189livres)	0,63	0,73	0,82	0,90	0,99	1,11	1,26	1,40	1,58	1,72	1,91			
	90 kg (200livres)	0,67	0,77	0,87	0,95	1,05	1,18	1,33	1,48	1,67	1,82	2,02			
	95 kg (211livres)	0,70	0,81	0,92	1,00	1,11	1,24	1,41	1,56	1,76	1,92	2,13			
	100 kg (222livres)	0,74	0,85	0,97	1,06	1,17	1,31	1,48	1,64	1,85	2,02	2,24			
110 kg (244livres)	0,81	0,94	1,06	1,16	1,28	1,44	1,63	1,81	2,01	2,22	2,46				

### 1° Le poids équipé :

Il comprend le poids nu du corps en ajoutant le poids des vêtements et celui du parachute plié, voile principale comprise. Le poids équipé correspond donc à l'ensemble du poids que la voile principale devra supporter, y compris le sien, même si celle-ci est en vol.

### 2° La charge alaire :

Elle est égale au poids équipé divisé par la surface de la voile. Très important : pour obtenir ce coefficient, le calcul doit être fait avec un poids en livres et une surface en pieds carrés.

En France comme dans le monde entier, nous considérons les voiles en pieds carrés. Par conséquent pour connaître sa charge alaire, il suffit de multiplier son poids par 2.2 (un kilogramme étant égal à 2,2046 livres exactement).

C'est le rapport entre le poids suspendu et la surface de la voile.

Pour le calculer il suffit donc de prendre en compte le poids total équipé en incluant le sac-harnais, le secours et la voile principale et de le diviser par la surface de la voile..

Le résultat est habituellement exprimé en livres par pieds carrés (1 livre = 0,45 et 1 pied carré = 0,09 mètre carré).

L'utilisation de ce rapport donne des valeurs typiques qui sont de 0,5 livres par pied carré pour un élève, de 1 pour un chuteur expérimenté raisonnable, et de 1,5 pour un chuteur confirmé en fonction du type de voile et du niveau technique réel de l'utilisateur.

Par exemple tel chuteur au poids équipé de 180 livres saute avec une voile de 180 pieds carrés, sa charge alaire sera de 1livre par pied carré (coefficient 1).

Le même chuteur choisit de sauter avec une voile de 120 pieds carrés et sa charge alaire sera de 1,5 livre par pieds carré (coefficient 1,5).

Les meilleurs pilotes de voiles possèdent une charge alaire de 3,5.

Plus la charge alaire est élevée, plus la vitesse de la voile augmente, ce chuteur en descendant sa taille de voile aura donc à la fois un taux de descente plus important et une vitesse horizontale plus importante sous sa voile de 120 pieds carrés que sous sa voile de 180 pieds carrés.

Les caractéristiques des différents modèles de voile sont bien entendu à prendre en compte (nervosité, taux de descente et vitesse sur trajectoire).