

RÉPONSES COMMENTÉES DE L'EXAMEN THÉORIQUE
FSVL POUR PILOTES DE PARAPENTE

PARTIE 4 : MATÉRIEL

CAMILLE LENEUF

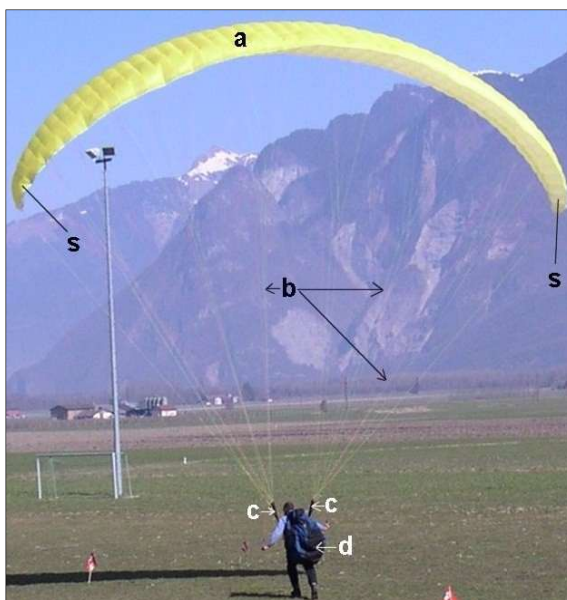
2025

ADAPTÉ ET MIS À JOUR SELON LES DOCUMENTS DE J. OBERSON, 2^E
ÉDITION 2005

LA CALOTTE	4
RESISTANCES	4
AUTRES CARACTÉRISTIQUES	4
CONSTRUCTION	5
AÉRODYNAMIQUE	5
LES SUSPENTES	8
STRUCTURE	8
CONSTRUCTION	8
DÉTERIORATION	9
AÉRODYNAMIQUE	9
COMMANDES ET ACCÉLÉRATEURS	11
ÉLÉVATEURS	11
EXPLORATION DE LA PLAGE DE VITESSE	11
SELLETTE	15
CONSTRUCTION	15
TYPES DE SELLETES	15
POSITION DANS LA SELLETTE	16
PARACHUTE DE SECOURS	17
CONSTRUCTION	17
POSITION DU SECOURS SUR LA SELLETTE	18
OUVERTURE	18
AUTRES ÉQUIPEMENTS	20
PROTECTION PASSIVE	20
INSTRUMENTS DE VOL	20
CONTRAINTES	22
HOMOLOGATION	23

Il y a quatre parties principales dans un parapente.

- a) La calotte, c'est la voile proprement dite, faite d'un tissu solide, léger et étanche et formant un profil d'aile assez épais (environ 30-40 cm d'épaisseur). Il y a deux surfaces
 - Une surface supérieure très bombée vers le haut, l'extrados
 - L'autre surface, inférieure, moins bombée vers le bas, l'intrados.
- b) Les suspentes, fils souples, peu élastiques et solides, attachés et partant de points régulièrement disposés sur l'intrados de la calotte pour se diriger et s'attacher en faisceau conique vers...
- c) ... Les élévateurs. Ceux-ci sont un ensemble de sangles souples qui relient les suspentes à...
- d) ... La sellette. Cette dernière consiste en un siège confortable munis de plusieurs sangles d'attache dans lequel se place et s'attache le pilote. La plupart des sellettes actuelles sont munies de protection amortissante postérieure et inférieure (mousse ou airbag). C'est sur la sellette qu'on installe aussi la poche externe qui contient le parachute de secours plié.



LA CALOTTE

Q1 Pour fabriquer le tissu de la voile de parapente, on utilise la fibre synthétique de polyamide (Nylon) et moins souvent celle du polyester (Dacron).

RESISTANCES

Une des caractéristiques importantes du tissu de la calotte est sa résistance mécanique, notamment à la déchirure. **Q2** La technique de tissage Ripstop est une méthode de tissage où un fil plus solide est intercalé à intervalles réguliers dans les sens de la chaîne et de la trame (perpendiculaires entre eux), afin de stopper une déchirure éventuelle. **Q3** On améliore ainsi la résistance au prolongement de déchirures du tissu.



Un tissu ripstop se caractérise visuellement par un aspect finement quadrillé, dû aux fils solides intercalés. **Q27** Cependant, dans le sens diagonal par rapport aux sens de la trame et de la chaîne, le ripstop peut être plus facilement déformé.

Q4 La perméabilité d'un tissu à l'air est mesurée par la porosité. Plus le tissu est perméable et plus il est poreux et vice-versa. **Q5** La porosité d'un tissu de calotte de parapente doit être la plus réduite possible.

AUTRES CARACTÉRISTIQUES

Q6, Q7, Q8, Q9 D'autres caractéristiques des tissus sont importantes.

- Elasticité minimale (pour que le profil reste le plus précis possible)
- Sensibilité réduite aux rayonnements solaires (UV).

Pour donner ces caractéristiques aux tissus, on les traite par une enduction (imprégnation du tissu par de la résine synthétique), le plus souvent du polyuréthane ou moins souvent du silicone ou du Mylar.

Q10 L'enduction ne réduit évidemment pas la capacité de charge (=résistance) mécanique) mais l'améliore plutôt. Les tissus en polyester et enduits au Mylar se distinguent des tissus enduits au polyuréthane ou au silicone par une extension plus faible dans le sens de la diagonale.

Q19 Le vieillissement du tissu de parapente se manifeste surtout par une enduction altérée et insuffisante ce qui entraîne une augmentation de la porosité. **Q11** Ceci influence le comportement en vol par une augmentation de la tendance parachutale et par une tendance plus précoce (survenant à des vitesses plus élevées que prévues) au décrochage. Le vol parachutal est défini par un taux de chute plus grand et une vitesse horizontale moins grande que le vol plané normal.

Q12, Q13, Q14, Q15, Q16 L'enduction peut être altérée par :

- Le nettoyage de l'aile par du produit détergent agressif.
- Le stockage de l'aile pliée humide dans un endroit exposé à de fortes variations de température. Dans ces conditions des moisissures peuvent se développer sur la surface du tissu. Celles-ci altèrent directement l'enduction.
- Le frottement du tissu sur du sable, graviers, sel, goudron, etc.
- Le stockage de l'aile au soleil et/ou dans un endroit très chaud (voiture en été).
- Le contact avec des matières agressives : eau de mer, excréments de vache, carburant, insectes emprisonnés et mourant dans la voile pliée, etc. **Q17** Un parapente qui est rentré au contact de l'eau de mer doit donc être immédiatement bien rincé à l'eau douce puis séché à l'ombre.

L'enduction n'est pas altérée par :

- Les manœuvres de vol extrême.
- Le nettoyage doux à l'eau froide.
- Le stockage de l'aile dans un endroit sombre, peu humide et frais.

Nous avons vu en aérodynamique que les forces de portance étaient maximales sur la partie antérieure (vers le bord d'attaque) de l'extrados. C'est donc à cet endroit que la charge subie par la voile durant le vol est la plus grande.

CONSTRUCTION

Stabilos : Comme toute aile (voir première partie, aérodynamique) la calotte du parapente a un bord d'attaque, un bord de fuite, un extrados et un intrados. De plus, la calotte a, aux extrémités latérales, comme particularité, des stabilisateurs ou stabilos (s sur la première figure). Ce sont les portions toute latérales et presque verticales de la voile qui contribuent, par la portance dirigée très extérieurement à ce niveau, à maintenir la voile ouverte dans le sens de l'axe transverse.

Ouvertures de caissons : Juste en dessous et tout le long du bord d'attaque (jonction bord d'attaque et intrados), il y a une ouverture dans le profil divisée par des cloisons internes. On les appelle les ouvertures de caissons. Elles permettent à l'air de s'engouffrer dans la voile durant le vol afin de maintenir une pression interne. L'aile reste ainsi bien et régulièrement ouverte et gonflée.

Nervures : A l'intérieur de la calotte, entre l'extrados et l'intrados, on trouve de nombreuses cloisons, verticales ou obliques, parallèles à la corde du profil, faites de tissu ripstop. On parle de nervures, de parois intercaissons, de renforts diagonaux ou de cloisons cellulaires. **Q20** Ces cloisons ont pour but de transmettre de manière homogène la charge des suspentes sur l'extrados de l'aile et ainsi de répartir régulièrement la charge alaire, de maintenir un profil le plus précis et rigide possible sur toute l'envergure, avec un minimum de suspentes, puisque moins il y a de suspentes et moins il y a de traînée parasite. Les nervures délimitent ainsi les caissons de la calotte.

AÉRODYNAMIQUE

Q24, Q25 Pour pouvoir compenser la pression de façon homogène dans toute la calotte et de faciliter le mouvement d'air interne (notamment pour rouvrir une fermeture partielle de la voile et répartir la charge alaire), les cloisons ne sont pas étanches mais sont munies de trous (évents).

Q26 Plus une aile a de caissons et plus elle a un profil précis mais plus elle a de tissu et donc du poids et un volume de pliage plus grand.

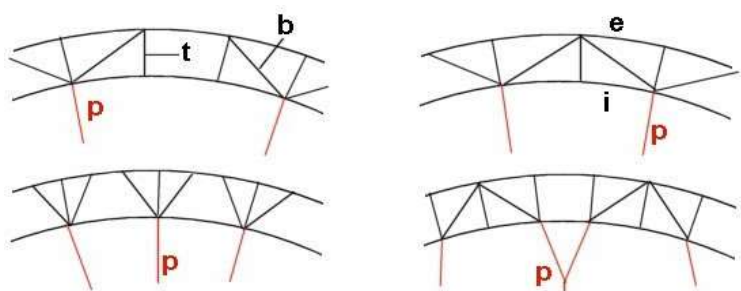
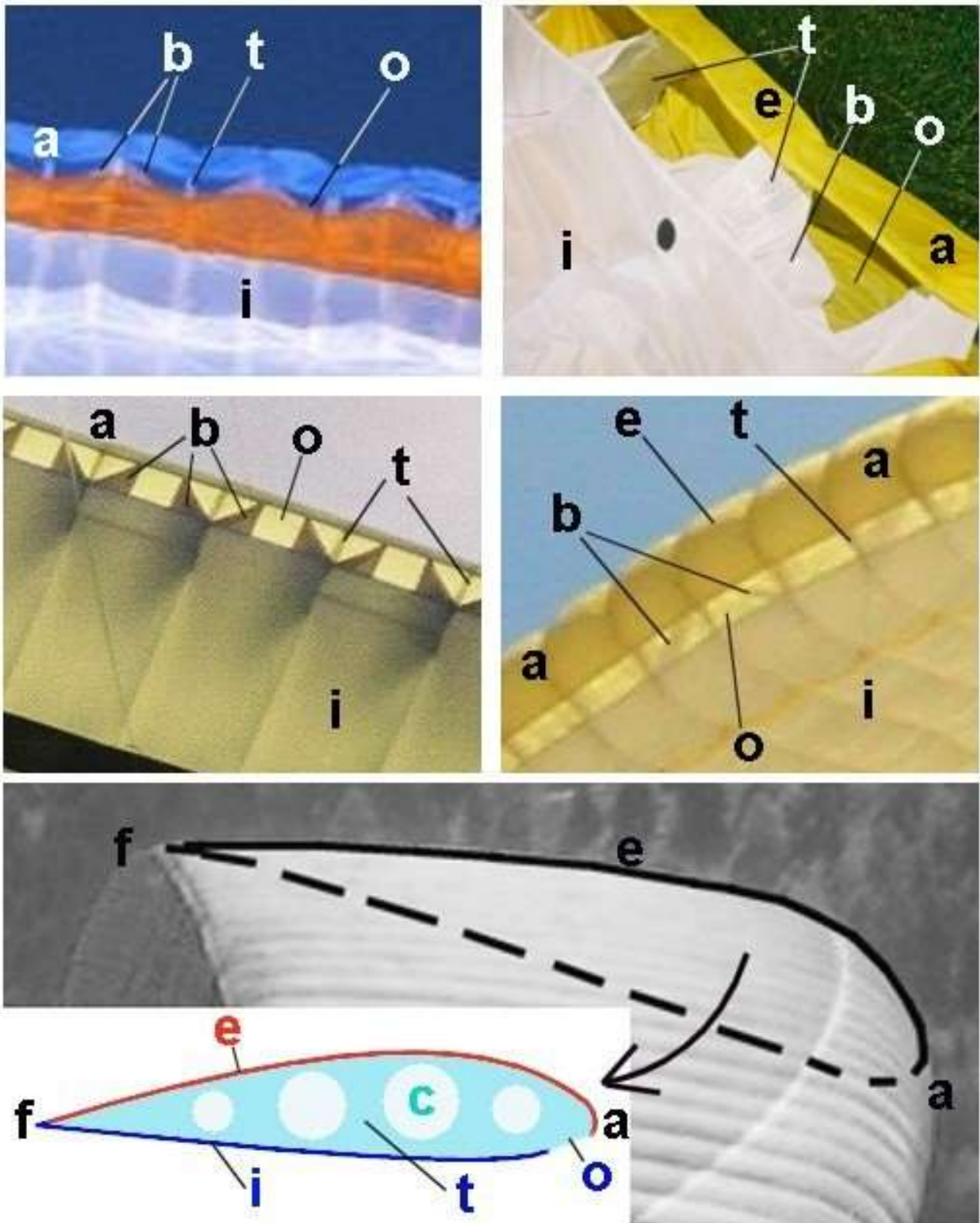


Schéma vue de face de calottes avec mise en évidence de différents types d'agencement de cloisons verticales et de renforts diagonaux. t = parois intercaissons, b = renforts diagonaux, p = suspentes, e = extrados, i = intrados.

La figure ci-contre montre des exemples possibles, selon les modèles de parapentes, de schéma d'agencement des cloisons verticales ou obliques dans le profil et leur rapport avec les fixations des suspentes sur l'intrados.



Structure d'une calotte : a = bord d'attaque, f= bord de fuite, e = extrados, i = intrados, t = parois intercaissons, o = ouvertures de caisson, b = renforts diagonaux, c = trous (évents) dans parois intercaissons.

Q21 Puisque les forces de portance sont maximales sur la partie antérieure du profil (voir première partie, aérodynamique), la charge subie par les cloisons est maximale à la moitié antérieure de l'aile et évidemment au niveau des points de fixation des suspentes sur l'intrados.

Q18 La charge générale de l'aile est la plus grande sur l'extrados, au niveau du bord d'attaque.

Q23 Pour protéger les parois intercaissons et empêcher une déformation dans la zone des points de fixations des suspentes on peut répartir la charge sur une plus large zone au moyen de triangulations ou en

renforçant la partie des parois intercaissons qui subit la charge maximale. **Q22** C'est lors de décrochage aux B (voir 5^{ème} partie, pratique de vol), qui est une manœuvre de vol consistant à déformer vers le bas la calotte au niveau des suspentes B sur toute l'envergure, que les parois intercaissons peuvent le plus souffrir de la charge.

Q28 Si les points de couture de la voile sont trop serrés, le tissu est perforé et perd ainsi de sa résistance mécanique. Certains constructeurs mettent parfois des filets couvrant l'ouverture des caissons. Cela permet de maintenir le bord d'attaque plus homogène et rigide mais rend les travaux de nettoyage dans la calotte et de réparation plus difficiles.

La partie antérieure des parois intercaissons, celle qui se trouve aux ouvertures de ces caissons, est souvent renforcée par du tissu enduit de Mylar, d'aspect lisse, brillant et un peu rigide. Ceci entraîne une certaine rigidité et solidité de cette partie de tissu, afin d'augmenter la qualité aérodynamique et la précision du profil. Le Mylar est cependant assez cassant et peut donc s'abîmer facilement lors de pliages peu soignés répétés. Voir figure C6.



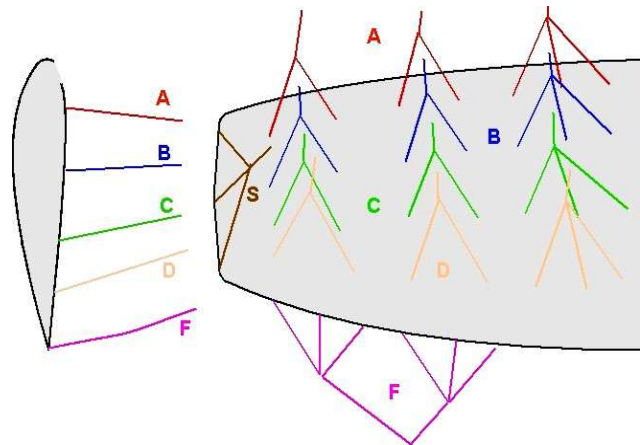
LES SUSPENTES

STRUCTURE

Q33 Le polyéthylène (Dyneema) ou l'aramide (Kevlar) sont utilisés, nous le verrons plus loin, pour la fabrication des suspentes.

Q29 On distingue les suspentes en 3-5 groupes selon le point d'accrochage à la calotte. **Q30** Ainsi, les suspentes A se fixent au bord d'attaque, puis viennent les suspentes B, C, D et les suspentes de commande F (ou freins).

Certains constructeurs mettent des couleurs différentes pour chaque groupe de suspentes afin d'aider à distinguer les groupes notamment au démêlage. Mais ceci n'est pas constant et n'est pas fondamentalement à la base de la distinction des groupes de suspentes. Parfois il n'y a pas de groupe D. Pour soutenir les deux stabilos de chaque côté de la calotte, on trouve un groupe particulier de suspentes qui relie le stabilisateur à l'élévateur des suspentes B ou C, en général.



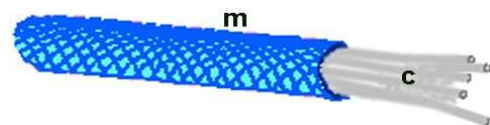
Q31 Pour maintenir un profil précis et peu variable, les suspentes doivent être le moins élastiques possibles. De plus, pour obtenir une traînée parasite la plus faible possible, elles doivent avoir un diamètre le plus petit possible pour une solidité maximale (capacité de charge la plus grande possible).

Q32 Comme ordre de grandeur pour l'élasticité d'une suspente, on tolère actuellement une extension de 3 cm pour une suspente de 6 m. chargée à 50 N (env. 5 kg).

CONSTRUCTION

Q34 Le plus souvent, les suspentes sont formées d'une âme ou cœur de fibres synthétiques solides et de faible extension entourées d'une gaine ou manteau (m). La gaine, habituellement faite en Nylon tressé (polyester), sert à protéger le cœur des effets nocifs du rayonnement solaire et des frottements mécaniques.

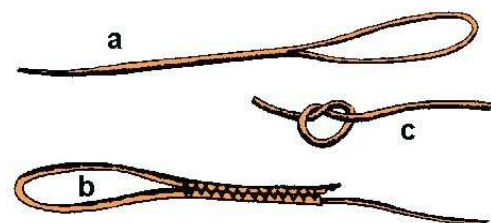
Le cœur (c) est fait le plus souvent de plusieurs fibres fines de polyéthylène (Dyneema) blanc ou plus rarement d'aramide (Kevlar) jaune brun clair. Le Kevlar est peut-être un peu plus solide et moins élastique, à diamètre identique, que le Dyneema, mais il est aussi plus sensible à l'usure et devient ainsi plus fragile avec le temps.



JONCTION

Q36 La technique de couture des boucles de suspentes en aramide peut diminuer la résistance de la suspente jusqu'à 40%.

Q37 Il est alors préférable d'utiliser la technique de l'épissure pour faire des boucles de suspentes en aramide pour ne pas diminuer de manière significative leur résistance. L'épissure est la technique de jonction de deux bouts de suspentes par entrelacement des fibres du cœur.



a = épissure, b = couture, c = nœud simple.

Un simple nœud sur une suspente peut entraîner une diminution de plus de la moitié de la résistance mécanique de la suspente.

DÉTERIORATION

Q35 Puisque la gaine est faite de fibres différentes que le cœur, même si celui-ci est composé de matériaux à faible extension (peu élastique), la longueur des suspentes est susceptible de se modifier sensiblement avec le temps. Par exemple, une gaine soumise à la saleté et l'humidité peut se rétracter et donc raccourcir la suspente.

Un inconvénient de la gaine d'une suspente est qu'elle peut masquer une détérioration importante du cœur de cette suspente (points de rupture blanche de la suspente) ce qui peut donc affaiblir sérieusement cette suspente. Ce genre d'incident peut arriver lorsqu'on écrase les suspentes (par exemple en marchant dessus).

Q38 Un autre exemple classique est la congélation d'une suspente complètement mouillée.

Q39 Quelle que soit la résistance à la rupture, une suspente de petit diamètre (par exemple 1 mm) aura une traînée plus réduite et une plus forte tendance à former des nœuds qu'une suspente de plus fort diamètre (par exemple 1,5 mm).

Q55 Si un pilote aperçoit au décollage qu'une suspente est sectionnée ou fortement endommagée, d'autant plus s'il s'agit de suspentes à forte charge comme A et B, il renonce à voler et va faire remplacer la suspente chez une personne compétente. Il ne faut jamais voler avec une suspente manquante ou bricoler sur place la suspente avec des nœuds et de la ficelle... En effet, dans ces conditions, la longueur juste de la suspente ainsi que sa solidité ne peuvent être en aucun cas garanties !

AÉRODYNAMIQUE

PORTANCE

Q40 Puisque les forces de portance sont maximales sur la partie antérieure du profil (voir première partie, aérodynamique), les suspentes A et B portent le double de la charge portée par les suspentes C et D.

Q41 Si les nœuds simples sur une suspente entraînent un affaiblissement de celle-ci, les nœuds par boucle cousue (voir image ci-contre) sur les raccords suspentes-tissu offrent comme avantage une maintenance plus simple, sans affaiblissement significatif du matériel, puisque les suspentes défectueuses peuvent être facilement remplacées.



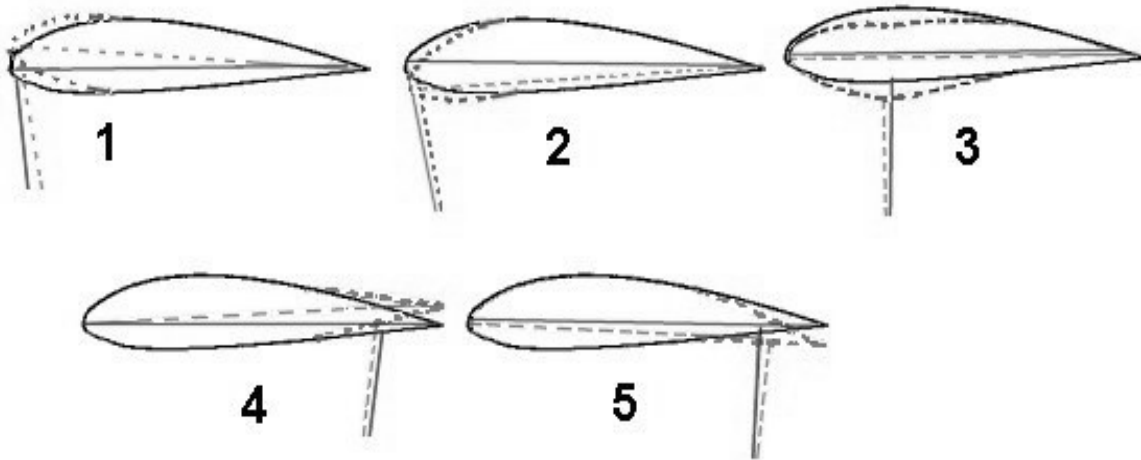
Q42 Cependant, lors de remplacement de suspente, il faut veiller à ce que seules les pièces de rechange originales, fournies par le constructeur, soient utilisées.

Q43, Q44 Les suspentes peuvent subir une modification permanente de leur longueur initiale (allongement définitif) par des épisodes de surcharge importante, comme par exemple lors d'accrochage au sol pendant le gonflage de la voile au décollage, mais aussi par les différentes charges exercées durant un usage normal. L'allongement d'une ou plusieurs suspentes entraîne un changement de comportement en vol du parapente.

Q45 L'exposition à la saleté et l'humidité peuvent entraîner un rétrécissement des suspentes.

Q56, Q57 Plus les suspentes sont longues, plus le centre de gravité est bas et plus les amplitudes d'oscillations autour des axes de vol sont grandes, et vice-versa.

 CONSÉQUENCES DE LA MODIFICATION DE LA LONGUEUR DES SUSPENTES A À D



En pointillé, l'incidence et la longueur du groupe A, B ou D de suspentes modifiées. En continu, l'incidence et le groupe de suspentes A, B ou D avant modification.

La modification de la longueur de groupes A à D de suspentes a une influence sur l'incidence, la forme du profil et donc le comportement en vol. Voir aussi première partie, aérodynamique.

Q46, Q50, Q51, Q54 On peut d'abord dire que dans tous les cas, le profil et donc le comportement de vol sont modifiés. De plus, si A s'allongent (1) ou D se raccourcissent (5) l'incidence augmente.

- L'aile est plus difficile à gonfler au décollage (gonflage plus lent et demandant plus de force, comme si elle était freinée)
- L'aile vole plus lentement.
 - Une fermeture frontale (bord d'attaque) de la voile est moins probable
 - Le risque de vol parachutal (augmentation du taux de chute et diminution de la vitesse horizontale) augmente.

Q47, Q49, Q52, Q53 Inversement, si D s'allongent (4) ou A se raccourcissent (2) l'incidence diminue.

- L'aile est plus facile à gonfler au décollage
- L'aile vole plus vite.
 - Une fermeture frontale de la voile est plus probable
 - Le risque de vol parachutal diminue.

Q48 Cependant, si B se raccourcissent, il n'y a pas de changement significatif d'incidence mais seulement la modification de profil.

Q58 Un pilote qui remarque un comportement inhabituel en vol ou des plis sur son aide doit aller faire vérifier et régler cette dernière chez le constructeur ou un représentant agréé.

COMMANDES ET ACCÉLÉRATEURS

ÉLÉVATEURS

Les élévateurs sont les éléments constitués de sangles en polyamide ou polyester qui relient les suspentes à la sellette. Les sangles sont classées comme les suspentes : A à D depuis l'avant. La sangle du frein (commande) est plus petite et est munie à son extrémité d'une petite poulie dans laquelle glisse la suspente principale du frein.



MAILLONS RAPIDES

Q62 Les maillons rapides (à vis) sont les petites boucles métalliques reliant les groupes de suspentes aux sangles d'élévateurs respectifs.

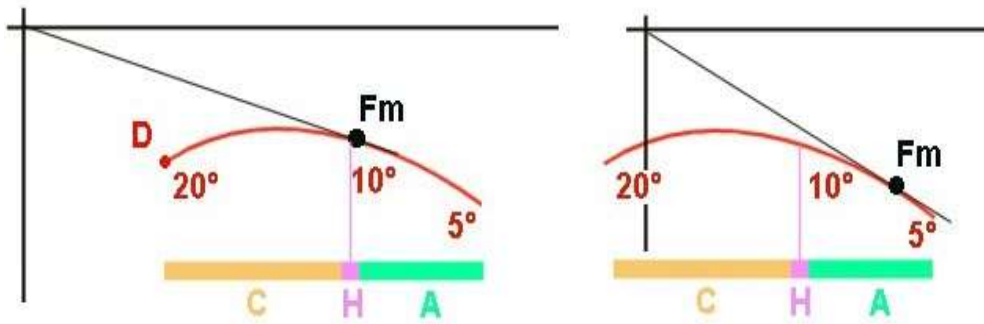
Q63 Les vis de ces maillons doivent être serrés à la main puis avec $\frac{1}{4}$ de tour de clé. Puisque les forces de portance sont maximales sur la partie antérieure du profil (voir première partie, aérodynamique) et minimales sur la partie postérieure, ce sont les élévateurs D qui subissent le moins de charge en vol.



EXPLORATION DE LA PLAGE DE VITESSE

POLAIRE DES VITESSES

Plus on actionne (tire) les freins, plus on va vers la gauche de la polaire, plus l'angle d'incidence augmente, moins on va vite avec cependant une diminution progressive et concomitante de la finesse. Inversement, sur la droite de la polaire (angle d'incidence entre 10° et 5°), c'est le domaine des « hautes vitesses », obtenues par action sur l'accélérateur. Plus on pousse l'étrier de l'accélérateur avec les jambes, plus on va vers la droite de la polaire, plus l'angle d'incidence diminue et plus on va vite avec cependant aussi une diminution progressive et concomitante de la finesse.



- **Q67** Si l'accélérateur est actionné au maximum en air calme, la vitesse horizontale (de pénétration) augmente alors que la finesse diminue et le taux de chute augmente.
- **Q68** Par contre, si un vent de face de 25 Km / h souffle, (doite de la polaire) on obtient une meilleure finesse en accélérant modérément à fortement que si l'on reste bras haut. Dans ces conditions, si l'accélérateur est actionné au maximum, la finesse s'améliore et la vitesse de pénétration augmente alors que le taux de chute augmente.

ACCÉLÉRATEUR

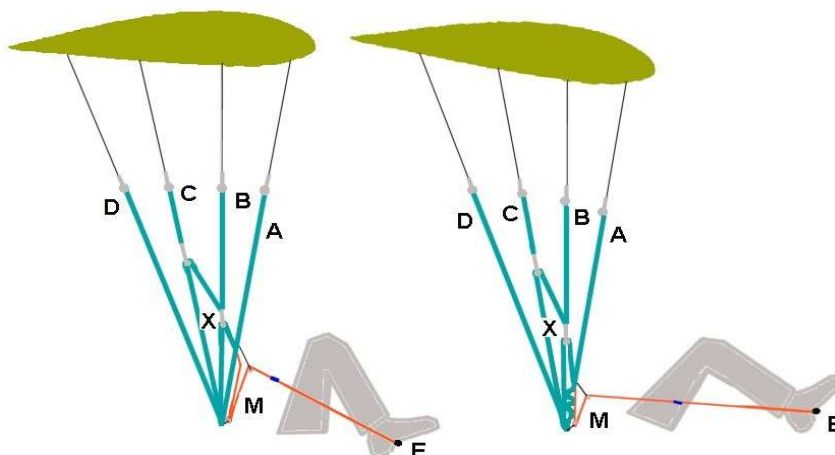
A la surface antérieure des sangles des élévateurs A, on trouve un dispositif, appelé accélérateur à pieds, de démultiplication à poulies (mouflage), permettant de raccourcir des élévateurs A et, dans une moindre mesure, B et éventuellement C.

Ce système est relié par une cordelette à un fin étrier actionné par les pieds du pilote. Le pilote pousse vers l'avant son étrier avec la force de ses jambes, il permet donc indirectement de raccourcir ces 2 ou 3 groupes d'élévateurs.



Q66 Ce raccourcissement différentiel et harmonieux de A, B et éventuellement C est dû à un autre système de démultiplication dans les élévateurs. Ceci entraîne une diminution d'incidence et donc une augmentation de la vitesse (voir première partie, aérodynamique) sans modification significative du profil.

O = cordelette de liaison. E = étrier. X Vue détaillée d'un accélérateur avec mouflage (démultiplicateur à poulies). T = crochet pour O.

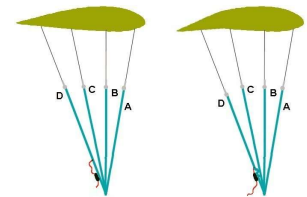


L'accélérateur et la commande des freins sont donc les 2 dispositifs qui permettent de faire voler le parapente sur toute sa plage de vitesse. On obtient en général la finesse maximale en air calme sans action sur les commandes (bras haut) ni sur l'accélérateur. Selon les ailes il faut parfois légèrement freiner ou parfois légèrement accélérer pour avoir la finesse maximale.

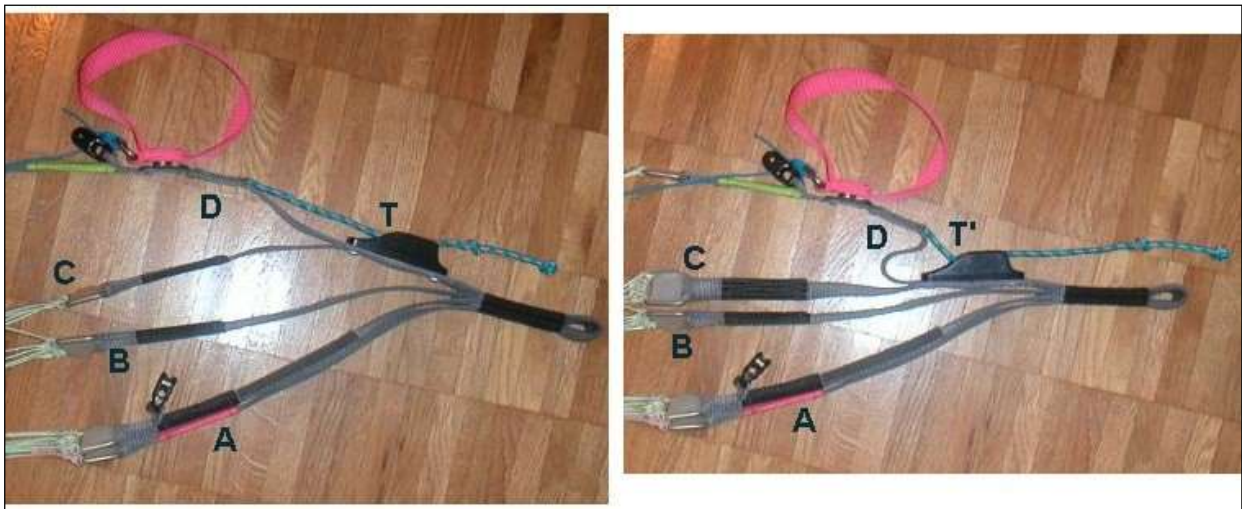
De toute façon, bras haut sans accélération, vous serez toujours sûr d'être très proche de la finesse maximale en air calme. Sur la gauche de la polaire (angle d'incidence entre 12° et 20 ° environ), c'est le domaine des basses vitesses, obtenues par action sur les freins.

TRIMMS

Q69 Les afficheurs ou trimm-tabs sont des dispositifs qui ont le même but que l'accélérateur à pieds mais qui impliquent la modification de longueur du (éventuellement des) dernier(s) groupe(s) de sangle des élévateurs, c'est-à-dire, le(s) groupe(s) D (et C). Il y a donc modification de comportement de vol (vitesse augmentée).



Q70 Un parapente équipé de trimm-tabs est considéré comme homologué seulement si les tests d'homologation ont été réalisés avec ce dispositif.



Elévateur équipé de trimm-tab T détendu et T' tendu. Les groupes A à C ne sont pas touchés par T. Lorsque le trimm-tab est tendu, la partie inférieure de D se plisse et D se raccourcit globalement.

Pour les vols normaux à légèrement ralentis, les trimm-tabs sont tendus pour augmenter l'incidence et abaisser un peu le profil à l'arrière.

Q71 Pour les vols rapides, ils sont détendus (relâchés) pour réduire l'incidence et relever le profil à l'arrière.

Q72 Dans cette dernière configuration de vol, la calotte a plus tendance à se fermer frontalement et les mouvements de commande aux freins deviennent plus amples que si les afficheurs sont tendus.

Les constructeurs placent des afficheurs surtout pour les biplaces où évidemment l'accélérateur à pieds n'est pas possible (passager devant) et éventuellement pour les parapentes monoplace qui ne requiert pas des aptitudes exceptionnelles de la part du pilote.

En résumé, le pilote peut utiliser tout le domaine de vol normal de son parapente (toute sa plage de vitesse)

- Pour le domaine des basses vitesses
 - Avec les freins (commandes)

- Pour le domaine des hautes vitesses
 - Avec des afficheurs
 - Avec des accélérateurs à pieds

Pour aller vite, on diminue l'incidence de vol en tendant les groupes avant des élévateurs (accélérateur à pieds) ou en relâchant les groupes arrières (afficheurs).

FREINS

Les commandes ou les freins sont le système de suspentes liés au bord de fuite de chaque côté de la calotte.

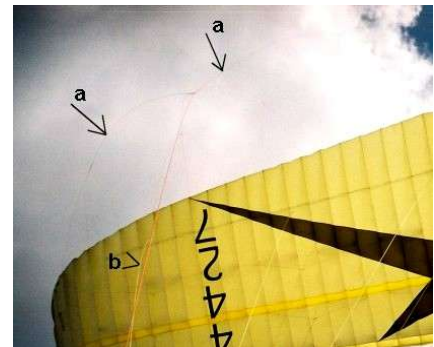
Q73 A l'extrémité inférieure de chaque frein, les suspentes convergent en une seule suspente passant par une petite poulie, elle-même reliée par une petite sangle à l'élévateur D. Cette poulie est le guidage de la commande et permet de protéger la suspente principale de la commande contre l'usure mécanique (frottements).

Finalement, à l'extrémité inférieure de chaque commande, il y a une poignée en sangle permettant de bien saisir la commande de chaque côté. **Q74** Pour la sécurité, il est très important de ne pas modifier la longueur des commandes soi-même. Cette longueur est déterminée par le constructeur. **Q75** Cette longueur a été réglée pour que le parapente puisse voler sur toute la plage de vitesse (vitesse normale bras haut à vitesse minimale).

En vol normal bras haut (sans action sur les commandes), les suspentes des freins décrivent clairement un arc de cercle harmonieux vers l'arrière (a sur la figure ci-contre).

Ceci est dû au fait que les suspentes de freins subissent la force de leur traînée au vent relatif durant le vol alors que la tension (traction) sur les freins est faible.

Si les freins ne présentent pas cet arc de cercle à l'état relâché (bras haut), mais descendent plutôt en ligne droite du bord de fuite jusqu'aux poignées, cela veut dire que les suspentes des freins sont trop courtes. Les commandes sont donc mal réglées et mettent ainsi le pilote en danger (risque de décrochage).



Q64, Q76 Pour les mêmes raisons, les suspentes D, dans une moindre mesure (tension un peu plus forte), présentent aussi un arc de cercle moins marqué vers l'arrière. Ceci est encore plus net lorsqu'on freine le parapente, car si l'on freine en donnant un peu de tension aux commandes, la tension des suspentes D diminue concomitamment. Si une des suspentes du faisceau des commandes se rompt durant le vol, le parapente peut quand même être piloté. Si, en revanche, toute une commande ou les deux commandes sont hors fonction, il faut piloter prudemment par les élévateurs D (risque de décrochage plus élevé).

SELLETTE

CONSTRUCTION

La sellette d'un parapente peut se comparer à la carlingue d'un avion. On doit pouvoir y être confortablement assis pendant plusieurs heures

Des sangles autour des cuisses, devant le tronc et aux épaules maintiennent le pilote dans la sellette. De chaque côté, d'autres sangles partent des bords latéraux de la sellette pour converger vers les mousquetons qui permettent de relier rapidement et en toute sécurité les élévateurs du parapente à la sellette.

Les sellettes actuelles ont aussi le plus souvent des protections dorsales qui sont de larges amortisseurs remplis soit d'air (airbag) soit de mousse (mousse bag).

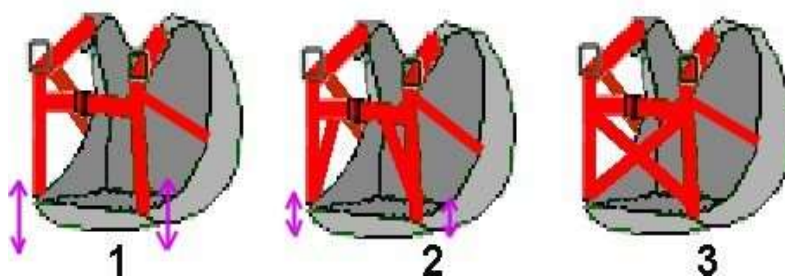
Q86 Ces dispositifs augmentent la protection passive, comme le casque et les gants, mais ne doivent pas faire oublier la protection active (règles de pilotage, entraînement, analyse adéquate des situations météo, etc.) et ne doivent pas être un prétexte pour être plus téméraire.

Q87, Q88 Par rapport au mousse bag, l'airbag, qui se remplit d'air durant le vol par un orifice antérieur muni d'une valve, semble plus efficace contre le choc. Par contre, le mousse bag est efficace dès le décollage, ce qui n'est pas toujours le cas pour l'airbag.



TYPES DE SELLETTES

POSITION DES SANGLES



- 1 = sellette sans croisillon
- 2 = ABS (anti balance system)
- 3 = sellette à croisillons. En violet, les flèches représentant l'amplitude des mouvements oscillant latéraux.

Suivant la position et le genre de fixation des mousquetons, il y a différents types de sellette.

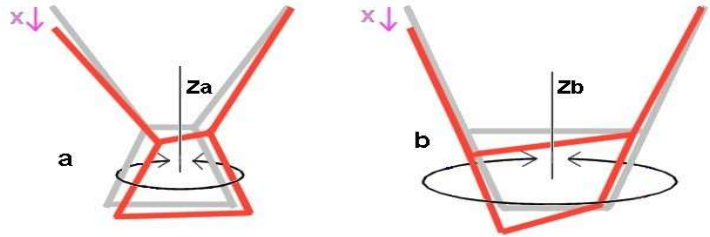
Q77 Actuellement on n'utilise plus beaucoup les sellettes à croisillons. Ce système bloque toute oscillation latérale de la sellette et empêche ainsi de bien sentir les mouvements de l'aile dans les turbulences et de piloter par déplacement de poids du corps du pilote. **Q83** Ce système influence le comportement de l'aile dans des situations de vol extrême, en retirant l'effet de l'inertie du pilote.

Q78 Au contraire, une sellette sans croisillon diagonal ne bloque pas les oscillations latérales de la sellette. Ceci permet de sentir les turbulences par les mouvements de la voile. De plus le pilote peut accentuer les virages par déplacement du poids de son corps. Le comportement de l'aile en situation turbulente peut être plus vif avec une sellette sans croisillon qu'avec une sellette munie de croisillons. Le système ABS est

intermédiaire et le plus utilisé actuellement. L'amplitude de ces oscillations latérales dépend aussi un peu de la hauteur des mousquetons et de l'écart entre eux.

POSITION DES MOUSQUETONS

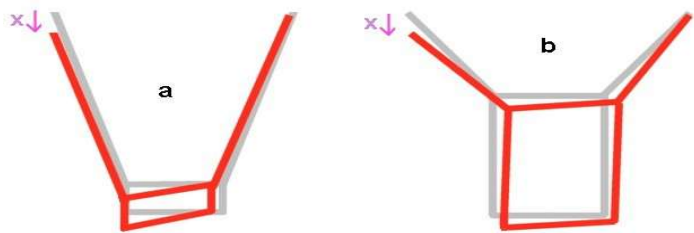
Q79 Si l'écart entre les mousquetons est petit, la projection verticale des mouvements d'oscillations latérales est moins marquée: on sent moins les turbulences. Le moment du couple de force de rotation retenant le twist est plus faible, ce qui augmente la tendance au twist



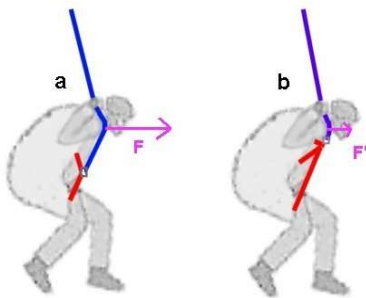
Q80 Si l'écart entre les mousquetons est grand, la projection verticale des mouvements d'oscillations latérales est plus marquée. On sent plus les turbulences. Le moment du couple de force de rotation retenant le twist est plus grand, ce qui diminue la tendance au twist

Influence de l'écart entre les mousquetons, réglable en principe pas la sangle ventrale. a = petit écart, b = écart plus important, x = amplitude d'oscillation latérale transmise par la voile via les élévateurs, z = axe de rotation de la sellette (axe du moment du couple de force) retenant le twist.

Q81 Lorsque les mousquetons sont situés haut (points d'accrochage de la sellette élevés), la projection verticale de l'amplitude des oscillations latérales est plus petite, donc les turbulences sont moins perceptibles, que si les mousquetons sont situés bas.



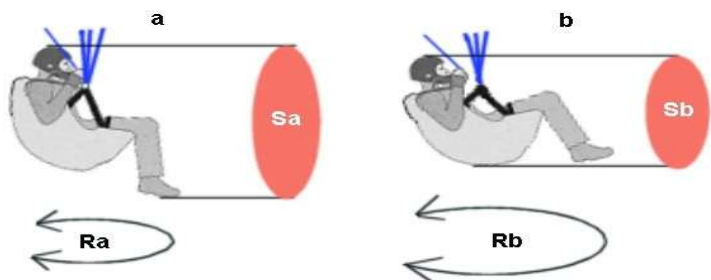
Influence de la hauteur des mousquetons. a = fixations basse, b = fixation haute. , x = amplitude d'oscillation latérale transmise par la voile via les élévateurs.



Q82 En revanche, si les mousquetons sont situés bas, le moment du couple de force des épaules autour des mousquetons est plus grand et donc la position penchée en avant au décollage est plus facile que si les mousquetons sont haut situés.

POSITION DANS LA SELLETTE

Q84 En position couchée dans la sellette, la projection au vent de la surface pilote-sellette est moins grande que celle en position assise. Par conséquent, la traînée en position couchée est moins grande qu'en position assise, ce qui est un avantage de la position couchée.



Q85 Par contre, le moment du couple de force de rotation du pilote et de sa sellette induisant le twist est plus grand en position couchée, ce qui est un

Influence de la position du pilote sur la traînée et la tendance au twist. a = position assise, b = position couchée, S = surface de projection au vent du pilote et de sa sellette, R = moment du couple de force de rotation du pilote et de sa sellette induisant le twist.

inconvenient, qu'en position assise. Le danger de twist est donc plus grand en position couchée.

PARACHUTE DE SECOURS

CONSTRUCTION

Comme la protection dorsale, le parachute de secours n'est pas un gadget et devrait faire partie intégrante de tout équipement de parapente. Son utilité a été démontrée maintes fois, même chez les meilleurs pilotes.

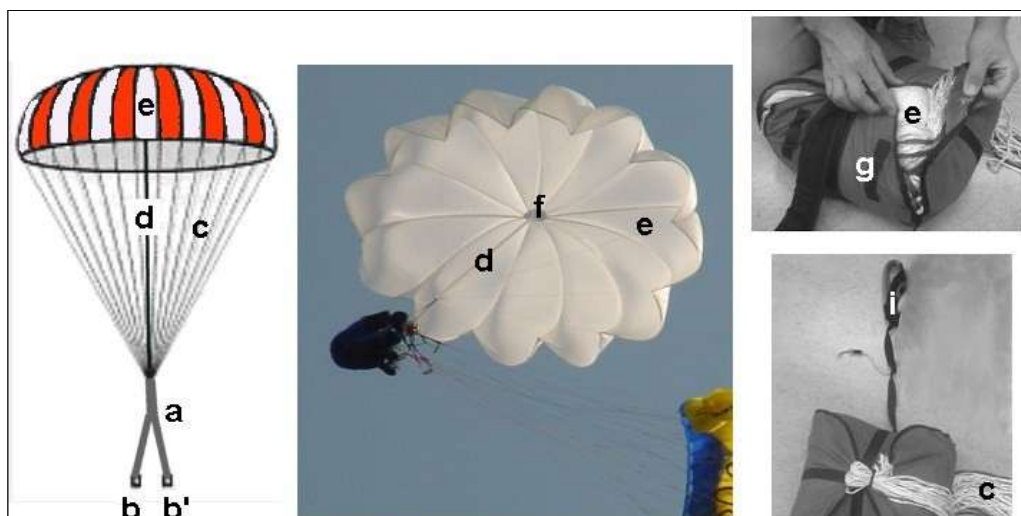
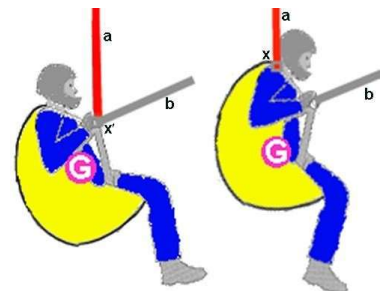
Il est composé de 3 parties principales

1. D'une calotte en général hémisphérique avec un sommet rentrant et ouvert, tiré vers le bas par une ou deux suspentes centrales solides.
Une telle calotte à sommet rentrant s'appelle « pull down apex ». Un parachute « pull down apex » a un taux de chute plus réduit et peut-être une stabilité un peu moins bonne que les parachutes à calotte hémisphérique simple.
La calotte du secours est ensuite reliée à...
2. ...Ses suspentes convergeant en faisceau conique vers....
3. ...Une sangle ou élévateur, en général unique.
Celui-ci bifurque en V vers le bas, symétriquement, pour que les attaches sur la sellette, par des maillons à vis, soient elles-mêmes symétriques.

Pour que le pilote soit debout (corps du pilote se redressant automatiquement) quand le secours s'ouvre, le centre de gravité du pilote doit être le plus bas possible par rapport à ces 2 points de fixation.

Q94, Q95 Il est donc plus judicieux de les fixer symétriquement sur les sangles d'épaules de la sellette (c'est-à-dire le plus haut possible, de part et d'autre de la nuque du pilote (donc derrière lui).

Q93 Si les 2 points de fixation de l'élévateur du secours se trouvent trop près du centre de gravité du pilote et aussi trop vers l'avant, comme par exemple sur les mousquetons de fixations des élévateurs du parapente, le pilote va rester assis dans la sellette et devra penser à se redresser avant l'atterrissage.



Éléments du parachute de secours. a = élévateur (sangle) unique bifurquant symétriquement vers le bas, b = attaches avec gros maillons rapides trapézoïdes sur la sellette (en général sur les sangles d'épaules), d = suspente centrale, c = suspentes latérales plus fines, e = calotte, f = cheminée (ouverture) d'un secours « pull down apex », g = pod (container interne) ouvert, g' = pod fermé, i = sangle et poignée du pod permettant son extraction de la poche (container externe) du secours, fixée à la sellette.

COMPOSITION

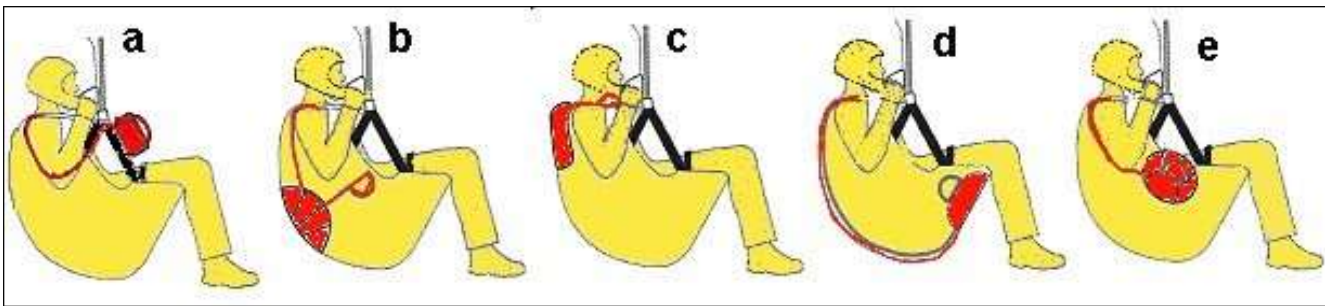
Alors que la calotte et les suspentes du parapente sont fabriquées respectivement avec du Nylon (polyamide) et du dyneema (polyéthylène), **Q96, Q97** ces 2 parties du secours sont faites en général avec du Nylon (polyamide).

La calotte du secours, comme celle du parapente, est tissée selon la technique « ripstop ».

On a vu que les tissus du parapente doivent être le moins élastiques, pour garder des qualités aérodynamiques constantes, et aussi évidemment le plus solides possible. **Q98** Pour le secours, où la constance des qualités aérodynamiques est moins importante, on privilégie plutôt des tissus plus élastiques tout en étant résistants, dans un cadre clairement défini, ceci afin de rendre le choc d'ouverture du secours moins brusque.

Q100 Comme pour le parapente, les tissus du secours sont sensibles à l'humidité prolongée (moisissures) et aux UV du soleil, ces deux facteurs diminuant la durée de vie du secours.

POSITION DU SECOURS SUR LA SELLETTE



Différentes positions de la poche du secours sur la sellette : a = ventrale, b = postérieure, c = dorsale, d = inférieure, e = latérale.

Les sellettes modernes sont le plus souvent munies de poche (container externe) de parachute de secours cousue sur le tissu de la sellette. **Q92** Le principe le plus important pour le choix de la position de la poche du secours est que le pilote doit pouvoir bien voir et facilement atteindre avec une main la poignée d'extraction du secours.

Chaque position a ses avantages et ses inconvénients. La poche ventrale n'est pas cousue sur la sellette mais attachée par des sangles entre les deux mousquetons.

OUVERTURE

Pour rendre l'utilisation (ouverture) du secours plus aisée et plus propre, on ne place pas directement le secours dans sa poche (container externe). En premier il faut le plier en « S » soigneusement dans un pod (container interne en nylon léger), d'abord la calotte puis les suspentes.

Finalement, on peut placer le pod, contenant le secours plié, dans la poche externe fixée sur la sellette et laisser la poignée d'extraction, reliée par une sangle au pod, bien visible et atteignable par une ou mieux les deux mains, depuis la position assise dans la sellette.

Pour ne pas interférer dans le processus d'ouverture du secours, il ne faut jamais attacher le pod au secours. Lors de l'utilisation réelle du secours, ce pod sera donc probablement perdu dans la nature, ce qui n'est vraiment pas grave en comparaison à sa vie sauve. La séquence d'ouverture du secours se présente donc ainsi :

- Regarder la poignée d'extraction.
- Prendre fermement cette poignée entre le pouce et le reste de la main.

- Extraire le pod, en un geste ferme et ample du bras le plus possible perpendiculaire à la poche externe. Le pod ne doit pas s'ouvrir à ce moment.
- Repérer un espace aérien libre vers l'arrière.
- Jeter de toutes ses forces le pod dans cette direction. Les suspentes vont d'abord se dérouler, puis le pod va s'ouvrir et enfin libérer la calotte, qui elle-même va s'ouvrir finalement.

Le pod (container interne) présente donc l'avantage de faciliter l'extraction du secours de la poche externe, de rendre la séquence d'ouverture propre, précise et continue ce qui diminue le risque d'emmêlement des suspentes.

Q99 Pour que le secours fonctionne le mieux possible lorsqu'on en a besoin, il faut aussi le déplier, le sécher (24 heures) puis le replier régulièrement (environ tous les 4-6 mois). Plus l'intervalle de pliage du secours est long et plus il risque de s'ouvrir lentement car, à la longue, l'humidité ou l'électricité statique (lorsqu'il fait trop sec) peuvent entraîner un certain accolement des plis de la calotte dans le pod.

Le pliage du secours, de même que son installation sur la sellette, nécessite une formation spécifique et une certaine expérience. Au moindre doute, adressez-vous à un plieur de secours, agréé FSVL, pour ces opérations.

Q105, Les facteurs qui peuvent améliorer le temps d'ouverture sont donc :

- La faible porosité du tissu de la calotte.
- Des intervalles de pliage courts.
- Une vitesse importante du vent relatif lors de l'ouverture.
- Une petite surface de la calotte.

Truc mnémotechnique : Pour répondre à cette dernière question, il suffit de se souvenir des 2 premiers points.

Q106, Les facteurs qui peuvent allonger le temps d'ouverture sont donc :

- Des intervalles de pliage longs
- Une forte charge électrostatique
- Une sangle de liaison trop longue

Q104 Si une petite surface de la calotte facilite l'ouverture, elle augmente cependant le taux de chute. Les constructeurs de secours offrent en général 3-4 tailles par modèle. Il est donc important, comme avec le parapente, que le pilote choisisse une taille de secours adaptée à son poids, pour un bon compromis entre temps d'ouverture et taux de chute.

Normalement, le taux de chute recherché est d'environ 5,5 m/s. Ceci correspond à une chute (saut) libre d'environ 1,5 m de haut. Lors de l'impact au sol, il est important que le pilote effectue un roulé-boulé pour minimiser le risque de blessures. **Q102, Q103** En réalité, ce taux de chute est souvent bien plus élevé.

La bonne utilisation du secours, même si elle est assez simple, nécessite donc un entraînement préalable qu'aucun pilote ne devrait négliger. **Q101** Si le secours tombe dans l'eau, par exemple lors d'un cours SIV (simulation d'incidents de vol), ce sont les suspentes qui mettent le plus de temps à sécher que les autres éléments du secours.

AUTRES ÉQUIPEMENTS

PROTECTION PASSIVE

Certains pilotes préconisent de développer essentiellement la sécurité active (décisions et pilotage adéquats) plutôt que la sécurité passive (protections, parachutes de secours, etc.). En fait il n'y a pas de raisons pour que l'une des sécurités se fasse au détriment de l'autre. A moins que l'on ne développe un maximum de sécurité passive pour outrepasser les règles de la sécurité active, ce qui serait effectivement dangereux, malgré les protections.

Nous avons déjà vu deux éléments de protection passives : les protections dorsales et les parachutes de secours. Même s'il faut un minimum d'intervention du pilote, les secours font bel et bien partie de la sécurité passive.

De bonnes chaussures montantes, assez rigides pour protéger les chevilles et suffisamment souples pour courir agilement dans le terrain, sont très importantes.

Q109 De même une paire de gants solides, protégeant du froid mais surtout des agressions mécaniques possibles, est indispensable.

Q110, Q111 Le casque l'est tout autant. Il protège la tête surtout lors de chutes au décollage ou à l'atterrissage. Il faut préférer le casque intégral qui est le plus efficace. Actuellement, il existe de nombreux modèles de casques intégraux en matériaux composite, à la fois léger et solide.

INSTRUMENTS DE VOL

Parmi les instruments de vol, le variomètre est incontestablement le plus utile au pilote de parapente. Cet instrument informe le pilote de la vitesse verticale de son aéronef.

Q114, Q115 Le variomètre fonctionne en mesurant la différence de pression atmosphérique ou plus exactement l'intensité de la variation de pression avec le temps. Par ce moyen, on peut donc se faire une bonne idée de la force des ascendances, puisque la pression diminue de façon régulière avec l'altitude. Un variomètre acoustique tout simple suffit pour le pilote de loisir.

L'altimètre, n'est pas indispensable pour le pilote de loisir qui n'évolue pas forcément à des altitudes très élevées. L'altimètre donne une valeur d'altitude en mesurant l'état instantané de la pression atmosphérique. Il est plus utile au pilote de compétition ou de distance qui doit faire des choix tactiques (transition entre les ascendances) et respecter les limites supérieures autorisées de l'espace aérien.

Puisque la pression atmosphérique diminue avec l'altitude, si la pression est basse en raison de mauvaises conditions météorologiques, l'instrument donnera évidemment une pression correspondant à une altitude habituellement un peu plus élevée et vice-versa. A la place des valeurs de pression, l'altimètre est étalonné en unités de longueur (altitude).

Q117 Si une haute pression s'approche, la pression atmosphérique augmente, un altimètre calibré le matin réagira l'après-midi comme si l'on s'était déplacé à une altitude plus basse, où la pression est plus haute. L'altitude indiquée aura donc tendance à être trop basse.

Q118 Par un raisonnement inverse, si la haute pression s'affaiblit, un altimètre calibré le matin donnera l'après-midi des valeurs d'altitude plus haute qu'en réalité.

Q112 L'anémomètre ou badin est probablement l'instrument le moins utile pour le vol libre. Il donne, au sol, une mesure de la vitesse du vent et, en l'air, une mesure de la vitesse de vol par rapport à l'air ambiant, c'est-à-dire du vent relatif. Il peut être utile à un élève qui apprend à connaître le domaine de vol (plage de vitesse)

d'un parapente, mais pour un pilote confirmé, la sensation du vent sur le visage ainsi que le bruit du vent relatif suffisent à donner une idée précise de sa vitesse de vol. **Q113** Un anémomètre en vol doit être placé au moins un mètre sous le pilote pour obtenir des mesures conformes à la réalité. Sinon les valeurs de vitesse seront sous-estimées en raison du frottement aérodynamique qui ralentit le flux d'air près du pilote.

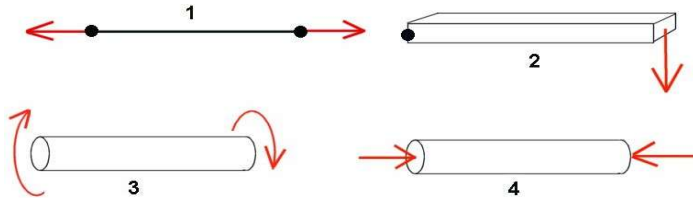
Le GPS (global positioning system) est un petit appareil électronique sophistiqué permettant de connaître instantanément sa position exacte sur la terre, grâce à une connexion radio permanente avec des satellites artificiels. Pour le pilote de loisir, le GPS peut être utile pour connaître sa vitesse par rapport au sol et ainsi estimer plus précisément le vent en altitude. Actuellement le GPS est indispensable pour le pilote de compétition car c'est par le GPS que les organisateurs contrôlent le tracé du vol de chaque concurrent, enregistré dans la mémoire de leur appareil.

CONTRAINTES

MÉCANIQUES

Q61 La charge des éléments constituant le parapente est essentiellement due à la traction. En effet, puisqu'il n'y a que des éléments entièrement souples (tissu, suspentes) dans un parapente, les forces de torsion, pression ou flexion, n'impliquant que du matériel solide, ne peuvent concerner cet aéronef.

1. Traction
2. Flexion
3. Torsion
4. Compression



Q60 Si un matériau de parapente subit une charge dont la valeur correspond à sa résistance maximale à la traction, on peut s'attendre à ce que ce matériau ne soit plus dans son état initial en ce qui concerne ses dimensions et sa résistance à la traction.

Q65 Dans cet ordre d'idée, la pratique continue de manœuvres de vol extrême (acrobatie), provoquant des charges importantes et brusques, peut entraîner l'extension de diverses pièces de construction et ainsi provoquer une modification des qualités de vol du parapente.

Q58 Si, après de nombreux vols (par exemple 200), on remarque progressivement des plis dans la voile (par exemple sur toute l'envergure entre les groupes de suspentes B et C), il ne faut pas essayer de régler soi-même la longueur des différents groupes de suspentes, mais il faut donner l'ailé à réviser chez une personne qualifiée (constructeur, réparateur agréé...).

Q59 A l'atterrissage, juste après avoir posé les pieds au sol, il faut veiller à ce que la voile tombe latéralement ou postérieurement. Si l'ailé tombe vers l'avant brusquement contre le sol, l'air dans les caissons ne peut pas s'échapper rapidement par l'ouverture des caissons. Il s'ensuit un risque de surpression dans la calotte qui peut abîmer les parois intercaissons.

Dans un coffre de voiture, l'équipement de parapente peut entrer en contact avec de nombreux liquides nuisibles comme l'essence, l'antigel et les produits nettoyant. L'eau distillée est bien sûr la moins dangereuse parmi les produits cités dans la **Q107**. On a déjà parlé de l'influence nuisible du rayonnement solaire (surtout par les ultraviolets) sur les tissus du parapente (calottes du parapente et du secours essentiellement).

Q108 Les rayons X et gamma sont aussi très dangereux mais ne se rencontrent en principe pas en quantité significative dans la nature. Dans la pratique, les rayons UV sont les plus problématiques.

CHARGE AILAIRE

Q89, Q90, Q91 On choisit la surface de l'ailé convoitée en calculant la future charge alaire, connaissant le PTV et la surface de la calotte. Classiquement la charge alaire devrait être située entre 2.5 et 4 kg/m², ces 2 valeurs étant respectivement les limites inférieure et supérieure. Toute valeur intermédiaire, par exemple 3 et 3.5 kg/m² sont considérées comme normales.

Cependant, avec les ailes actuelles, de nombreux pilotes expérimentés préconisent de choisir plutôt des charges alaires comprises entre environ 3.5 à 4.5 kg/m². Seul le pilote de parapente est responsable de l'état de son aile. C'est lui qui décide notamment à quel intervalle son aéronef doit être contrôlé et révisé par le constructeur ou une autre personne compétente.

HOMOLOGATION

Q119 En Suisse, on parle principalement de l'homologation EN (Norme Européenne), maintenue par le CEN (Comité sous-jacent). Il s'agit, pour les planeurs de pente, d'une vérification facultative de la navigabilité de chaque type de planeur de pente vendu en Suisse, conformément aux normes établies.

Q123 La norme équivaut à une déclaration sur la résistance de la structure et au comportement en vol d'un modèle spécifique de parapente à l'état neuf.

Q120 Les normes d'homologations par la FSVL des parapentes sont déterminées par le CEN.

Q121 L'homologation des parapentes conformément aux normes EN regroupe :

- Un test de charge permanente (8G)
- L'exécution de différentes manœuvres de vol
- Une ouverture sous charge (test de choc, entre 800 à 1200 daN)

Q122 En Suisse, le pilote n'est obligé de voler une aile homologuée que pour les examens ou si un règlement (en compétition par exemple) le spécifie. Dans les autres cas, l'homologation est vivement recommandée.

Q124 Les ailes non homologuées peuvent présenter des divergences considérables par rapport aux normes de sécurité imposées par l'homologation en termes de comportement en vol et en capacité de charge.

Q125 L'intervalle de contrôle d'une aile est déterminé par le constructeur, et devrait être respecté par le pilote, bien qu'aucun règlement spécifique n'existe.