FEDERATION FRANCAISE DE VOL LIBRE

PREPARATION AU B.I.A.

Les spécificités du vol libre

Ce document est destiné aux élèves préparant le BREVET D'INITIATION AERONAUTIQUE. Il présente les particularités du vol libre et de ses aéronefs. C'est un complément aux cours généraux du B.I.A. qui permet de préparer l'option facultative vol libre pouvant être proposée à l'examen.

Il s'articule autour de cinq grandes parties reprenant les thèmes des épreuves obligatoires du B.I.A. :

- Aérodynamique et mécanique du vol
- Connaissance des aéronefs
- Météorologie et aérologie
- Réglementation, navigation et sécurité des vols
- Histoire du vol libre

Il est complété par une série de supports pédagogiques (dessins, photographies, diaporamas) destinés à rendre les cours plus attractifs.

I Aérodynamique et mécanique du vol : 3
I.1 Les profils du vol libre 3
I.2 Des systèmes pendulaires 4
I.3 Les phases du vol en parapente 6
I.4 Les phases du vol en aile delta 9
I.5 Incidents de vol 10
II Connaissance des aéronefs : 11
II.1 Constitution d'un parapente 11
II.2 Constitution d'une aile delta 15
II.3 Les instruments de vol libre : 16
III Météorologie pour le vol libre : 18
III.1 L'échelle aérologique 18
III.2 Les vents locaux 18
III.2.1 Les vents de vallée à grande échelle 18
III.2.2 L'onde 19
III.2.3 Les brises de pente 19
III.2.4 Les brises de bord de mer 20
III.3 Les nuages et le vol libre 21
III.4 Perturbations et vol libre 23
III.5 Les ascendances thermiques 24
IV Réglementation, sécurité et navigation : 27
IV.1 Les obligations administratives : 27
IV.2 Les brevets de vol libre : 27
IV.3 Les règles de l'air : 28
IV.4 Règles de vol VFR applicables aux ailes de vol libre : 28
IV.5 La navigation en vol libre : le cross 30
IV.6 Sécurité en vol et entretien des aéronefs de vol libre 31
V L'histoire du vol libre : 32
V.1 Les pionniers, de Léonard de Vinci à Otto Lilienthal et Francis Rogallo 32
V.2 Du "rase-motte" d'Otto Lilienthal à un phénomène international qui s'organise 33
V.3 Des premières ailes delta aux rigides 34
V.4 La naissance du parapente 35
V.5 La maturité 36
V.6 L'évolution des ailes 37
V.7 La compétition 39
VI Crédits photographiques : 40
VII Bibliographie : 40

I Aérodynamique et mécanique du vol :

I.1 Les profils du vol libre

Les ailes deltas et parapentes sont des ailes qui présentent des caractéristiques similaires dans leurs profils aux ailes des autres aéronefs.

Les profils utilisés sont relativement standards. A quelques exceptions près, ils sont biconvexes ou plans – convexes.

L'épaisseur relative des profils de parapente est toujours assez importante comparativement à la moyenne des épaisseurs de profils des autres aéronefs.

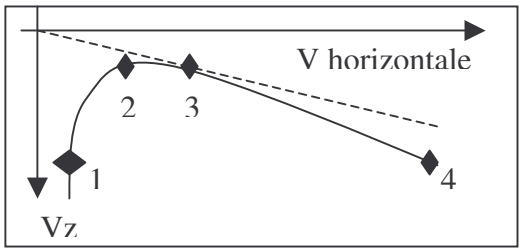
La grande particularité de ces profils est qu'ils sont souples et donc déformables. Au point que dans certaines conditions les parapentes peuvent se « dégonfler ». Cet incident de vol s'appelle une fermeture et doit bien entendu être évité autant que possible.

L'évolution de la forme du profil peut être due aux contraintes mécaniques liées au vol ou à l'aérologie mais aussi aux déformations du profil dans le temps. En effet le tissu vieillit et ne garde pas indéfiniment ses dimensions. Il est donc important de faire réviser son aile pour vérifier que l'évolution du profil est dans les tolérances et qu'elle présente toujours des qualités de vol acceptables.

Les profils utilisés sont principalement biconvexes dissymétriques. Ils portent bien aux faibles incidences mais leur stabilité aérodynamique est assez faible.

A chaque profil est associé une courbe appelée « polaire des vitesses » qui permet de déterminer les performances en finesse de l'aile en fonction du régime de vol.

Cette courbe présente l'allure ci-contre et met en évidence 4 points importants :



- Le point de décrochage (point 1) est atteint pour une incidence maximale dépendant du profil. Il survient lorsque l'on ralentit trop la vitesse de l'aile.
- Le point de taux de chute mini (vitesse verticale minimale - point 2) permet d'optimiser le vol dans les zones ascendantes. Il faut toutefois être prudent : il est proche du décrochage. Ce point est exploitable en conditions aérologiques calmes mais il est beaucoup plus délicat en conditions turbulentes. Ce taux est situé aux alentours de $1 m.s^{-1}$.
- Le point de finesse maximale (point 3) permet de parcourir un maximum de distance dans l'air pour un minimum de perte d'altitude. Il permet d'optimiser le vol pendant la recherche des ascendances ou dans les transitions sans vent. Les finesses actuelles se situent autour de 8 en parapente, 15 en aile delta et 18 en aile rigide.

- Le point de vitesse maximale (point 4) donne la meilleure vitesse de pénétration dans la masse d'air. Il se situe autour de 45 km/h en parapente, de 80 km/h en aile delta, et de 100km/h en rigide. Les ailes de compétitions sont sensiblement plus rapides.

La polaire de l'aéronef complet (avec pilote et accessoires) se déduit de la polaire théorique du profil par une translation. Les vitesses verticales et horizontales sont modifiées par l'augmentation du poids et les finesses peuvent être diminuées par les traînées supplémentaires.

En fonction des profils utilisés, du calage de l'aile, et de son allongement, le pilotage et les performances peuvent être très différentes. Une aile fortement allongée sera plus performante mais aussi plus délicate à piloter. Les allongements évoluent entre 5 et 7 pour le parapente.

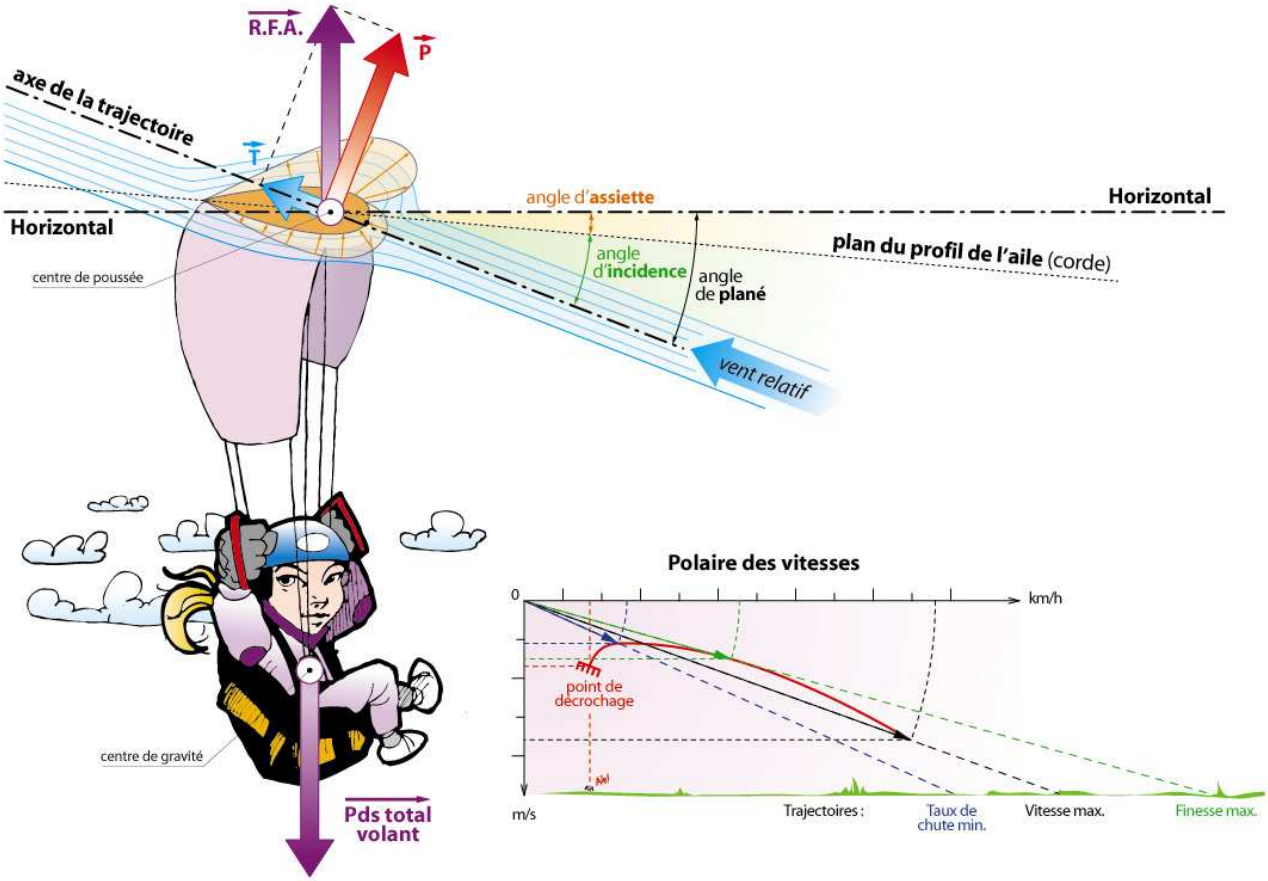
I.2 Des systèmes pendulaires

Les ailes de vol libre présentent la particularité d'être très légères en comparaison de leur pilote. De plus celui-ci est suspendu assez bas en dessous de l'aile : environ 1m pour les ailes deltas et environ 6m pour les parapentes.

Le centre de gravité et le centre de portance sont éloignés l'un de l'autre. Cela fait de ces aéronefs des systèmes pendulaires. En cela leur équilibre en vol est différent de celui des aéronefs classiques et leurs réactions en roulis et tangage s'apparentent à celles d'un pendule.

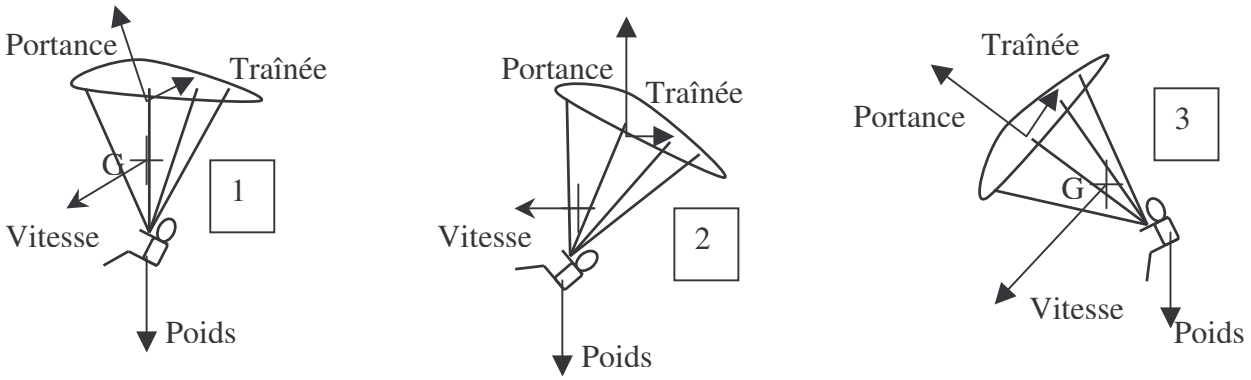
La stabilité aérodynamique des ailes de vol libre est plutôt faible mais leur stabilité pendulaire est importante ce qui les rend pilotables.

Ce phénomène est plus marqué pour les parapentes que pour les ailes deltas.



Le schéma ci-dessus représente les forces exercées sur un parapente ainsi que la polaire des vitesses. les trajectoires comparées pour différents régimes de vol sans vent y sont visualisées.

Le schéma ci-dessous illustre la stabilité pendulaire des ailes de vol libre :

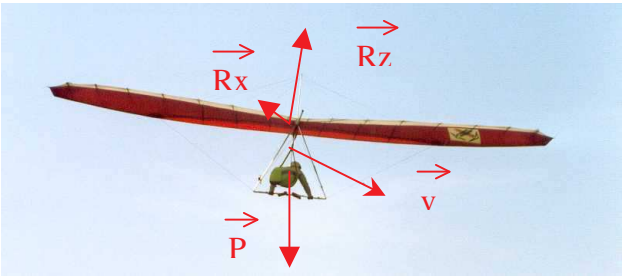


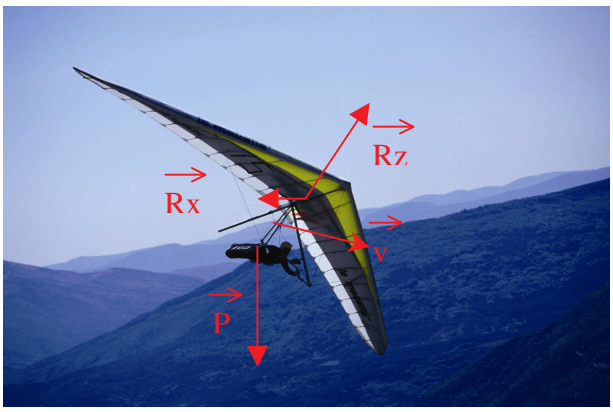
- **Cas numéro 1 :** le parapente est en vol plané stabilisé. La résultante des forces aérodynamiques et le poids du pilote sont sur la même verticale que le centre d'inertie de l'ensemble de l'aéronef. Le pendule est en équilibre.

- **Cas numéro 2 :** le pilote passe en avant du centre de gravité de l'aéronef et l'aile reste en arrière. Le poids du pilote et la portance, les deux forces les plus importantes, créent un moment à piquer qui ramène l'aile et le pilote sur la même verticale. Le système est stable.

- **Cas numéro 3 :** l'aile accélère rapidement, passe en avant du centre de gravité de l'ensemble et le pilote reste en arrière. Le poids du pilote et la portance, créent un moment à cabrer qui ramène l'aile et le pilote sur la même verticale. Le système est stable.

Les photographies ci-dessous illustrent le vol en plané rectiligne et en virage stabilisé en parapente et en aile delta.





I.3 Les phases du vol en parapente

Nous allons décrire rapidement le décollage, le pilotage puis l'atterrissage en parapente.

Avant le décollage :

- Installation correcte du parapente sur le sol, bien étalé face au vent pour pouvoir écoper symétriquement au début du gonflage.
- Eloignement la sellette pour tendre légèrement les suspentes.
- Démêlage de celles ci afin qu'il n'y ait pas de clés ou de brindilles qui puissent empêcher un gonflage correct de l'aile.
- Dégagement des lignes de freins vers l'extérieur afin que le pilote puisse agir efficacement dessus si il faut corriger la trajectoire de l'aile au cours de sa montée (montée dissymétrique).
- Installation du pilote dans la sellette après avoir mis le casque. Vérification des cuissardes et de la ventrale ainsi que des maillons d'attache des élévateurs.
- Prise en main des commandes des élévateurs avant.

Le pilote doit maintenant construire son aéronef par des techniques de gonflage qui peuvent varier en fonction des conditions météorologiques, du terrain de décollage et de sa maîtrise de son aile (il peut gonfler dos à la voile ou face à la voile).

Décollage :

- Gonflage de l'aile pour l'amener au dessus de la tête du pilote.
- Temporisation et contrôle visuel de l'aile.
- Prise de décision (décollage ou pas) en fonction de l'état de l'aile, l'aérologie et dégagement de la zone d'envol.
- Accélération de la course pour prendre de la vitesse (la voile se met alors à porter).
- Eloignement du sol et du relief pour assurer la sécurité.
- Le pilote pourra alors s'installer confortablement dans sa sellette sans lâcher les commandes.

Les photos ci-dessous illustrent les différentes phases du décollage.

1 : Phase de gonflage dos à la voile lors d'un décollage au treuil. L'aide du treuil permet de pratiquer le parapente en plaine.

2 : Prise de commandes pour un décollage face à la voile. Le pilote tient les 2 élévateurs avant dans la main droite et le frein gauche dans la main gauche.

3 : Temporisation de la voile au-dessus de la tête pour contrôler visuellement le bon état de la voile et du suspentage avant de prendre de la vitesse pour décoller.

En vol :

- Le pilote contrôle les mouvements de sa voile à l'aide des freins et en déplaçant son corps dans la sellette pour transférer son poids sur l'un ou l'autre des élévateurs. Le pilotage du parapente est un pilotage 2 axes.
- Le parapente étant un système pendulaire, des actions symétriques amples aux freins entraînent des variations rapides de la vitesse de l'aile mais pas du pilote qui a plus d'inertie. On obtient alors des mouvements de tangage.

- Si le pilote agit de façon dissymétrique, il freine une demi aile plus que l'autre. Cela entraîne un mouvement combiné de roulis et de lacet du côté le plus freiné. Pour réaliser un virage, le pilote ralentit la demi - aile du côté intérieur au virage. Lors d'un virage, l'inclinaison de l'aile dégrade le taux de chute. Il convient donc de ne pas trop incliner pour obtenir un virage efficace en ascendance. Pour augmenter le taux de virage en évitant de trop incliner l'aile, le pilote peut transférer son poids dans la sellette. En se déportant à l'intérieur du virage il va en augmenter le taux.

Stabilité en virage :

- Lorsqu'un pilote enchaîne plusieurs virages à 360° et qu'il relâche les commandes, l'aile peut présenter trois comportements que le pilote de vol libre doit connaître :
- L'aile sort de virage toute seule. Elle est dite ***stable spirale***. C'est le comportement le plus fréquent qui est recherché pour les ailes de parapente.
- L'aile reste en virage. Elle est dite ***neutre spirale***. Ce comportement est plus dangereux car il nécessite une anticipation et une action de pilotage pour sortir de virage. Ce comportement ne se rencontre, en général, qu'aux fortes inclinaisons.
- L'aile s'engage encore plus franchement dans le virage. Elle est dite ***instable spirale***. Ce comportement très rare nécessite une grande attention dans le pilotage pour éviter de se trouver dans une spirale engagée dont le pilote pourrait ne pas réussir à se sortir.

Descentes rapides :

- Si le pilote à besoin de descendre rapidement, par exemple pour se poser lorsque les conditions météorologiques se dégradent, il peut utiliser des techniques permettant d'obtenir des taux de chute importants (jusqu'à 20 $m.s^{-1}$ pour certaines).

- Il peut enchaîner des virages serrés à forte inclinaison. Cette technique expose le pilote à des accélérations prolongées et nécessite un certain entraînement.
- Il peut également réduire l'envergure en allant chercher les suspentes extérieures assez haut, puis en les ramenant à soi. Les extrémités de l'aile se ferment, la surface de la voilure se réduit et le taux de chute augmente. On appelle cela « faire les oreilles ». Lorsque le pilote fait les oreilles il peut piloter la trajectoire de l'aile à la sellette.

Atterrissage :

- Malgré sa grande manoeuvrabilité, et comme tous les autres aéronefs, le parapente nécessite une grande rigueur dans la construction de l'approche. Il comporte une phase de perte d'altitude en zone d'attente, une approche et enfin une finale qui se termine par un arrondi et le posé.
- Dans la première phase le pilote se place au vent du terrain pour terminer sa perte d'altitude.
- Quand le pilote s'estime à la bonne hauteur par rapport au sol, il s'engage en approche.
- Celle-ci peut être en U (Prise de Terrain en U ou PTU). Elle se présente alors comme en avion ou en planeur avec une branche vent arrière, une étape de base et un dernier virage pour arriver en finale. Lors de la phase ***vent arrière*** et de ***l'étape de base*** le pilote gère son éloignement par rapport au terrain pour se présenter en ***dernier virage*** à la bonne hauteur. Il adapte ses repères de hauteur en fonction du vent pour s'assurer de se poser dans le terrain. Dans certaines conditions les pilotes de parapente pratiquent la PTS (Prise de Terrain en S). Ils approchent le terrain dans l'axe de la ***finale***, face au vent, en faisant des S pour perdre de l'altitude et se présenter dans les bonnes conditions de hauteur en début de finale.
- Enfin la dernière ligne droite avant le posé : ***la finale***. Le pilote relève alors les mains pour prendre de la vitesse. A l'approche du sol il freine pour ralentir l'aile et arrondir sa trajectoire afin de toucher avec un minimum de vitesse verticale et horizontale. La prise de vitesse en début de finale est très importante pour se prémunir d'un éventuel gradient de vent dans les 10 derniers mètres d'altitude. En effet dans cette tranche d'altitude les frottements de l'air sur le sol diminuent la vitesse du vent et l'aile a tendance à plonger pour accélérer. Si le pilote a de la réserve de vitesse, il peut freiner son aile pour éviter l'abattée. Sinon le contact avec le sol peut être violent. Le freinage doit être progressif, pour éviter une ressource près du sol, mais ample pour bien freiner l'aile et éviter de devoir courir vite et pour éviter de tomber.
- En début de finale, le pilote sort de sa sellette pour se mettre debout. Il sort ainsi le train d'atterrissage (ses jambes) afin de se poser debout.
- Une fois posé, le pilote affale son aile en la freinant à fond (mains sous les fesses). La plupart du temps les pilotes se retournent face à l'aile avant de l'affaler pour mieux contrôler sa descente ou pour éviter de se faire déséquilibrer quand il y a du vent.
- Sur la photographie ci-contre, on peut remarquer que le pilote est debout dans la sellette, ses mains sont basses (il freine fortement son aile) et le bord de fuite est fortement tiré vers le bas.

I.4 Les phases du vol en aile delta

- Le décollage en aile delta s'effectue à partir d'un terrain suffisamment pentu ou souvent depuis un tremplin. Après avoir monté sa machine et soigneusement vérifié que tout est bon, le pilote s'équipe d'un harnais et s'accroche sous l'aile.

- Il porte alors l'aile delta en tenant le trapèze à mi-hauteur, appuyé sur ses épaules, de sorte à maintenir l'aile horizontale.
- Il prend alors de la vitesse dans la pente avec une course dynamique et progressive. L'aile gagne alors en portance et prend en charge le poids du pilote.
- Quand les pieds du pilote quittent le sol, il s'éloigne du relief pour assurer la sécurité puis il change la position de ses mains pour venir saisir la barre de contrôle et enfile ses pieds dans le harnais s'il s'agit d'un cocon.

La photographie de la page précédente montre une aile delta en sortie de tremplin. Les mains du pilote sont encore sur les montants latéraux du trapèze.

La photographie ci-contre à droite montre la même aile delta en prise de vitesse le long de la pente.

- Une fois le décollage assuré, le pilote contrôle la trajectoire son aile à l'aide de la barre de contrôle située à la base du trapèze. Le pilotage d'une aile delta, comme celui du parapente est un pilotage 2 axes.
- Le contrôle en tangage est assuré en poussant sur la barre de contrôle pour cabrer et en tirant pour piquer. Lorsque le pilote pousse la barre, la vitesse d'une aile delta diminue et lorsqu'il la tire, la vitesse augmente.
- Pour effectuer des virages, le pilote transfère son poids à l'intérieur du virage en déplaçant son corps à l'intérieur du trapèze. Il incline ainsi l'aile (roulis) et d'engendrer un mouvement de lacet. S'il veut virer à droite, il doit pousser la barre de contrôle à gauche pour initier le virage.

L'atterrissage s'effectue selon les mêmes phases qu'en parapente et avec le même principe pour les approches.

- La finale est plus difficile du fait de la vitesse plus élevée et des meilleures finesses.
- En début de finale, le pilote sort les jambes du cocon. Il doit alors gérer sa vitesse pour se prémunir des effets du gradient de vent mais doit faire attention à ne pas trop allonger sa finale. L'utilisation d'un « drag chute » est possible dans cette phase.

- Pour l'arrondi, il ramène les mains sur les montants du trapèze, incurve doucement sa trajectoire pour tangenter le sol puis pousse très progressivement le trapèze pour diminuer la vitesse horizontale afin de poser en douceur. Attention à la ressource !!!

I.5 Incidents de vol

Dans ce paragraphe nous parlerons succinctement de trois incidents de vol : les fermetures (en parapente), le tumbling (en aile delta), et les décrochages.

- Les fermetures du bord d'attaque, frontales ou asymétriques, interviennent lorsque l'incidence est négative (abattée non maîtrisée ou cisaillement aérologique). Lors d'une fermeture frontale, un freinage symétrique ample (mais pas violent) permet de rouvrir. Sur une fermeture asymétrique une mise en virage involontaire s'amorce. La combinaison d'une action du pilote à la sellette et à la commande lui permet de maintenir son cap et de rouvrir l'aile.

- Le tumbling est un incident propre à l'aile delta. Il survient en prise de vitesse excessive (en sortie de décrochage dynamique par exemple) ou lors d'une diminution rapide de l'incidence. L'aile subit alors un important couple piqueur qui la fait passer sur le dos.

- Comme pour tous les aéronefs, le décrochage survient lorsque l'incidence est trop forte. La faible plage de vitesse des aéronefs de vol libre demande une vigilance particulière lors du pilotage aux basses vitesses.
    - Le décrochage en aile delta n'est pas une manœuvre particulièrement dangereuse : l'aile pique et retrouve d'elle-même son régime normal de vol. La perte d'altitude entraînée par le décrochage peut être importante et s'avérer dangereuse près du sol. Si le décrochage est dissymétrique, il peut entraîner une vrille plus difficile à récupérer.
    - Le décrochage en parapente est beaucoup plus délicat car le profil se déforme de façon très importante. En général l'aile se remet en forme d'elle-même par une abattée importante et difficile à maîtriser. C'est une manoeuvre qui ne se pratique pas en dehors de formations spécifiques en milieu aménagé.

Quand un pilote subit un de ces incidents de vol et qu'il ne parvient pas à reprendre assez rapidement le contrôle de son aile, il lui reste en dernier recours l'usage de son parachute de secours. Celui-ci est aussi utile dans le cas d'une rupture de matériel (suspentes du parapente, structure du parapente ou de l'aile delta) ou en cas d'abordage avec une autre aile si les aéronefs restent emmêlés et incontrôlables. A noter qu'une mauvaise préparation (montage et visite prévol) peut aussi obliger le pilote à utiliser cette "seconde chance"…

II Connaissance des aéronefs :

II.1 Constitution d'un parapente

Le parapente présente la particularité d'être un aéronef souple, repliable dans un sac à dos et transportable à dos d'homme. C'est le seul qui puisse se vanter d'être aussi pratique à transporter !

Observons la constitution générale d'un parapente :

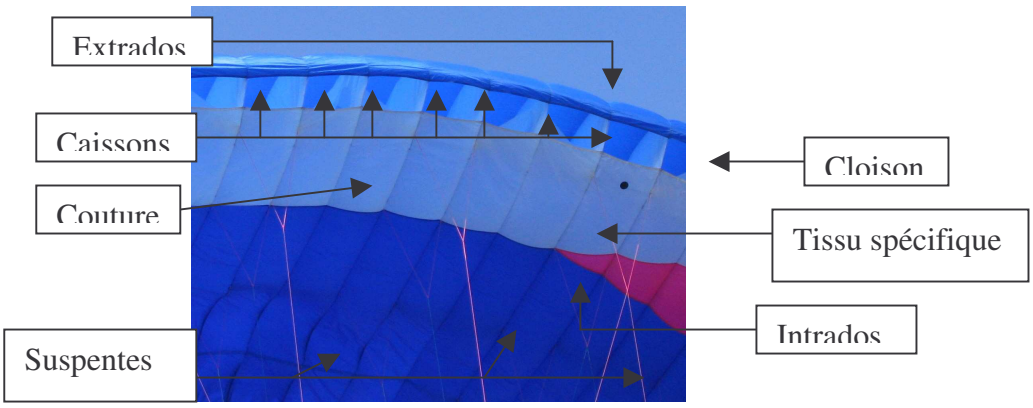
Le parapente est un aéronef léger mais solide. Il est calculé pour supporter des accélérations soutenues de 8G sans rupture, ce qui n'est pas le cas de tous les avions.

Les parapentes sont construits en plusieurs tailles en fonction du poids total en vol prévu (PTV). Elles sont souvent désignées par une lettre :

- XS (extra small)
- S (small)
- M (medium)
- L (large)
- XL (extra large)

Le PTV évolue dans une fourchette de 50 à 130kg pour des surfaces de 21 à 30m². Une taille d'aile donnée a une fourchette de PTV d'une largeur de 15 à 20kg environ. Ces données ne sont bien sur que des ordres de grandeur.

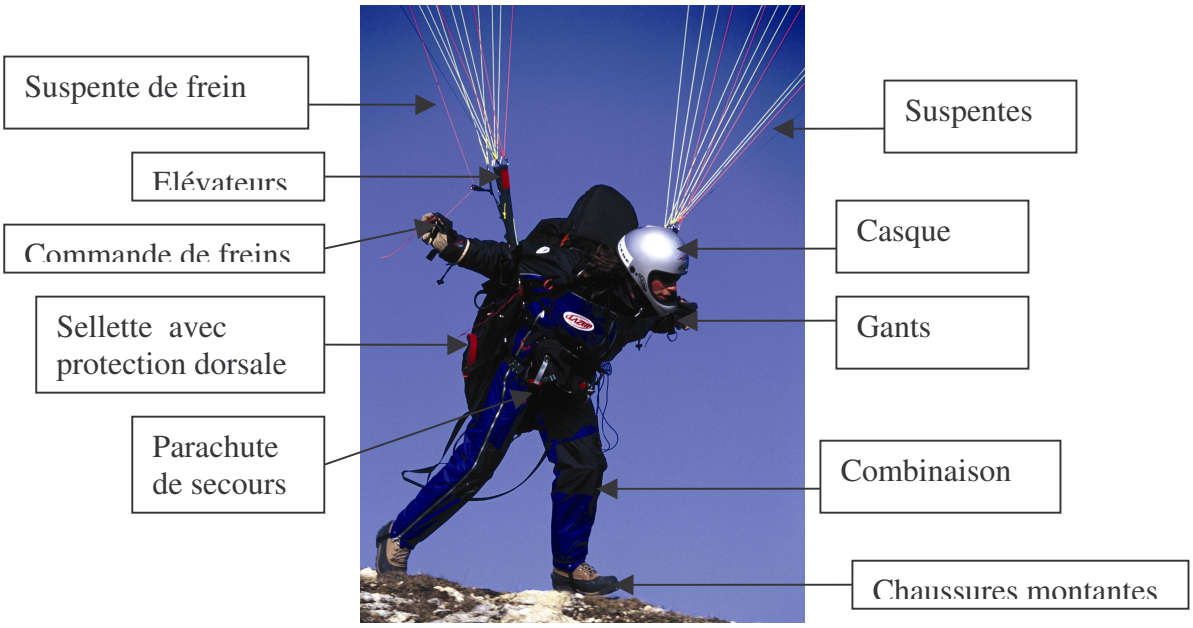
Pour voler à deux sous une même aile, des modèles spécifiques, appelés biplaces, ont été développés. Ils ont des surfaces de 38 à 45m² environ pour des PTV de 120 à 240kg selon les modèles. La fourchette est souvent de 70 à 80kg entre le poids minimum et le poids maximum pour un modèle donné.



Les tissus employés pour la fabrication des parapentes sont à base de polyesters ou de polyamides (fibres synthétiques). Ils sont en général enduits pour améliorer leur perméabilité à l'air et leur résistance à l'humidité et aux UV (polyuréthane et silicone). Ces tissus doivent être résistants à la déchirure et aux UV et présenter une faible porosité.

L'aile est constituée de caissons cousus les uns aux autres. Les cloisons inter - caissons sont percées d'ouvertures permettant d'égaliser la pression interne de l'aile. La surpression par rapport à l'extérieur est de l'ordre de 60mbar. Les caissons ne sont pas tous ouverts sur le bord d'attaque. Les caissons de saumon d'aile sont fermés et sur certains modèles des caissons intermédiaires le sont également. Les ouvertures sont en général situées légèrement en dessous du bord d'attaque.

L'envergure des parapentes se situe autour de 10m à plat (15m pour les biplaces) elle est un peu plus faible en ordre de vol car l'aile est voûtée pour améliorer sa stabilité de route. La finesse de ces ailes atteint aujourd'hui une valeur de 8 à 9 en air calme.



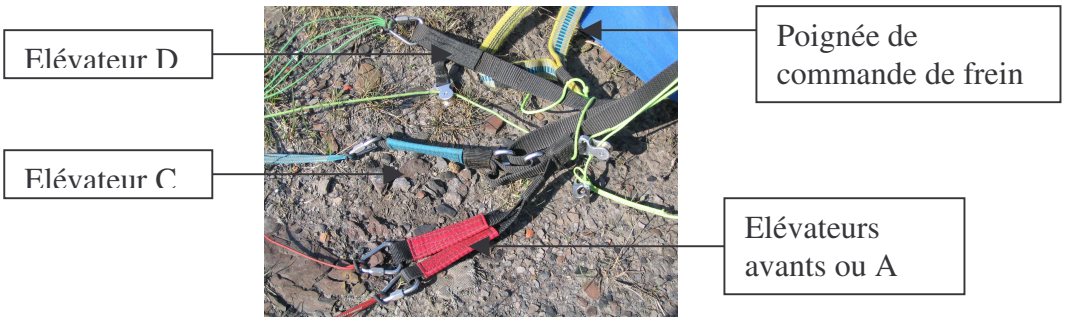
Les suspentes assurent la liaison entre l'aile et la sellette (siège du pilote). Elles sont fabriquées en aramide (kevlar), polyéthylène (Dyneema ou Spectra) ou polyester (Tergal). En général elles sont gainées de polyester tressé pour assurer une protection. Leur diamètre varie de 1 à 2,5mm selon leur position dans le suspentage.

Au fur et à mesure que l'on monte du pilote vers la voile, le suspentage se ramifie. Au final les suspentes sont reliées à la voile tous les 2 ou 3 caissons. Le suspentage se répartit sur 4 lignes du bord d'attaque vers le bord de fuite. On les nomme respectivement A, B, C et D.

La dernière, reliée au bord de fuite est la ligne de freins. C'est sur elle que le pilote agit par l'intermédiaire des commandes pour piloter son parapente.

La ligne A est aussi appelée ligne des avants car elle est reliée au bord de l'ouverture des caissons. Ces suspentes sont très résistantes et peuvent supporter chacune plusieurs dizaines à plusieurs centaines de daN en traction.

Le pilote doit veiller attentivement au bon état de ses suspentes. Un nœud dans une suspente peut réduire sa résistance de moitié.

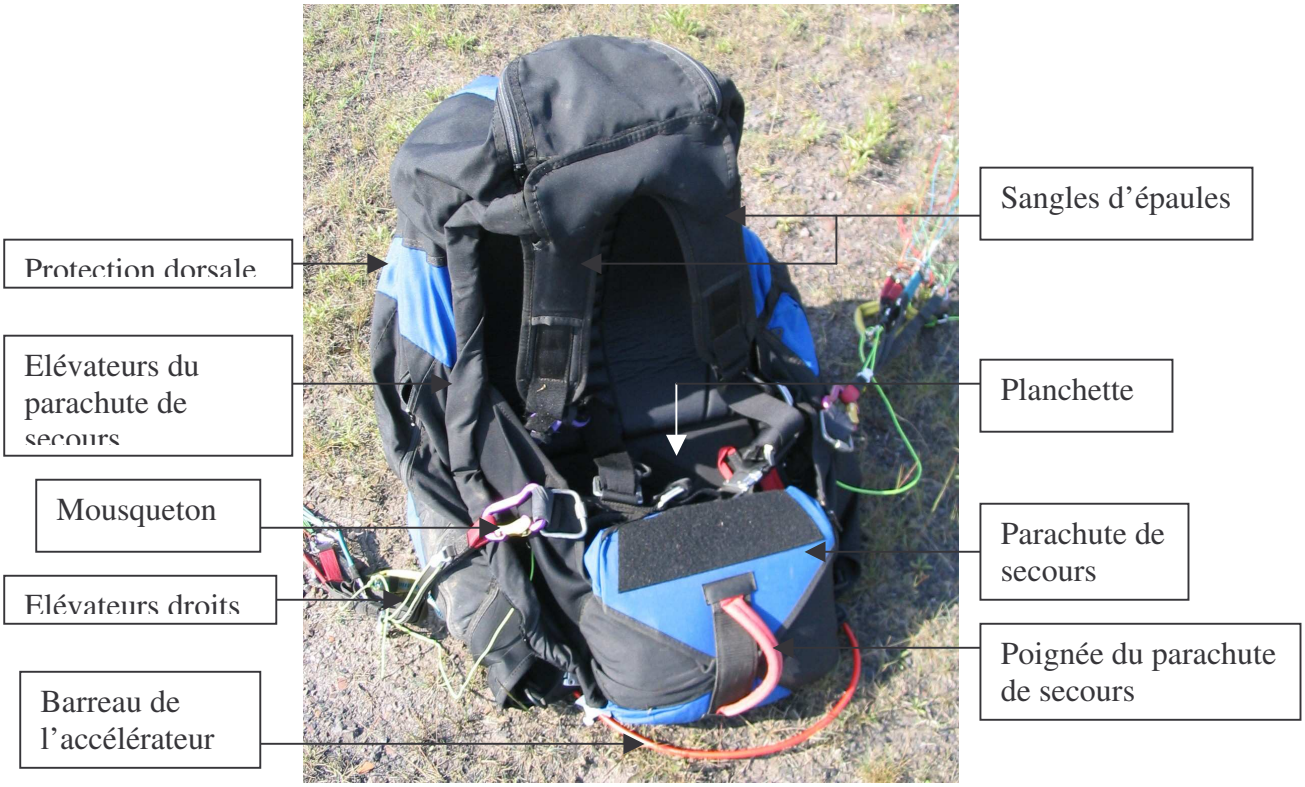


Les suspentes sont attachées aux élévateurs qui permettent de regrouper les lignes de suspentage. Eux mêmes sont reliés à la sellette par un mousqueton.

Le pilote s'équipe toujours de chaussures montantes pour maintenir la cheville lors de la course au décollage et de l'atterrissage.

Il porte également un casque pour se protéger la tête en cas de chute et des vêtements lui assurant une bonne isolation thermique en cas de vol prolongé en altitude.

Les effets conjugués du vent relatif et de l'abaissement de température en altitude ne sont pas négligeables. Il est également prudent de porter des lunettes de soleil comme dans toutes les disciplines aéronautiques dès que le temps est un peu dégagé.



La sellette sert de siège pour le pilote. Elle doit être confortable pour les longs vols. Il existe donc différentes tailles de sellettes et il convient d'en choisir une adaptée.

Le pilote est assis sur une planchette en bois intégrée à la sellette. Elle doit également permettre au pilote une action de pilotage en déportant son poids sur la gauche ou la droite.

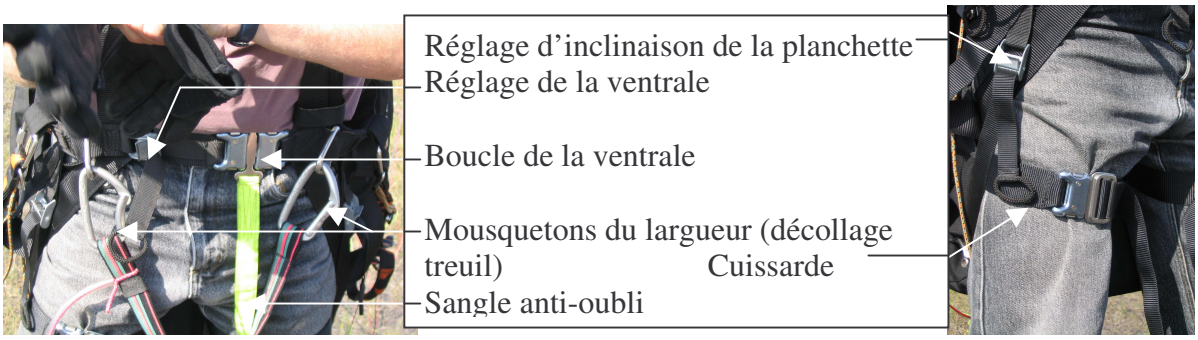
Le pilote est maintenu dedans par 2 sangles d'épaules, 1 sangle ventrale et 2 cuissardes. Toutes sont réglables pour permettre une bonne adaptation à la morphologie du pilote.

Il est très important de bien régler sa sellette pour pouvoir s'installer sans lâcher les commandes après le décollage et se sentir bien en vol.

Le réglage de la ventrale influence énormément l'action de pilotage. Il fixe l'écartement entre les élévateurs.

Si l'écartement est grand, le pilotage à la sellette est efficace mais le pilote peut être secoué en air turbulent. Si cet écartement est faible, le pilote est plus stable mais le pilotage à la sellette devient difficile.

Ces sangles sont en général complétées par une sangle de poitrine et diverses sangles de réglage permettant de modifier l'inclinaison du pilote en vol ou l'inclinaison de la planchette. Les cuissardes sont maintenant munies d'une sangle anti-oubli permettant d'éviter des accidents graves.



La sellette est souvent munie d'une protection dorsale. Celle-ci peut être un « mouss-bag » ou un « air-bag ».

Le premier type de protection est constitué de mousse permettant d'absorber l'énergie en cas de choc et de réduire les risques de lésions graves de la colonne vertébrale.

Le second type de protection est une poche se gonflant de l'air lorsque l'aéronef avance. En cas de chute l'air constitue un matelas qui amortit le choc.

Ces deux dispositifs ont prouvé leur efficacité.

La sellette peut aussi accueillir un accélérateur. Il s'agit d'un dispositif constitué de deux sangles fixées aux élévateurs avants et reliées par un ou deux barreaux sur lesquels le pilote peut pousser avec les pieds.

En actionnant l'accélérateur le pilote diminue l'incidence de l'aile. Celle-ci doit donc accélérer pour obtenir un nouvel équilibre en vol plané.

Ce dispositif permet d'optimiser les transitions entre les ascendances et de contrer les effets d'un vent contraire…quel que soit l'aéronef il n'est jamais bon de reculer par rapport au sol !

Le parachute de secours est un élément de sécurité qui se généralise. Il est obligatoire en compétition et fortement recommandé en biplace.

Il peut sauver le pilote dans des situations où il ne peut plus assurer le pilotage de son aile :

- rupture de matériel
- abordage
- fermeture irréversible

Le parachute est accroché à la sellette. Il peut être placé à diverses positions : en haut du dos, sous les fesses, sur le côté droit ou gauche du siège ou sur le ventre.

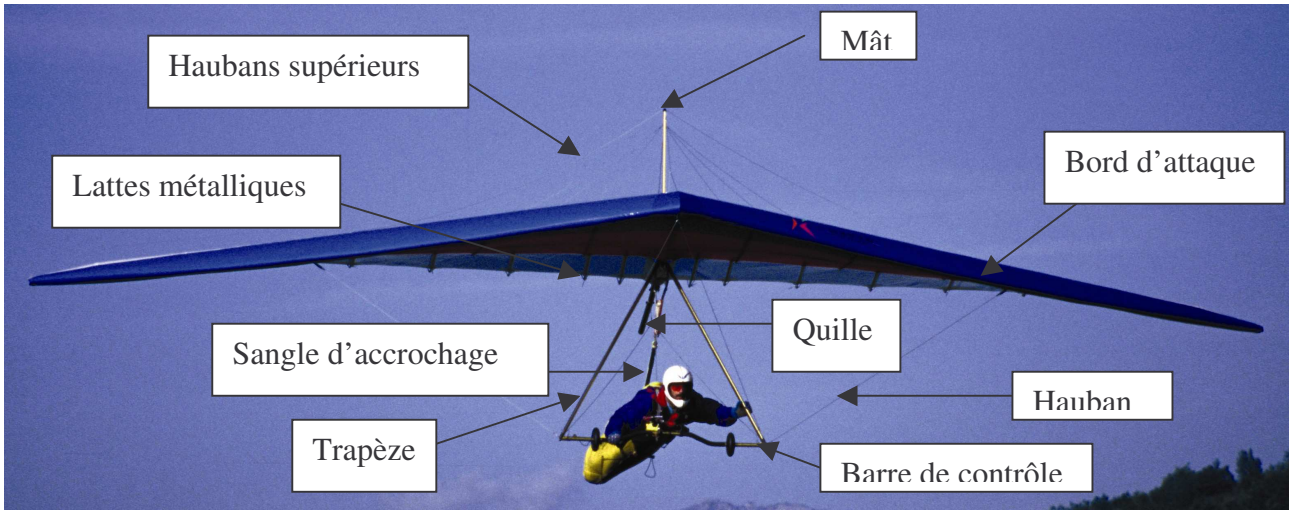
Toutes ces positions ont leurs avantages et leurs inconvénients. Le choix est souvent une question de préférence du pilote.

L'ensemble de l'équipement d'un pilote de parapente avec aile, parachute de secours, protection dorsale, instruments de vol,…peut atteindre une vingtaine de kilogrammes.

II.2 Constitution d'une aile delta

L'aile delta (semi-rigide), et maintenant les ailes rigides de vol libre, sont des aéronefs démontables et facilement transportables sur le toit d'une voiture.

Observons leur architecture générale :



- La structure classique d'une aile delta est constituée d'une armature en tubes métalliques définissant un triangle sur lequel est tendue une toile pour former le profil de l'aile delta. Ce triangle est constitué d'un tube longitudinal dans l'axe de l'appareil, la quille, à l'extrémité duquel sont fixés les tubes de bord d'attaque. Eventuellement des tubes transversaux relient la quille et les tubes de bord d'attaque pour rigidifier le cadre. Les toiles utilisées sont, bien entendu, spécifiques à cet usage.

- Un mât est fixé sur le dessus de la structure pour tendre des haubans qui forment un réseau de câbles tendus vers le bord d'attaque et les tubes transversaux (en milieu de structure) ainsi que vers le bord de fuite (câbles anti-piqué) et vers l'extrémité du mât. Les haubans permettent d'assurer la rigidité de la structure sous facteur de charge. Ceux joignant le bord de fuite (cordes de rappel) le maintiennent légèrement relevé et permettent d'améliorer la stabilité longitudinale et limiter les risques de tumbling.

- En dessous on trouve un trapèze (triangulaire !!!) dont la barre inférieure est appelée barre de contrôle. Comme son nom l'indique, c'est elle qui permet au pilote de gérer la trajectoire de son aéronef. D'autres haubans relient les extrémités du trapèze au bord d'attaque et à la quille. Ils servent également à assurer la résistance de la structure sous facteur de charge.

- Le pilote enfile un harnais qu'il accroche à l'aile delta avec un mousqueton. Comme pour le parapente il s'agit de mousquetons à forte résistance. Le mousqueton est en fait accroché sur une sangle reliée à la base du mât sur la quille. La longueur de cette sangle est ajustée pour que le pilote soit suspendu à la bonne hauteur sous l'aile.

•

II.3 Les instruments de vol libre :

Bien qu'il vole dans un aéronef d'une très grande simplicité, le pilote de vol libre emporte souvent des instruments avec lui.

- **La radio :**

Elle remplit trois fonctions relatives à la sécurité, à l'apprentissage et à la transmission d'informations.

C'est aujourd'hui un instrument pédagogique incontournable pour l'apprentissage du vol libre. Elle permet une liaison permanente entre les élèves pilotes, seuls sous leur aile et les moniteurs.

Pour les pilotes autonomes c'est un instrument qui permet d'échanger des informations en vol. Il existe une fréquence réservée au vol libre (143.9875 MHz). La Fédération Française de Vol Libre a financé des balises météo automatiques.

- **L'altimètre – variomètre électronique :**

Cet instrument combine les deux fonctions. Il est basé sur un capteur électronique de pression absolue de faibles dimensions permettant de fabriquer un instrument compact et léger.

Le capteur de pression permet de mesurer la pression atmosphérique. La loi de l'atmosphère standard permet de la convertir en altitude. Il est possible d'étalonner l'appareil pour tenir compte des variations quotidiennes de la pression atmosphérique.

La pression est mémorisée et peut être comparée à celle mesurée un peu plus tard. La différence est convertie en différence d'altitude puis divisée par le temps pour déterminer la vitesse verticale. On obtient ainsi une fonction variomètre.

Cette fonction est associée à des alarmes sonores (bips réguliers) dont la tonalité et la fréquence permettent de savoir si l'on monte ou descend (son aigu ou son grave) et si le taux est faible ou important (faible fréquence ou forte fréquence).

Une mesure de température est souvent ajoutée à la

mesure de la pression. L'instrument enregistre également le temps de vol.

Certains altimètres – variomètres sont munis d'une mémoire permettant d'enregistrer régulièrement les altitudes. Les données peuvent alors être transférées sur un PC pour donner une coupe verticale du vol au cours du temps.

- **La boussole :**

Elle est parfois embarquée par les pilotes qui partent en cross pour déterminer leur cap. En général il s'agit d'une boussole boule baignant dans un liquide visqueux.

Une boussole standard peut être utile au sol pour déterminer l'orientation du vent ou d'un relief.

- **Le GPS :**

C'est devenu l'instrument incontournable des pilotes de compétition. Le GPS leur permet d'enregistrer leurs vols et de les restituer sur PC par la suite. Il permet également de déterminer avec précision le cap et la vitesse de déplacement afin d'intégrer la vitesse et la direction du vent.

Dans les zones voisines de zones contrôlées il est précieux pour éviter de pénétrer les espaces aériens de classe D ou supérieure (c'est à dire interdit aux VFR sans autorisation du contrôle ou carrément interdits aux VFR).

III Météorologie pour le vol libre :

III.1 L'échelle aérologique

Contrairement à la plupart des autres disciplines aéronautiques, la majeure partie des vols en vol libre se passe sur une zone géographique très restreinte.

En effet, la majorité des pilotes décolle d'un site, essaie de tenir en l'air le plus longtemps possible en profitant des ascendances dynamiques et thermiques autour du décollage et se pose à quelques centaines de mètre ou quelques kilomètres du décollage.

Pour eux, la météorologie n'est intéressante qu'à un niveau très local. L'échelle du pilote de vol libre est l'échelle aérologique.

Quand le pilote possède toutes les qualités nécessaires pour tenter de partir en cross ("sortir du bocal" en langage libériste), il partira à l'aventure ou programmera son vol en tenant compte de la météo à plus grande échelle.

Toutefois, pour refaire le plein d'altitude après chaque transition, il devra tenir compte des reliefs et de l'aérologie très locale pour dénicher les ascendances qui lui permettront de rester en l'air et de poursuivre son périple.

Le pilote de vol libre est donc particulièrement attentif aux phénomènes météorologiques à petite échelle.

III.2 Les vents locaux

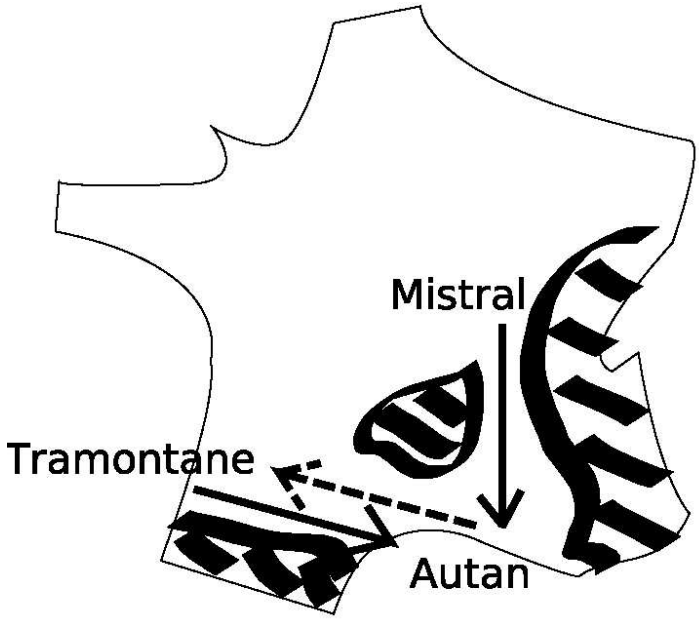
III.2.1 Les vents de vallée à grande échelle

La présence de reliefs peut canaliser le vent et l'obliger à s'engouffrer dans des vallées. En France, il existe deux cas de vents forts canalisés par le relief sur de grandes distances :

- lorsque le vent s'engouffre dans la vallée du Rhône en provenance du nord, il est accéléré par effet venturi. Il en résulte un vent fort et turbulent orienté nord - sud qui souffle jusqu'en Camargue : **le Mistral**.

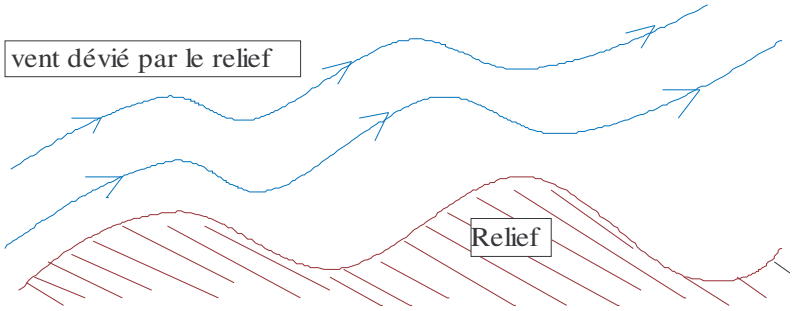
- entre les Pyrénées et le massif central, le vent est canalisé de Toulouse à Carcassonne. Lorsque le mistral souffle dans la vallée du Rhône, le vent souffle alors dans cette région d'ouest en est (de Toulouse à Carcassonne). On l'appelle **la Tramontane**.

- Il arrive que le vent vienne de la Méditerranée et s'engouffre alors d'est en ouest (de Carcassonne à Toulouse). On l'appelle alors **le vent d'Autan**.



Leur vigueur se fait souvent ressentir jusque dans les vallées avoisinantes et gêne considérablement la pratique du vol libre.

III.2.2 L'onde



- Lorsque le vent aborde un relief perpendiculairement à son flan, il est dévié vers le haut par celui-ci.

- Si plusieurs reliefs alignés dans la même direction (perpendiculaire au vent) sont régulièrement espacés, le vent "rebondit" sur les reliefs successifs générant ainsi des ascendances qui peuvent monter très haut.

- Sur les contreforts des alpes, l'onde est assez fréquente. En revanche, elle "se mérite" car avant de parvenir dans ce vent laminaire, il faut traverser des turbulences en amont du relief. En général, seuls les bons pilotes de planeur parviennent à l'exploiter.

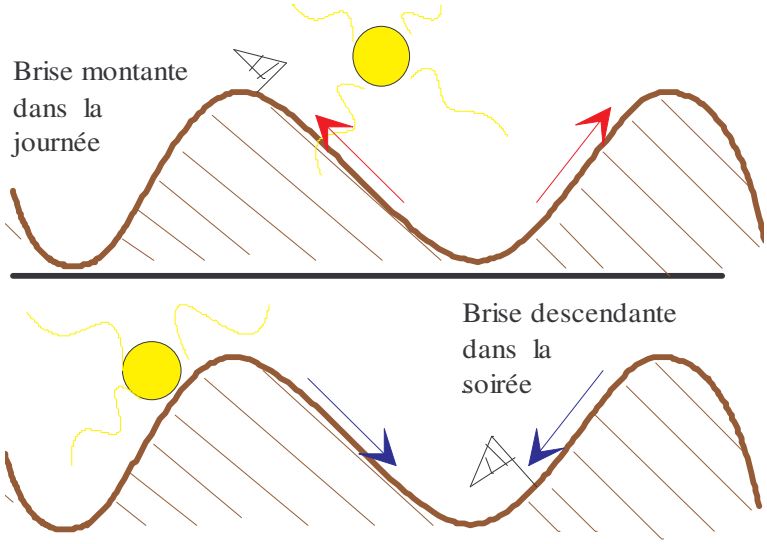
- En vol libre l'onde est donc rarement fréquentable et il est plus sage de garder l'aile dans le sac ou l'aile delta dans la housse.

- En revanche avec un vent plus faible perpendiculaire au relief, si l'onde ne s'établit pas, l'air dévié vers le haut par l'obstacle crée néanmoins une **ascendance dynamique** qui permet aux ailes de vol libre de maintenir leur altitude en longeant le relief.

- Cette ascendance est toujours limitée en altitude : de quelques dizaines à quelques centaines de mètres selon la force du vent et son orientation.

- En revanche, elle dure aussi longtemps que le vent se maintient. Le vol en ascendance dynamique est à peu près le seul espoir de tenir en l'air pour le libériste en fin d'automne et pendant l'hiver, **l'activité thermique** étant moindre.

III.2.3 Les brises de pente



- En montagne, lorsque le soleil matinal réchauffe les sommets exposés à l'est, leur température augmente plus vite que celle des fonds de vallée.

- Il se crée alors des courants ascendants (les brises) le long des pentes, pour combler cette élévation d'air chaud des crêtes ensoleillées.

- La brise est "aspirée" de la vallée pour monter vers les sommets. Elle commence à monter en régime vers le milieu de matinée et forcit jusqu'au début d'après midi.

- Elle faiblit ensuite pour tomber en fin d'après midi. Lorsque le soleil disparaît vers l'ouest derrière les reliefs, les pentes à l'ombre se refroidissent et la brise se fait alors descendante.

- L'horaire et l'intensité de ces brises varient avec les saisons, les régions, la profondeur des vallées.

- Les brises de pente sont attendues avec grande impatience par les "libéristes". En effet leur apparition marque le début de l'activité thermique de la journée et laisse augurer du déclenchement des ascendances thermiques. D'autre part ces brises créent un vent de face qui facilite le décollage et si leur intensité est suffisante, le pilote peut "tenir" en **ascendance dynamique** le long de la pente en attendant le passage de la colonne d'air chaud d'un **thermique** qui le mènera peut-être au plafond de cet "ascenseur" très localisé et si facile…à manquer!

- Quand la brise souffle sur les pentes, il se crée un appel d'air en vallée. Il s'installe donc une brise qui remonte la vallée à partir du milieu de matinée jusqu'en fin d'après midi. La brise de vallée s'inversera après l'inversion des brises de pente.

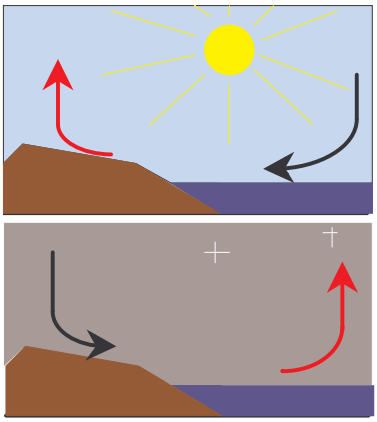
- Sa force peut être beaucoup plus importante que celle des brises de pente, selon l'orientation et la largeur de la vallée (vallée est-ouest, effets Venturi par resserrement).

- Si la brise rencontre des reliefs accidentés, elle sera turbulente. Son intensité évolue au cours de la journée en fonction de l'évolution de l'ensoleillement car elle est directement liée à "l'insolation" qui génère l'activité thermique.

III.2.4 Les brises de bord de mer

- En bord de mer, les jours ensoleillés, il existe un phénomène comparable aux brises de pentes, les brises de mer et de terre.

- Dans la journée, le sol capte mieux les rayonnements solaires que la mer. Il s'échauffe donc plus et plus vite que l'eau. L'air à son contact s'échauffe et s'élève. Il est alors remplacé par de l'air plus froid en provenance de la mer. Il s'établit donc une brise qui souffle de la mer vers la terre. On l'appelle **brise de mer**.



- Elle s'établit dans la matinée et se renforce tant que le sol s'échauffe. Quand le soleil descend sur l'horizon, elle faiblit.

- La brise de mer permet aux libéristes de faire de beaux vols le long des falaises ou des dunes dans les régions côtières.

- Lorsque le soleil se couche, la mer cède très lentement son énergie alors que le sol, se refroidit très rapidement. L'air est alors plus chaud au dessus de la mer qu'au dessus du sol. Les mouvements de convection s'inversent et la brise s'installe de la terre vers la mer. On l'appelle **brise de terre**.

- Elle est plus dangereuse que la brise de mer car elle tend à éloigner du rivage les embarcations ou les aéronefs qui peuvent avoir à lutter contre le vent pour revenir sur la terre ferme.

III.3 Les nuages et le vol libre

Plus que tout autre, le pilote de vol libre est très sensible aux nuages qu'il peut observer dans le ciel. Son attention à les déchiffrer est comparable à celle du vélivole avec qui il partage les préoccupations liées à l'absence de moteur :

- il faut trouver des ascendances pour tenir en l'air
- les possibilités de fuite face aux phénomènes météorologiques dangereux sont limitées
- Le libériste dispose en plus d'un aéronef plus souple (très souple pour le parapente!) et d'une plage de vitesse très étroite pour s'échapper d'une zone de fortes turbulences ou se soustraire à l'influence d'un cumulonimbus.

Pour chacun des 10 genres de nuages voici quelques réflexions spécifiques du libériste :

- **Cirrus** :

Ces nuages hauts voilent le soleil et limitent la convection. S'ils couvrent une part trop importante du ciel, ils vont gêner la formation des thermiques. Les ascendances vont perdre de leur vigueur et peut être même s'arrêter. De plus ils peuvent être les premiers signes de l'arrivée d'une perturbation.

Cirrus

- **Cirrostratus** :

Ils ont le même effet que les cirrus. Leur étendue et leur épaisseur plus importante les rendent beaucoup plus préjudiciables à la convection. L'arrivée de la perturbation semble se confirmer.

- **Cirrocumulus** :

Ils ont un effet négatif sur la convection en voilant le soleil comme les autres nuages d'altitude, mais leur arrivée n'annonce pas forcément l'arrivée d'une perturbation.

Altostratus

- **Altostratus** :

Ils sont aussi destructeurs de convection que les cirrostratus et les cirrocumulus, qu'ils suivent souvent dans le ciel. Dans ce cas un front chaud approche et les conditions ne vont pas rester volables bien longtemps. Les premières précipitations peuvent arriver.

- **Altocumulus :**

Leur arrivée est similaire pour le libériste à celle des cirrocumulus. Seule leur altitude change.

- **Stratus** :
  - Ces nuages bas interdisent souvent de voler.
  - Ils bouchent les décollages ou cachent la vue du sol si ce dernier est au-dessus de la couche.
  - Ils se présentent souvent en banc assez compact et il est strictement interdit par la réglementation de les traverser, espérant déboucher en vue du terrain.
  - Il pourrait être tentant de décoller lorsqu'ils sont relativement espacés. Toutefois la liberté de manoeuvre sous un parapente ou une aile delta ne garantit pas que l'on pourra slalomer entre les nuages en assurant les V.M.C.

- Entrer dans un stratus dense place brutalement le pilote en position de pilotage sans visibilité et il n'a pas l'équipement pour cela. Le pilote risque alors de perdre le contrôle de son aile ou d'aller percuter le relief.
- De plus le stratus peut donner de la bruine et une aile mouillée vole moins bien (et décroche plus vite!).

- **Stratocumulus** :

Ces nuages là sont aussi de mauvais augure pour le vol libre. La faible altitude de leur base et les risques de pluie qu'ils représentent n'incitent pas à sortir les ailes.

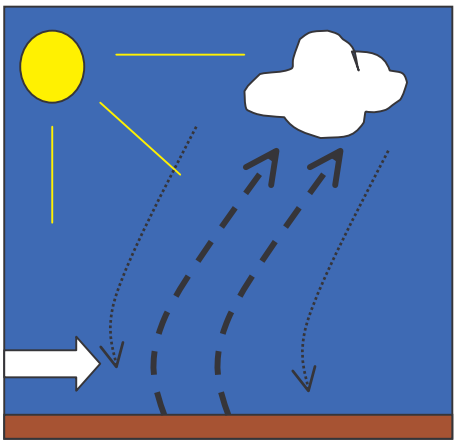
- **Nimbostratus** :

Ces nuages constituant la plus grosse partie de la masse nuageuse associée aux fronts engendrent souvent des précipitations continues sous lesquelles il n'est pas envisageable de voler.

- **Cumulonimbus** :
  - Lorsqu'ils sont noyés dans la masse des perturbations, ils ne sont pas vraiment dangereux pour le libériste qui joue aux cartes ou consulte les sites météo sur Internet en attendant des aérologies meilleures. En revanche la formation de cumulonimbus par surdéveloppement de cumulus en milieu ou fin d'après-midi l'été représente un danger majeur pour le libériste.
  - En effet les violents courants d'aspiration qui alimentent le nuage peuvent entraîner l'aile dans ce dernier sans que le pilote ne parvienne à s'échapper horizontalement (vitesse horizontale trop faible) ni verticalement (taux de chute maximum inférieur à la vitesse verticale d'ascendances qui peuvent dépasser les $20 m.s^{-1}$!!!)
  - Une fois dans le nuage, l'infortuné pilote est mitraillé par la pluie et la grêle et peut être propulsé à des altitudes vertigineuses proches de 10 000m. Les violentes turbulences qu'il rencontre alors sont capables de pulvériser son aile.
  - Les chances de survie dans un tel nuage sont bien minces et il n'est donc pas question de voler à proximité d'un cumulonimbus.

- **Cumulus** : *cumulus congestus*

  - C'est le nuage préféré des libéristes et des vélivoles. Il traduit une certaine instabilité de l'atmosphère et coiffe souvent les ascendances thermiques.
  - Le libériste en quête de thermique va donc aller chercher la pompe sous ce type de nuages. Toutefois il n'y a pas toujours d'ascendance sous les cumulus (ce serait trop facile) ou elle n'est pas toujours juste en dessous.



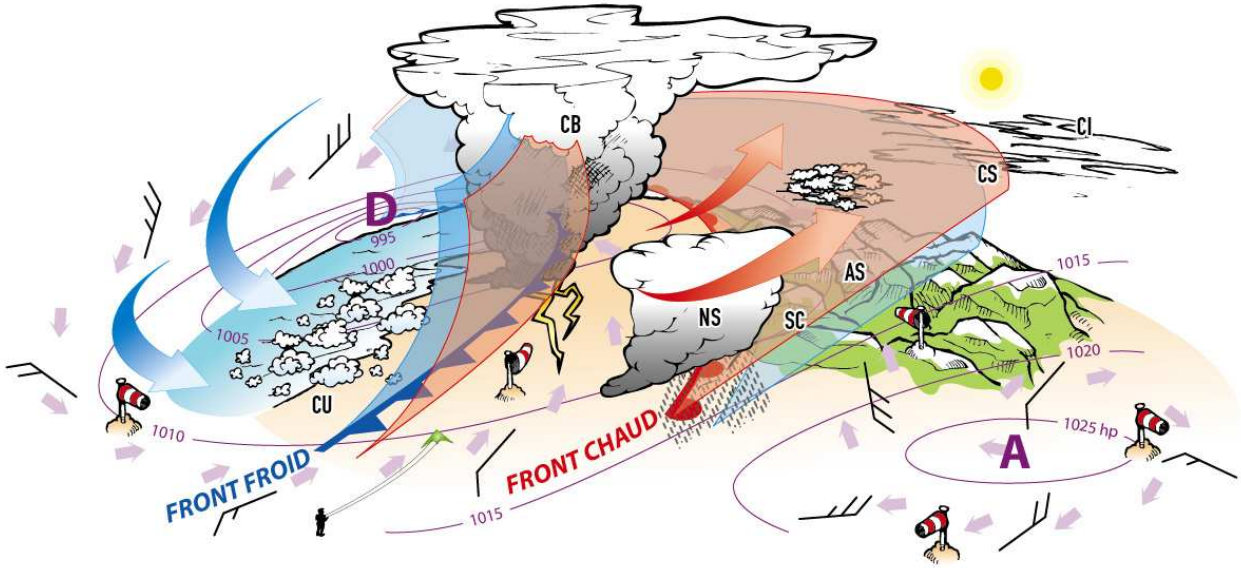
  - Quand le nuage se développe, sa taille peut largement dépasser celle de l'ascendance qui lui a donné naissance et il convient de chercher celle-ci au bon endroit pour avoir une bonne chance de la trouver (quelque part entre vent et soleil).
  - De plus, le vent peut « coucher » les thermiques au fur et à mesure de leur ascension. Lorsque l'air arrive à saturation et commence à condenser, le nuage est parfois loin de la zone du sol qui alimente la colonne d'air chaud. Si le pilote vient chercher l'ascendance sous le nuage il risque fort d'être en dehors, ou pire, dans l'air descendant qui entoure le thermique.
  - Les chances de trouver l'ascendance sont plus sérieuses dans la partie du nuage *au vent* et au soleil. En effet le nuage se situe « après » le thermique dans le sens du vent et dans la partie à

l'ombre la convection est stoppée par l'ombre du nuage. En sachant cela on augmente ses chances de succès.

- L'euphorie de la montée dans le thermique ne doit pas faire oublier le risque de se faire aspirer dans le nuage. En effet, sa base ne correspond pas forcément à la fin de l'ascendance. En fait, elle se renforce même en approchant de la base du nuage et le risque de se faire surprendre par les barbules est réel. Nous devons voler en V.F.R.

III.4 Perturbations et vol libre

Un petit rappel en image de la structure type d'une perturbation :



Le tableau ci-dessous donne l'évolution type des paramètres météorologiques au passage d'une perturbation et les conséquences pour le vol libre :

	Avant le premier front	**Front chaud**	**Zone entre les fronts**	**Front froid**	**Traîne**
Vent	S ou SO Forcissant	SO Stable ou forcissant	Faible évolution Encore fort	ou NO En rafales	NO à N Faiblissant
Température	Augmentation	Augmentation	Stationnaires	Baisse rapide	Stationnaire ou en baisse
Pression	Baisse rapide	Stationnaire	Baisse possible	Augmentation rapide	Augmentation lente
Nébulosité	Ci, Cs, As, Ns	As, Ns, Sc	St, Sc	St, Sc, Cu, Cb	Cu
Précipitations	Pluie possible	Pluie continue	Bruine ou averses possible	Averses et orages	Averses possibles
Visibilité	Mauvaise	En amélioration	Assez mauvaise	Assez bonne	Bonne
Vol ou pas vol ?	1	2	3	4	5

1. On peut encore voler mais l'arrivée de l'air chaud en altitude diminue l'instabilité et gêne l'activité thermique. Les nuages hauts qui peuvent occuper le ciel plusieurs heures avant

l'arrivée du front risquent de finir d'étouffer l'activité thermique. De plus le vent météo forcit et peut devenir trop fort pour les ailes de vol libre.

2. Précipitations, vent et nuages bas auront raison du libériste acharné.
3. Il est possible de voler entre les averses sur des sites exposés SO si le vent le permet.
4. Orages ô désespoir ! Un temps à ne pas mettre une aile dehors.
5. Les records vont pouvoir tomber avec l'instabilité de la traîne. Les conditions sont favorables pour une bonne activité thermique et des vols de distance. L'été dès la fin du passage du front froid, au printemps ou en automne, il faudra sûrement attendre un peu pour que l'aérologie redevienne fréquentable…jusqu'au prochain orage!

Ce tableau présente l'évolution *généralement constatée* des paramètres. Il n'est pas exclu d'observer des évolutions sensiblement différentes lors du passage de l'une ou l'autre perturbation. De même les conclusions sur les possibilités de vol ne sont pas fiables à 100%!

III.5 Les ascendances thermiques

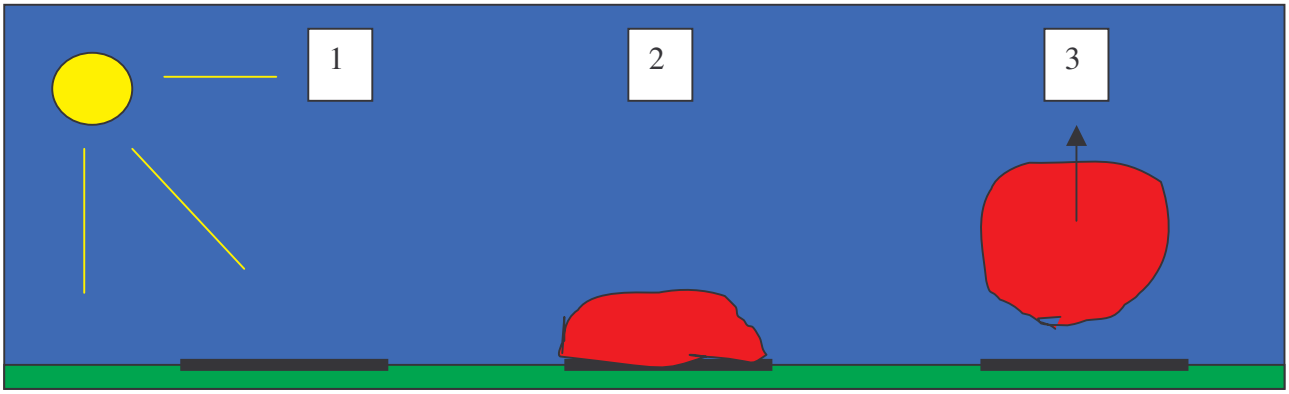
- Les ascendances thermiques ou plus simplement « thermiques » ou « pompes » pour les libéristes, naissent au contact d'un sol chauffé par le soleil.

- Les différentes natures du sol engendrent des différences de température à la surface. Par exemple le bitume absorbe mieux le rayonnement solaire que la pelouse. En été les routes sont donc plus chaudes que les pelouses (1).

- L'air, au contact des sols chauds, pompe leur énergie par convection libre et voit sa température augmenter par rapport à l'air environnant (2).

- Il se crée alors une bulle d'air chaud moins dense que l'air environnant.

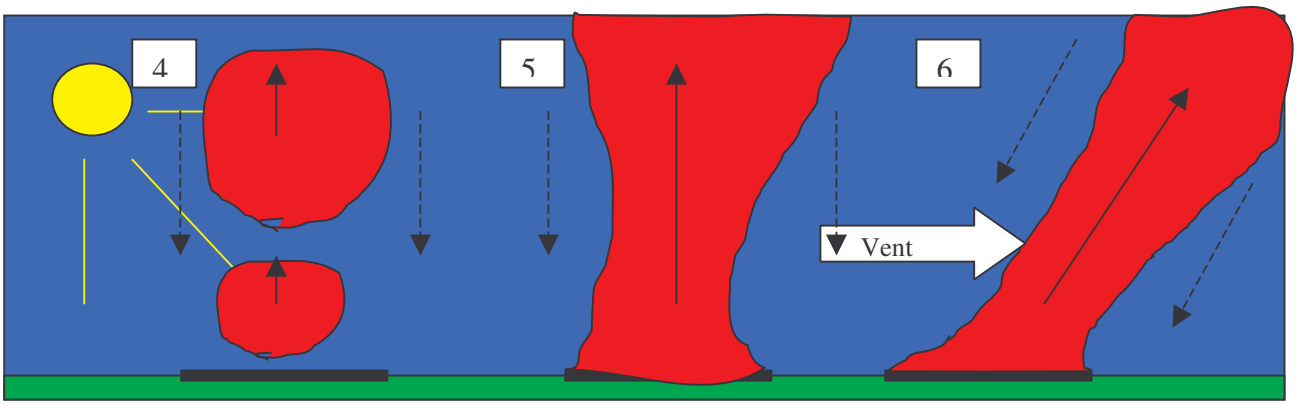
- Quand la bulle est suffisamment grosse, elle se détache du sol et commence à monter (3).



- Dans son ascension, la bulle voit sa température diminuer. Tant que sa température est supérieure à celle de l'air environnant, elle continue à monter.

- Selon les conditions de température, d'humidité et de vent, le thermique pourra être constitué d'une succession de bulles (4) ou d'une colonne continue d'air chaud (5). Dans les deux cas, le soulèvement de l'air chaud crée un appel d'air froid à la base pour le remplacer. On trouve donc des zones d'air descendant entourant la zone ascendante (flèches en pointillés).

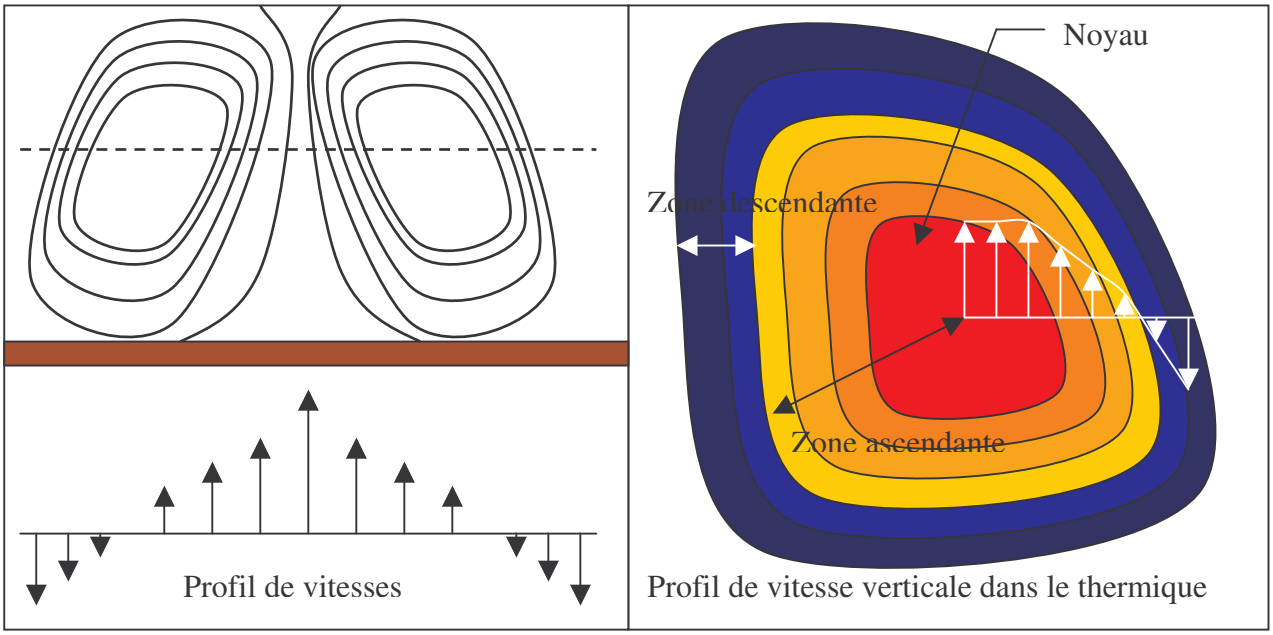
- Les thermiques sont sensibles au vent. Celui-ci les couche (6) et rend leur détection plus compliquée pour les libéristes ou les vélivoles.



- Pour trouver la pompe, une bonne observation du sol permet de relever des zones de fort contraste au sol. Les thermiques peuvent y prendre naissance et il est intéressant de faire un tour au-dessus. Toutefois s'il y a du vent, celui-ci couchera le thermique ou fera dévier les bulles d'air chaud qui se détachent du sol. Il faudra donc aller chercher l'ascendance *sous le vent* de la zone repérée. C'est à dire au-delà de cette zone dans l'axe du vent.

- Il est assez fréquent lorsque l'instabilité est suffisante et l'humidité de l'air assez conséquente, que l'air ascendant arrive à saturation. La vapeur d'eau qu'il contient se condense alors et il se forme un cumulus dans la colonne d'air chaud. Celui-ci matérialise l'ascendance et facilite sa localisation (cf. III.3). Toutefois, il n'est pas juste de dire que le cumulus coiffe l'ascendance. En effet, l'ascendance ne s'arrête pas à la base du nuage. Celle-ci matérialise simplement l'altitude à laquelle l'humidité contenue dans l'air ascendant commence à se condenser.

- Dans le thermique l'ascendance n'est pas uniforme. Il existe un noyau de forte vitesse verticale, entouré de couche de vitesse moindre. A l'extérieur du thermique, il y a une zone descendante qui l'entoure. Les schémas ci-dessous donnent une idée de ce que peut être la « géométrie » du thermique.



Le premier défi du libériste est de localiser les thermiques. Le second est d'entrer, puis de rester dans son noyau pour monter. Sur le papier c'est facile : il suffit de spiraler pour enrouler le noyau de l'ascendance et ainsi monter jusqu'à son sommet.

En pratique…c'est une autre histoire, et cela demande une certaine expérience (et pas mal d'égarements) pour bien sentir les mouvements de son aile, centrer le thermique et le garder ou le retrouver lorsqu'on le perd. Voici quelques conseils souvent prodigués pour le pilotage en thermique :

- En entrant dans le thermique, partir en virage du côté où l'aile se soulève le plus (ascendance plus forte) donc à l'opposé du virage spontané de l'aile. Si on entre de façon symétrique dans le thermique, et que l'on est seul, on a le choix, sauf avoir un côté de prédilection…
- Resserrer le virage dans les zones qui montent moins ou descendent et élargir le virage dans les zones où l'ascendance est puissante.
- Prendre des repères sols pour s'aider à « visualiser » le thermique.
- Le vent couche le thermique, il faut dériver avec l'air ascendant pour rester dedans.
- Essayer de virer le plus à plat possible pour optimiser le taux de chute et réduire la vitesse mais pas trop. Attention au pilotage aux basses vitesses !
- Enfin, pour faire la transition avec le chapitre suivant, le premier dans le thermique donne le sens de rotation imposé aux suivants. Priorité à celui du dessus en parapente, à celui du dessous en planeur ! Question de bon sens, mais surtout de visibilité…S'ils tournent les deux dans la même "pompe"… le rayon de virage devrait mettre de l'ordre!

IV Réglementation, sécurité et navigation :

La réglementation aéronautique définit les ailes de vol libre comme des PUL : Planeurs Ultra Légers. Leur définition légale est la suivante : « *Est dit planeur ultraléger un aéronef non motorisé, apte à décoller ou atterrir aisément en utilisant l'énergie musculaire du pilote et l'énergie potentielle.* »

IV.1 Les obligations administratives :

- La seule obligation légale pour pratiquer le vol libre est de souscrire une assurance en Responsabilité Civile Aéronautique. Celle-ci couvre les dommages que l'on peut causer à un tiers ou aux biens d'un tiers en pratiquant le vol libre.

- Bien qu'il n'y ait aucune obligation de formation pour pratiquer, cela ne dispense pas les pilotes de connaître la réglementation de la circulation aérienne. En comparaison pratiquer le vélo ne dispense pas de connaître le code de la route.

- Le vol libre ne se pratique pas sur des aérodromes. En pratique le pilote peut décoller et se poser sur des terrains non spécifiques. Toutefois il ne peut le faire qu'avec l'accord des propriétaires du terrain de décollage et atterrissage et après avis du maire de la commune où se situent ces terrains. Le Préfet a pouvoir d'interdire une activité de vol libre s'il la juge dangereuse pour les biens et les personnes.

IV.2 Les brevets de vol libre :

- Contrairement aux autres disciplines aéronautiques, le pilote de vol libre n'a aucune obligation légale de posséder un brevet ou une licence. Il n'est pas contraint non plus à une visite médicale régulière.

- Toutefois la Fédération Française de Vol Libre a délégation par le Ministère de la Jeunesse et des Sports pour assurer la formation des moniteurs et délivrer les divers brevets et qualifications liés aux disciplines du vol libre. Il est donc vivement conseillé de se former au sein d'écoles affiliées à la fédération et de prendre une licence (qui oblige à un contrôle médical périodique).

- Il existe des brevets attestant d'un niveau de pratique de pilote et différentes qualifications pour l'animation et l'encadrement concernant l'aile delta et le parapente :

Les brevets :

- *Brevet initial :* Il atteste la compétence à voler sans assistance en conditions calmes sur site connu et avec du matériel adapté. Il correspond au **niveau vert** de la fiche de progression du pilote et valide le **premier cycle.** La compétence à l'analyse des conditions étant encore incomplète à ce niveau de la progression, l'autonomie sur site est validée au cours du niveau suivant.

- *Brevet de pilote :* Après validation du premier cycle par le brevet initial, il atteste les compétences suffisantes pour rechercher les informations qui permettront de voler ou non en fonction du site et des conditions. Ces compétences doivent permettre au pilote de gérer en sécurité son évolution sur site en conditions aérologiques modérées et de maîtriser le vol en dynamique (**niveau bleu** de la progression). Il valide le **deuxième cycle**.

- *Brevet de pilote confirmé :* Après validation du deuxième cycle par le brevet de pilote, il atteste la compétence à optimiser l'exploitation de l'aérologie du jour à la fois en terme de pilotage, d'analyse, de respect des règles et d'état d'esprit (**niveau marron** de la progression). Il valide le **troisième cycle**. Le brevet de pilote confirmé permet de pratiquer en compétition et d'accéder aux qualifications fédérales (qualification biplace, monitorat, accompagnateur de club).

Les qualifications :

- *Qualification biplace :* elle permet à son titulaire de pratiquer le vol en biplace de façon bénévole. Elle requiert une formation dispensée par la fédération et est délivrée après un examen.

- *Brevet de moniteur de vol libre :* ce brevet permet d'enseigner le vol libre de façon bénévole au sein des écoles de club. La formation et l'examen sont assurés par la fédération.

- *Brevet d'Etat d'Educateur Sportif 1er et 2ème degré :* ce brevet permet d'enseigner le vol libre de façon professionnelle (contre rémunération). La formation et l'examen sont assurés par les centres de formation du Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Vie Associative.

- Ces brevets et qualifications sont spécifiques à la spécialité pratiquée : parapente ou aile delta.

IV.3 Les règles de l'air :

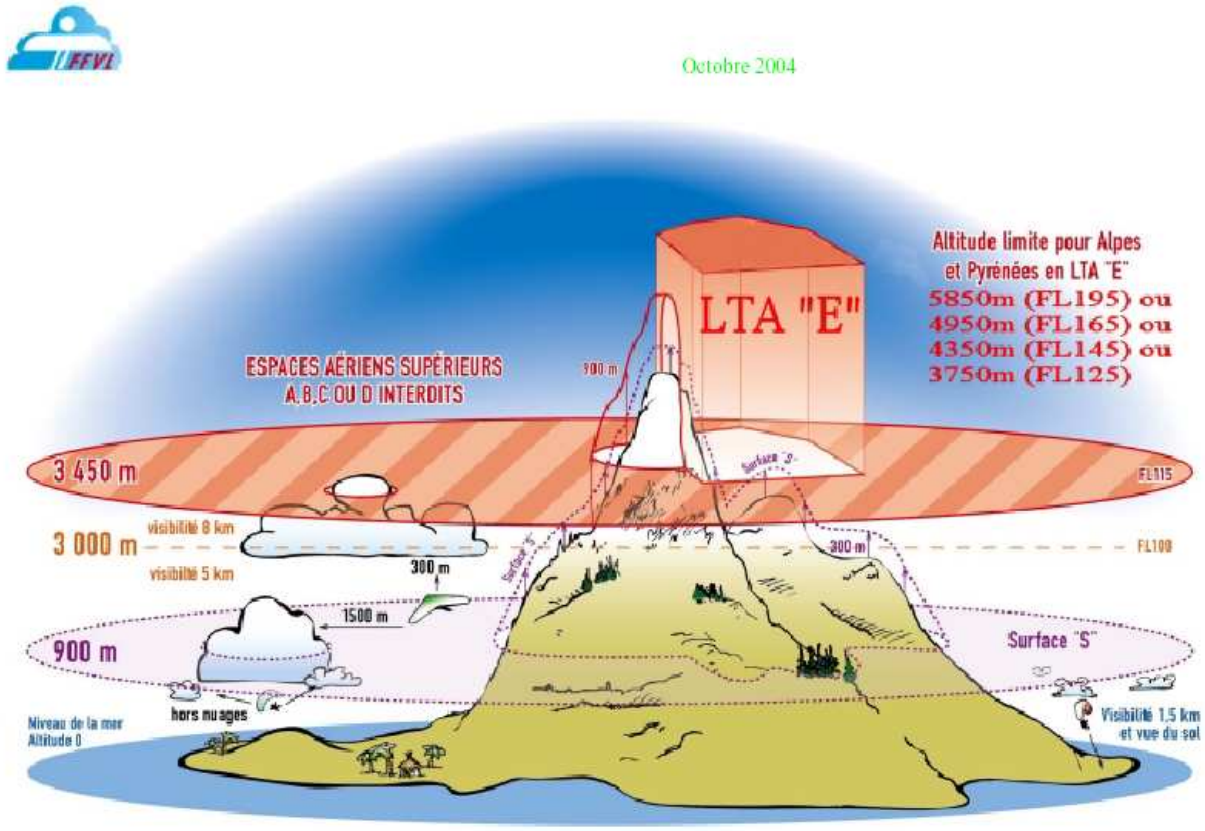
- Comme tout pilote d'aéronef, le pilote de vol libre est soumis aux règles de l'air : règles de bon sens, hauteurs de survol, priorités en vol, … Il bénéficie toutefois d'une dérogation spécifique pour le vol de pente. Dans ces conditions, il peut voler en dessous de 150m sol sous réserve de ne pas mettre en danger des personnes ou des biens à la surface.

- Etant en général seul sous son aile, il est commandant de bord et doit en assumer toutes les responsabilités. Dans le cas d'un biplace, qu'il y ait un pilote et un passager ou deux pilotes sous l'aile, un seul est commandant de bord.

IV.4 Règles de vol VFR applicables aux ailes de vol libre :

- La réglementation est identique à celle concernant les autres aéronefs. Toutefois les espaces volables pour les ailes de vol libre sont plus restreints. En effet, les espaces de classe D sont interdits aux parapentes et aile deltas. Il est à noter que réglementairement les aérodromes non contrôlés sont ouverts aux PUL sous réserve de respecter les consignes du terrain.

- La réglementation pour les PUL se résume au schéma ci-dessous (VMC, espaces aériens, altitudes maximales, …).



Les règles en ce qui concernent les priorités en vol restent celles de la Réglementation de la Circulation Aéronautique. Les ailes de vol libre sont incluses dans la catégorie des planeurs. Elles ne doivent la priorité qu'aux montgolfières.

A l'intérieur d'une même catégorie les règles de priorité sont les suivantes :

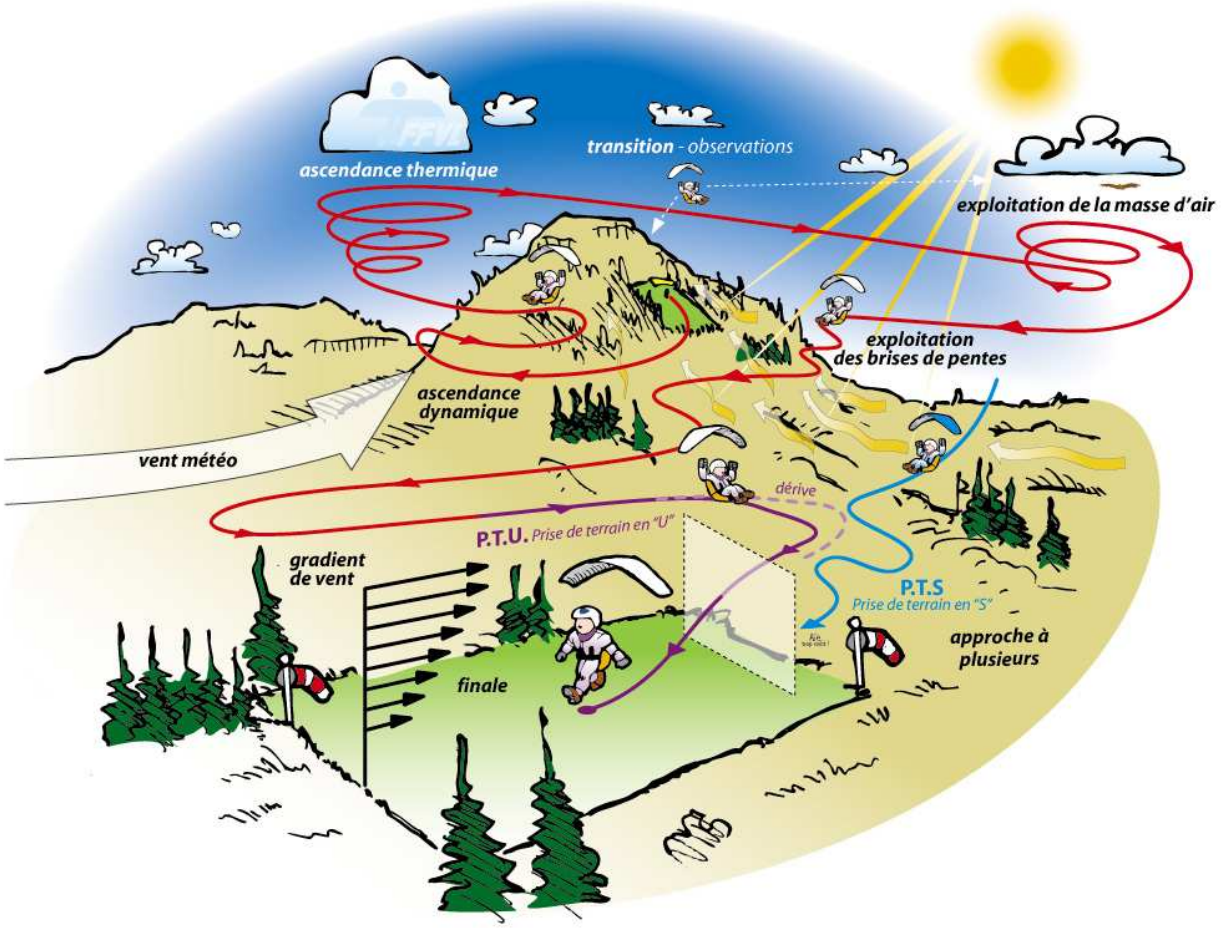
- Priorité à droite
- Evitement par la droite
- Dépassement par la droite

<u>Particularités pour les planeurs :</u>

- En vol de pente pas de dépassement
- Face à face, priorité à celui qui a le relief à sa droite
- Dans l'ascendance, priorité à celui qui est en dessous
- Le premier dans l'ascendance fixe le sens de virage pour « spiraler ».

IV.5 La navigation en vol libre : le cross

En parapente ou en aile delta la gestion de la navigation est souvent très restreinte. La majeure partie des vols se déroule en local. Le pilote décolle d'un site connu et se pose sur l'atterrissage officiel du site, généralement situé à "finesse" du décollage.



Il importe néanmoins de se faire mentalement un plan de vol avant le décollage pour déterminer en fonction de l'aérologie et des infos données par les pilotes locaux, les endroits où l'on va "traîner ses plumes" pour chercher les ascendances, les endroits rendus infréquentables par le risque de fortes turbulences, les trajectoires d'approche envisageables sur le terrain… Le site peut aussi jouxter des zones contrôlées ou une réserve naturelle, et il importe d'en connaître et d'en respecter les limites en vigueur.

Toutefois, les pilotes les plus aguerris sont capables de partir en cross. Ils prennent de l'altitude dans les ascendances et partent en transition vers une autre zone propice aux pompes. De transition en transition, ils cheminent ainsi sur des trajets allant de quelques kilomètres à plusieurs centaines de kilomètres quand les conditions sont très bonnes.

Il est difficile en vol libre de prévoir précisément où les ascendances et le vent peuvent mener. Il faut pouvoir suivre sa progression sur une carte. L'assistance du GPS est alors précieuse et permet de valider le vol et de l'homologuer si la distance parcourue est intéressante.

IV.6 Sécurité en vol et entretien des aéronefs de vol libre

Le pilote de vol libre n'a aucune obligation légale concernant l'entretien de son matériel tant qu'il vole seul dessous. Il n'y a pas de certificat de navigabilité ni d'immatriculation pour les ailes de vol libre. Il n'y a pas non plus de périodicité d'entretien de la machine définie comme pour les autres aéronefs, au-delà des seules préconisations du constructeur.

Toutefois il y va de la sécurité du pilote et éventuellement des autres pilotes dans son voisinage au cours du vol. Il est donc vivement conseillé d'entretenir régulièrement son aile de la faire réviser tous les 100 vols ou tous les ans si on vole peu. De même le parachute de secours doit être déplié et replié tous les 6 mois à un an.

Pour le stockage, et le transport les lieux humides et les températures extrêmes sont déconseillés, ainsi qu'une compression excessive.

V L'histoire du vol libre :

V.1 Les pionniers, de Léonard de Vinci à Otto Lilienthal et Francis Rogallo

Si le vieux rêve de l'homme prend doucement forme vers la fin du XIXème siècle, c'est bien à ce bon Lénardo da Vinci que l'on doit les premières esquisses de machines sensées pouvoir faire s'affranchir de la pesanteur les "plus lourds que l'air". C'était il y a 500 ans !

Après qu'un scientifique traverse le Bosphore à Istambul au milieu du XVIIème siècle (H.A Celebi), on retrouve la trace de ces essais-erreurs en Chine et au Japon, les pays du cerf-volant, où Ukita Kokichi se jette d'un pont avec une aile faite de bois, de bambou et de papier!

En 1811, le marin allemand A.L. Berblinger traversa (presque!) le Danube, sa tentative étant reprise et couronnée de succès en 1986…avec le vent favorable, cette fois!

Le ciel du XIXème était déjà bien occupé par les ballons des frères Montgolfier pilotés par F. Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlande. Mais était-ce vraiment du vol ? Cette époque voit la "scission" philosophique entre "chauffeurs" et "pilotes". En 1853, Sir G. Cayley réussit en Yorkshire un vol de 300 mètres, pendant qu'en France, c'est le vol de l'albatros qui inspire J.M. Lebris et L.P. Mouillard.

Le siècle se termine et un ingénieur allemand va concrétiser les études sur le "soaring" des oiseaux, mettant scientifiquement ses calculs en pratique. Otto Lilienthal publie les résultats de ses recherches dans "Birdflight as the basis of aviation" en 1889, avant d'effectuer plus de 2000 sauts sur une colline d'entraînement de 10 mètres de haut.

Son "Normal Glider", en bois et toile, dont les performances n'ont rien à envier à nos ailes "école" actuelles, matérialise sa devise :"Inventer une machine n'est rien. La construire, c'est quelque chose. Voler, c'est tout"!

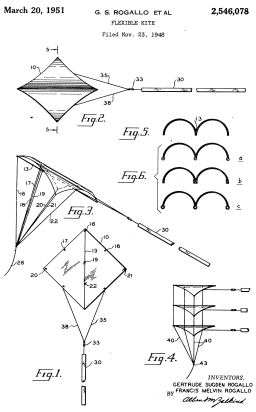
Il décède en août 1896, après avoir donné une réalité historique au vol libre des plus lourds que l'air.

L'australien Lawrence Hargrave et son Box Kite, l'écossais Percy Pilcher et ses dérivés du Normal Glider (Bat, Beetle, Gull, et Hawk) , les américains Octave Chanute ("Progress in flying machines") et John Montgomery (The Santa Clara, première aile biplace) perpétuent recherches et expérimentations jusqu'au tout début du XXème siècle.

Les deux guerres ont bien ralenti les progrès frénétiques de cette quête du vol "libre". Volmer Jensen aux U.S. et Reinholt Platz en Allemagne persistent néanmoins dans les innovations techniques au cours des années vingt. Tondokoro Yoshikatsu conçoit à Nagano un premier rigide en 1937, avant une version 2 qui naîtra en 1980!
Les choses vont s'accélérer à partir de 1960.

- Francis Rogallo, John Dickenson, Bill Bennett, Bill Moyes

Né en 1912 en Californie, F. Rogallo a marqué notre histoire par l'invention de nombreuses machines de loisir (cerf-volants), mais aussi pour l'aéronautique et l'armée. Ces ailes flexibles ont tout simplement permis à l'aile delta de faire un bond en avant et au parapente de voir le jour.



Il rêvait avec les siens d'inventer un cerf-volant qui pourrait soulever un homme et lutta pendant plus de dix ans (1946 à 1959) avant que la NASA (National Aéronautic and Space Administration) puis l'US Army ne reconnaissent "l'utilité éventuelle" de ses ailes flexibles.

Naissaient alors Paragliders et Parawings, successeurs des ailes totalement flexibles ou semi-rigides conçues dès 1948, jusqu'aux célèbres Flexi-kite et Ryan Flex-wing.

Les modèles et leurs utilisations se multiplient alors entre 1961 et 1965, grâce aux vols réalisés par Tom Purcell pour le compte de la NASA. L'aile du Dr. Rogallo présente l'avantage indéniable d'être manoeuvrable... Les premiers parachutistes en font l'expérience dès 1966.

L'aile delta populaire naîtra de sa rencontre avec John Dickenson, l'australien inventeur de "l'aile ski"…

1963 est l'année des records et d'un brevet pour J. Dickenson et sa "John's ski wing", qui passera avec bonheur de l'eau à la montagne…Six mois ont suffi pour imaginer les développements techniques majeurs du delta.

C'est maintenant aux deux "Bills australiens", Moyes et Bennett de s'intéresser au "free flight". En 1967 Moyes établit un record de 12 kms tracté à 60 kms/h au bout d'une corde de 40 m avant de larguer puis un autre de 300 mètres d'altitude cette fois! Bill Bennet vola autour de la statue de la liberté, du pont du Golden Gate, doubla James Bond, et tourna les premiers films publicitaires…Son entreprise "Delta wings kites and gliders" fut des plus prospère entre 1970 et 1980. Ils furent avec Bill Moyes "The birdmen of Australia". Trois californiens, Bob et Chris Wills, Chris Price construisent le "Bamboo Bomber" puis utilisent l'aluminium et le Dacron pour concevoir la "Will's Wing" pour le compte de Sport Kites Inc.", l'un des plus importants fabricants mondiaux.

En 1977, Dickenson retrouvera dans le ciel suisse les deltas inventés avec F. Rogallo. Emotion…La beauté et la simplicité du concept Rogallo-Dickinson sont vraisemblablement à l'origine de l'explosion mondiale de la pratique du Delta plane dans les années soixante dix.

V.2 Du "rase-motte" d'Otto Lilienthal à un phénomène international qui s'organise

L'absence d'internet n'empêche pas les nouvelles de voyager vite et les exploits sportifs les plus spectaculaires alimentent, au-delà des mers, les premières revues spécialisées, les films et le bouche à oreille. Les années soixante dix marquent le vrai début d'une internationalisation du phénomène "handgliding" ou deltaplane, sur la voie ouverte par le"ski wing".

En moins de cinq ans, de 1970 à 1974, les bases du vol libre moderne sont jetées tout autour de la planète, grâce à l'imagination, à l'inventivité, mais aussi à l'engagement passionnel (et physique!) de risque-tout qui sortent les ailes de l'eau pour les faire voler des montagnes.

Aux U.S., en Australie, au Canada, au Guatemala, au Japon, et dans toute l'Europe, Hollande, Allemagne, Autriche, Royaume Uni, et bien sûr en France, les vols mythiques, les spectacles et

expériences de toutes sortes se multiplient. Bernard Danis, champion d'Europe de ski nautique, a déjà traversé la manche en deux heures et bouclé l'aller-retour Côte d'Azur Corse en huit. Il rencontre Bill Moyes en 1969 et commence aussitôt à fabriquer des ailes delta aux formes (et aux noms!) qui rappellent étonnement l'Australie et l'Amérique (Swallowtail, Manta, Seagull, Hirondelle, Martinet, Dragon, Quicksilver)…Les records pleuvent grâce à la dextérité des pilotes formés par Danis.

Yanis Thomas et Rudy Kishazy deviennent les plus médiatiques pilotes français (vol de la tour Eiffel en 72, vol du Mont Blanc en 73, puis du Kilimanjaro, looping aux Grands Montets en 76) et les films de l'époque font découvrir le delta au grand public… et aux autorités.

Partout dans le monde, on construit, on expérimente, on apprend, on communique. Partout des histoires similaires relatent dans toutes les langues et dans les magazines les plus célèbres, les faits marquants des premiers jours du deltaplane.

Mais la rançon de la gloire ne se fait pas attendre. Le monde du vol établi se sent soudainement envahi par ces "libéristes" qui décollent et atterrissent hors des aérodromes, volent sans aucune équipe au sol, et rangent leur matériel peu cher en quelques minutes. Cela ajouté à "quelques" accidents bien médiatisés eux aussi, et l'organisation et la réglementation prennent vite un caractère inéluctable…

En Californie, on laisse une corde accrochée à l'aile pour faire semblant de croire qu'il s'agit de grands cerfs-volants. Mais la sagesse et la responsabilité l'emportent vite avec la création de multiples "Handgliding Association", et autres instances de régulation, de spécification, d'homologation, ou de contrôle plus ou moins autonomes, selon les états et leur culture respective de la notion de "liberté". Construction, pratique et enseignement s'organisent pour préserver au delta l'image libertaire qui lui va si bien, mieux en tous cas que celle tristement associée de discipline accidentogène.

Le 12 mai 1974, à l'initiative d'Armand Pasquier, moniteur aux Ménuires, naît officiellement à Grenoble la Fédération française de vol libre. Elle aura son siège à Aiguebelle, puis Chambéry, avant d'élire domicile à Nice. Son premier président est Philippe Galy.

En juin 1975, la Fédération Aéronautique Internationale valide la CIVL (commission internationale du vol libre) qui préside aux destinées des compétitions internationales et de leur règlement, veille à l'enregistrement des records, coordonne les homologations par classe de matériel.

V.3 Des premières ailes delta aux rigides

L'inventivité des concepteurs et les progrès de la technologie vont de paire pour mettre en vol des machines de plus en plus sophistiquées et performantes. Les années quatre vingt voient les ailes delta évoluer en ce sens, chaque innovation étant adoptée en quasi temps réel par l'ensemble des constructeurs de la planète. Ces subtiles modifications techniques amènent des améliorations sensibles des caractéristiques de vol des ailes. Le plaisir du pilotage, le

confort, l'efficacité, mais aussi la sécurité des pilotes, sont au centre des préoccupations.

De 1963 à nos jours, le "standard Rogallos" a ainsi généré six générations d'ailes delta aux angles de nez progressivement plus ouverts (80° à 128°), aux allongements croissants, avec et sans mât, exploitant un profil en double surface et des matériaux de plus en plus "techniques".

La position couchée est unanimement adoptée en 1975 (Prone Harness).

La CIVL tente des suivre ces évolutions en adaptant les catégories ("class") en compétition pour préserver une certaine équité :

- **Classe 1 :** delta piloté uniquement par transfert de poids
- **Classe 2 :** tout le reste, sans participation aux championnats du monde (le Swift, et son pilotage sur trois axes, intègre la Classe 2 en 1990).

Cette classification est en vigueur de 1978 à 1987, année de l'apparition du parapente.

- **Classe 3 :** parapentes (1987)
- **Classe 4 :** ultra léger non décollable à pied (1996).
- **Classe 5 :** Exxtacy, Atos, Stratos, Ghostbuster, Aéros Phantom (photo ci-contre)…et 50% des ailes rigides (2002).

V.4 La naissance du parapente

Le parallèle entre parachute et parapente pourrait prendre date en 1797 avec le saut d'un ballon réalisé par Jacques Ganerin …en 1797, cent ans avant la disparition de Lilienthal!

Jusqu'au milieu du XXème siècle, le seul espoir des parachutistes était bien de pouvoir se tourner face au vent à l'atterrissage! Pierre Lemoigne développe le "Paracommander" en ajoutant des ouvertures et autres volets sur le parachute.

C'est plutôt du côté des cerfs-volants et des "wings" qu'il faut chercher l'origine de nos parapentes. Francis Rogallo, David Barish, et Domina Jalbert se partagent la paternité de ces machines révolutionnaires.

L'allemand Dieter Strasilla a bien pratiqué avant 1970 le " ski sailing" sur les dunes du Nouveau Mexique et le "snow kiting" sur les glaciers allemands ou suisses. Pour redescendre en vallée avec un parachute "bricolé", mais ses démêlés avec les autorités l'obligent à la discrétion.
Il n'est pas impossible que le parapente ait pu grâce à lui se développer dix années plus tôt…

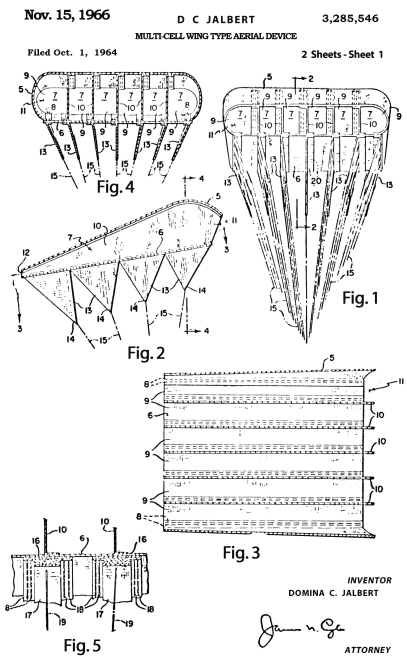
En 1968, Dan Poynter effectue des vols rase motte sur le tremplin de saut à ski de Lake Placid. Il écrit dans "Parachute Manual" que les frères Wright avaient testé leurs machines volantes en descendant les collines en courant. Pour lui, "le soaring" sur les dunes en parachute est théoriquement possible, si la brise crée un courant d'air ascendant sur elles!

Pendant ce temps, David Barish dessine des parachutes pour la NASA. Objectif : ramener des capsules spatiales sur terre. Il teste lui-même ses prototypes de "Sailwing", un parachute rectangulaire à trois lobes gonflé en bord d'attaque, 30 cm de corde en double surface, et un cône de suspentage de huit mètres!

En septembre 1965, il effectue un premier "vol" à Bel Air, Catskill Moutains, avant de faire évoluer son aile en 1966 : cinq lobes, double surface sur un 1/3 de la corde, et tissu spinnaker de moindre porosité.

Une idée folle lui traverse l'esprit : proposer aux stations de ski une nouvelle activité d'été. Elle s'appellera "Slope Soaring". "C'était probablement trop tôt", avoue t'il. " On ne savait oas qu'il serait possible de voler grâce au vent thermique ou dynamique".

La NASA choisit finalement d'abandonner les recherches sur les parachutes, après avoir mesuré à 4,2 la finesse des Sail Wing de Barish. Trente ans plus tard, la même NASA utilise de nouveau des parachutes, de la même taille que ses modèles de 1966!



Barish persiste en concevant des ailes à cellules semi-fermées. En 1993, il voit par hasard trente parapentes en vol, à côté de New York, et réalise subitement que le "Slope soaring" était devenu un sport!

Domina Jalbert quant à lui a inventé dans les années trente un mélange de cerf-volant et de ballon, en guise de panneau publicitaire (le Kytoon). Il se rend compte que le parachute doit être considéré comme une aile, pour avoir une chance de voler. En mars 1965, il teste son "Parafoil", une aile à cellules, qui aurait pu aussi bien voler en soaring ou monter en ascendance! Elle deviendra simplement le must du parachutisme militaire…

Ces trois hommes ont très certainement inventé le concept de "parapente", sans aboutir vraiment, en améliorant le champ d'utilisation des parachutes. La réelle explosion de cette discipline allait attendre vingt longues années…Un jour de 1985, la presse européenne annonça qu'un nouveau sport était né.

V.5 La maturité

Trois autres volants ont inscrit leur nom dans notre histoire, en cherchant une solution pour s'affranchir de la logistique des aérodromes. En juin 1978, Jean-Claude Bétemps, André Bohn, et Gérard Bosson, parviennent à décoller avec leur "foils" (aile de parachutisme cloisonnée) du Perthuiset à Mieussy (Haute Savoie).

Ils fondent le club et l'école des "Choucas" la même année, et forment des centaines d'émules (50 membres en 1979, 500 en 1982!). Les alpinistes s'y mettent aussi avec des vols de l'aiguille du Midi, de l'aiguille Verte, et du Mont Blanc pour Roger Fillon, dix ans après Kishazy en delta. On décolle du Cervin, de l'Aconcagua, de l'Eiger.

Mais 1985 est sans doute l'année du réel "boum" du parapente. Les temps de vol augmentent (1h45 pour Olivier Jousse, 3h pour Gérard Bosson, 5h20 pour Richard Trinquier avec un parachute prototype de 11 cellules "Surfair"!). Deux jours plus tôt, Pierre Gevaux décolle du Qasherbrum au Pakistan, le premier 8000!

Didier Fabre est moniteur au Salève, surplombant Genève, et a déjà réalisé 200 Kms en delta! Il croise de trop près un parachute de pente... Il appelle aussitôt Hubert Aupetit, journaliste de Vol

Libre Magazine, et Laurent de Kalbermatten, champion suisse de delta et fabricant de voiles de bateau. Naîtra bientôt le premier vrai "Parapente", la Randonneuse 7 caissons d'Aile de K.

En Australie, Ian Drinkwatter, et Ian Ladyman, tous deux élèves de G. Bosson, répandront le virus "parapente" au cours des années 80. Cinq écoles verront bientôt le jour, avant que ne se disputent les premiers championnats d'Australie de parapente en 1990. Ils sont remportés par un certain Thierry Barboux, devant Ian Ladyman, premier champion d'Australie.

C'est par le parachutisme ascensionnel que le Royaume uni découvre le "Paragliding". Walter Neumark contribue à son développement, grâce décollage au treuil. L'heure est à la précision d'atterrissage, mais certains pilotes commencent à utiliser les thermiques (considérés jusque là comme des turbulences irritantes!) pour rester en l'air plus de 15 mn, voyager à quelques 3 Kms, puis bientôt 7! Les premiers championnats de durée sont alors organisés en 1985.

Gérald Williams modifie alors son "Pégasus Pony" pour décoller à pied des collines et allonger le temps de soaring (des fermetures éclair permettent de passer de 7 à 5 caissons quand le vent se renforce)…Bill Morris et Neil Slinger volent une heure en 1986, trois en 1987. En août 1987, Michel Carnet et Rob Whittall (champion d'Angleterre en delta) parcourent 19 Kms sous "ITV Gemma".

Delta et parapente se regrouperont au sein de la British Handgliding and Paragliding Association en octobre 1992.

Pendant ce temps, en France, 5000 parapentistes ont envahi le ciel, 40 écoles forment les pilotes, et Ali Gali remporte le premier championnat de France de parapente en 1987, avant Norbert Barboux en 88. La FFVL gagne doucement son combat avec la Fédération française de parachutisme, et obtient l'agrément du Ministère de Jeunesse et Sports pour la discipline en 1990.

Mais les accidents sont nombreux et la structuration doit continuer, à commencer par la formation des moniteurs, des pilotes, et l'homologation du matériel. En 1989, l'association des constructeurs crée les premiers standards de voiles : "pilotage aisé" et "pilotage exigeant". Ces catégories se sont multipliées avec les laboratoires de tests en Europe de l'ouest. Une norme européenne en quatre catégories (dont le biplace) devrait à terme remplacer les trois types d'homologations allemande, française et suisse…

La FFVL se tourne déjà vers l'avenir et abaisse l'âge de pratique minimum de 16 à 14 ans. Il est aujourd'hui de 12 ans.

V.6 L'évolution des ailes

Concevoir une aile de parapente, c'est jouer sur le compromis entre stabilté et performances. Nos machines sont passées en vingt ans de 4 à 10 de finesse, dépassent aujourd'hui les 65 Km/h!

C'est parce que l'ennemi numéro 1 de nos voiles est la traînée que les profils se sont affinés, allongés, et renforcés, parfois au détriment de la facilité d'apprentissage et de contrôle.

A la fin des années 80, la finesse atteinte est de 5,5, avec un nombre de cellules qui augmente, une épaisseur qui diminue, la corde et le nombre d'ouvertures de caissons qui varient à la baisse et

l'apparition de "stabilos". La conception par ordinateur viendra au secours des inventeurs au milieu des années 90.

L'Athlète de Falhawk est la référence, et trois autres modèles marquent cette période : *Trilair* d'Ailes de K, *Saphir* d'ITV, et *Corniche* de Trekking.

Après que Firebird et sa *Ninja* remporte les championnats du monde de Digne en 1991, toute une génération de voiles tire les enseignements techniques. Les constructeurs oscilleront longtemps ensuite entre des bêtes de courses et des voiles très sages, plutôt destinées aux débutants.

Les cloisons, d'abord exclusivement verticales, deviennent diagonales, ce qui permet de réduire le nombre d'alvéoles, mais aussi de suspentes, par le jeu subtil des points d'attaches et des pattes d'oie. La recherche sur la position des renforts et des ouvertures à l'intérieur du profil permet de préserver une forme optimale à celui-ci, et de faciliter la remise en forme en cas de fermeture.

La vitesse de vol a évolué de façon considérable depuis l'époque où la seule option consistait à pousser sur les élévateurs avant! Des "trims" modifiant la longueur des élévateurs avant A et B ont progressivement laissé la place aux accélérateurs, plus efficaces (gain d'environ 5 Km/h) et plus simples d'utilisation.

Le suspentage est passé de 600 mètres sur certains modèles, pour tenir en forme cent cellules, à 300 mètres aujourd'hui pour la même solidité. Le diamètre de ces suspentes le plus souvent en fibres d'Aramid (Kevlar) ou de polyester (Dyneema) gainées varie de 2,8 mm pour les plus basses (résistance 340 kg) à 0,8 pour les suspentes hautes (60 kg). Le nombre d'élévateurs est passé de deux à quatre généralement, pour 20 mm de large.

Les anciennes sellettes de planche et toile ont laissé la place à de confortables fauteuils dont il est parfois difficile de sortir à l'atterrissage. Elles permettaient en 90 de faire varier l'incidence de l'aile, les trois élévateurs de l'époque ancrés directement sur la planchette. La protection passive et le temps passé en l'air justifient l'utilisation de systèmes d'amortissement plus ou moins sophistiqués et volumineux. Le réglage de ces sellettes modernes est capital avant tout vol, l'aile ne se comportant pas de la même manière selon ces réglages. Les parachutes de secours équipent un nombre croissant de pilotes, mais ne sont obligatoires qu'en compétition. Ils sont accrochés aux épaules de la sellette, et stockés autour de celle-ci, avec une tendance actuelle pour les positionner sous les fesses.

Les matériaux utilisés pour les premières ailes étaient dérivés de la voile, du camping, ou du parachutisme avec la nécessité de résoudre les problèmes de porosité et de résistance aux UV. Le *spinnaker* de différents grammages a été utilisé très longtemps, avant que le nylon ne l'emporte sur le polyester.

La conception moderne des ailes de parapentes est systématiquement assistée par ordinateur. Il n'en reste pas moins du choix et de la responsabilité des pilotes que d'acquérir tel ou tel type de matériel. Si les rapports d'homologation fournissent les informations suffisantes pour classer l'aile en fonction de son comportement pendant les tests, c'est bien les sensations du pilote sur la maniabilité et la manoeuvrabilité de l'aile qui confirmera les choix final. Et pour cela, rien ne vaut plusieurs bons essais comparatifs!

La C*age* de Jean-Louis Darlet est un concept original qui solidarise le pilote à un cadre métallique en un seul point d'ancrage. A ce cadre sont reliées toutes les suspentes, ce qui permet d'obtenir des variations de vitesse et de direction sans modifier le profil. Les virages obtenus sont ainsi très homogènes, et le rendement toujours optimal. Cette pratique reste néanmoins confidentielle.

V.7La compétition

Elle est comme dans d'autres sports le moteur de l'activité, à l'origine de nombreuses évolutions de la technologie, et les modes de pratiques génèrent en retour de nouvelles épreuves ou de nouvelles règles.

1975 marque le début des formes compétitives internationales, sous l'égide de la FAI et de sa CIVL. Jusqu'en 1980, la durée de vol et la précision d'atterrissage constituaient les premières et seules épreuves de ces rassemblements de 300 pilotes!

Le cross country prit très vite l'ascendant (!) sur ces manches frustrantes, plus adaptées au départ au treuil. La course au but devient la règle universelle, mais il faut vite trouver une solution pour éviter les frayeurs, quand ce n'est pas les collisions, engendrées par le décollage simultané de dizaines de pilotes…

Le système *GAP* (pour **G**érolf Heinrichs, **A**ngelo Crapanzano, **P**aul Mollison) résorbe ces situations dangereuses pour quelques dizaines d'années, l'arrivée du GPS réglant pour sa part les incessants problèmes de photographies.

Les manches de *Speed Gliding* (slalom à grande vitesse autour de mâts plantés dans la pente) n'apporte pas le regain d'intérêt espéré pour le spectateur.

Le parapente ne fera que suivre la marche, les performances des ailes permettant de transférer les règlements sans trop de problèmes. La PWC (paragliding World Cup) ou Coupe du monde de Parapente est de par son indépendance, le laboratoire idéal pour tester nouvelles règles et autres systèmes de "scoring".

La Section Sept (Section Seven) est garante des règlements internationaux, testés en catégorie 2 avant d'être appliqués en catégorie 1 (championnat du monde).

La voltige s'invite en 2005 au milieu du paysage des évènements majeurs de la compétition mondiale. Cette forme de pratique aussi extrême que spectaculaire, dont les premiers championnats du monde se tiendront à sur les rives suisses du lac Léman à Villeneuve, présage t'elle de profonds bouleversements dans la pratique du vol libre de loisir?

L'avenir nous le dira…

Ce document a été réalisé par le groupe de travail BIA de la FFVL (*Frédéric Willot, Bernard Turpin, Christine Cessio, Jacky Bouvard*) à l'intention des animateurs BIA désirant préparer leurs élèves à l'option facultative vol libre. Il peut être reproduit et diffusé librement à des fins pédagogiques et non lucratives.

***

VI Crédits photographiques :

- Les photographies d'ailes deltas figurant dans ce document ont été fournies par le magasine Vol Passion et tirées de l'ouvrage "And the world could fly".
- Les photographies de parapente figurant dans ce document ont été réalisées par *Agnès Chauvin, Xavier Murillo et Frédéric Willot.*
- Les illustrations issues du carnet de vol parapente sont la propriété de la FFVL.
- L'histoire du vol libre est tirée de l'ouvrage "And the world could fly", *Stéphane Malbos, Noël Whittall*, 2005; traduction partielle et réécriture : Charlotte Pichet et Jacky Bouvard, avec l'autorisation des auteurs.

VII Bibliographie :

Indicative mais très loin d'être exhaustive bien sur !

- **Manuel du vol libre**, 5ème édition, F.F.V.L., éditions Rétine
- **Le parapente Découvrir et pratiquer**, P-P MENEGOZ et Y GOUESLAIN, éditions Amphora
- **Parapente Passion**, Gérald DELORME,
- **Les visiteurs du ciel**, Hubert AUPETIT, éditions Rétine
- **And the world could fly**, Stéphane MALBOS, Noël WHITTALL, 2005, FAI/CIVL
- Magazines de vol libre : Aérial, Parapente Mag, Vol libre, Vol Passion