

**Réponses commentées du QCM (état septembre 2025) du e-learning de la FSVL pour pilotes de parapente, partie :**

## **M A T E R I E L**

**Auteur principal : Jean Oberson**

Contribution et mises à jour : Thierry Vallotton

Contribution et relecture :

**<https://soaringmeteo.org/>**

**3<sup>ème</sup> édition** (alignée aux questions - numéro en bas de la question - du e-learning de la FSVL – état septembre 2025)

Version plus récente ? Consultez la page <https://soaringmeteo.org/docs.html>

## TABLE DES MATIERES

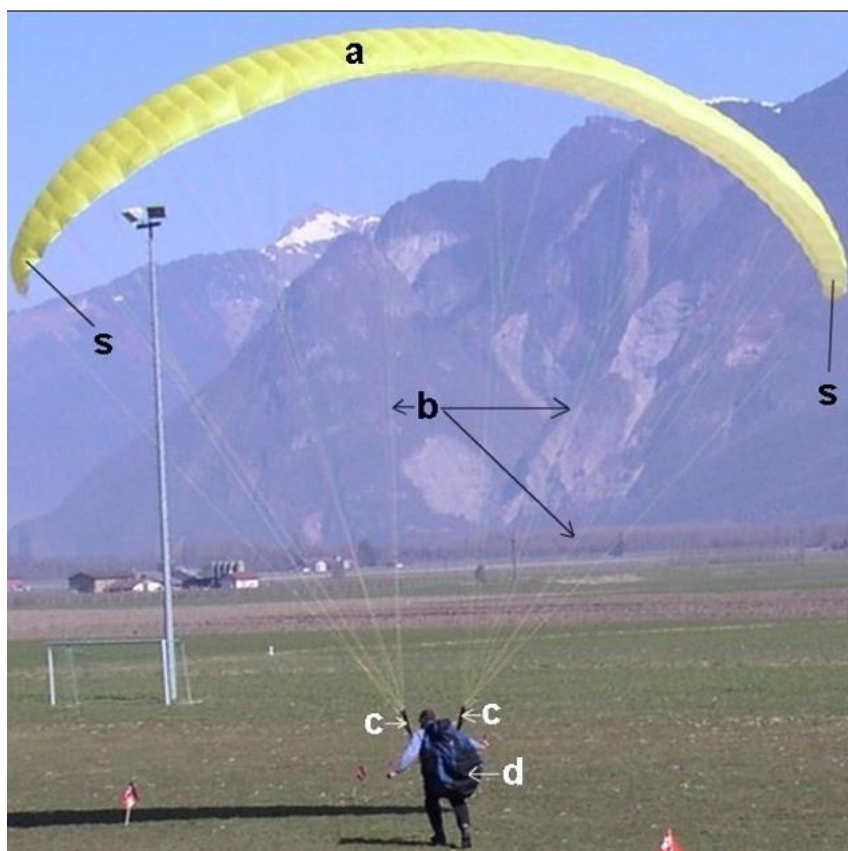
|  |    |
|--|----|
| Les parties principales du parapente.....                | 2  |
| La calotte .....   | 3  |
| Les suspentes.....                                       | 7  |
| Elévateurs, commandes, afficheurs et accélérateurs ..... | 11 |
| La sellette et le parachute de secours.....              | 17 |
| Equipement accessoire et appareils de mesure.....        | 24 |
| Homologation et recommandations générales .....          | 27 |

### Où trouver la question

| Question | Page | Question | Page | Question | Page | Question | Page | Question | Page  | Question               | Page  | Question | Page  |
|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|-------|------------------------|-------|----------|-------|
| 1        | 3    | 11       | 4    | 21       | 6    | 31       | 8    | 41       | 9     | 51                     | 10+11 | 61       | 11+27 |
| 2        | 3    | 12       | 4    | 22       | 6    | 32       | 8    | 42       | 10    | 52                     | 10+11 | 62       | 12    |
| 3        | 3    | 13       | 4    | 23       | 6    | 33       | 9    | 43       | 10    | 53                     | 10+11 | 63       | 12    |
| 4        | 3    | 14       | 4    | 24       | 4+6  | 34       | 8    | 44       | 10    | 54                     | 10+11 | 64       | 12    |
| 5        | 3    | 15       | 4    | 25       | 5    | 35       | 9    | 45       | 9     | 55                     | 10+11 | 65       | 27    |
| 6        | 3    | 16       | 4    | 26       | 5    | 36       | 9    | 46       | 10+11 | 56                     | 11    | 66       | 13    |
| 7        | 3    | 17       | 4    | 27       | 3+5  | 37       | 9    | 47       | 10+11 | 57                     | 11    | 67       | 14    |
| 8        | 3    | 18       | 4    | 28       | 7    | 38       | 9    | 48       | 10    | 58                     | 27    | 68       | 14    |
| 9        | 3    | 19       | 3    | 29       | 7    | 39       | 9    | 49       | 10+11 | 59                     | 11    | 69       | 14    |
| 10       | 3    | 20       | 4    | 30       | 7    | 40       | 9    | 50       | 10+11 | 60                     | 11+27 | 70       | 15    |
|          |      |          |      |          |      |          |      |          |       |                        |       |          |       |
| Question | Page | Question | Page | Question | Page | Question | Page | Question | Page  | Question               | Page  |          |       |
| 71       | 16   | 81       | 20   | 91       |      | 101      | 24   | 111      | 24    | 121                    | 28    |          |       |
| 72       | 16   | 82       | 20   | 92       | 18   | 102      | 24   | 112      | 26    | 122                    | 28    |          |       |
| 73       | 16   | 83       | 19   | 93       | 22   | 103      | 24   | 113      | 26    | 123                    | 28    |          |       |
| 74       | 16   | 84       | 21   | 94       | 21   | 104      | 24   | 114      | 24    | 124                    | 28    |          |       |
| 75       | 16   | 85       | 21   | 95       | 22   | 105      | 24   | 115      | 24    | 125                    | 28    |          |       |
| 76       | 17   | 86       | 18   | 96       | 22   | 106      | 24   | 116      | 25    | Fin QCM (état 08.2025) |       |          |       |
| 77       | 18   | 87       | 18   | 97       | 22   | 107      | 27   | 117      | 26    |                        |       |          |       |
| 78       | 19   | 88       | 18   | 98       | 22   | 108      | 27   | 118      | 26    |                        |       |          |       |
| 79       | 19   | 89       | 27   | 99       | 23   | 109      | 24   | 119      | 28    |                        |       |          |       |
| 80       | 19   | 90       | 27   | 100      | 22   | 110      | 24   | 120      | 28    |                        |       |          |       |

### Les parties principales du parapente

Il y a quatre parties principales dans un parapente, voir figure **C1** : **(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 donc deux surfaces : une surface supérieure très bombée vers le haut, l'extrados et 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 muni 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, replié régulièrement pour favoriser une ouverture rapide.



C1 : les 4 parties principales d'un parapente. a = la calotte, b = les suspentes, c = les élévateurs, d = la sellette, s = stabilos.

## La calotte

Pour fabriquer le tissu de la voile de parapente, on utilise principalement **question 1** la fibre synthétique de polyamide (nylon) et moins souvent celle du polyester (Dacron).

Le polyéthylène (Dyneema) ou l'aramide (Kevlar) sont utilisés, nous le verrons plus loin, pour la fabrication des suspentes. Une des caractéristiques importantes du tissu de la calotte est sa résistance mécanique, notamment à la déchirure. Le terme tissu Ripstop désigne **question 2** la technique 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. **Question 3** Par la technique de tissage Ripstop, on améliore la résistance au prolongement de déchirures des tissus utilisés pour la construction de parapentes. Un tissu Ripstop se caractérise visuellement par un aspect finement quadrillé, dû aux fils solides intercalés. Voir figure **C2**.

Cependant, des charges diagonales par rapport à la structure du tissu entraînent plus facilement un allongement, et donc une déformation permanente d'un tissu Ripstop traité.



*Figure C2 : Tissu Ripstop avec son aspect finement quadrillé. Une des directions s'appelle la trame, l'autre, perpendiculaire, s'appelle la chaîne.*

**Questions 4** La perméabilité à l'air d'un tissu est mesurée par la porosité. Plus le tissu est perméable, plus il est poreux et inversement . **Question 5** La porosité d'un tissu de calotte de parapente doit être la plus réduite possible pour conserver des propriétés de vol sécuritaires. D'autres caractéristiques des tissus sont importantes et, pour les obtenir, on traite l'aile par une enduction (imprégnation du tissu par de la résine synthétique), le plus souvent du polyuréthane ou moins souvent du silicone ou du Mylar. **Questions 6+7+9** Ce traitement réduit la porosité et l'élasticité du tissu (pour que le profil reste le plus précis possible). **Question 8** Il réduit la sensibilité aux rayons ultraviolets (UV) et **question 10** améliore la capacité de charge mécanique.

Le vieillissement du tissu altère cette enduction. Cette enduction usagée, endommagée ou insuffisante **question 19** augmente la porosité et influence le comportement en vol.

**Questions 11 +19** Ainsi le décrochage a lieu à une vitesse plus élevée et l'aile présente

une tendance au vol parachutal stable. Le vol parachutal est défini par un taux de chute plus grand et une vitesse horizontale moins grande que le vol plané normal.

**Questions 12 à 16 :** L'enduction peut être altérée par :

- **Question 12 :** Le pliage de l'aile sur une surface en goudron ou en béton
- **Question 13 :** Le nettoyage de l'aile à l'aide de détergents ménagers agressifs
- **Question 14 :** Le stockage de l'aile humide dans un endroit soumis à de grandes variations de température. Dans *ces conditions des moisissures* peuvent se développer sur la surface du tissu. Celles-ci altèrent directement l'enduction
- **Question 15 :** Le frottement avec d'autres matériaux comme le sable, les cailloux, le sel, etc.
- **Question 16 :** Le stockage conséquent de l'aile dans un endroit éclairé et bien ensoleillé (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.

**Question 17 :** Un parapente qui est rentré au contact de l'eau de mer doit être aussitôt bien rincé à l'eau douce puis séché à l'ombre.

En lien avec les questions 012 à 016 : L'enduction n'est pas altérée par :

- L'exécution de manœuvres de vol extrêmes et les fermetures qu'elles entraînent.
- Le stockage conséquent de l'aile dans un endroit sombre, à l'abri du soleil
- Le stockage de l'aile sèche dans un endroit soumis à de grandes variations de température
- Le nettoyage de l'aile à l'eau froide.
- Le stockage de l'aile la plus sèche possible dans une pièce sèche.

Nous voyons dans le document Aérodynamique et mécanique de vol que les forces de portance sont **question 18** maximales sur l'extrados de l'aile au niveau du bord d'attaque. C'est donc à cet endroit que la charge subie par la voile durant le vol est la plus grande.

Comme toute aile (voir document Aérodynamique et mécanique de vol), la calotte du parapente (voir figure **C3**) 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 (voir figure **C1**). Ce sont les portions toutes 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. 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 (voir figure **C3**). 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. 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, diagonales en V ou de cloisons intercellulaires (voir figure **C3**). Ces cloisons ont pour but **question 20** de transmettre de manière homogène la charge des suspentes sur l'extrados de l'aile et ainsi **question 24** de répartir la charge alaire sur un nombre de suspentes moindre et donc de réduire la traînée, 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, moins il y a de traînée parasite. Les nervures délimitent ainsi les caissons de la calotte. 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), les cloisons intercellulaires ne sont pas étanches mais sont munies de trous (ou événements) dans les



parois intercaissons **question 25** qui permettent le remplissage des caissons dont l'ouverture est fermée ou inexistante au niveau du bord d'attaque. Voir figure **C3**. Plus une aile a de caissons **question 26** plus elle a un profil précis et fidèle et un volume de pliage supérieur. La figure **C4** 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.

**Question 27** Cependant, des charges diagonales par rapport à la structure du tissu entraînent plus facilement un allongement, et donc une déformation permanente d'un tissu Ripstop traité.

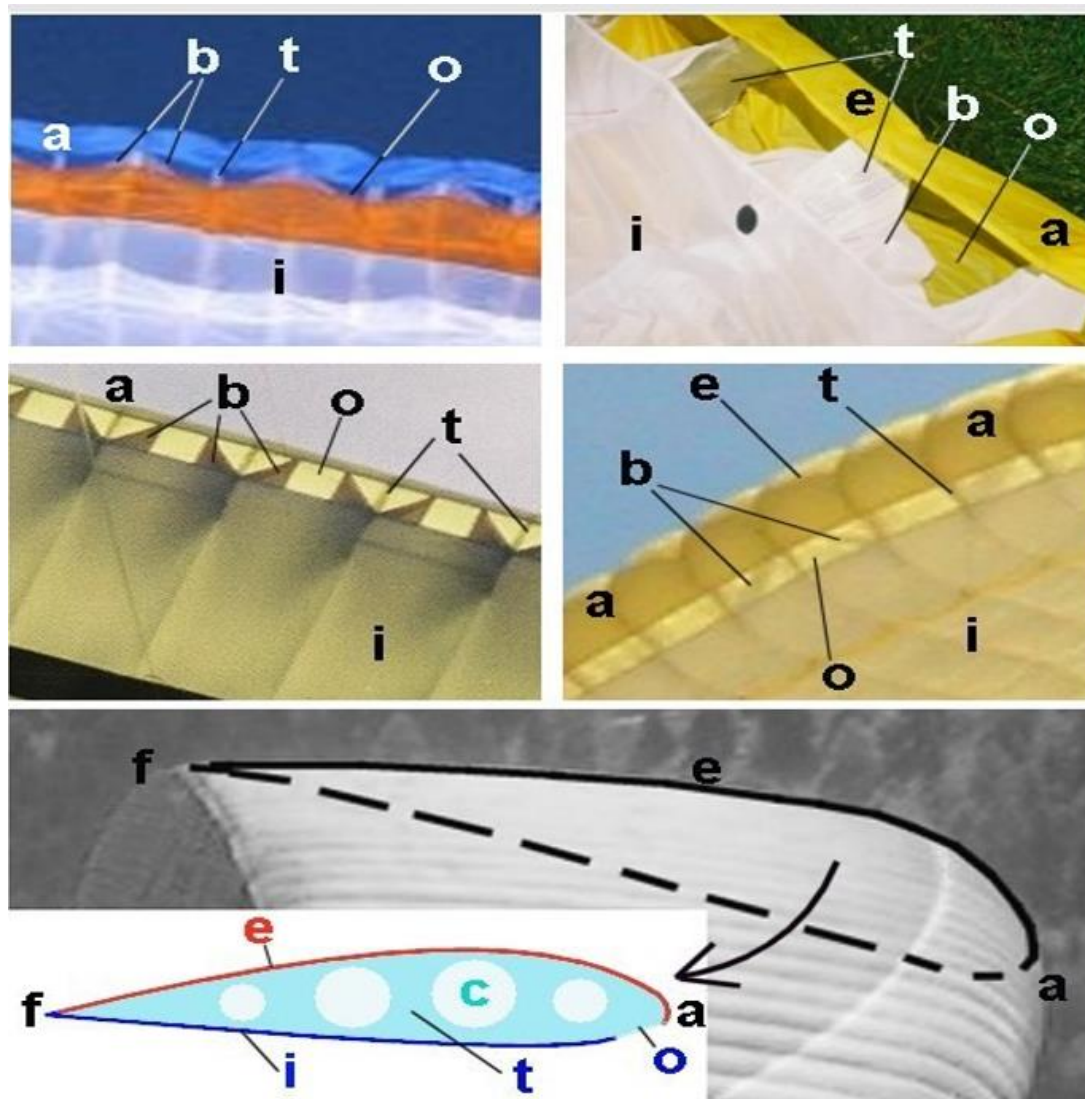


Figure C3 : Structure d'une calotte : a = bord d'attaque, f= bord de fuite, e = extrados, I = intrados, t = parois intercaissons, o = ouvertures de caisson, b = renforts diagonaux, c = trous (évén) dans parois intercaissons.

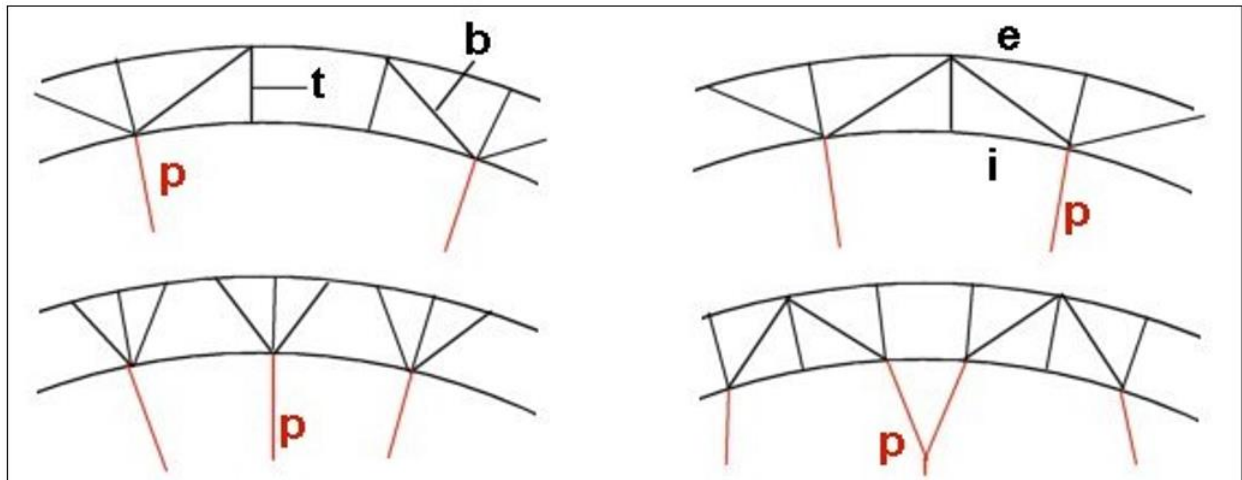


Figure C4 : Schéma vue de face de calottes avec mise en évidence de différents types d'agencement de cloisons verticales et de renforts diagonaux.

*t = parois intercaissons, b = renforts diagonaux, p = suspentes, e = extrados, i = intrados.*

Puisque les forces de portance sont maximales sur la partie antérieure du profil (voir document Aérodynamique et mécanique de vol), la charge subie par les cloisons intercellulaires est plus grande **question 21** dans la zone des points de fixation des suspentes de la moitié avant de l'aile. Pour protéger la paroi intercaissons et empêcher une déformation durable dans la zone des points de fixations des suspentes le constructeur peut **question 23** renforcer la partie concernée de l'intercaissons. En outre, les diagonales en V ou cloisons intercellulaires intégrées à l'intérieur de la calotte **question 24** permettent de répartir la charge alaire sur un nombre de suspentes moindre et donc de réduire la traînée.

C'est **question 22** lors du décrochage aux élévateurs B (voir document 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.



Figure C5 : Exemple de triangulations.

Si les points de couture pour l'assemblage de deux éléments de la voile sont trop serrés, **question 28** le tissu est perforé et perd 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**.



Figure C6 : renforts de tissu enduit de Mylar.

### Les suspentes

On distingue les suspentes de différents groupes **question 29** par le point d'accrochage sur la calotte : par ex. suspentes A, B, C, D. Voir figure **C7**. Ainsi, les suspentes A **question 30** sont fixées sur le bord d'attaque, puis viennent les suspentes B, C, D et les suspentes de commande F (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. Voir figure C7.

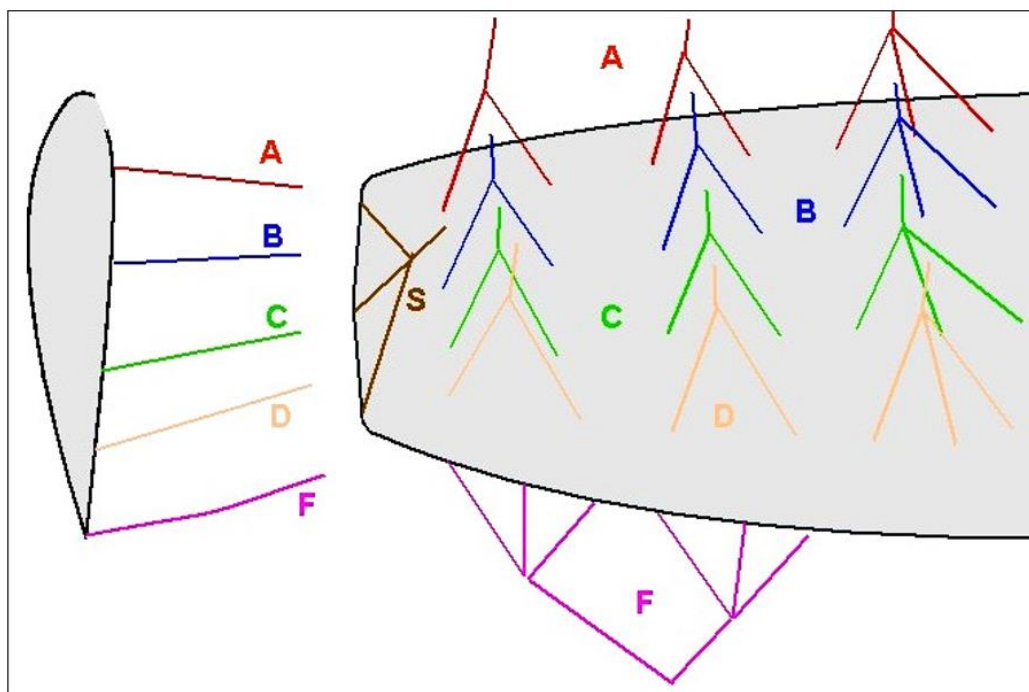


Figure C7 : Les groupes de suspentes et exemple de plan de suspentage (vue intrados). Groupes A à D pour l'intrados. F = suspentes des commandes (freins). S = suspentes du stabilo.

Pour maintenir un profil précis et peu variable, les suspentes **question 31** doivent être le moins élastique possible. De plus, pour obtenir une traînée parasite la plus faible possible, elles doivent avoir un diamètre le plus petit possible pour une capacité de charge importante. Comme ordre de grandeur pour l'élasticité d'une suspente, on tolère actuellement **question 32** une extension de 3 cm pour une suspente de 6 m chargée à 50 N (env. 5 kg).

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. Voir figure C8. La gaine, habituellement faite en Nylon tressé, **question 34** protège l'âme des effets de la lumière et des frottements.

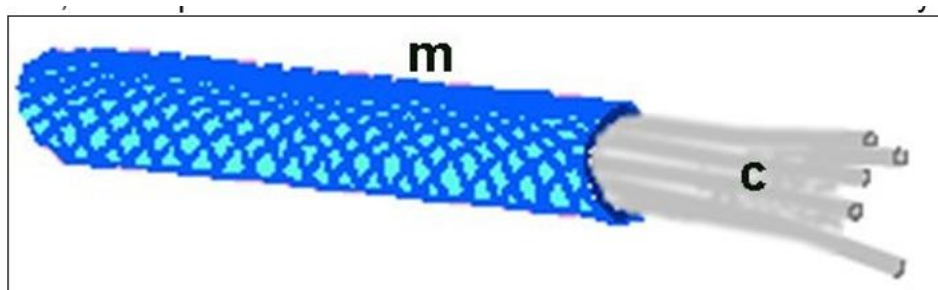


Figure C8 : structure d'une suspente. m = manteau, c = cœur.

Le cœur est fait le plus souvent de plusieurs fibres fines **question 33** 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. De plus, la technique de couture des boucles de suspentes **question 36** peut entraîner une perte de résistance de la suspente (jusqu'à 40%), notamment sur une suspente en aramide. Il est alors préférable d'utiliser la technique **question 37** de l'épissure pour faire des boucles de suspentes en aramide pour ne pas diminuer de manière significative leur résistance. Voir figure **C9**. L'épissure est la technique de jonction de deux bouts de suspentes par entrelacement des fibres du cœur. Un simple nœud sur une suspente (voir figure **C9**) peut entraîner une diminution de plus de la moitié de la résistance mécanique de la suspente.

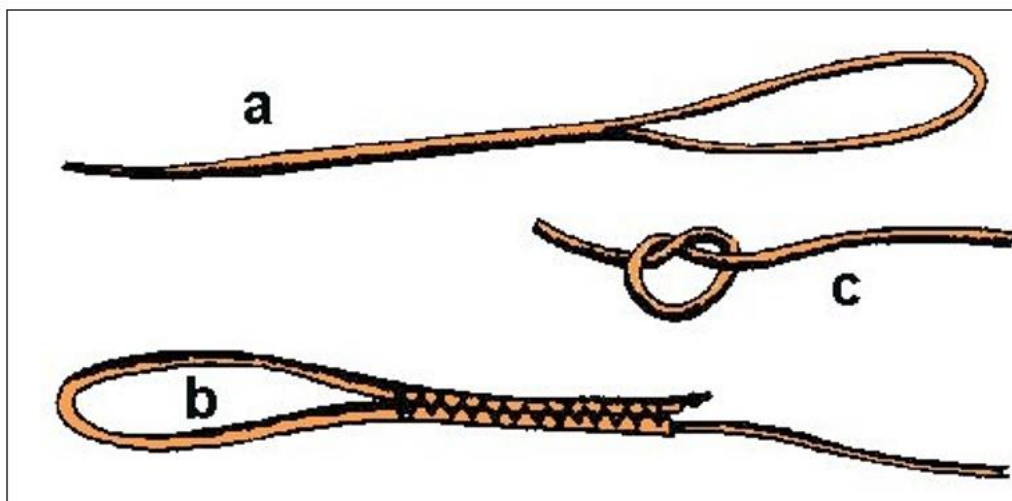


Figure C9 : a = épissure, b = couture, c = nœud simple.

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. En particulier **question 35** parce que la gaine peut se contracter et réduire ainsi la longueur de la suspente. Par exemple, une gaine exposée **question 45** à la saleté et l'humidité peut entraîner le rétrécissement des suspentes d'un parapente.

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). Un autre exemple classique est **question 38** la congélation d'une suspente d'abord détrempée.

Quelle que soit la résistance à la rupture, une suspente de petit diamètre **question 39** (par exemple 1 mm) aura une traînée moins importante et une plus grande tendance à former des nœuds qu'une suspente de plus fort diamètre (par exemple 1,5 mm).

Puisque les forces de portance sont maximales sur la partie antérieure du profil (voir document Aérodynamique et mécanique de vol), **question 40** les suspentes A et B portent plus du double de la charge de ce que portent les suspentes C et D.

Si les nœuds simples (voir figure **C9**) sur une suspente entraînent un affaiblissement de celle-ci, les nœuds par boucle cousue (voir figure **C9** et **C10**) sur les raccords suspentes-tissu offrent comme avantage **question 41** une maintenance plus simple de l'aile, sans affaiblissement significatif du matériel, puisque les suspentes défectueuses peuvent être

facilement remplacées. Cependant, lors de remplacement de suspentes endommagées, il faut veiller à ce que **question 42** les suspentes de rechange soient des suspentes originales et fournies par le constructeur ou son représentant. Les suspentes peuvent subir une modification permanente de leur longueur initiale (allongement définitif), par exemple à la suite des **question 43** différentes charges exercées sur les différentes rangées de suspentes dans le cadre d'une utilisation normale. Des épisodes de surcharge très importante des suspentes, par exemple lors d'accrochage quelque part au décollage ou à l'atterrissage **question 44** peuvent allonger définitivement les suspentes surchargées ce qui peut nuire au comportement de l'aile en vol.



Figure C10 : fixation par nœud d'une suspente sur l'intrados d'une voile.

Les **questions 046 à 055** traitent des conséquences des modifications de longueur de groupes A à D de suspentes sur l'incidence, la forme du profil et donc le comportement en vol. Voir figure **C11**. Voir aussi première partie, aérodynamique.

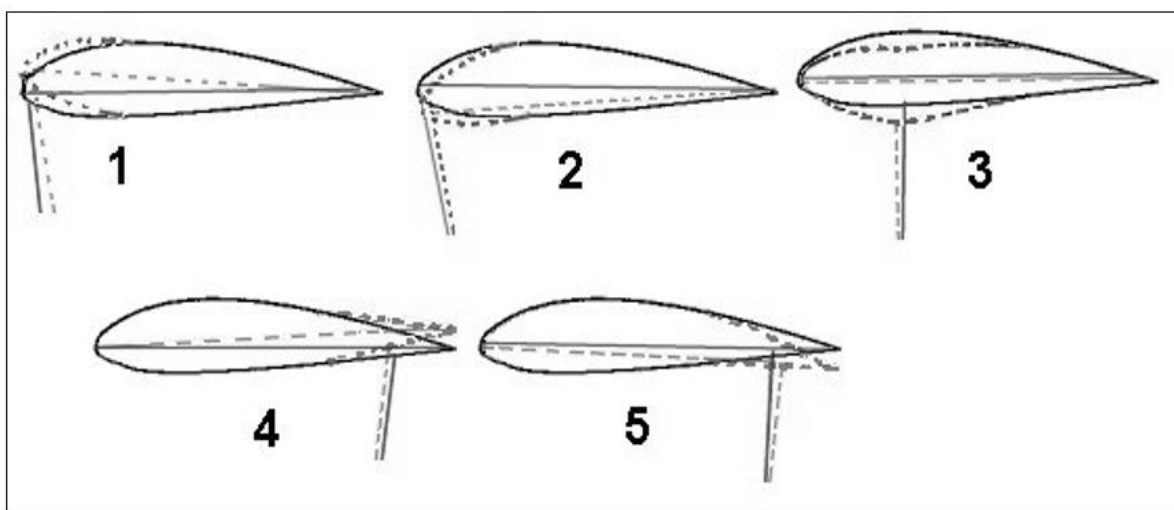


Figure C11 : en pointillé, l'incidence et la longueur du groupe A, B ou D de suspentes modifiées. En continu, l'incidence et le groupe de suspentes A, B ou D avant modification.

On peut d'abord dire que dans **tous** les cas, le profil et donc **questions 46+47+48+49+50** le comportement en vol est modifié. De plus, si **questions 46** les suspentes **A** s'allongent **(1)** ou **question 50** les suspentes **D** se rétrécissent **(5)** l'angle d'incidence augmente. Inversement, si **question 49** les suspentes **D** s'allongent **(4)** ou **question 47** les suspentes **A** rétrécissent **(2)** l'angle d'incidence diminue. Par contre, si **question 48** les

suspentes **B** se rétrécissent (**3**) sur une aile destinée à la formation, l'angle d'incidence reste à peu près identique.

Si **question 46** les suspentes **A** s'allongent ou **question 50** les suspentes **D** se rétrécissent, l'angle d'incidence augmente, donc **questions 51+54** l'aile est plus difficile à gonfler (gonflage plus lent et demandant plus de force, comme si elle était freinée) et vole plus lentement. La tendance à la fermeture frontale diminue, sa tendance à entrer en vol parachutal augmente (augmentation du taux de chute et diminution de la vitesse horizontale).

Si, au contraire, **questions 49+52** les suspentes **D** s'allongent ou **questions 47+53** les suspentes **A** rétrécissent, l'angle d'incidence diminue, donc l'aile est plus facile à gonfler au décollage et vole plus vite. La tendance à la fermeture frontale augmente et sa tendance à entrer en vol parachutal diminue.

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, **question 55** il ne vole pas avant d'avoir remplacé la suspente défectueuse chez le constructeur ou son représentant. 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 !

Plus les suspentes sont **question 56** longues, plus le centre de gravité est bas et plus les amplitudes d'oscillations autour des axes de vol sont importantes lors de changements rapides de direction, **question 57** et inversement.

Après l'atterrissage, un parapente **question 59** ne doit en aucun cas tomber vers l'avant. Comme le bord d'attaque est fermé, l'air ne peut pas s'échapper, la pression à l'intérieur de la calotte augmente et les parois intercaissons peuvent se déchirer.

Lorsqu'un élément de la structure du parapente subit une charge dont la valeur correspond à sa résistance maximale à la traction, on peut s'attendre à ce que **question 60** cet élément ne soit plus dans son état initial en ce qui concerne ses dimensions et résistances.

La charge des éléments constituant le parapente est essentiellement **question 61** due à la traction. Voir figure **C34**.

### **Elévateurs, commandes, afficheurs et accélérateurs**

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. Voir figure **C12**. 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.



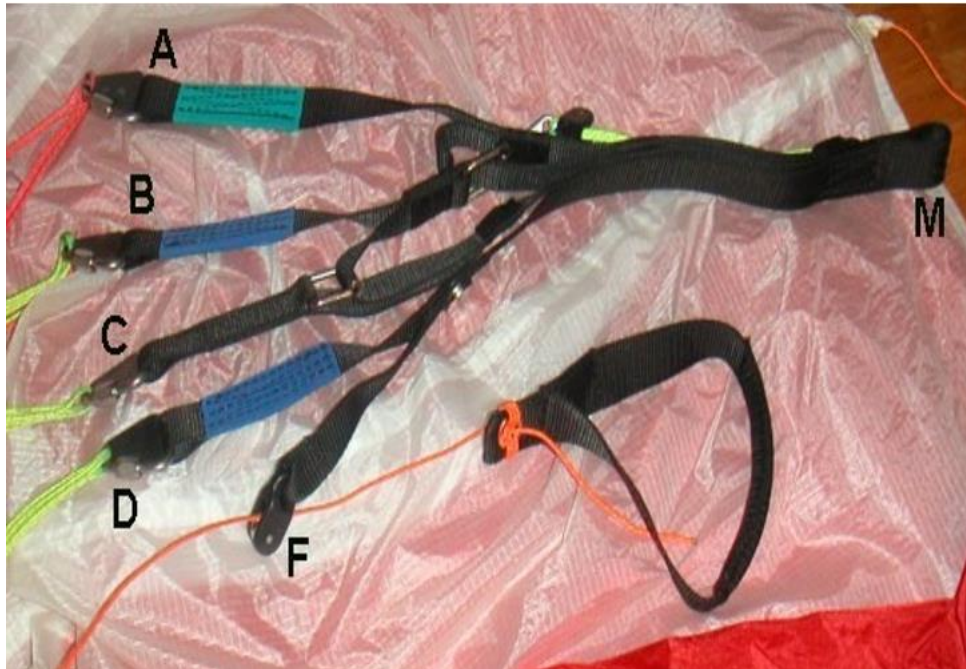


Figure C12 : Elévateurs à 4 sangles A à D. F = petite sangle du frein (commande). M = extrémité qui se fixe au mousqueton de la sellette.

**Question 62** Les maillons à vis ou maillons rapides sont les petites boucles métalliques reliant les groupes de suspentes aux sangles d'élévateurs respectifs. Voir figures **C12** et **C13**.



Figure C13 : maillon rapide

Les vis de ces maillons **question 63** doivent être serrés à la main puis resserrés à l'aide d'une clé.

Puisque les forces de portance sont maximales sur la partie antérieure du profil (voir document Aérodynamique et mécanique de vol) et minimales sur la partie postérieure, ce sont **question 64** les élévateurs D qui subissent le moins de charge en vol droit et stable.

A la surface antérieure des sangles des élévateurs A, on trouve un dispositif, appelé accélérateur à pied, de démultiplication à poulies (mouflage), permettant de raccourcir des élévateurs A et, dans une moindre mesure, les élévateurs B et éventuellement C. Ce système est relié par une cordelette à un fin étrier actionné par les pieds du pilote. Voir figures **C14** à **C16**. Lorsque le pilote pousse la barre d'accélérateur vers l'avant



**question 66** avec la force de ses jambes, il modifie la longueur des élévateurs A et B (éventuellement C). Ce raccourcissement différentiel et harmonieux de A, B et éventuellement C est dû à un autre système de démultiplication dans les élévateurs. Ceci entraîne **question 66** une diminution de l'angle d'incidence et donc une augmentation de la vitesse (voir document Aérodynamique et mécanique de vol) sans modification significative du profil. 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. Voir figure **C17**. (voir document Aérodynamique et mécanique de vol). 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  $12^\circ$  et  $20^\circ$  environ), c'est le domaine des basses vitesses, obtenues par action sur les freins. Plus on actionne (tire) les freins, plus on va vers la gauche, plus l'angle d'incidence augmente, moins on va vite avec cependant une diminution progressive et concomitante de la finesse. Voir figure **C17** gauche. Inversement, sur la droite de la polaire (angle d'incidence entre  $10^\circ$  et  $5^\circ$ ), 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.

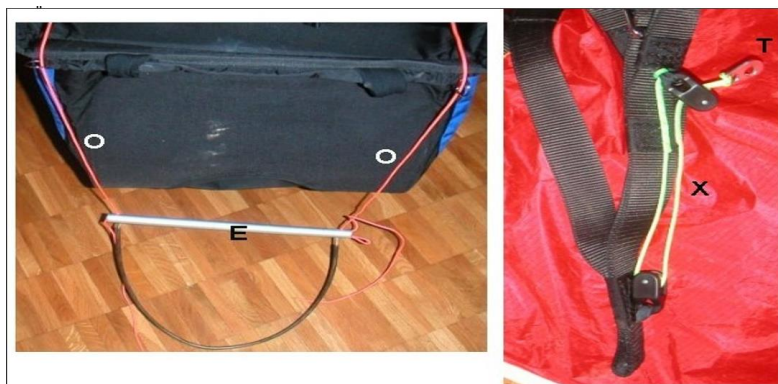


Figure C14 : O = cordelette de liaison. E = étrier. X Vue détaillée d'un accélérateur avec mouflage (démultiplicateur à poulies). T = crochet pour O

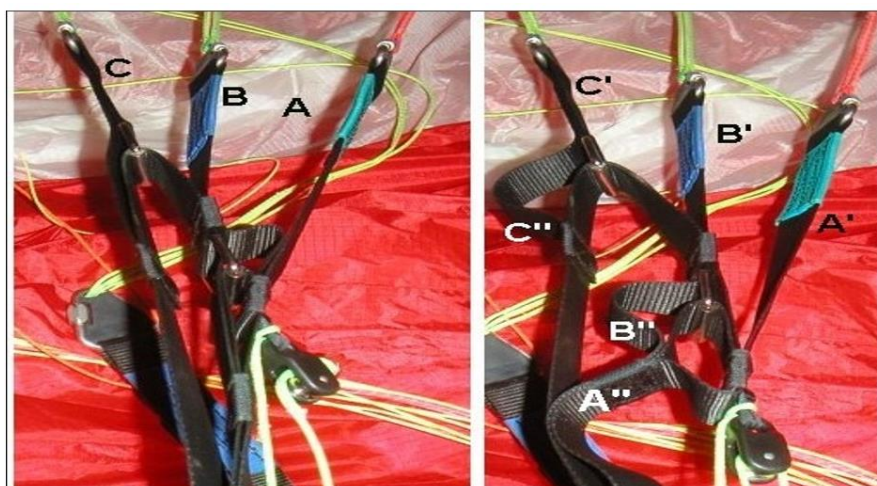


Figure C15 : Avant (gauche) et après (droite) action sur l'accélérateur. Raccourcissement de A, B, C en A', B' et C'. La partie inférieure des élévateurs est plissée A'', B'', C'' après action sur l'accélérateur

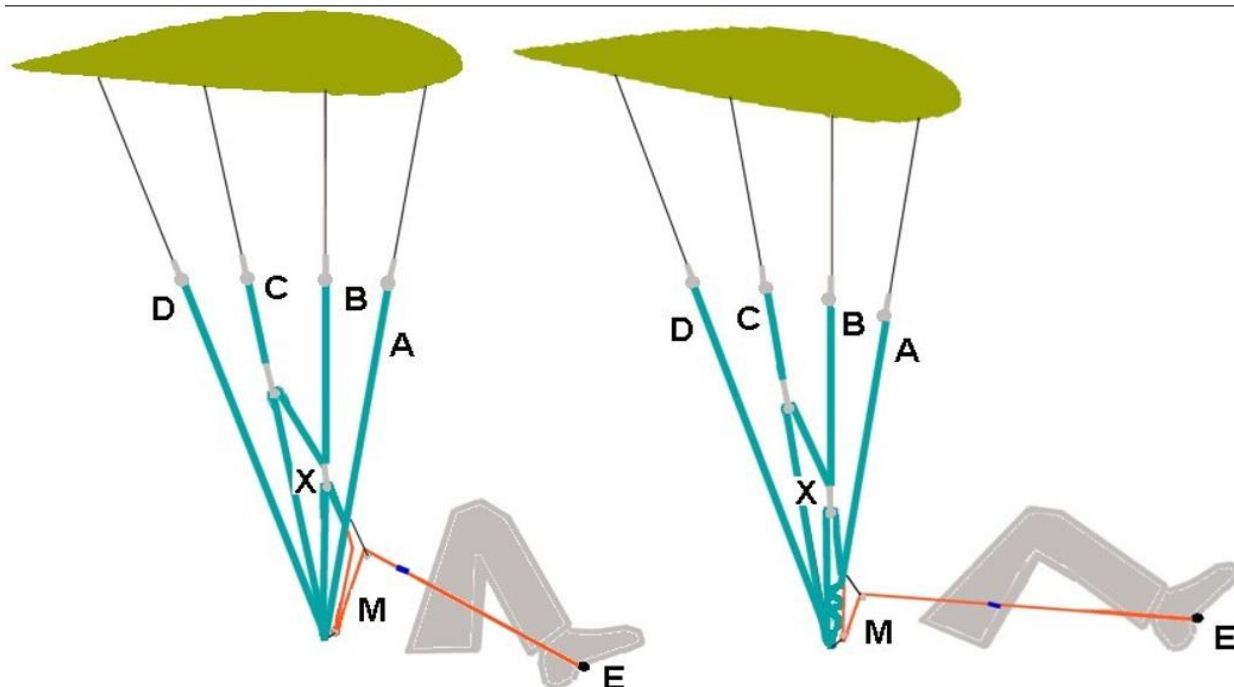


Figure C16 : Schéma de fonctionnement d'un élévateur avant (gauche) et après (droite) action sur l'étrier. A droite, on remarque le raccourcissement harmonique, progressif et différentiel des sangles D à A. X = démultiplication des sangles de l'élévateur. M = mouflage = démultiplicateur de l'accélérateur. E = étrier.

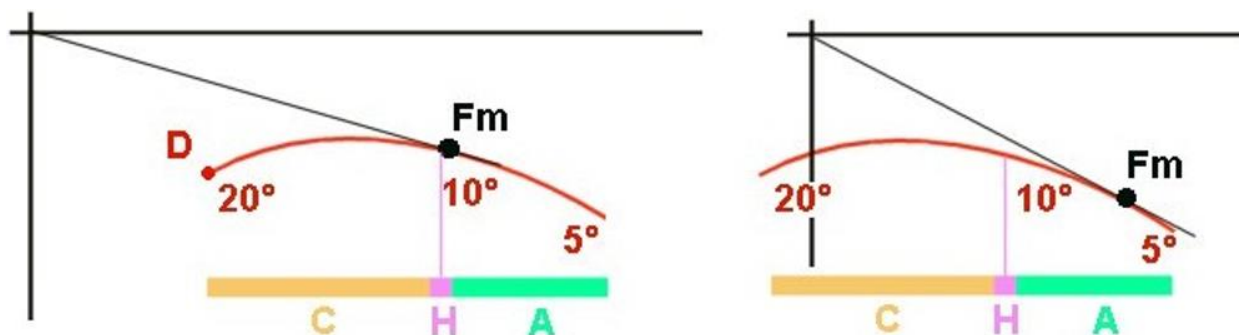


Figure C17 : Polaire d'un parapente en air calme (à gauche) et vent de face 25 Km / h (à droite). D = décrochage. C = domaine de vol avec les freins. H domaine de vol « bras haut ». A = domaine de vol avec l'accélérateur. Fm = finesse maximale.

En regardant la figure **C17** gauche, si l'accélérateur est actionné au maximum de son débattement en air calme, **question 67** la vitesse de pénétration (horizontale) augmente alors que la finesse diminue et le taux de chute augmente. Par contre, si un vent de face de 25 Km / h souffle, (voir figure **C17** droite), **question 68** on obtient une meilleure finesse en accélérant modérément à fortement que si l'on reste bras haut. Dans ces conditions de vent de face, si l'accélérateur est actionné au maximum, **question 68** la finesse s'améliore et la vitesse de pénétration augmente alors que le taux de chute augmente.

Les afficheurs ou trimm-tabs sont des dispositifs qui ont le même but que l'accélérateur à pied mais qui impliquent la modification de longueur du (éventuellement des) dernier groupe de sangle des élévateurs, c'est-à-dire, le(s) groupe(s) D (et C) donc **questions 69** de l'élévateur arrière.

Il y a donc **question 70** modification du comportement de l'aile en vol (vitesse augmentée). Un parapente équipé de trimm-tabs est considéré comme homologué que si les afficheurs ont été utilisés lors des tests d'homologation. Voir figure **C18** et **C19**.



Figure C18 : 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.

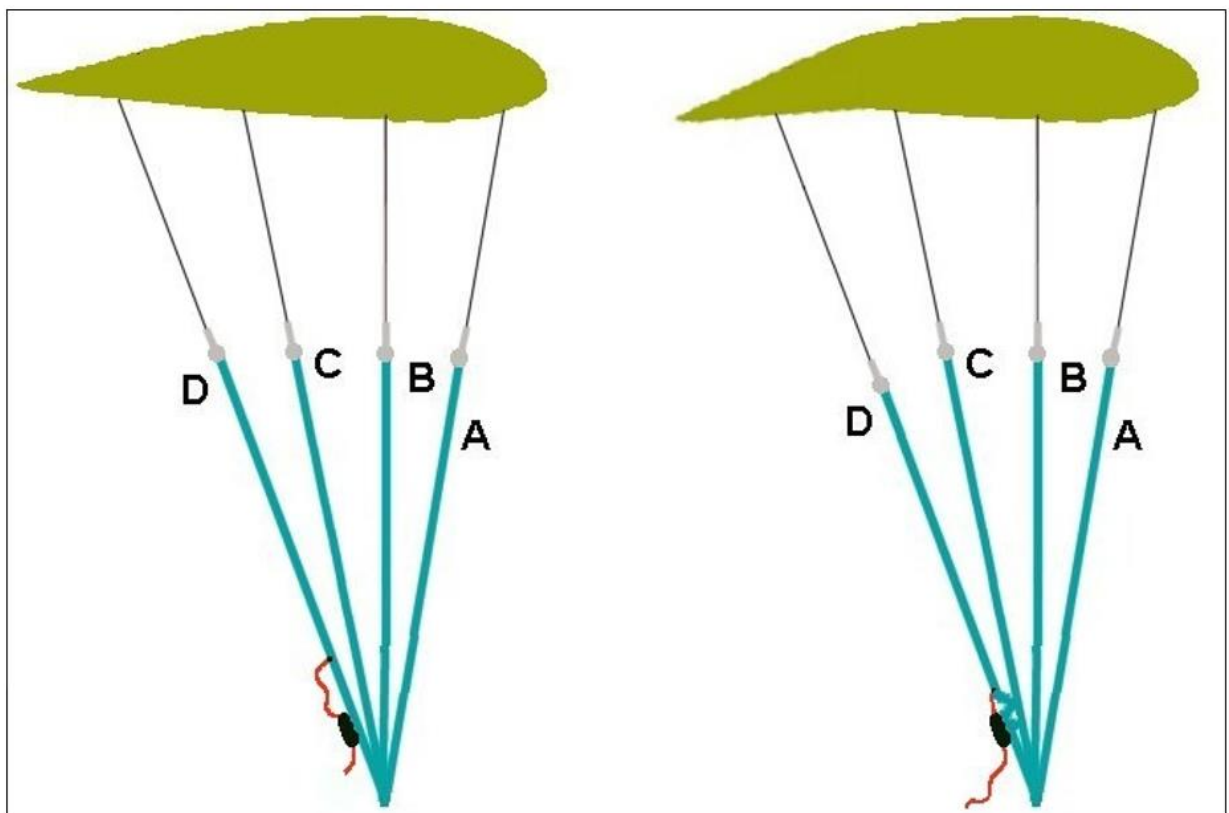


Figure C19 : Schéma de fonctionnement d'un afficheur relâché (gauche) et tendu (droite).



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. Pour voler plus vite, les afficheurs ou trimm-tabs sont **question 71** détendus (relâchés) pour réduire l'angle d'incidence et relever le profil à l'arrière. Relâcher complètement les afficheurs ou trimm-stabs d'un parapente en vol droit et stable **question 72** augmente la tendance à la fermeture de l'aile et le débattement des commandes aux freins augmente. Les constructeurs placent des afficheurs surtout pour les biplaces où évidemment l'accélérateur à pied n'est pas possible (passager devant) et éventuellement pour les parapentes monoplaces 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) d'une part avec les freins (commandes) pour le domaine des basses vitesses et d'autre part, avec un dispositif d'accélération soit des trimm-stabs ou afficheurs soit des accélérateurs à pied, pour le domaine des « hautes vitesses ». Voir figure **C17**. Pour aller vite, on diminue l'incidence de vol en tendant les groupes avant des élévateurs (accélérateur à pied) ou en relâchant les groupes arrière des élévateur (trimm-stabs/afficheurs).

Les commandes ou les freins sont le système de suspentes liés au bord de fuite de chaque côté de la calotte. Voir figure **C7**. 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. Voir figure **C12**. Cette poulie est le guidage de la commande et permet **question 73** 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. Pour la sécurité, il est très important de ne pas modifier la longueur des commandes soi-même. Cette longueur **question 74** est déterminée par le constructeur et ne doit être raccourcie que par le constructeur ou son représentant. Cette longueur a été réglée pour **question 75** que toute la plage de vitesse du parapente puisse être exploitée sans problème (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. Voir figure **C20**.

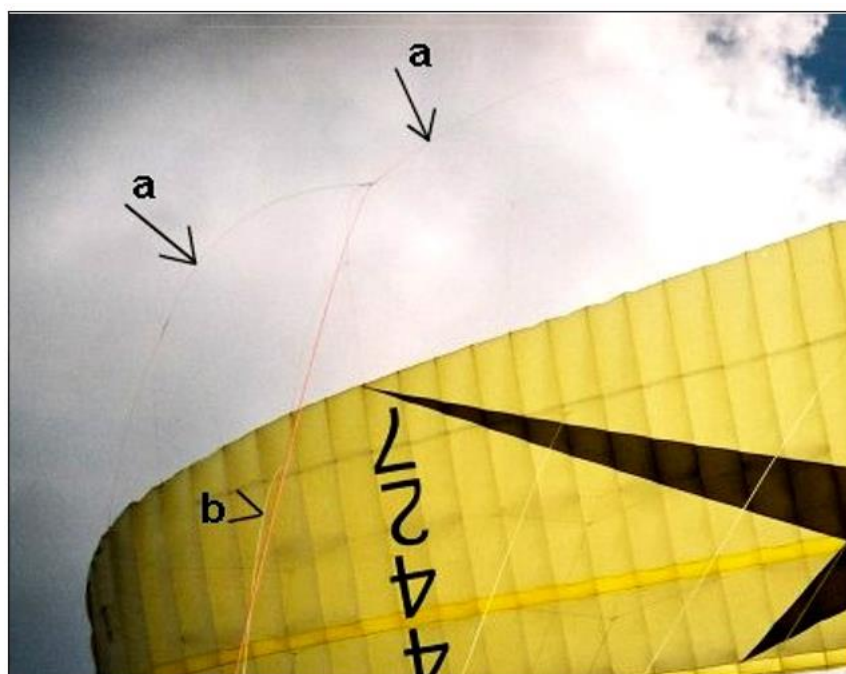


Figure C20 : a = suspentes du frein gauche arquées vers l'arrière, b = suspentes D légèrement arquées.

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). 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. Voir figure **C20**. 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. Sur une aile légèrement freinée, les suspentes D ne sont pas sous tension : trop détendues, elles pendent. **Question 76** Cela s'explique par le fait que les suspentes de commandes/de freins délestent les suspentes D, ce qui peut être normal en cas de vol légèrement freiné. Si une des suspentes du faisceau des commandes se rompt durant le vol, le parapente peut quand même être piloté. Si, par contre, toute une commande ou les deux commandes sont hors fonction, il faut piloter prudemment par les élévateurs D (risque de décrochage plus élevé).

### La sellette et le parachute de secours

La sellette d'un parapente peut se comparer à la carlingue d'un avion. Voir figure **C21**. On doit pouvoir y être confortablement assis pendant plusieurs heures.



Figure C21 : Exemple de sellette avec airbag, a = partie inférieure rigide (planchette), b = sangles latérales convergeant vers le mousqueton (c). d = étrier de l'accélérateur, e = protection dorsale, f = parachute de secours (ici ventral), g = poches de rangement, latérales et dorsale.



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 modernes sont le plus souvent munies de poche (container externe) de parachute de secours cousue sur le tissu de la sellette. Voir figure **C22**. Le principe de base essentiel pour le choix de la position de la poche du secours sur la sellette est **question 92** que la poignée d'extraction doit être bien visible et facilement accessible. 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.

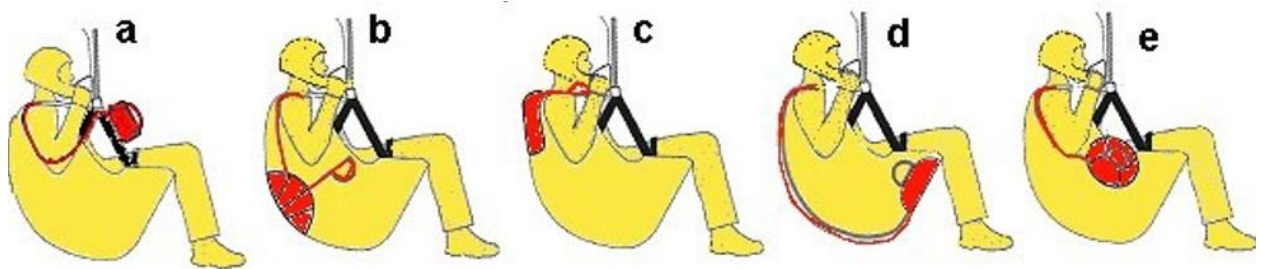


Figure C22 : Différentes positions de la poche du secours sur la sellette : a = ventrale, b = postérieure, c = dorsale, d = inférieure, e = latérale.

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). Ces dispositifs augmentent la sécurité passive, comme le casque et les gants, mais **question 86** ne doivent surtout pas inciter le pilote à mépriser les règles de base lors du décollage, de la volte et de l'atterrissage et ne doivent pas être un prétexte pour être plus téméraire. 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 et **question 87** a l'avantage d'avoir un volume de pliage et un poids moins importants. Par contre, le mousse bag a l'avantage **question 88** de déployer tout son effet protecteur dès le début de la phase de décollage, ce qui n'est pas toujours le cas pour l'airbag.

Suivant la position et le genre de fixation des mousquetons, il y a différents types de sellettes. Voir figure **C23** à **C25**. Actuellement on n'utilise plus beaucoup les sellettes à croisillons diagonaux. Ce système **question 77** bloque toute oscillation latérale de la sellette et empêche ainsi de bien sentir les mouvements de l'aile dans les turbulences (turbulences moins ressenties) et empêche le pilotage par déplacement du poids du corps dans la sellette.

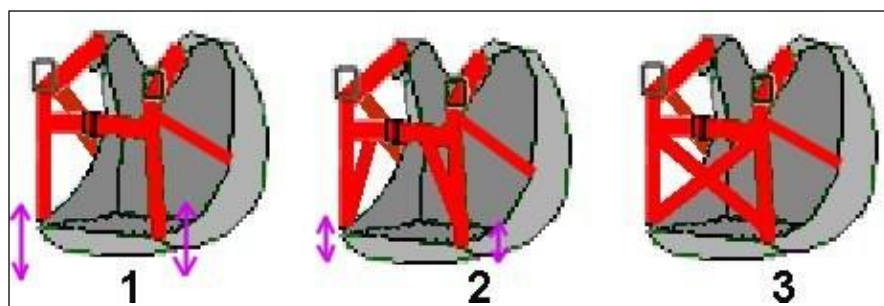


Figure C23 : 1 = sellette sans croisillon, 2 = ABS (anti balance system), 3 = sellette à croisillons. En violet, les flèches représentant l'amplitude des mouvements oscillant latéraux.

Au contraire, une sellette sans croisillon diagonal ne bloque pas les oscillations latérales de la sellette ce qui permet **question 78** de mieux sentir les turbulences et permet de piloter l'aile par déplacement du poids du corps dans la sellette. Mais le comportement de l'aile en situation turbulente peut être plus vif avec une sellette sans croisillon qu'avec une sellette munie de croisillons. Lorsqu'on remplace une sellette sans croisillons par une sellette à croisillons, **question 83** cela influence, entre autres, le comportement de l'aile dans des situations de vol extrêmes. 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. Voir figures **C24** et **C25**.

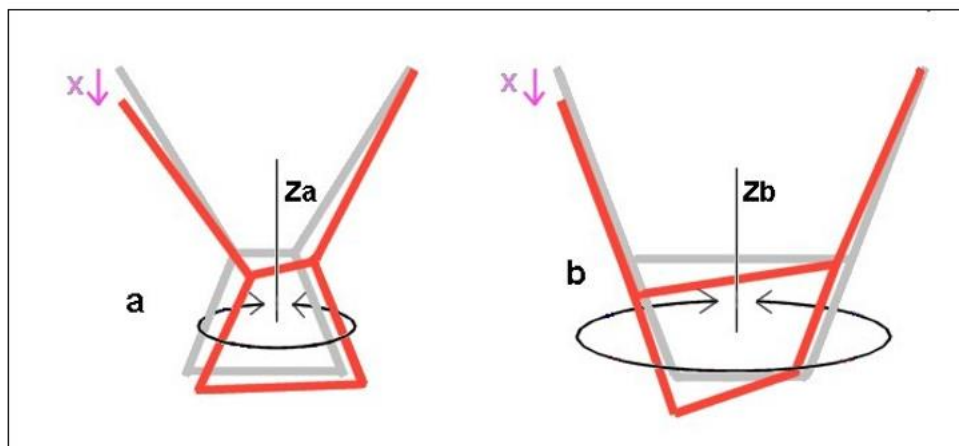


Figure C24 : Influence de l'écart entre les mousquetons, réglable en principe pas la sangle ventrale.  $a$  = petit écart,  $b$  = écart plus important,  $x$  = amplitude d'oscillation latérale transmise par la voile via les élévateurs,  $z$  = axe de rotation de la sellette (axe du moment du couple de force) retenant le twist.

Si l'écart entre les mousquetons est petit, la projection verticale des mouvements d'oscillations latérales est moins marquée que si l'écart entre les mousquetons est grand. Autrement dit, **question 79** avec des mousquetons rapprochés (sangle ventrale serrée), on ressent moins les turbulences et le risque de twist augmente. Par contre, **question 80** le moment du couple de force de rotation retenant le twist est plus grand lorsque les mousquetons sont écartés (sangle ventrale relâchée) ce qui diminue la tendance au twist (rotation du pilote et de sa sellette autour de l'axe vertical) et on ressent plus les turbulences.

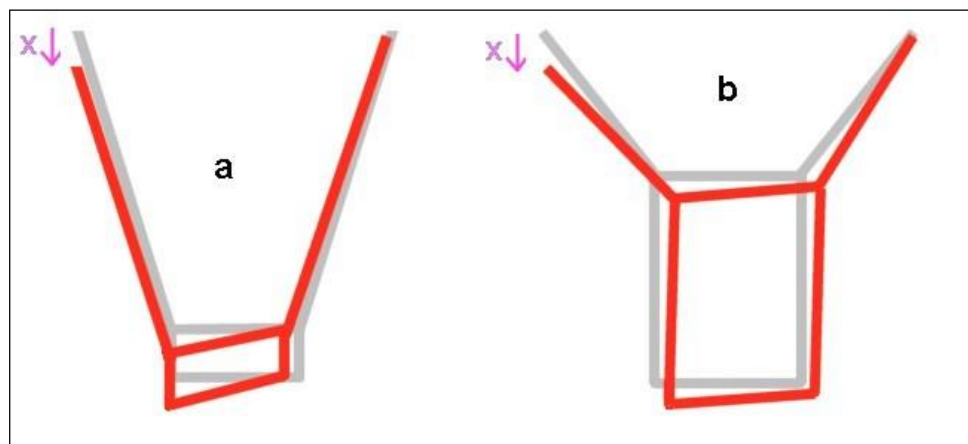


Figure C25 : Influence de la hauteur des mousquetons.  $a$  = fixations basse,  $b$  = fixation haute. ,  $x$  = amplitude d'oscillation latérale transmise par la voile via les élévateurs

Lorsque les points d'accroche d'une sellette sont haut situés, **question 81** la projection verticale de l'amplitude des oscillations latérales est plus petite, donc les turbulences sont moins perceptibles mais le pencher du corps en avant pour accélérer lors du décollage est moins aisé. Si les points d'accroche d'une sellette sont bas situés, **question 82** on ressent plus les turbulences et le pencher du corps en avant pour accélérer lors du décollage est plus aisé. Voir figure **C26**.

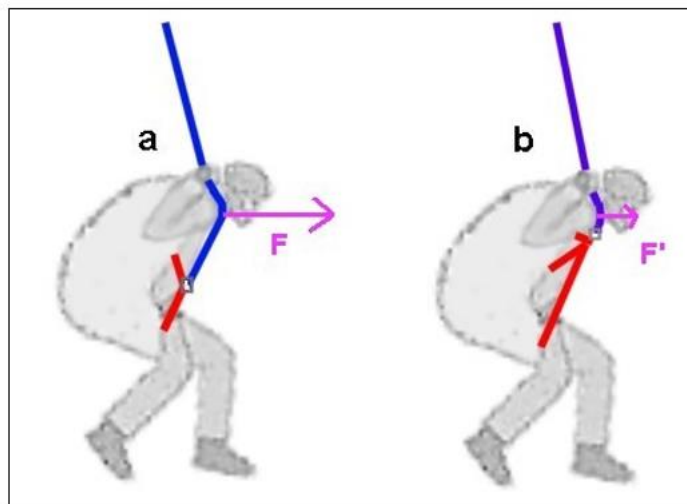


Figure C26 : Influence de la hauteur de la position des mousquetons sur les possibilités de décollage du pilote. a = mousquetons bas situés, b = mousquetons hauts situés.  $F$  et  $F'$  = moment du couple de force épaules du pilote – mousquetons.

En position couchée dans la sellette, la projection au vent de la surface pilote-sellette est moins grande que celle en position assise. Voir figure **C27**.

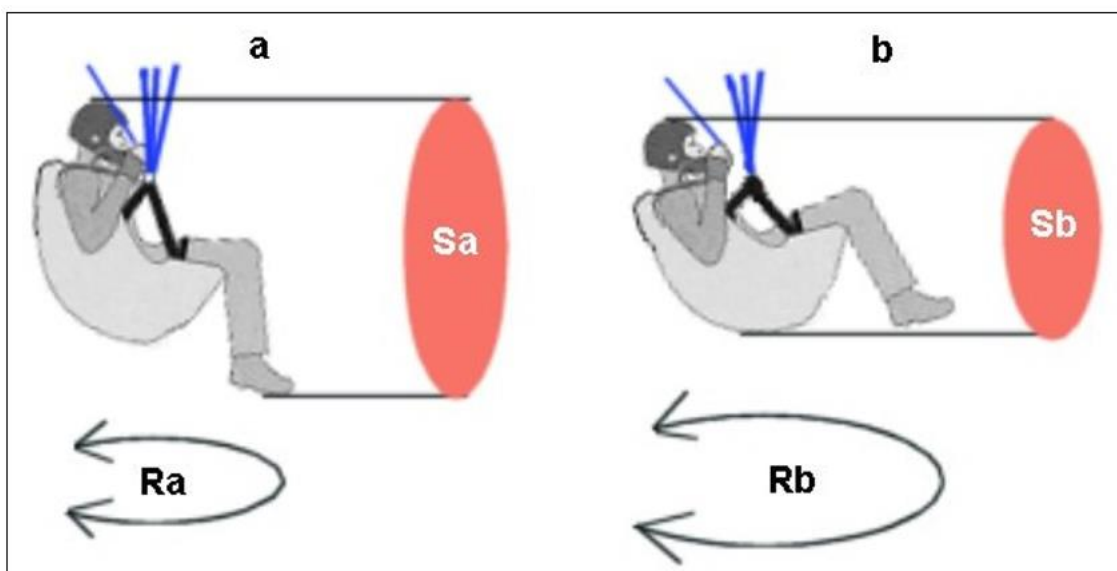


Figure C27 : Influence de la position du pilote sur la traînée et la tendance au twist. a = position assise, b = position couchée,  $S$  = surface de projection au vent du pilote et de sa sellette,  $R$  = moment du couple de force de rotation du pilote et de sa sellette induisant le twist.

Par conséquent, **question 84** la traînée en position couchée est moins grande qu'en position assise, ce qui est un avantage de la position couchée. En comparaison à une position assise, la position couchée augmente la finesse. 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, qu'en position assise, ce qui est un inconvénient. **Question 85** Le risque de twist en situation de vol incontrôlée est donc plus grand en position couchée.

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. Voir figure **C28**.



Figure C28 : Eléments 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.

La calotte du secours est ensuite reliée à **(2)** des 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. Aussi, plus le point de fixation de la sangle principale d'un parachute de secours sur la sellette est situé bien au-dessus du centre de gravité du pilote, **question 94** plus le corps du pilote sera automatiquement plus



droit lors de la descente. Il est donc plus judicieux de les fixer symétriquement **question 95** 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 le pilote en position haute). Voir figure C29.

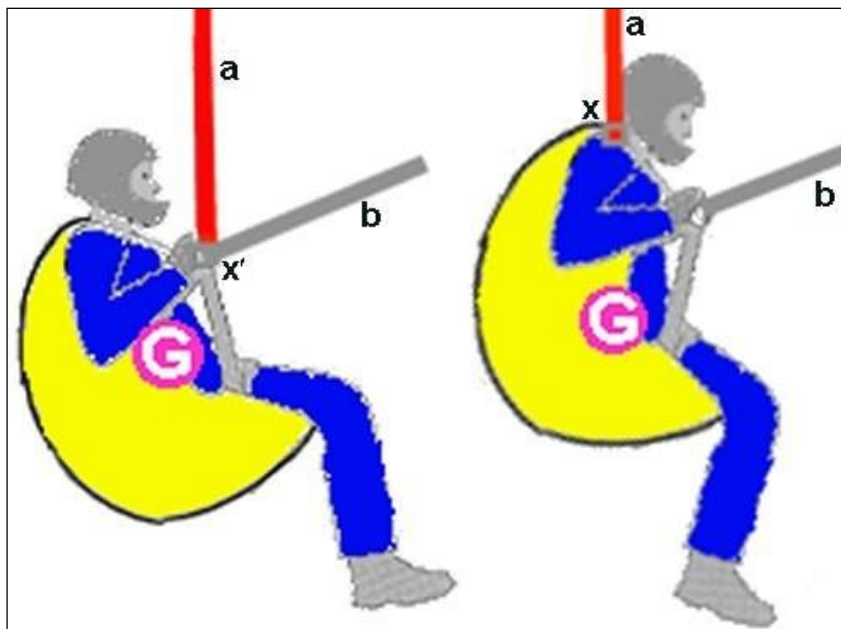


Figure C29 : Influence de la position des points de fixation de l'élévateur du secours à la sellette sur la position du pilote lors de la chute avec le secours. a = élévateurs du secours, b = élévateurs du parapente, G = centre de gravité, x' = fixation sur les mousquetons entraînant une position assise peu favorable au choc sur le sol, x = fixation sur les sangles d'épaules de la sellette entraînant une position verticale du pilote plus favorable.

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 **question 93** il faudra penser à se redresser avant l'atterrissage. Voir figure C29.

Alors que la calotte et les suspentes du parapente sont fabriquées respectivement avec du Nylon (polyamide) Ripstop et du dyneema (polyéthylène), ces 2 parties du secours sont faites en général avec du **questions 96+97** 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. Pour le secours, où la constance des qualités aérodynamiques est moins importante, on privilégie plutôt **question 98** des tissus avec résistance et élasticité élevées dans un cadre clairement défini, ceci afin de rendre le choc d'ouverture du secours moins brusque. Comme pour le parapente, les tissus du secours sont **question 100** sensibles à l'humidité (moisissures) et aux UV du soleil, ces deux facteurs diminuant la durée de vie du secours.

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. Voir figure C28. 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. Voir figure **C30**.



Figure C30 : Exemple de pod dans la poche externe postérieure d'une sellette. e = poche externe, o = mousse bag, s = sangle de liaison entre le pod (caché dans la poche externe) et p = poignée d'extraction.

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 :

1. Regarder la poignée d'extraction.
2. Prendre fermement cette poignée entre le pouce et le reste de la main.
3. 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.
4. Repérer un espace aérien libre vers l'arrière.
5. 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. 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). **Question 99** Les intervalles de pliage d'un parachute de secours influent surtout sur le temps d'ouverture lequel peut être vital en fonction de la distance du sol. 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, nécessitent une formation spécifique et une certaine expérience. Au moindre doute, adressez-vous à un plieur de secours, agréé FSVL, pour ces opérations.

**Question 105** Les facteurs qui peuvent raccourcir le temps d'ouverture d'un parachute de secours sont donc :

1. La faible porosité du tissu de la calotte ;
2. Des intervalles de pliage courts ;
3. Une vitesse d'écoulement d'air élevée ;
4. Poignée d'extraction facile à saisir.

A l'inverse, **question 106** les facteurs qui peuvent rallonger le temps d'ouverture du parachute de secours sont des intervalles de pliage longs, une charge électrostatique ainsi qu'une sangle de liaison trop longue. 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. **Question 104** Le critère essentiel lors de l'achat d'un parachute de secours est une surface suffisamment grande. Lors du processus d'homologation, les parachutes de secours doivent atteindre un taux de chute de 5,5 m/s **question 102** il faut néanmoins souvent s'attendre à un taux de chute bien plus élevé. En effet, **question 103** cette valeur a été obtenue dans des conditions artificielles et peut au final s'avérer bien plus élevée dans la pratique. 5.5m/si 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.

La bonne utilisation du secours, même si elle est assez simple, nécessite donc un entraînement préalable qu'aucun pilote ne devrait négliger. Si le secours tombe dans l'eau, par exemple lors d'un cours SIV (simulation d'incidents de vol), **question 101** ce sont les suspentes qui mettent le plus de temps à sécher que les autres éléments du secours. .

### **Equipement accessoire et appareils de mesure**

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. De même, **question 109** une paire de gants, protégeant du froid mais surtout des agressions mécaniques possibles, doivent par principe toujours être portés pour protéger les mains des blessures. Le casque l'est tout autant. **Question 110** Il protège la tête du pilote surtout en cas de chutes lors du décollage ou de l'atterrissage. **Question 111** 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. Voir figure **C31**.

Parmi les instruments de vol, le variomètre est incontestablement le plus utile au pilote de parapente. Cet instrument indique **question 114** au pilote de la vitesse verticale de son aéronef. Le variomètre **question 115** obtient ses informations 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. Voir figure **C31**.

L'altimètre, n'est pas indispensable pour le pilote de loisir qui n'évolue pas forcément à des altitudes très élevées. 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. Voir figure **C32**. **Question 116** L'altimètre obtient ses informations en mesurant l'état instantané de la pression atmosphérique.



Figure C31 : casque intégral pour le vol libre. Le petit appareil avec cellules solaires, placé au bord inférieur et latéral du casque, est un petit variomètre acoustique sans pile, puisant son énergie électrique du soleil : légèreté et efficacité.



Figure C32 : En haut appareil électronique assemblant un altimètre et un variomètre. En bas un GPS. Les deux instruments se trouvent fixé sur la poche externe ventrale d'un secours.

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). 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 **question 117** à être trop basse. Par un raisonnement inverse, si la haute pression s'affaiblit, **question 118** un altimètre calibré le matin donnera l'après-midi des valeurs d'altitude plus élevée qu'en réalité.

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, **question 112** en l'air, une mesure de la vitesse de vol par rapport à l'air ambiant, c'est-à-dire du vent relatif. Voir figure **C33**. 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. Un anémomètre en vol **question 113** doit être placé au moins un mètre au-dessous du pied du 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.

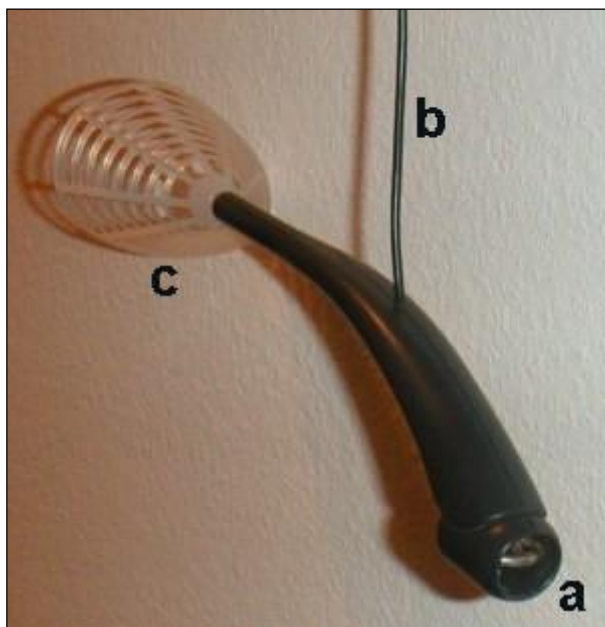


Figure C33 : Exemple d'anémomètre. a = ouverture antérieure dans laquelle est logée une hélice dont la vitesse de rotation dépend de la force du vent relatif. b = fil permettant d'attacher l'instrument à la sellette et aussi de transmettre, par des fils métalliques internes, le courant électrique, lui-même fonction de la vitesse de rotation de l'hélice. c = empennage arrière pour assurer la stabilité directionnelle de l'instrument.

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. Voir figure **C32**.



### Homologation et recommandations générales

La charge des éléments constituant le parapente est essentiellement **question 61** due à la traction. Voir figure **C34**. 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. .

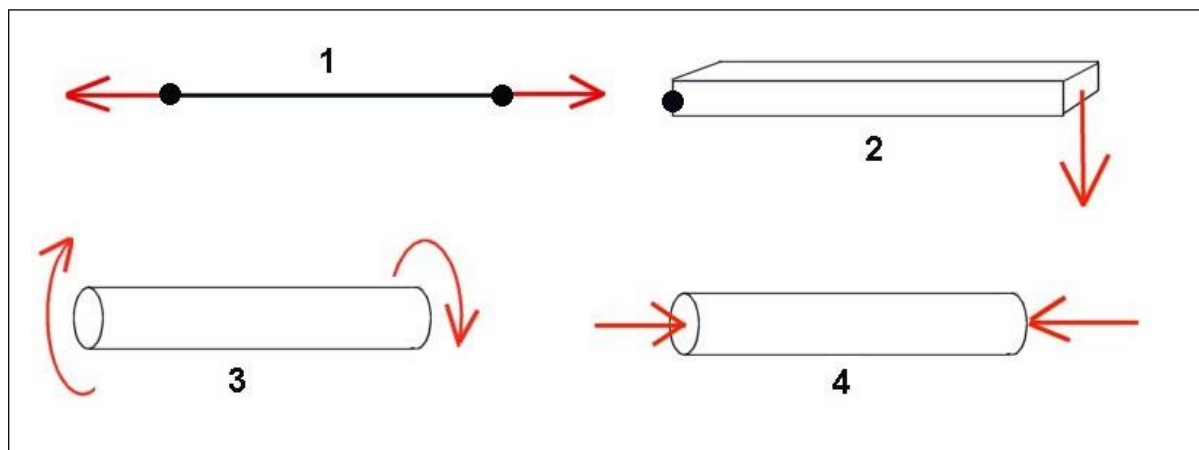


Figure C34 : Classification des forces s'exerçant sur du matériel : 1 = traction, 2= flexion, 3 = torsion, 4 = compression.

Si un matériau de parapente subit une charge dont la valeur correspond à sa résistance maximale à la traction, on peut **question 60** 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.

Dans cet ordre d'idée, la pratique continuelle de manœuvres de vol extrême (acrobatie) avec des ailes homologuées, provoquant des charges importantes et brusques, **question 65** peut entraîner l'étirement de diverses pièces de construction, et donc une modification des caractéristiques de vol du parapente.

Si, après de nombreux vols (par exemple 200), un pilote remarque progressivement le tissu fait 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 **question 58** il doit faire vérifier et régler l'aile chez le constructeur ou son représentant.

On choisit la surface de l'aile convoitée en calculant la future charge alaire, connaissant le PTV et la surface de la calotte. Voir première partie, aérodynamique. Classiquement la charge alaire devrait être **question 89+90** située entre 2.5 et 4.5 kg/m<sup>2</sup>, ces 2 valeurs étant respectivement les limites inférieure et supérieure. Toute valeur intermédiaire, par exemple 3 et 3.5 kg/m<sup>2</sup> 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 4.2 kg/m<sup>2</sup>. 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.

Dans un coffre de voiture, l'équipement de parapente peut entrer en contact avec de nombreux liquides nuisibles comme l'essence, l'antigel pour le radiateur et les produits nettoyant pour le lave-vitre. **Question 107** L'eau distillée pour la batterie de la voiture est bien sûr la moins dangereuse parmi les produits cités. On a déjà parlé de l'influence nuisible du rayonnement solaire **question 108** (surtout par les ultraviolets) sur les tissus du



parapente (calottes du parapente et du secours essentiellement). Les rayons X et gamma sont aussi très dangereux mais ne se rencontrent en principe pas en quantité significative dans la nature.

Actuellement il existe deux homologations en vigueur : (1) AFNOR/CEN, homologation française/européenne et (2) le DHV, homologation allemande. Le QCM de la FSVL ne parle curieusement que de l'homologation AFNOR. Sans entrer dans les détails d'une malheureuse concurrence, polémique, voire dispute entre ces 2 types d'homologation, ni prendre parti pour l'une ou l'autre, force est de constater qu'actuellement (2002-2005) et dans la réalité, le DHV prend le dessus. Le DHV classe les ailes en DHV 1, 2 ou 3 avec des intermédiaires 1-2 et 2-3. Il y a donc 5 classes en tout. Le DHV 1 correspond aux ailes les plus faciles et sûres et le DHV 3 aux ailes les plus difficiles et potentiellement dangereuses et délicates à piloter notamment lorsqu'elles sortent du domaine de vol.

AFNOR/CEN n'a que 3 classes : standard, performance et compétition. La classe standard correspond aux ailes les plus faciles et la classe compétition aux ailes les plus délicates à piloter. Il est important que chacun choisisse une aile adaptée à son niveau et son style de pilotage, sans honte. Il faut dire que les ailes DHV 1-2 sont actuellement les plus vendues et que leurs performances sont plus qu'honorables (finesse maximale de plus de 8 alors que les ailes pointues ont des finesses qui dépassent difficilement 9).

Pour répondre aux questions du QCM, on ne parlera ci-dessous que de l'homologation AFNOR/CEN. **Question 119** Il s'agit d'une vérification facultative de la navigabilité de chaque type de planeur de pente vendu en Suisse, conformément à des normes européennes. Elle n'est donc pas du tout obligatoire, mais pratiquement vivement recommandée. Les normes selon lesquelles la FSVL reconnaît un parapente comme homologué sont déterminées par **question 120** le CEN (comité européen de normalisation). **Question 122** Cependant, elle est obligatoire pour les examens conformément aux directives de l'OFAC et vivement recommandé dans les autres cas. Très peu de pilotes volent actuellement sous une aile non homologuée. La FSVL reconnaît un parapente homologué selon la norme CEN mais aussi DHV. L'homologation CEN comprend une batterie de différents tests. **Question 121** En résumé, il y a un test de charge permanente (8 G), l'exécution de diverses manœuvres de vol et une ouverture sous charge (test de choc entre 800 à 1200 daN = env, 815-1225 kg). Malgré quelques différences de méthodes et de valeurs limites, les tests du DHV ressemblent grosso modo aux tests AFNOR. **Question 123** L'homologation selon les normes EN équivaut à une déclaration concernant le comportement en vol et la construction conforme aux prescriptions de la FSVL d'un modèle spécifique de parapente à l'état de neuf. **Question 124** Les ailes non reconnues comme homologuées par la FSVL peuvent présenter des divergences considérables par rapport aux normes de sécurité imposées par l'homologation en termes de comportement en vol et de capacité de charge. On reconnaît un parapente homologué au sticker (plaquette de tissu) d'homologation apposée à un endroit sur la voile (en général la partie antérieure d'une cloison intercaissons) et sur laquelle est indiquée, entre autre, le numéro de série et la classe d'homologation. Il ne faut pas confondre ce sticker avec la plaquette du constructeur, obligatoire. Voir troisième partie, législation. **Question 125** Le constructeur décide à quel intervalle un parapente doit être contrôlé. Une liste tenue à jour des parapentes homologués (AFNOR/CEN et DHV) reconnus par la FSVL est à disposition au secrétariat FSVL et également sur le site Internet de la FSVL.

*Chers amis libéristes et futurs libéristes,*

*Cet imprimé (3<sup>ème</sup> édition – septembre 2025) est soumis à la loi sur la protection des droits d'auteur. Après réflexion et pour de nombreuses raisons que je n'exposerais pas ici, j'ai cependant décidé de le distribuer gratuitement, pour une utilisation individuelle et privée, via mon site Internet sous forme de fichier PDF. Vous pouvez donc télécharger ce fichier puis l'imprimer réellement sur papier.*

*Néanmoins je n'autorise pas l'utilisation commerciale de cet imprimé (par exemple publication d'un extrait dans un journal ou la vente de copies dans une école) ni la modification (notamment des en-têtes) ou l'appropriation intellectuelle par un tiers d'une quelconque partie de celui-ci.*

*Il y a en tout 5 unités recouvrant chacune les 5 branches d'examen théorique (QCM) de la FSVL :*

- *Aérodynamique et mécanique de vol*
- *Météorologie*
- *Législation*
- *Matériel*
- *Pratique de vol*

*Téléchargement de la dernière version : <https://soaringmeteo.org/docs.html>*

*En échange de la gratuité, SVP, je vous prie de ne pas hésiter à m'indiquer par email ( [equipe@soaringmeteo.org](mailto:equipe@soaringmeteo.org) & [soaringmeteo.org@gmail.com](mailto:soaringmeteo.org@gmail.com) ) une faute de langage, une question oubliée ou une phrase peu claire qui m'auraient échappé afin que les autres futurs pilotes bénéficient d'un support de préparation aux examens théoriques le meilleur possible.*

*Bonnes chances pour vos examens. Merci de votre compréhension et votre collaboration. Bons vols et soyez prudents.*

*Auteur principal : Jean Oberson, mars 2005  
Contribution et mise à jour : Thierry Vallotton septembre 2025  
Contribution et relecture :*