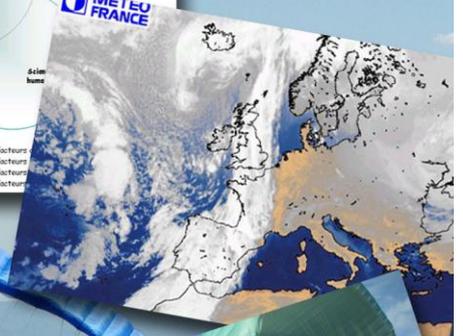
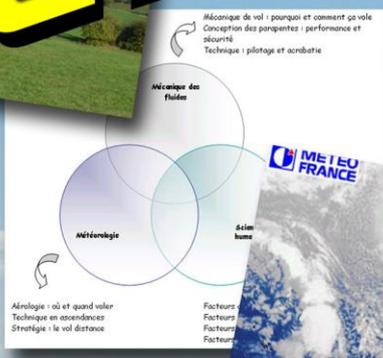
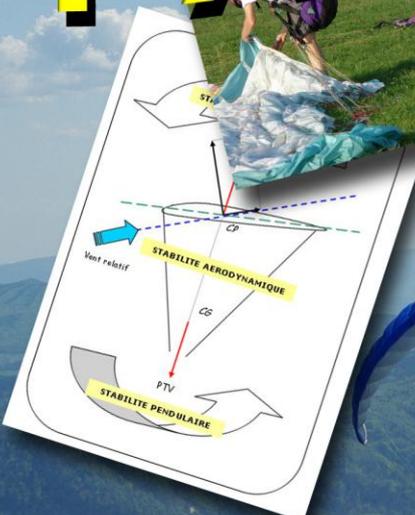


# PARAPENTE



DE LA THEORIE ...

... A LA PRATIQUE ...

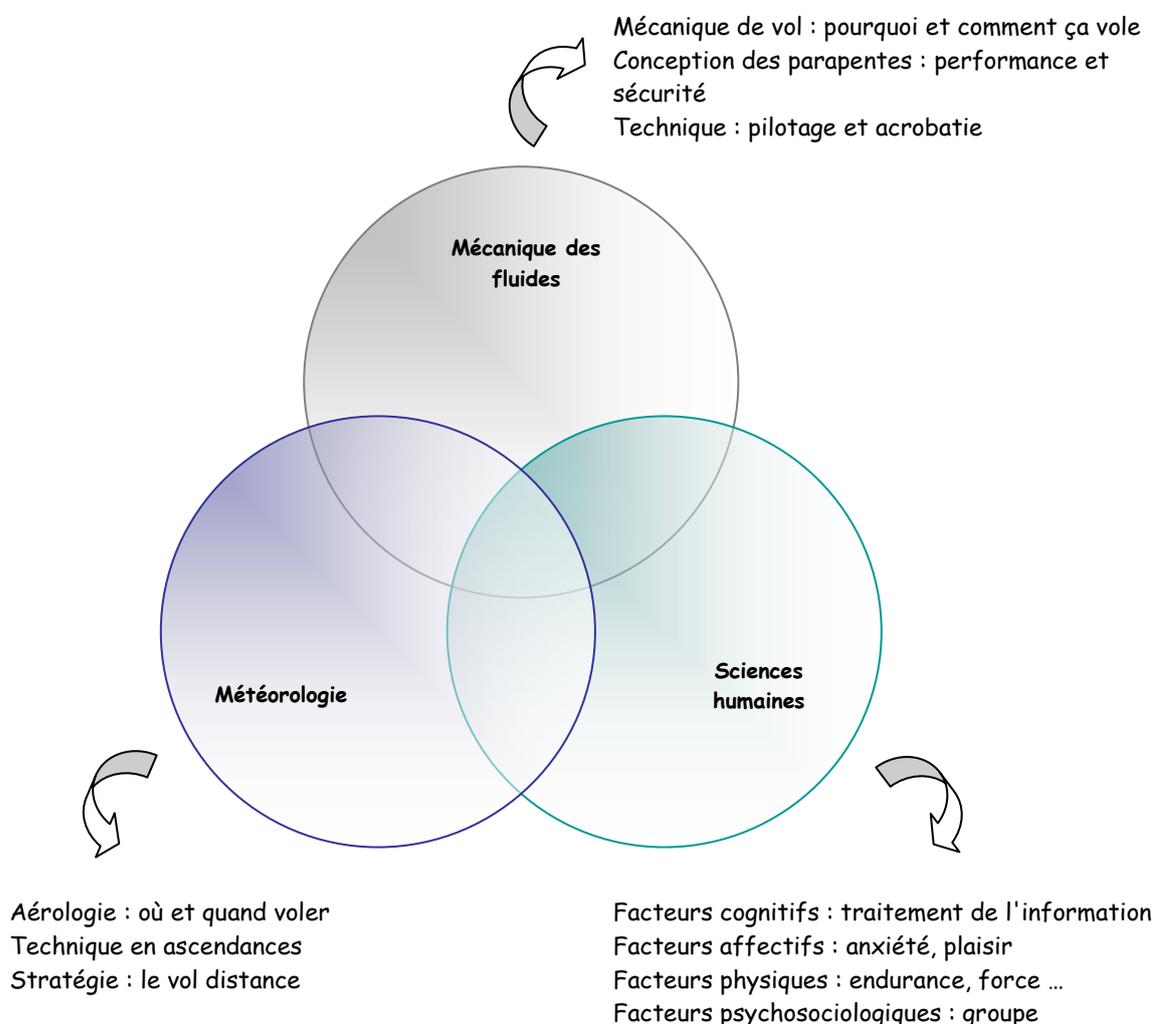
... ET INVERSEMENT !



# Introduction générale

Le parapente, activité apparemment simple, facile à apprendre, fait cependant appel à des sciences complexes :

- ✚ **La mécanique des fluides** qui nous aide à comprendre pourquoi ça vole mais surtout comment ça vole afin d'améliorer les performances de notre parapente en gardant le souci d'une sécurité accrue.
- ✚ **La météorologie** qui nous permet de choisir les sites, les endroits et les moments les plus appropriés au vol, du vol tranquille au vol de performance.



- ✚ **Les sciences humaines** et en particulier celles relatives à la prise de décision : observation, analyse, prise de décision, évaluation ...

C'est dans l'appréhension de ce paradoxe que se forme le pilote. Au fur et à mesure que son expérience grandit et que ses connaissances s'étoffent, il prend conscience de sa position au sein de ce " système ".

o) Ces cours se veulent être une approche synthétique de l'activité et tentent de mettre en relation un certain nombre de données théoriques avec la pratique. Il faudra aussi avoir à l'esprit qu'il y a, à tout moment, une **contextualisation du discours** - tant en théorie que sur le terrain d'ailleurs. En effet, chaque intervention explicative prend en compte :

- Le pilote : son niveau technique, son mental, son physique, ses connaissances, ...
- Le matériel : niveau de voile et vétusté, sellette, ...
- Les conditions environnementales : aérologie, site, température externe, ...

## Sommaire

✚ Apprendre	page 4
✚ Mécanique de vol	page 17
✚ Météo et aérologie	page 32
✚ Réglementation	page 50
✚ Vol de distance	page 62
✚ Conclusion	page 68



---

# Apprendre

---

Cette partie se veut être un simple rappel des éléments vus sur le terrain notamment lors des premiers vols. Il faudra "piocher" par ailleurs des informations qui pourront vous aider à progresser ... et surtout voler avec un encadrement compétent et spécialisé !

Plan

Fiches de gonflages : "on l'a fait en pente école" !

## A/ LE DECOLLAGE

- 1- La préparation
- 2- Le gonflage
- 3- La temporisation
- 4- Le décollage
- 5- Schéma de synthèse

## B/ LES APPROCHES

- 1- Reconnaissance du terrain
- 2- Les différentes approches
- 3- Les approches particulières
- 4- Conclusion

## C/ L'ATTERRISSAGE

- 1- La finale
- 2- L'atterrissage
- 3- Atterrissages particuliers



## Fiche du gonflage dos à la voile

### 1- Préparation de la voile



- Choisir un endroit libre de tout obstacle, à la pente appropriée
- Placer la voile en arc de cercle en fonction de la pente et du vent
- Dégager la sellette de la voile afin d'éclaircir les suspentes. Vérifier l'alignement sangle, mousqueton, élévateurs afin d'éviter un tour de sellette
- Dégager les commandes puis les suspentes des élévateurs avants

*;o) Procédez avec méthode : étalement de la voile puis vérifier s'il y a un tour de sellette puis dégagement des commandes puis éclaircissement des suspentes !*

### 2- Préparation du pilote



- Avant de s'installer dans la sellette, mettre le casque et accessoires
- Boucler les sangles des cuisses puis la ventrale
- Régler le serrage des sangles (35 à 40 cm entre les élévateurs)
- Prendre les commandes en main et les avants, élévateurs placés dans le coude
- Dernier regard derrière soi pour contrôler si tout est en ordre

*;o) Bien se placer au centre de la voile et avoir des sensations de tension identiques dans les 2 mains !*

### 3- Gonflage de la voile



- Espace aérien libre, vent favorable
- Suspentes tendues, marche plus ou moins accentuée selon le vent
- Les bras accompagnent la montée de la voile et ne dépassent pas le plan des épaules
- Si la voile monte de façon asymétrique (tension plus forte d'un côté), le pilote se recentre sous la voile, épaules toujours parallèles à l'axe longitudinal de la voile

*;o) Rechercher l'équilibre des tensions main droite et main gauche : déplacement du pilote sous la voile ET appui sur la ventrale et non dans les mains !*

### 4- Contrôle de la voile



- La voile se place au-dessus du pilote, lâcher les avants, freiner la voile en amenant les mains à hauteur de la poitrine
- Eventuellement, recaler la voile au-dessus du pilote par recentrage et/ou action sur les commandes
- Regarder la voile (contrôle visuel) et décider de poursuivre ou d'interrompre la phase de décollage

*;o) Triple action du pilote : recentrage sous la voile, appui sur la ventrale et action sur les commandes*

### 5- Accélération et décollage



- La voile est bien placée, j'allonge la foulée tout en accélérant légèrement la voile (finesse max.)
- Quitter le relief en gardant le cap choisi
- En pente école, on ne s'assied pas dans la sellette : les pieds sont prêts à reprendre contact avec le sol !

*;o) Placer les bras en arrière pour faciliter l'appui sur la ventrale !*

## Fiche du gonflage face à la voile

### 1- Prise de commandes



- Le pilote passe sous un faisceau d'élévateurs
- Placer la voile en légère tension, les élévateurs A vont alors se placer au-dessus des autres
- Le pilote croise les élévateurs devant lui
- Prendre la commande et élévateur A dans chaque main en prise directe (rien ne croise sauf les élévateurs)

### 2- Prégonflage



- La voile est perpendiculaire au vent, le pilote est bien centré
- Le pilote recule légèrement dans l'axe du vent pour décoller le bord d'attaque ...
- ... puis repose la voile en lâchant les avants et en freinant.
- Il garde un peu de tension dans les avants (avancer vers la voile) afin d'accompagner le bord d'attaque vers le sol.

### 3- Le gonflage



- La voile placée en corolle, le pilote attend les bonnes conditions de vent
- Lever la voile en reculant franchement dans l'axe du vent
- Eventuellement, se recentrer et/ou reculer si le vent est faible

### 4- Le contrôle



- Lâcher les commandes avant que la voile soit au dessus de la tête ...
- Maintenir la voile en vol grâce à :
  - l'action sur les commandes
  - au déplacement du pilote
  - et à son action de " charge " dans la sellette

### 5- Retournement



- Freiner légèrement et lâcher les commandes en reculant puis faire un demi-tour en regardant les commandes pour les reprendre en main
- Reprendre le contrôle de la voile sans la regarder

### 6- Evolution

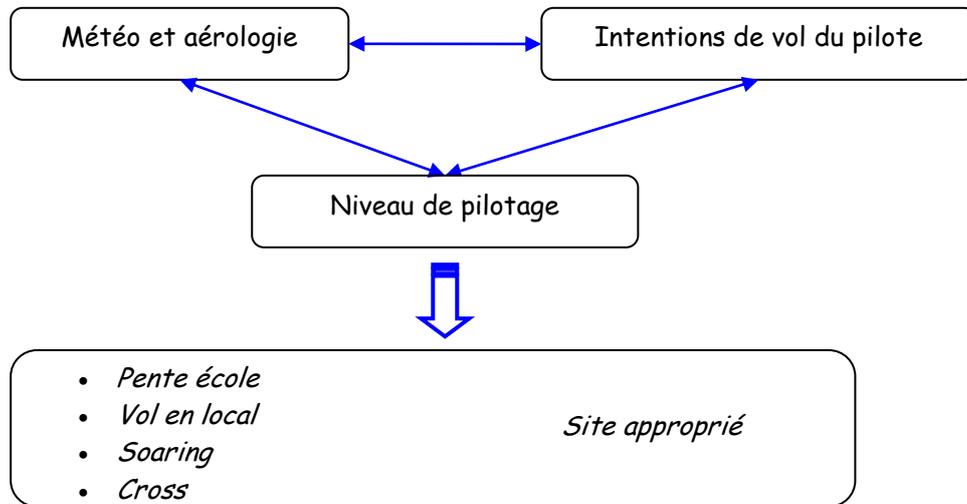


- Cette prise de commandes n'est intéressante que lors des débuts (vision directe de ce qui se passe). On lui préférera la prise de commandes croisée (on ne lâche pas les commandes dans le retournement)
- Jouer à maintenir la voile au-dessus de la tête dans la pente, dans le vent fort, en changeant de méthode ...

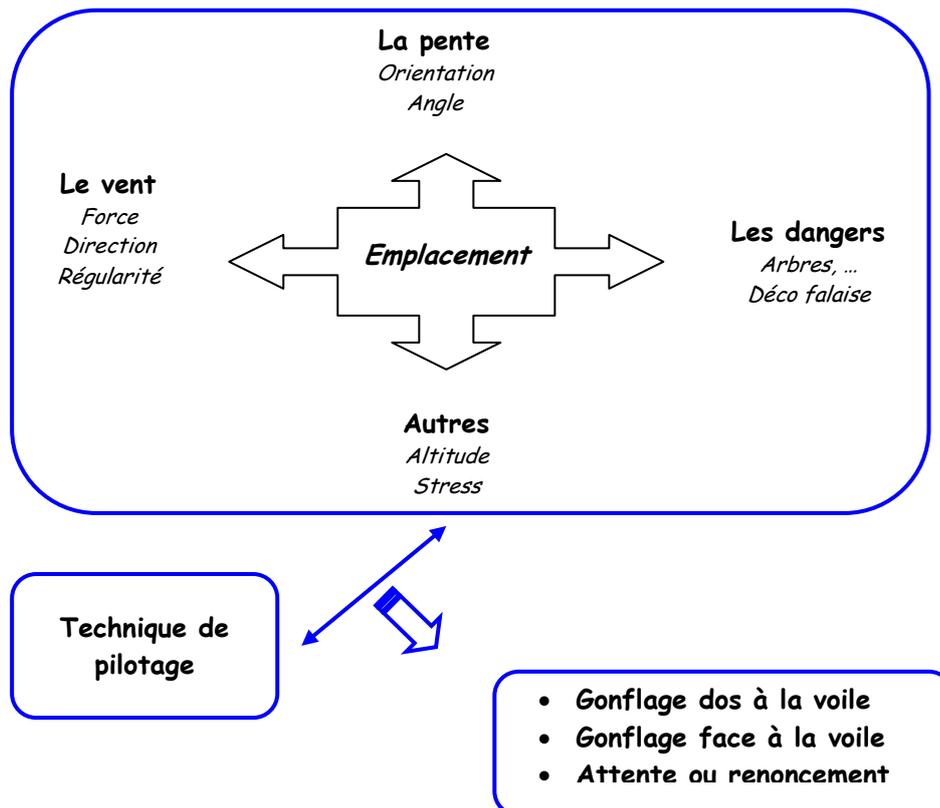
# A/ LE DECOLLAGE (rappels)

## 1 - La préparation

Avant tout : le choix du site



## 11 - Choix de l'emplacement



## 12 - Préparation de la voile



- Placement
- Démêlage des suspentes ou prégonflage
- Visite prévol

### 13 - Préparation du pilote

- ❑ Installation et réglage sellette
- ❑ Prise des commandes
- ❑ Sécurité
  - 1 pour le casque
  - 2 pour les 2 commandes
  - 3 pour les 3 sangles sellette et instruments (radio, vario, ...)



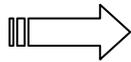
### 2 - Le gonflage

#### Choix du moment

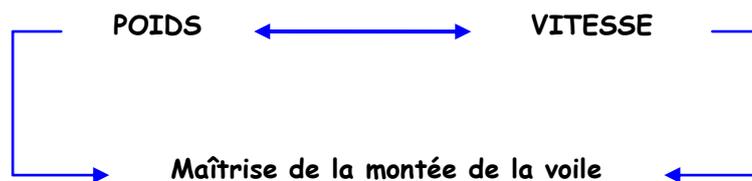
- ❑ Les conditions aérologiques
- ❑ L'encombrement du site



### 21 - Impulsion

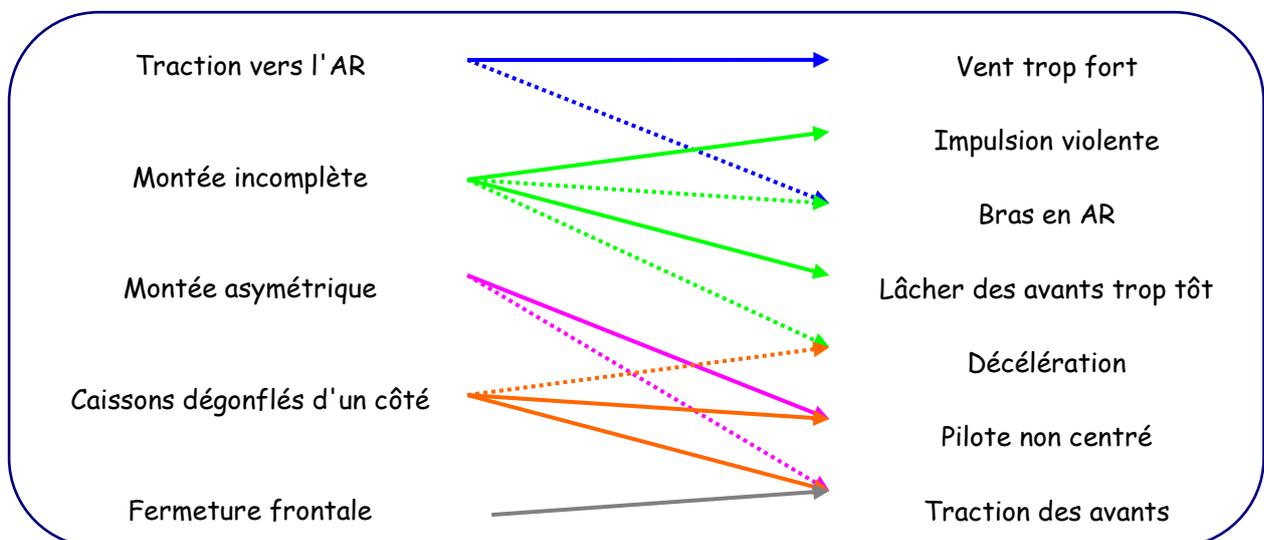


*Accélération progressive, suspentes tendues*

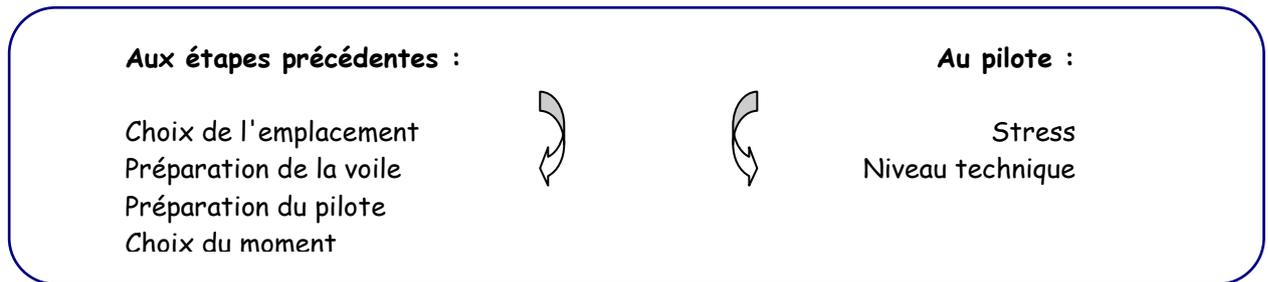


Les difficultés de gonflage

### 22 - Gonflage et incidents



Et toutes les causes liées



### 3 - La temporisation

#### 31 - Ralentissement de la voile

- Moment optimum de lâcher des avants
- Dosage du freinage de la voile

#### 32 - Contrôle

- Regard sur la voile
- Orientation de la voile / décollage

### 4 - Le décollage

#### 41 - Course d'envol

- Accélération
- Contrôle de la trajectoire et incidence

#### 42 - Envol

- Contrôle de la trajectoire
- Installation dans la sellette

## B/ LE VOL

### 1 - Le plan de vol

Il est établi avant le décollage en fonction des capacités du moment du pilote. En école, il comporte :

- la reconnaissance du lieu d'atterrissage
- une appréciation des conditions aérologiques au déco, en vol et à l'atterro
- les trajectoires à suivre avec des indices géographiques
- les exercices à réaliser
- les consignes liées à ... l'imprévu

Par la suite, le pilote analysera les conditions pour en tirer le meilleur parti : ascendances, cheminement, ...

o) Exemple de plan de vol à Schwartzbach par vent nul :



## 2 - Comportement du pilote

### 21 - Quitter le relief

S'éloigner du relief et garder le cap donné par le moniteur. En général, le pilotage se fait dans le premier régime de vol (vitesse haute ou faible incidence).

### 22 - Installation dans la sellette

Une fois suffisamment loin du relief, on peut penser au confort : glisser au fond de la sellette en amenant les genoux à la poitrine. Adopter une position bien assise, le dos vertical mais tout de même adossé à la sellette, ce qui suppose un réglage préalable au sol en ce sens.

### 23 - Concentration du pilote

Décontraction et attention :

- le pilote cherche le "contact" avec la voile via les commandes (légère tension sur le bord de fuite)
- le regard se porte sur le relief alentour pour conserver le plan de vol et évaluer les distances
- le pilote se concentre sur les mouvements de la voile retransmis par la sellette

## 3 - Les manoeuvres

### 31 - Les virages

- avant d'initier le virage, le pilote contrôle que l'espace est libre donc regard vers l'endroit où il veut tourner
- inclinaison du pilote dans la sellette : il soulève la fesse opposée au virage (en levant le genou), l'épaule côté intérieur se place à l'extérieur du faisceau d'élevateurs
- le pilote "rajoute" un peu de commande intérieure selon l'angle recherché et contrôle le virage avec la main extérieure.
- la sortie du virage se fera en relevant graduellement la main intérieure pour arriver dans la plage haute de vitesse en vue de se préparer à l'amortissement de la ressource éventuelle



## 32 - Les 360°

- Le pilote devra aborder le 3.6 progressivement : connaissance de la voile, maîtrise de l'angle de virage, contrôle du virage, amortissement de la ressource, repérage dans l'espace, ...

## 33 - Le tangage

- le pilote abaisse ses commandes au niveau du nombril : la voile ralentit avant de partir en légère abattée
- le pilote accompagne cette abattée en relevant les mains
- puis, il reprend le contact avec la voile et redescend les commandes un peu plus bas que le nombril : la voile passe alors franchement en arrière du pilote
- le pilote remonte les mains pour faire repartir la voile en abattée avant de subir une ressource
- en fin de ressource, la voile se prépare à abattre ; le pilote contrôle cette abattée (freinage puis accélération progressive) en vue de caler la vitesse de la voile sur la sienne

## 34 - Les oreilles

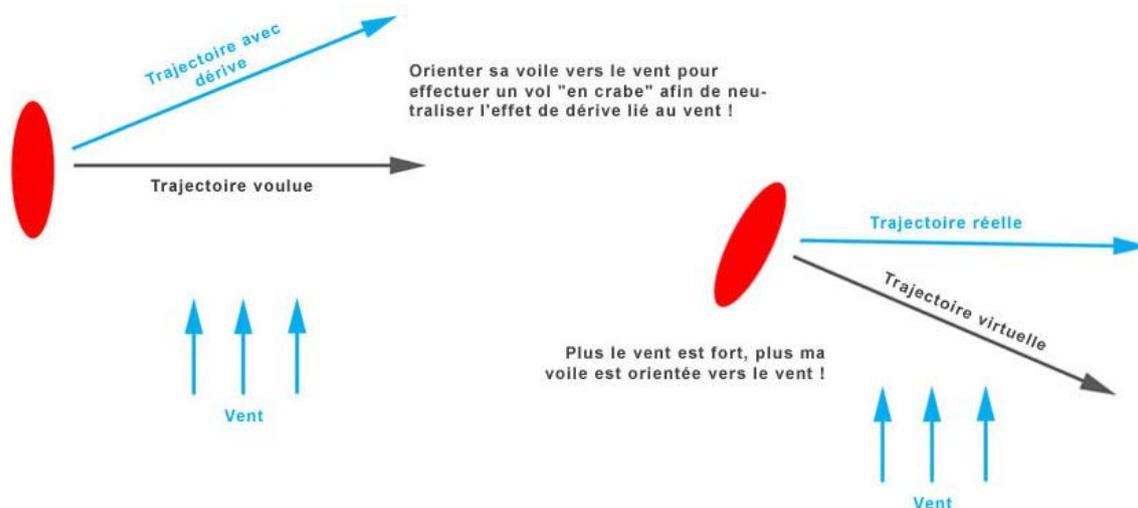
- garder en mains les commandes et repérer la ou les suspentes extérieures des avants
- les mains tournées vers le côté, prendre les suspentes assez haut et les amener franchement vers le bas. Contrôler cette opération avec le regard
- piloter éventuellement avec la sellette
- relâcher les oreilles une par une. Si la voile ne s'ouvre pas seule, effectuer une traction ample de la commande

## 35 - Autres manœuvres

- Il est conseillé de travailler les autres manœuvres en milieu sécurisé et/ou avec des moniteurs formés à cet enseignement : wing-over, 3.6 engagé, ...

## 4 - La dérive

Le déplacement du parapente par rapport au sol est influencé par le vent : la trajectoire-sol ne correspond pas à la trajectoire-air !



La dérive se fait aussi sentir dans les 180° et 360° : attention aux prises de terrain !

## C/ LES APPROCHES

### Problématique et exemple à Schwartzbach



Caractéristiques du site : site peu fréquenté de petit dénivelé aux abords bien dégagés (idéal débutants) ; présence d'obstacle près de l'atterro (ligne) ; finesse 3,1 donc approche à construire pour atterrir.

### 1 - Reconnaissance du terrain

#### 11 - Avant le vol

- Aller voir le terrain : place de la manche à air ou autres indices donnant des indications sur la force et la direction du vent, obstacles éventuels, anticipation des différents types d'approches à adopter en fonction de ces observations.
- Repérer les lieux à proximité afin de pouvoir situer l'atterro en vol.

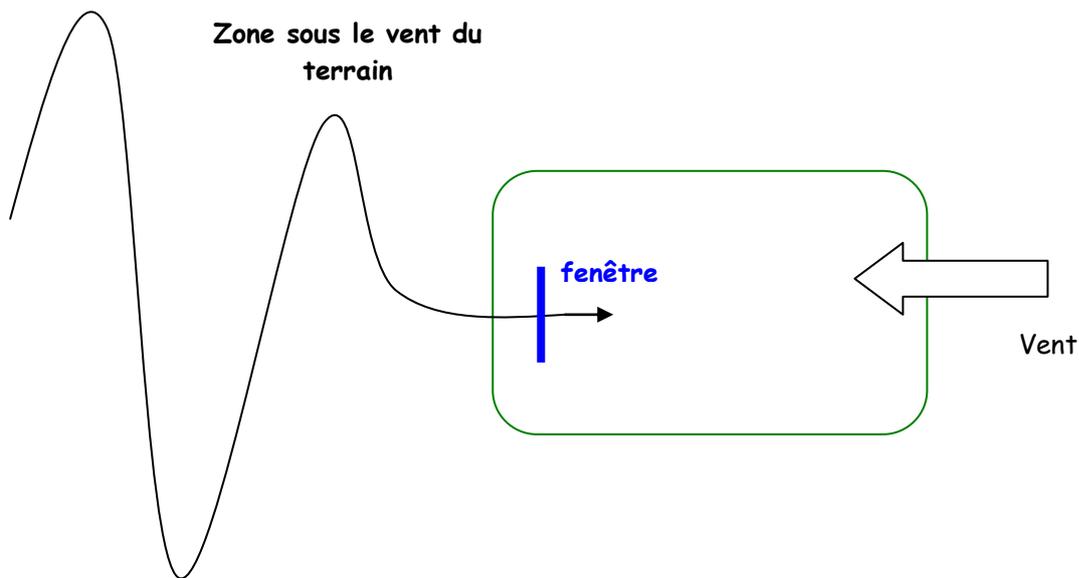
#### 12 - Pendant le vol

- Repérer le terrain ... et l'orientation de la manche à air
- Anticiper sur l'approche à venir : emplacement, hauteur, ... Prévoir une zone de perte d'altitude pour ajuster le début de son approche.

### 2 - Les différentes approches

#### 21 - La PTS et PT8

Placement sous le vent du terrain en faisant des 8 puis/ou des S en se rapprochant progressivement du terrain ... pour passer par la " fenêtre " !



Avantages :

- Facilité à évaluer les distances par rapport au terrain
- A tout moment, le pilote peut s'aligner pour la finale

Inconvénient :

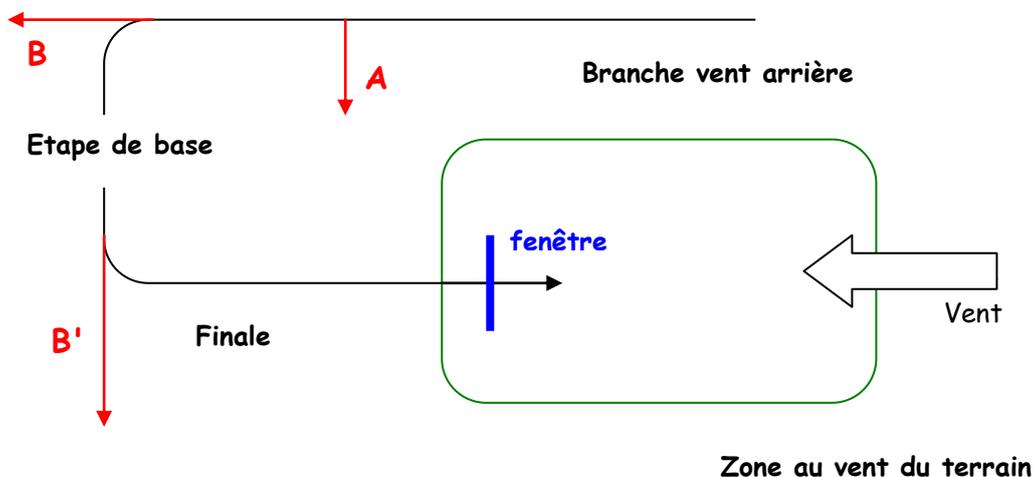
Ne peut se faire que lorsque la partie sous le vent du terrain est bien dégagée

## 22 - La PTU

Elle se prépare au vent du terrain et consiste à rentrer en dessinant un U en bordure du terrain (type d'approche des avions). Une variante de cette approche est la PTL. Les deux moments importants sont :

- le premier virage pour se placer en étape de base
- le second virage pour se placer en finale

Ils sont étroitement liés à la perception des distances horizontales et verticales, aux performances de la voile et aux conditions aérologiques.



Avantages :

- Indiquée sur les petits terrains et/ou en présence d'obstacles ainsi que par vent fort

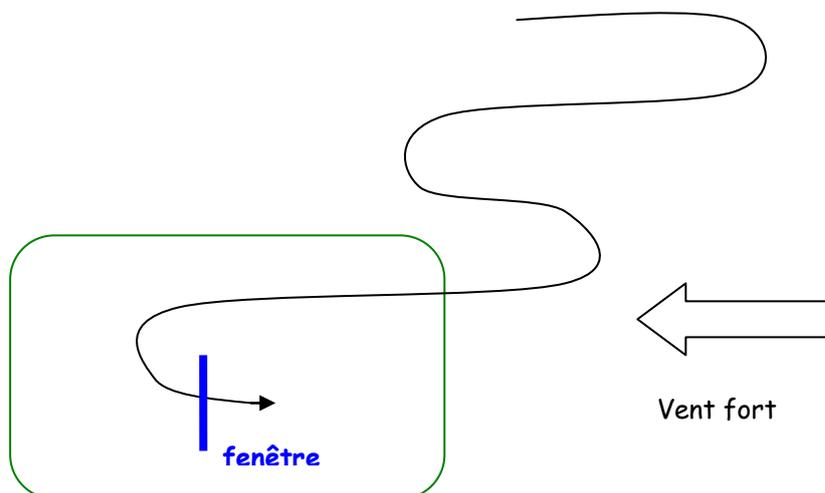
- Régulation de l'approche : trop court, le pilote raccourcit la branche vent arrière (A), trop long, il rallonge la branche vent arrière et/ou l'étape de base (B et B').

Inconvénient :

- Difficulté à apprécier les distances.

### 3 - Les approches particulières

#### 31 - Approche par vent fort



La finesse sol étant très faible voire nulle dans certains cas, il est impératif de se placer au vent du terrain.

Attention à la dérive lors des virages.

Le pilote se place face au vent en arrivant pratiquement au-dessus du terrain.

#### 32 - Approche à plusieurs

La voile la plus basse a priorité et " impose " son type d'approche ... en espérant que celle-ci soit pertinente.

En cas de doute : une voile peut accélérer sa descente : wings over, oreilles, 360 ...  
Les PTU sont plus indiquées car elles permettent une finale à 2 voiles en parallèle.

### 4 - Conclusion

**o** Visualiser à tout moment, et quelle que soit l'approche, une " fenêtre " en entrée de terrain dont la hauteur et l'empiètement sur le terrain dépend des conditions aérologiques.

## D/ L'ATTERRISSAGE

### 1 - La finale

- Consiste à réaliser une ligne droite permettant de stabiliser l'aile et de se préparer à l'atterrissage.
- Elle nécessite, en général, une prise de vitesse afin de préparer un freinage efficace
- En cas d'écart de trajectoire, il est conseillé de la corriger à la sellette pour ne pas modifier votre vitesse.

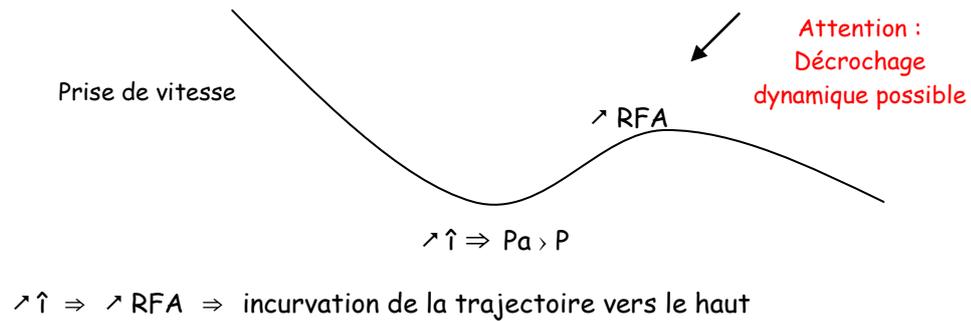
### 2 - L'atterrissage

## 21 - l'arrondi

- Déf : l'arrondi consiste en une augmentation progressive de l'incidence pour assurer une trajectoire qui tangente le sol.

L'arrondi se déclenche près du sol par une action progressive des commandes vers le bas en maîtrisant la trajectoire de descente. Un arrondi effectué brutalement peut engendrer une ressource aux conséquences fâcheuses : atterrissage brutal.

o) La **ressource** est une remontée de l'aéronef en "chandelle". Cette manœuvre est consécutive à une brusque augmentation d'incidence à vitesse élevée.



## 22 - effet du gradient sur l'arrondi

- Déf : **gradient** signifie "variation continue". Il peut être croissant ou décroissant.

A l'atterro, on a affaire en général à un gradient décroissant de face.

o) C'est à différencier des turbulences (désorganisées) et des cisaillements (inversion de la direction du vent).

- **Effet aérodynamique**

↘ vent ⇒ ↘ vitesse air ⇒ ↘ RFA ⇒ l'aile s'enfonce

Si l'aile est stable, elle s'oppose à cette augmentation d'incidence en piquant transitoirement pour se retrouver plus bas à vitesse et incidence initiale.

- **Effet cinématique**

Si le vent de face est de 40 km/h, en cas de fort gradient, la voile pénètre mieux donc la vitesse sol ↗.

☛ Donc on a      ↘      de la finesse air  
                         ↗      de la finesse sol

Selon la force du vent et l'importance et l'épaisseur du gradient, on dépasse ou non la cible.

Le dépassement de la cible se réalise lorsque

- le vent est fort
- le gradient est concentré (couche mince)

### 23 - Atterrissage proprement dit

- se relever dans la sellette pendant l'arrondi
- au contact avec le sol, le pilote appuie sur la ventrale pour rester en phase avec la vitesse de la voile



---

# Mécanique de vol

---

La mécanique de vol nous permet de comprendre pourquoi et comment le parapente vole ... ou ne vole plus. Autrement dit, les connaissances théoriques viennent donner du sens à notre pratique mais sont aussi un atout pour un vol performant en "relative" sécurité.

Plan du chapitre :

A/ MECANIQUE DE VOL : notions de base

- 1- Les angles
- 2- Les forces aérodynamiques
- 3- Le vent relatif
- 4- Le poids du pilote
- 5- Schéma de synthèse

B/ DU VOL AU PILOTAGE

- 1- Les régimes de vol
- 2- Le virage
- 3- Maniabilité, stabilité, amortissement
- 4- Tangage, roulis, lacet

C/ LE VOL EN TURBULENCES

- 1- Les turbulences symétriques
- 2- Les turbulences asymétriques
- 3- Les incidents de vol

D/ CONCLUSION

- 1- Essai de voile
- 2- Le statique

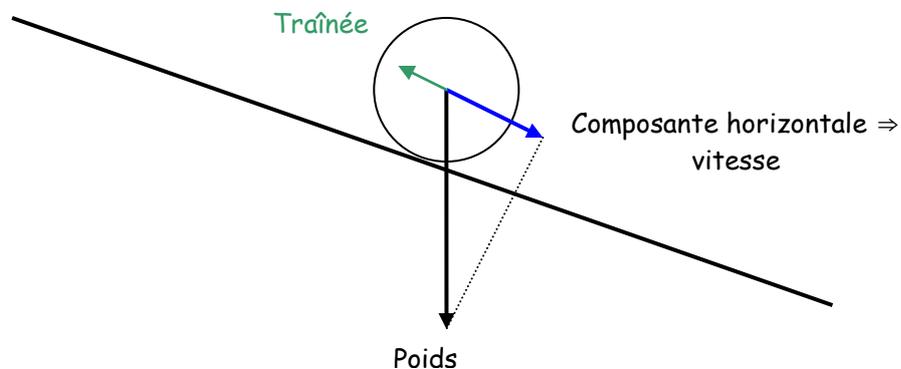


## A/ MECANIQUE DE VOL : notions de base

### Pourquoi ça vole :

- Le vol est un **phénomène aérodynamique** c'est à dire qu'il est la conséquence directe du déplacement d'un mobile par rapport à l'air. **Le mouvement dans l'air engendre des mouvements de l'air.**
- **L'écoulement de l'air** autour du **profil** est à l'origine des **forces aérodynamiques** qui stabilisent la trajectoire.
- Il faut de la **vitesse** pour assurer le vol et celle-ci s'obtient grâce au **poids** de l'ensemble volant.

*Exemple d'un objet qui roule ou glisse le long d'un plan incliné.*



- ⇒ La vitesse est liée au poids et à la traînée (forme, profil, rugosité, ...) de l'objet
- ⇒ La vitesse est liée aux caractéristiques du plan incliné (lisse ou rugueux)
- ⇒ La vitesse est liée aux caractéristiques du volume traversé (air et eau)

Nous allons donner les définitions qui vont nous permettre d'adopter un langage commun tout en matérialisant, schématiquement, les différentes forces qui interviennent en **vol stabilisé par vent nul**.

### 1 - Les angles

- **L'angle d'incidence ( $\hat{i}$ )**

Déf : c'est l'angle entre la corde et la trajectoire et donc également l'angle d'attaque du vent sur le profil (5 à 18° en parapente).

- **L'assiette ( $\hat{a}$ )**

Déf : C'est l'angle entre le plan de l'aile (ou la corde) et l'horizontale.

Le constructeur ajuste le **calage** du parapente (longueur des suspentes). La différence d'assiette entre la corde centrale et les extrémités s'appelle le **vrillage**.

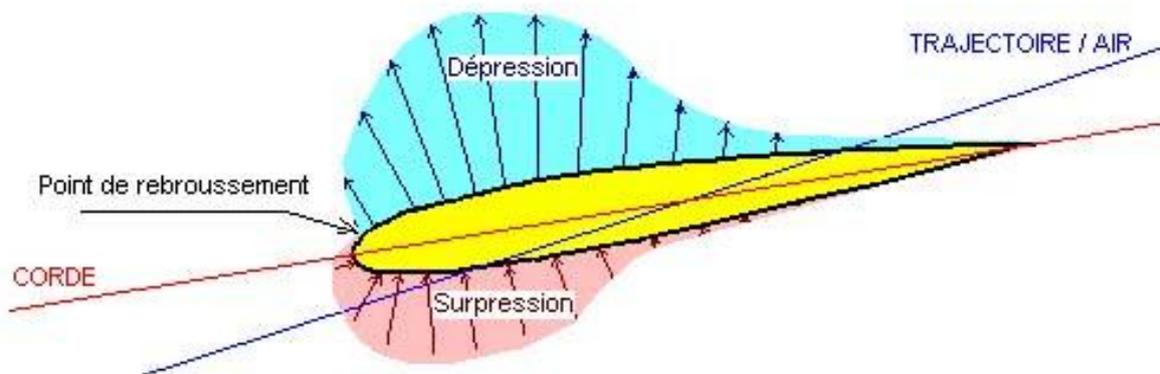
- L'angle de plané ( $\alpha$ )

Déf : C'est l'angle entre l'horizontale et la trajectoire.

## 2 - Les forces aérodynamiques

21 - Déf : La **portance** est une force qui s'exerce vers le haut, perpendiculairement à la vitesse de l'objet, du corps, ...

Cette force est la résultante entre les forces de succion par dépression au-dessus (2/3) (*capote de 2 CV*) et appui par surpression en dessous (1/3). L'aile est principalement portée par le 1/3 avant.



22 - Déf : La **traînée** est une force qui s'exerce dans le sens opposé de la vitesse

- **traînée de forme** qu'on limite en améliorant le **profil**
- **traînée de frottement** située à la surface de l'objet sur laquelle " colle " l'air
- **traînée induite** liée au recollement de l'air aux extrémités de l'objet (bord de fuite, extrémités de l'aile)

**o** Le parapente est un aéronef à traînée importante particulièrement à basses vitesses  $\Rightarrow$  influence sur la maniabilité et la stabilité.

23 - Portance (P) et traînée (T) sont proportionnelles :

- à un coefficient de profil de l'objet (le  $C_z$  pour la portance)
- à la masse volumique de l'air  $\rho$
- au carré de la vitesse de l'air (donc de l'objet)
- à la surface

$$P = C_z \times \frac{1}{2} \rho \times V^2 \times S$$

$$T = C_x \times \frac{1}{2} \rho \times V^2 \times S$$

**o** Le décollage du Mont Blanc vous demandera une course d'élan plus rapide, et donc probablement plus longue, pour obtenir une portance équivalente à celle que vous avez au niveau de la mer.

La résultante de ces deux forces (portance et traînée) se nomme la **Résultante des Forces Aérodynamiques (RFA)**.

### 3 - Le vent relatif, vitesse air et vitesse sol

Déf : Le **vent relatif** est le vent qu'on perçoit, " nez au vent ". Il n'existe que pour l'objet qui se déplace. Il est sur le même axe et de sens opposé à la trajectoire.

Ne pas confondre la **vitesse air** de la **vitesse sol** qui ne sont égales que par vent nul.

### 4 - Le poids du pilote

Déf : La **charge alaire** est le rapport poids sur la surface (en général 2,5 à 4,5 kg par m<sup>2</sup>)

Si la voile fait 25 m<sup>2</sup>, la charge alaire pour un pilote de 70 kg est de 2,8 kg/m<sup>2</sup>.

" " " " 90 kg " 3,6 kg/m<sup>2</sup>

Or, la vitesse évolue proportionnellement à la racine carrée de la charge alaire

$$V_2 = V_1 \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Ainsi pour la même aile, la vitesse max de 37 km/h pour un pilote de 70 kg passe

à  $V_2 = 37 \sqrt{\frac{3,6}{2,8}} = 42 \text{ km/h}$  pour un pilote de 90 kg.

#### o) Application pour un biplace :

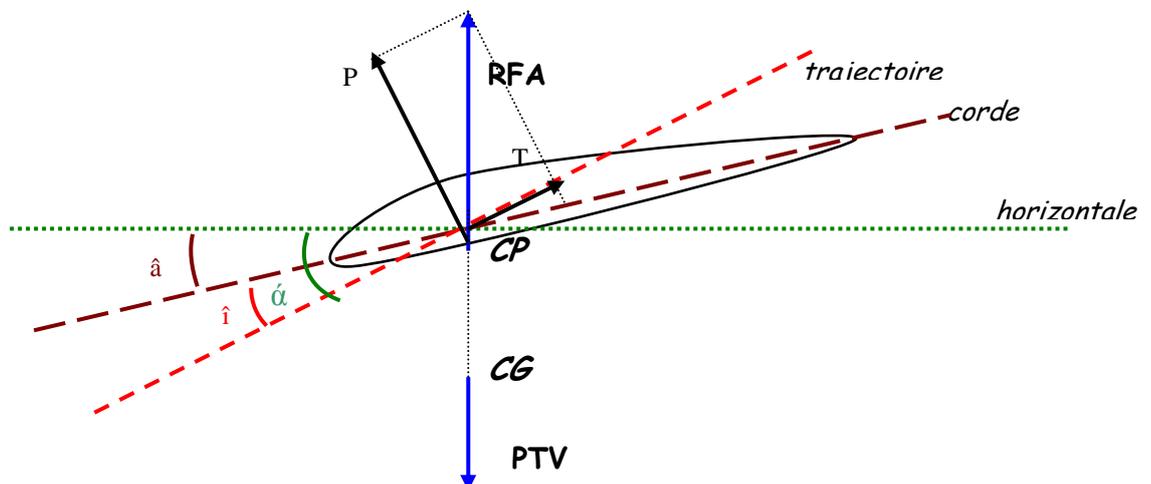
Pour un PTV de 120 kg allant à 25 km/h, un PTV de 220 ira à ... 34 km/h.

Plus de charge engendre une vitesse plus grande sur trajectoire avec les conséquences suivantes :

- une augmentation de la vitesse de course au déco
- une distance de course plus longue au déco
- une arrivée plus rapide à l'atterro



### 5 - Schéma de synthèse



**CP** est le centre de poussée, point d'application de la résultante des forces qui s'appliquent sur la voile

**CG** est le centre de gravité de l'ensemble du système, situé à peu près à la tête du pilote

**o** **Application sur le terrain** : la problématique du pilotage en général est d'aligner CP et le CG du pilote pour assurer l'équilibre de l'ensemble.

Pour ce faire, déjà en pente école et au sol, il y a une triple action du pilote :

- Appui sur la ventrale pour donner de la vitesse au parapente, donc de la portance
- Recentrage du pilote pour aligner CP et CG
- Action sur les commandes pour maintenir CP au-dessus du CG du pilote.

## B/ DU VOL AU PILOTAGE

Pour que ça vole mieux :

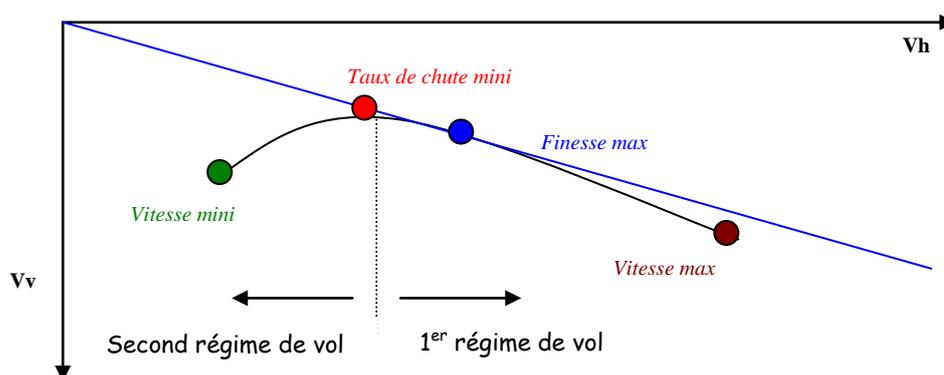
- La **connaissance** du matériel (caractéristiques et comportement dans les phases transitoires) permet son utilisation optimale.

### 1 - les régimes de vol

#### 11 - La polaire des vitesses

**Déf** : La polaire des vitesses est une courbe montrant les différentes vitesses que peut atteindre une aile donnée en vol équilibré pour une charge fixée. Elle donne ainsi des indications sur les performances de la voile

- Les vitesses sup au taux de chute mini sont dites de premier régime.
- Les vitesses inf au taux de chute mini sont dites de second régime.



Si la charge alaire de la voile varie, la polaire des vitesses se déplace en glissant le long de la pente de finesse max

- vers le bas et la droite s'il y a augmentation de poids
- vers la gauche et le haut s'il y a diminution de poids

**o** **Une incidence particulière : le décrochage**

A une certaine incidence, la portance chute brutalement pour obtenir un décrochage. Il s'agit d'un **angle** et non d'une **vitesse**.

## 12 - La finesse air

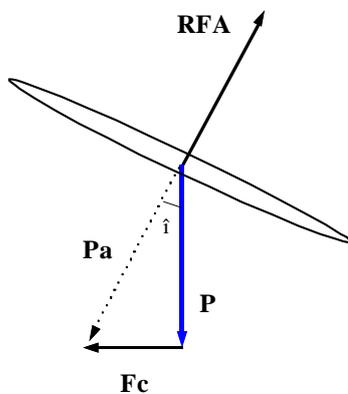
Déf : C'est le rapport :

- des distances parcourues (distance horizontale / altitude perdue),
- des forces aérodynamiques (portance / traînée)
- des vitesses (vitesse horizontale / taux de chute)

En air calme, finesse air = finesse sol. La meilleure finesse sur le graphique est obtenue en traçant une tangente à la courbe à partir du point O (tracé bleu).

## 2 - Le virage

### 21 - Décomposition des forces



La force centrifuge ( $F_c$ ) tend à projeter le pilote à l'extérieur du virage engendrant une sensation de tassement dans la sellette : cela correspond au poids apparent ( $P_a$ ).

NB : la force centripète (en décomposant la RFA) tend à projeter la voile à l'intérieur du virage.

### 22 - Le rayon du virage dépend de l'inclinaison de la voile et de la vitesse.

Pour les férus de maths :

$$F_c = \frac{mV^2}{R} \quad \text{et} \quad \text{tg } \hat{i} = \frac{F_c}{mg} \quad \Rightarrow \quad F_c = \text{tg } \hat{i} \times mg = \frac{mV^2}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{V^2}{\text{tg } \hat{i} \times g}$$

#### **o)** Application dans le cas du bi précédent :

Avec un angle de  $20^\circ$ , le rayon de l'équipage de 120 kg est de **13,48 m**.  
Il sera, pour l'équipage de 220 kg, de **25 m**.

$\Rightarrow$  Moralité, dans le premier cas, on enroule un thermique lorsque dans le second cas on fait une succession de S.

#### **o)** Application en $360^\circ$ :

- Pour garder le même rayon, l'inclinaison de l'aile doit être plus grande si la vitesse est grande.

- Pour diminuer le rayon, il faut soit  $\searrow$  la vitesse, soit  $\nearrow$  l'inclinaison.

23 - Le **facteur de charge** est le rapport du **poids apparent** sur le poids réel

$$n = \frac{Pa}{P} \quad \text{Pour un angle de } 45^\circ, \text{ le rapport est de } 1,4.$$

⇒ Donc, pour un PTV de 90 kg, un virage à 45° fait encaisser dans les suspentes un poids de  $90 \times 1,4 = 126$  kg.

⇒ Pour un angle de 60°, le rapport est de 2. Les suspentes enregistreront une masse de 180 kg.

⇒ Sous mon biplace chargé à 120 kg, le poids apparent sera de 170 kg. Ce dernier passera à 310 kg lorsque le bi sera chargé à 220 kg.



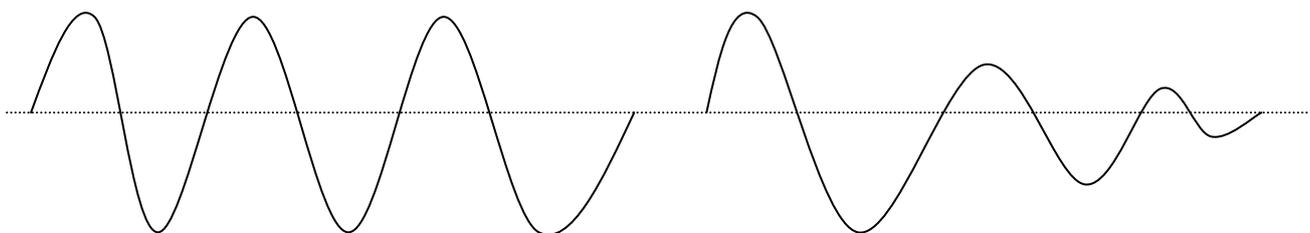
### 3 - Maniabilité, stabilité, amortissement

- Déf : La **maniabilité** est la facilité, en déplacement et en effort, avec laquelle on effectue une manœuvre.

Un court **débattement** aux commandes indique une grande maniabilité, qui devient un risque pour les débutants. Parfois, la maniabilité n'est pas homogène : bonne dans les basses incidences et très longue pour arriver au décrochage (ce qui est préférable).

- Déf : la **stabilité** d'un système décrit sa tendance à revenir à l'état d'équilibre initial dont on l'a écarté (bille dans un bol).
- Déf : La **neutralité** laisse le système dans l'état où il est (bille sur une table).
- Déf : L'**amortissement** (on parle aussi de stabilité dynamique) est la résistance à s'éloigner ou à revenir à l'état d'équilibre.

Il tend ainsi à tempérer une tendance stable ou instable (paroi du bol tapissée de miel).

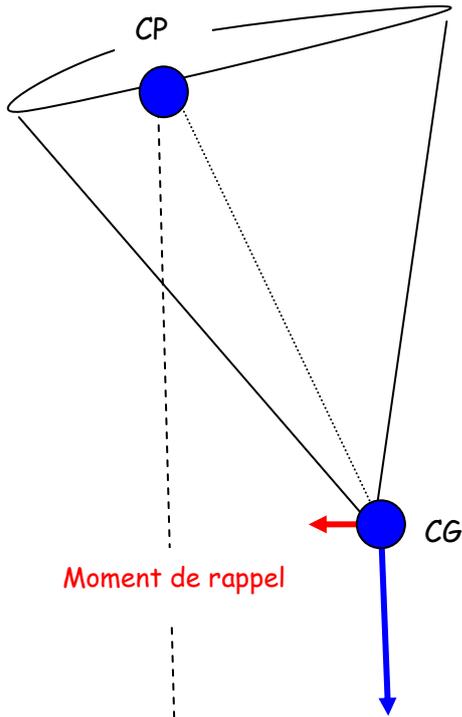


Stabilité non amortie

Stabilité amortie

Deux principes tendent à assurer la stabilité du parapentiste :

- D'une part, la **stabilité pendulaire** (selon le principe du pendule) assure la stabilité de l'ensemble ... sauf dans des manœuvres énergiques !



... qui, selon le principe du pendule, assure la stabilité de l'ensemble ... sauf dans des manœuvres énergiques !

Principe : un corps de poids  $P$  suspendu par un bras de longueur  $L$  subit une force de rappel quand on l'en écarte.

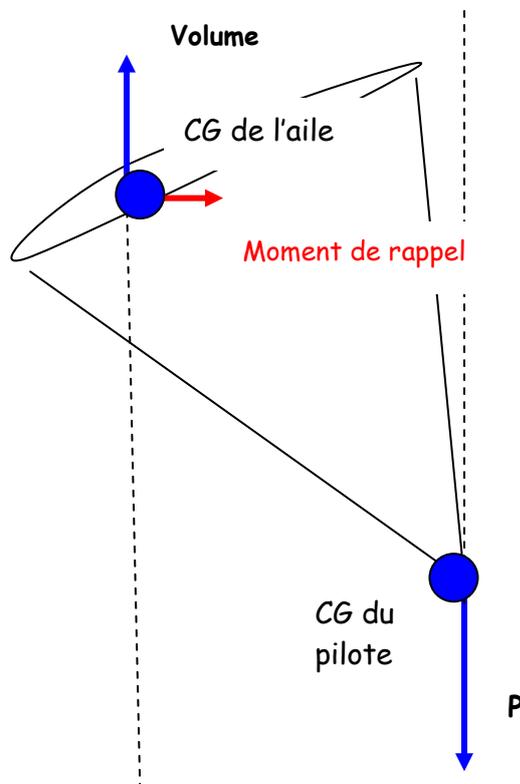
Cependant, le CP change de position donc peut conduire à amortir ou à renforcer la stabilité pendulaire.

- D'autre part, la **stabilité archimédienne** ...

... crée un moment par rapport au CG.

Principe : elle ramène les volumes au-dessus des masses.

Si la poussée d'Archimède est négligeable pour le pilote (1,5 kg environ), la voile avec ses 10 mètres cube d'air subit une pression de 12,5 kg. Elle a un puissant effet stabilisant en virage et dans les piqués notamment.



**BILAN** : Stabilisation pendulaire et archimédienne tendent à ramener le système à une même position verticale : CP et CG alignés d'où les efforts permanents aux commandes pour maintenir

un virage. Cependant, avec une accélération importante, cette stabilité statique peut se transformer en instabilité dynamique du fait des balancements dus à l'inertie.

**o) Attention :** les comportements de l'aile peuvent changer selon la vitesse adoptée. Une voile stable dans les vitesses hautes se met à dandiner dans les basses vitesses.

**o) Stabilité aérodynamique, stabilité pendulaire et stabilité archimédienne** se conjuguent dans tous les registres du vol en parapente (et notamment avec la voltige qui redonne ses lettres de noblesse au "jeu" du parapentiste avec les stabilités pendulaire et archimédienne)

#### 4 - Tangage, roulis, lacet

##### 41 - Le tangage

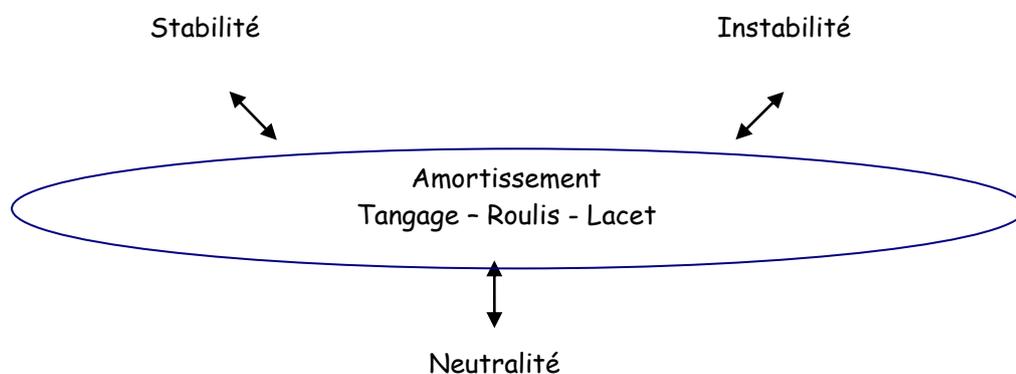
- Une voile peu amortie aura des balancements AV - AR en turbulences et en manœuvres.
- Un effort croissant faiblement aux commandes est plutôt signe d'instabilité.

##### 42 - Le roulis

- La réaction de l'aile à un dérapage sur l'axe de roulis est l'**effet dièdre**.
- L'effet positif (donc marque de stabilité) tend à incliner la voile du côté opposé au glissement. On parle aussi de **stabilité latérale**.

##### 43 - Le lacet

- Sur l'axe de lacet, la réaction de l'aile à un dérapage est l'**effet girouette**.
- L'effet positif tend à remettre l'aile face au vent relatif. On parle de **stabilité de route**.



**o) Problème de surpilotage** de pilotes qui, lors de petits incidents (fermeture frontale par ex) ne laissent pas le temps à la voile de retrouver son régime de vol et son équilibre. En général, toutes les transitions du pilote (changement de positions des commandes) doivent se faire tranquillement. En cas de "mollissement" d'un côté, le pilote va tenter de "retrouver le contact" avec la voile sans brutalité.

**o) L'usage des trims** (biplace surtout - action sur les élévateurs C et D) et de l'**accélérateur** (action sur les A et B) engendrent une accélération de la voile en la rendant plus piqueuse.

## C/ LE VOL EN TURBULENCES

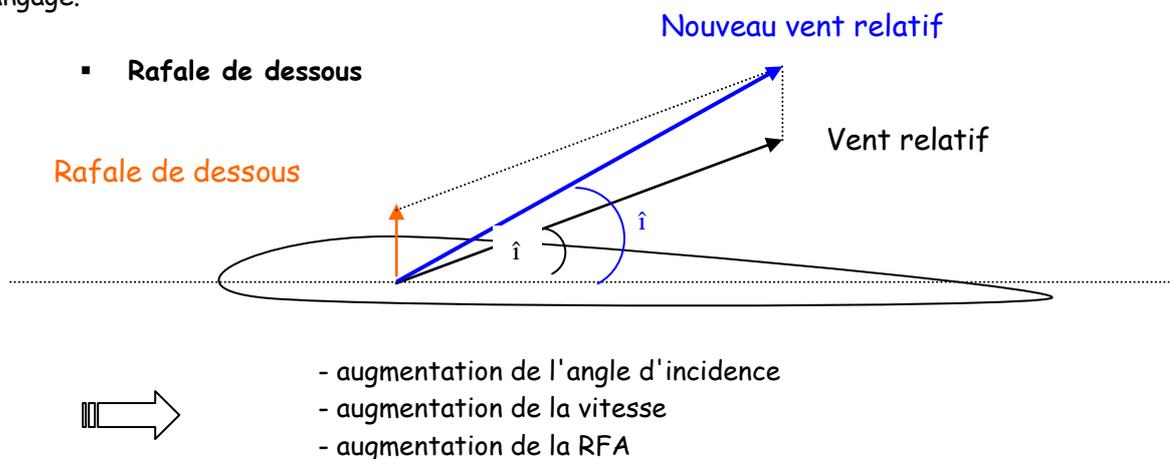
*Pour voler en sécurité, longtemps ... et loin ! Influence de l'aérodynamique sur le comportement de la voile*

**Déf :** la turbulence est l'affrontement de deux masses d'air de vitesses et de directions différentes.

### 1 - Les turbulences symétriques

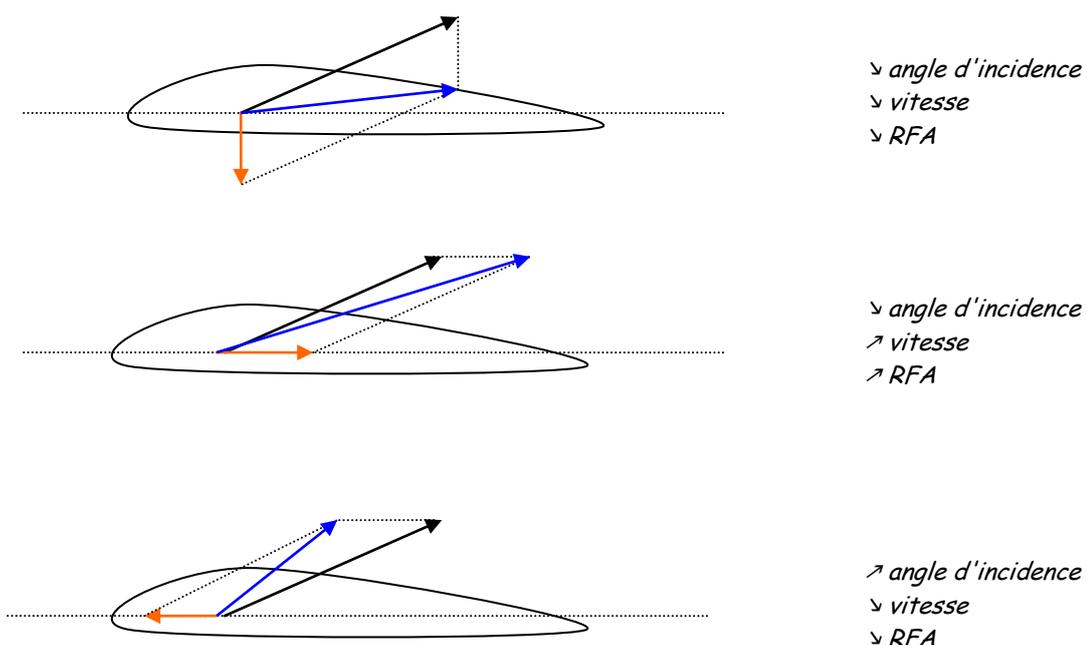
Nous n'envisageons ici que des états transitoires c'est-à-dire liés au caractère rafaleux de l'aérodynamique ou au passage du pilote dans une turbulence (entrée de thermique par ex.).

Les turbulences symétriques engendrent, le plus souvent, une modification du comportement de l'aile essentiellement sur son axe de tangage.



L'action du pilote visera à réduire l'angle d'incidence en levant les commandes.

### ▪ Schémas avec rafale de dessus, avant et arrière

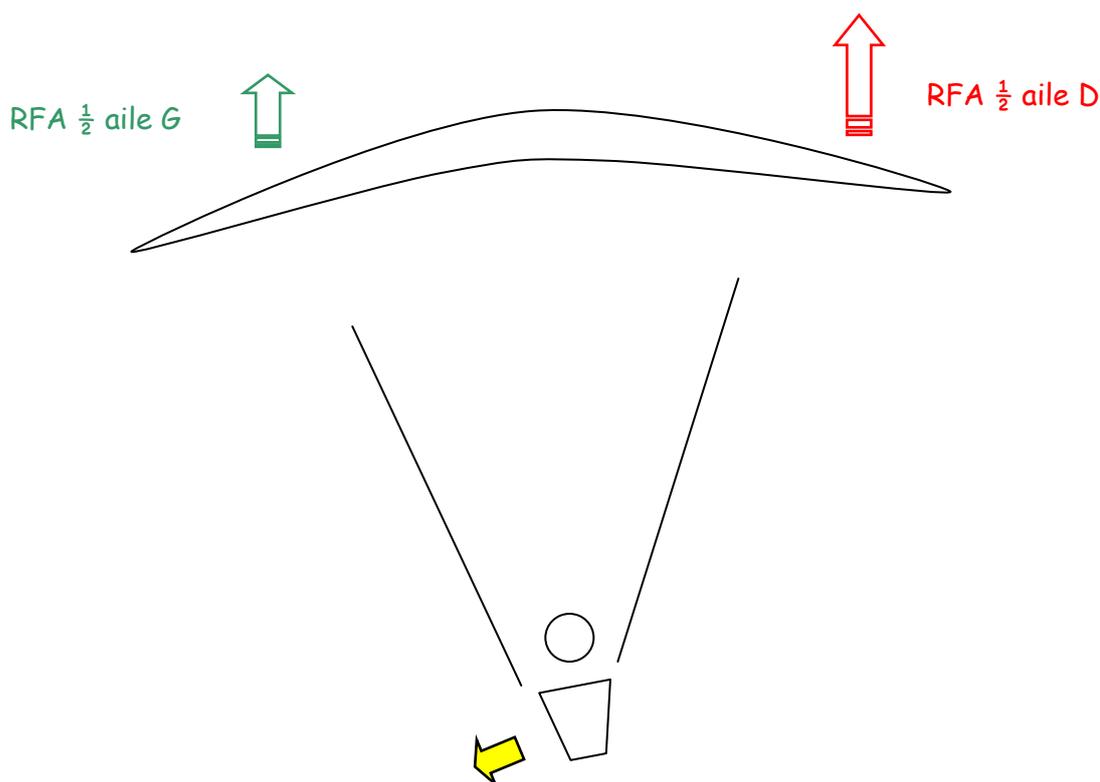


**:o)** En cas d'inaction du pilote, une diminution relative de la vitesse de l'aile engendre une abattée. L'aile reprend la vitesse qui lui manque pour soutenir le poids du pilote.

## 2 - Turbulences asymétriques

Elles engendrent une modification du comportement de l'aile essentiellement sur ses axes de lacet et de roulis.

Exemple de soulèvement de l'aile à droite :



Si le pilote est passif, il tombe dans la sellette à gauche favorisant l'amorce du virage à gauche.

**:o)** Les sellettes avec le système ABS (Anti Balance Système) permettent un report du poids du pilote du côté de la  $\frac{1}{2}$  voile ouverte.

### Conduite à tenir :

En vol, le pilote est aveugle et l'aile sert de canne blanche. L'écoute se réalise à la sellette et aux commandes.

- Déport du pilote sur la fesse droite
- Descente de la main gauche pour garder le contact avec l'aile
- Abaissement mesuré de la commande droite pour éviter un changement de cap

### 3 - Les incidents de vol

- **La vrille** est due à un excès d'incidence asymétrique (ralentissement violent d'un côté par exemple). Le pilote reste à la verticale de la voile.
- **L'auto rotation**, suite à une fermeture ou à un décrochage asymétrique, engage l'aile à tourner très vite. C'est sensible sur des voiles fortement allongées. Le pilote est excentré.
- **Le décrochage** suit une phase parachutale si on enfonce les commandes doucement : décrochage statique. Si on enfonce les commandes après une ressource, c'est un décrochage dynamique.

#### Par conséquent :

En conditions turbulentes, il faut " tenir son aile " en :

- Conservant la trajectoire prévue
- Conservant l'aile au-dessus de la tête

Mais aussi en :

- Etant conscient de son régime de vol
- Evitant les vitesses élevées (risque de frontale)
- Evitant le taux de chute mini (risque de décrochage)

## D/ CONCLUSION : des questions ???

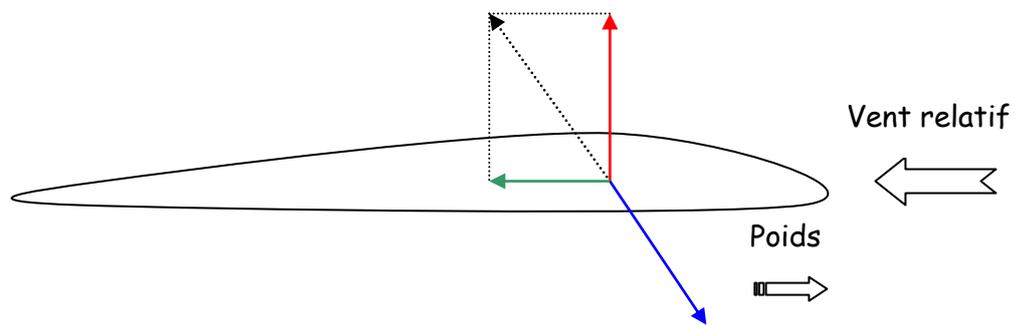
### 1- Essai de voile

- **Aptitude au décollage :**
  - L'aile peut être dure à gonfler et/ou à monter
  - Elle peut être pressée ou paresseuse
- **Stabilité en vol droit :**
  - Baisser les commandes progressivement : l'aile peut avoir un " roulis hollandais " en vol lent qui est plus sensible en turbulences.
  - Descendre une commande de 30 cm pendant 1 seconde et la ramener. Si la voile ne bouge pas, elle est très stable.
- **Débattement des commandes :**
  - Si le débattement est sup. à 1 m, on a affaire à une voile peu sensible.
  - Si le débattement est inf. à 50 cm, la voile est très sensible (à ne pas mettre entre toutes les mains).
  - Tenir compte du débattement utile (basses incidences).
  - Si l'effort aux commandes est important, l'aile est qualifiée de lourde (légère à l'opposé).
- **Virage :**
  - Temps de réaction pour la mise en virage et efforts aux commandes.

## 2 - Le statique

### Simulation :

- Vent laminaire de face 20 km/h



*Le pilote agit comme " ancrage "*

- Vent irrégulier : variation du vent en force et en direction !

L'objectif est de préserver l'équilibre du système par :

Action sur les commandes (vitesse, incidence)

Action sur la ventrale (poids)

Déplacement du pilote (recentrage)

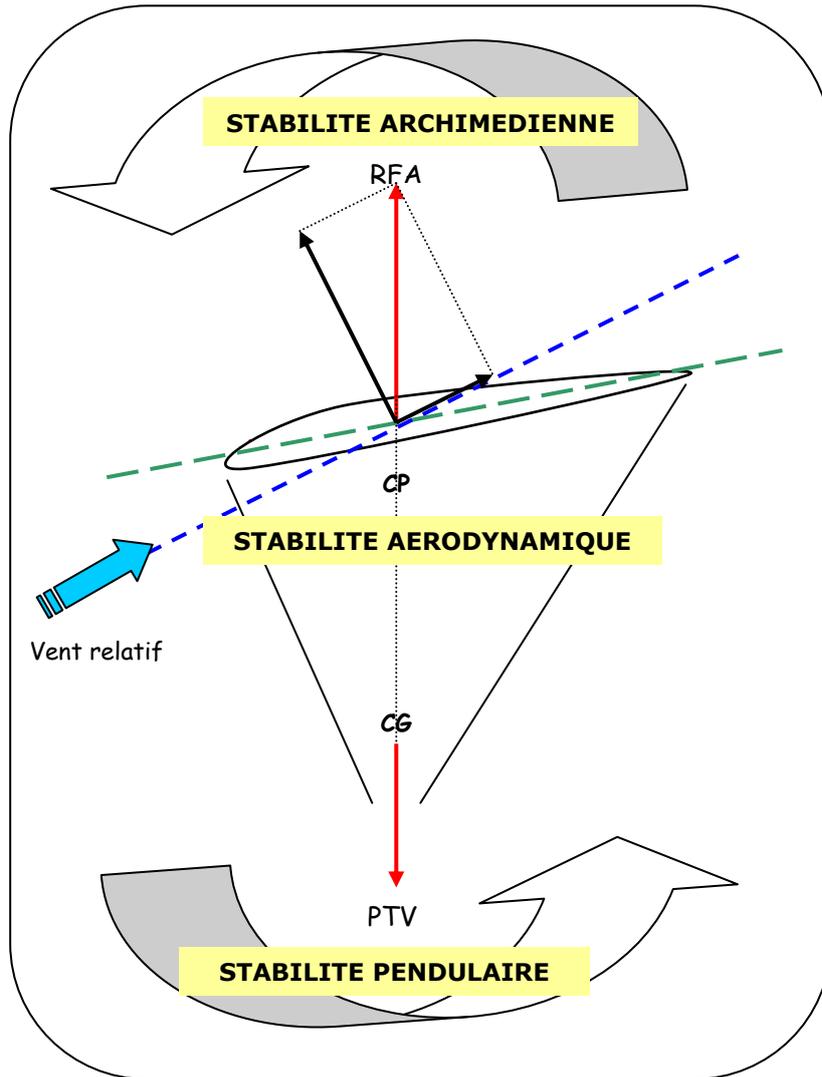
En cas de déséquilibre asymétrique :

Déplacement du pilote (*CG* sous *CP*)

Action sur les commandes (ramener le *CP* au dessus *CG*)



# SYNTHESE MECAVOL



## CARACTERISTIQUES DE LA VOILE

- polaire des vitesses
- stabilité - instabilité - amortissement
- manoeuvrabilité - maniabilité

## PILOTAGE

- les capteurs sellettes et commandes
- pilotage sellette
- action commandes (amplitude, vitesse, durée)
- timing général d'action

---

# Météorologie

---

**La météorologie** est l'étude des phénomènes atmosphériques à l'échelle du globe. Cette science tente de prévoir la prévision du temps pour les jours à venir. Elle est de ce fait intéressante pour le parapentiste en lui permettant de préparer sa journée : choix du site, heure de décollage, cheminement pour un cross, ...

**L'aérologie** est l'étude des masses d'air au niveau local et ce, dans la couche basse de l'atmosphère. Il s'agit de comprendre et d'exploiter les phénomènes thermiques et dynamiques : observation, analyse, choix, ... afin de voler en toute sécurité.

Plan du chapitre :

A/ METEO : principes de base

- 1- Généralités
- 2- Les masses d'air
- 3- Genèse d'une perturbation

B/ DE L'OBSERVATION DES NUAGES AU VOL

- 1- Observation des nuages
- 2- Description des nuages
- 3- Formation des nuages

C/ LE VOL EN THERMIQUE

- 1- Situation aérologique
- 2- Chasser les thermiques
- 3- Exploiter les thermiques

D/ LE VOL EN DYNAMIQUE

- 1- Situation aérologique
- 2- Le vol

E/ LES DANGERS AEROLOGIQUES

- 1- Les pièges aérologiques
- 2- L'aérologie dangereuse

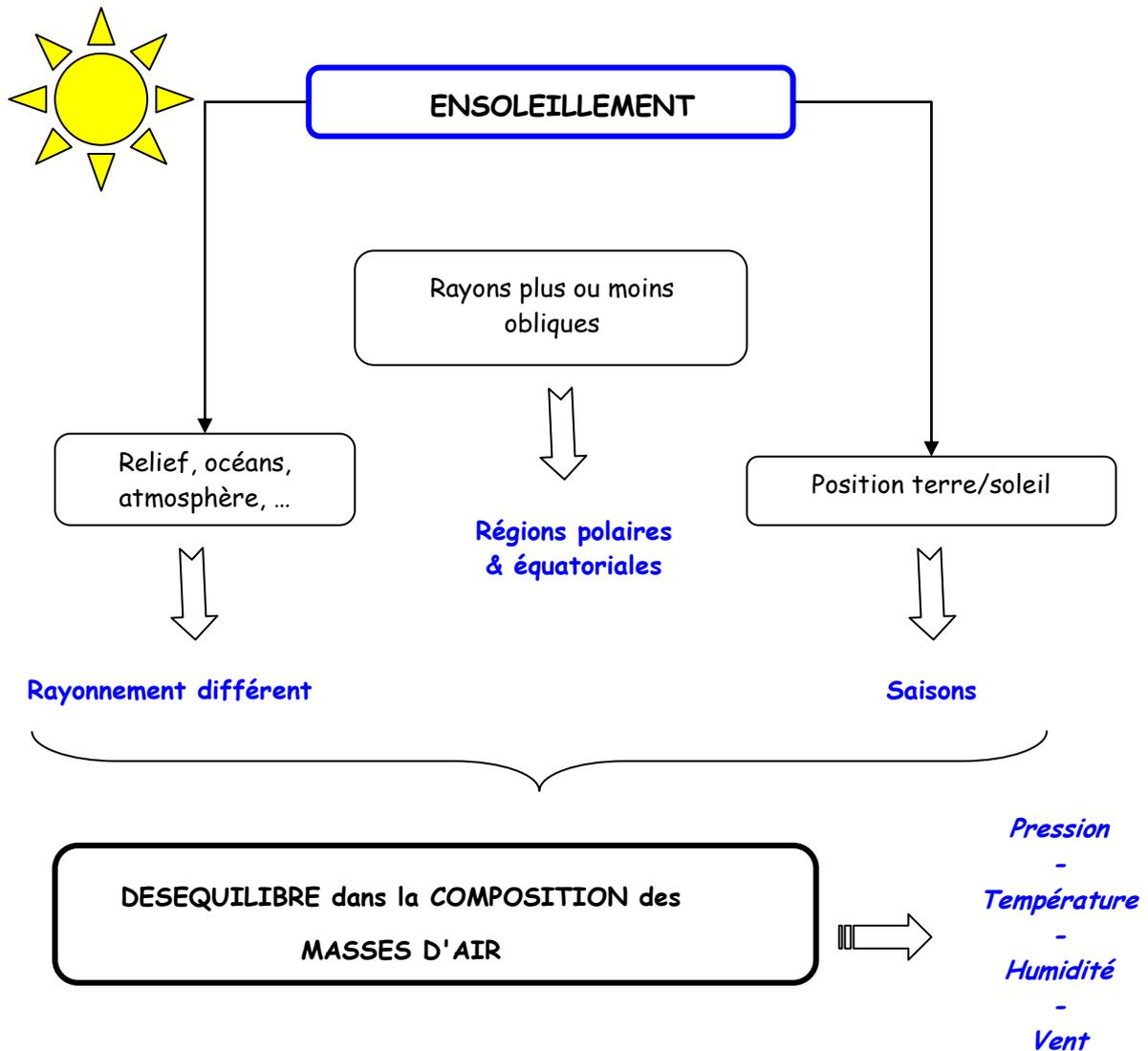


## A/ METEO : principes de base

### 1 - Généralités :

Importance du rayonnement émis par le soleil : celui-ci est en grande partie réfléchi (50%) vers l'espace, le reste arrive au sol et là encore, une partie est réfléchi selon la nature du sol : ce pouvoir réfléchissant s'appelle l'**albédo**. Les océans et terres sont de gigantesques accumulateurs de chaleur ou de froid.

Il se crée ainsi d'importants déséquilibres qui vont générer des échanges, des transferts, des mouvements.



### 2 - les masses d'air

**RAPPEL** - *Quelques éléments de lois de physique des gaz ... ou rappel de certains principes permettant de mieux comprendre les phénomènes météorologiques. Adresse du site dont sont issues ces données : <http://www.ffme.fr/technique/meteorologie/index.htm>*

- **déf** : La densité d'un corps est la quantité de matière qu'il contient dans un volume donné. Autrement dit, c'est le rapport entre la masse d'un corps et son volume.

- **L'air chaud est moins dense que l'air froid** : il contient moins de molécules d'air pour un volume égal (les molécules sont plus distantes les unes des autres à cause de leur agitation plus élevée). L'air chaud étant moins dense, il monte en altitude.
- **L'air sec est plus dense que l'air humide**. Donc, il s'élève plus difficilement. L'air sec est aussi plus stable que l'air humide.
- **Plus l'air est chaud et plus il peut contenir d'eau**. Lorsque l'air est chaud, la distance entre les molécules d'air est plus grande. La place est donc plus disponible pour avoir des molécules d'eau.
- **Lorsqu'on comprime l'air, ce dernier s'échauffe**. Les molécules qui composent l'air bougent dans tous les sens. Dans leur mouvement, les molécules entrent en collision produisant ainsi de la chaleur. Lorsqu'on comprime l'air, la distance entre les molécules diminue et les chances de collisions augmentent.
- **Lorsqu'on relâche la pression sur un volume d'air, ce dernier se refroidit**. Si la pression de l'air contenu dans un volume diminue c'est que l'air occupe moins de place, les molécules sont moins nombreuses et par conséquent les collisions entre elles sont plus rares.
- **L'eau peut se présenter sous trois phases** : solide, liquide, gazeux. La différence entre chaque phase est la quantité d'énergie se retrouvant dans l'eau. Plus la quantité est élevée et plus les molécules sont excitées et se déplacent rapidement jusqu'au moment où la cohésion moléculaire est nulle. C'est alors que l'eau devient un gaz et forme la vapeur d'eau.
- **L'humidité joue un rôle important dans l'instabilité de l'air**. On observe que plus il y a d'humidité dans l'air, plus il y a de l'énergie (chaleur) dans l'atmosphère (l'eau ne s'évapore pas sans l'aide de l'énergie). Lorsque l'atmosphère est surchauffée, l'air amorce un mouvement vers le haut en formant des cellules convectives. Les nuages se forment.
- Lorsque la vapeur se condense c'est que l'énergie potentielle se libère (on appelle ça la **chaleur latente**). Lorsque les nuages se forment, l'énergie potentielle que l'air contenait se libère et reste dans l'air. L'air poursuit sa montée car il continue, grâce à la chaleur latente, à se maintenir plus chaud que l'air ambiant, qui lui est plus froid.
- **La quantité d'eau que peut contenir une particule dépend directement de sa température et de la pression**. Par exemple, à 1000 mb à 25 degrés Celsius la quantité maximale de vapeur d'eau que la particule peut contenir est de 20g/kg alors qu'à 900 mb à 25 degrés Celsius, cette quantité passe à 23g/kg.
- **Plus la pression est basse et plus l'air peut se charger d'humidité**. Il s'agit d'un mécanisme important dans la formation des ouragans
- **L'air chaud et l'air froid sont comme l'huile et l'eau**. L'air est un gaz qui obéit au principe suivant : deux portions d'air avec des caractéristiques de température différente ne se mélangent pas bien.

Une masse d'air est ainsi caractérisée par :

- a. **sa température** : la température varie avec l'altitude : c'est le gradient de température. Celui-ci peut être irrégulier : il décroît dans une première couche puis

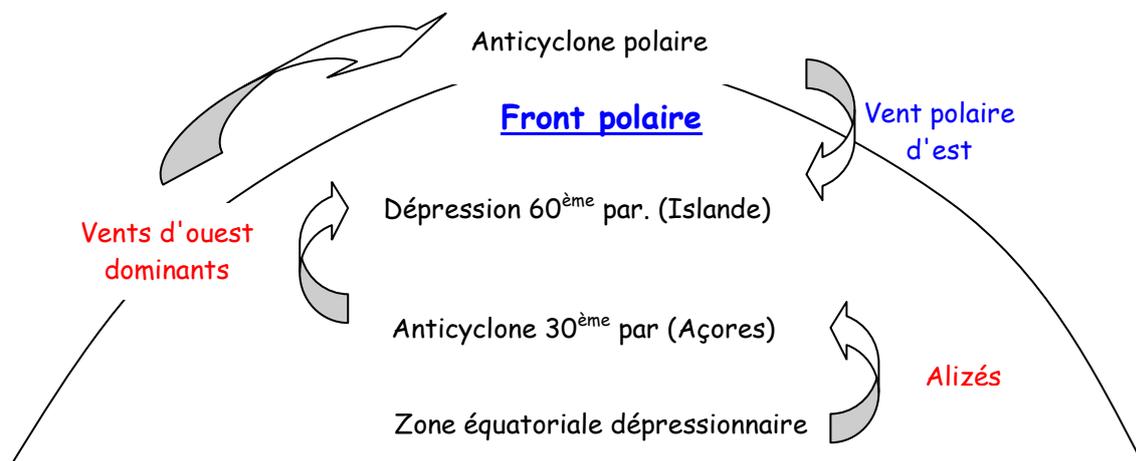
stagne ou croît (couche d'inversion) avant de décroître à nouveau. On peut alors avoir une superposition de masses d'air de nature différente. La température est un des moteurs essentiels des mouvements de l'atmosphère. Ainsi, la chaleur se transmet selon différents modes :

- le rayonnement solaire qui chauffe surtout l'écorce terrestre
- la conduction : l'air en contact avec le sol se réchauffe
- la convection qui intéresse de près le parapentiste : l'air s'échauffe par conduction, se dilate et, plus léger, s'élève.

b. **son humidité** : la quantité d'eau que peut contenir une particule d'air est liée à sa température : plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'humidité jusqu'à un maximum (saturation).

c. **sa pression** : la pression moyenne à la surface de la terre est de 1013 hectopascals (Hp).

A une plus grande échelle, les masses d'air qui nous concernent (cf. schéma infra) sont les masses d'air polaire maritime et continentale ainsi que les masses d'air tropicale maritime et continentale. Les masses d'air chaudes du sud et les masses d'air froides du nord sont séparées par une " frontière " appelée le front polaire qui a une grande importance dans le climat de nos régions.



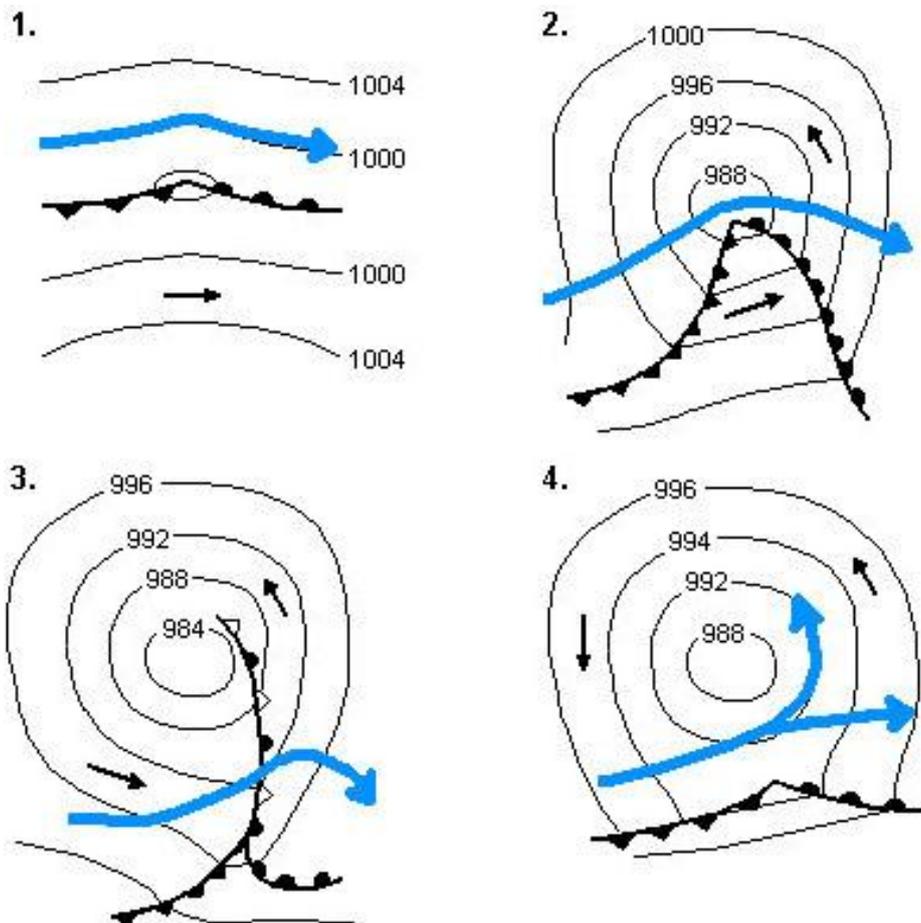
### 3 - Génèse d'une perturbation

La pression varie à la surface du globe. Grâce au réseau des stations d'observation, sa répartition peut être mise en évidence sur des cartes où sont tracées, pour un niveau donné, des courbes isobares (courbes qui rejoignent les points où la pression est identique). C'est ainsi qu'apparaissent des zones de haute pression (**les anticyclones**) et des zones de basse pression (**les dépressions**).

**L'inégalité des pressions commande le régime des vents** qui tend à rétablir l'équilibre de la pression en transportant de l'air des anticyclones vers les dépressions. L'écoulement de l'air n'est pas direct, comme on pourrait le croire, du centre anticyclonique vers le centre dépressionnaire. En fait, comme la Terre tourne, une force d'inertie (la force de Coriolis) agit de telle sorte que le vent tourne autour des dépressions dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre ; autour des anticyclones, dans le sens des aiguilles (ceci, dans l'hémisphère nord).

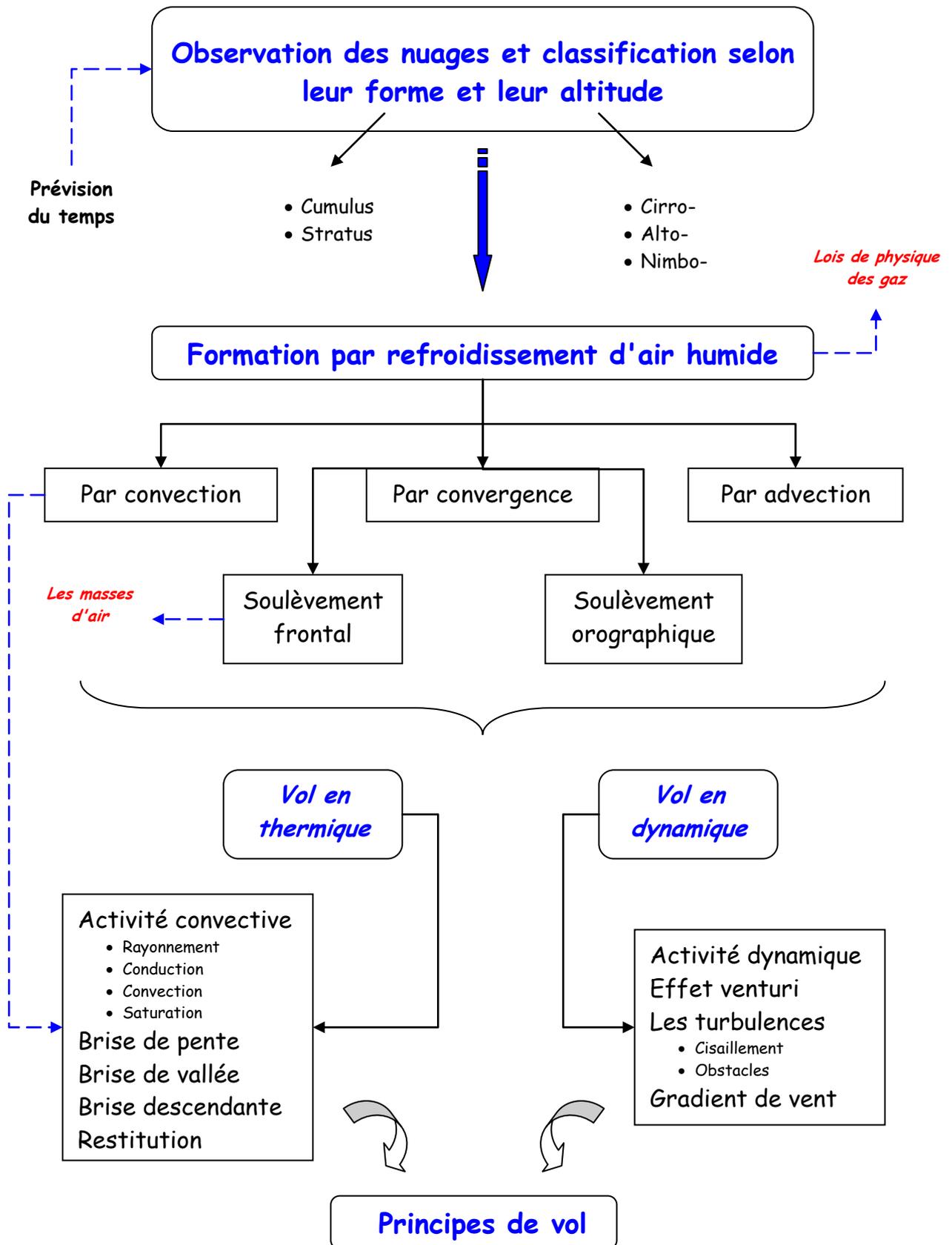
Les différences de caractéristiques de ces masses d'air engendrent une ondulation du front polaire (perturbation) qui va se manifester par une formation nuageuse (cf. soulèvement frontal p. 10).

Les différentes étapes d'une perturbation (schéma)



1. petite ondulation du front polaire
2. l'amplitude de l'ondulation a augmenté : la dépression s'amplifie
3. l'occlusion apparaît
4. le front retrouve son alignement

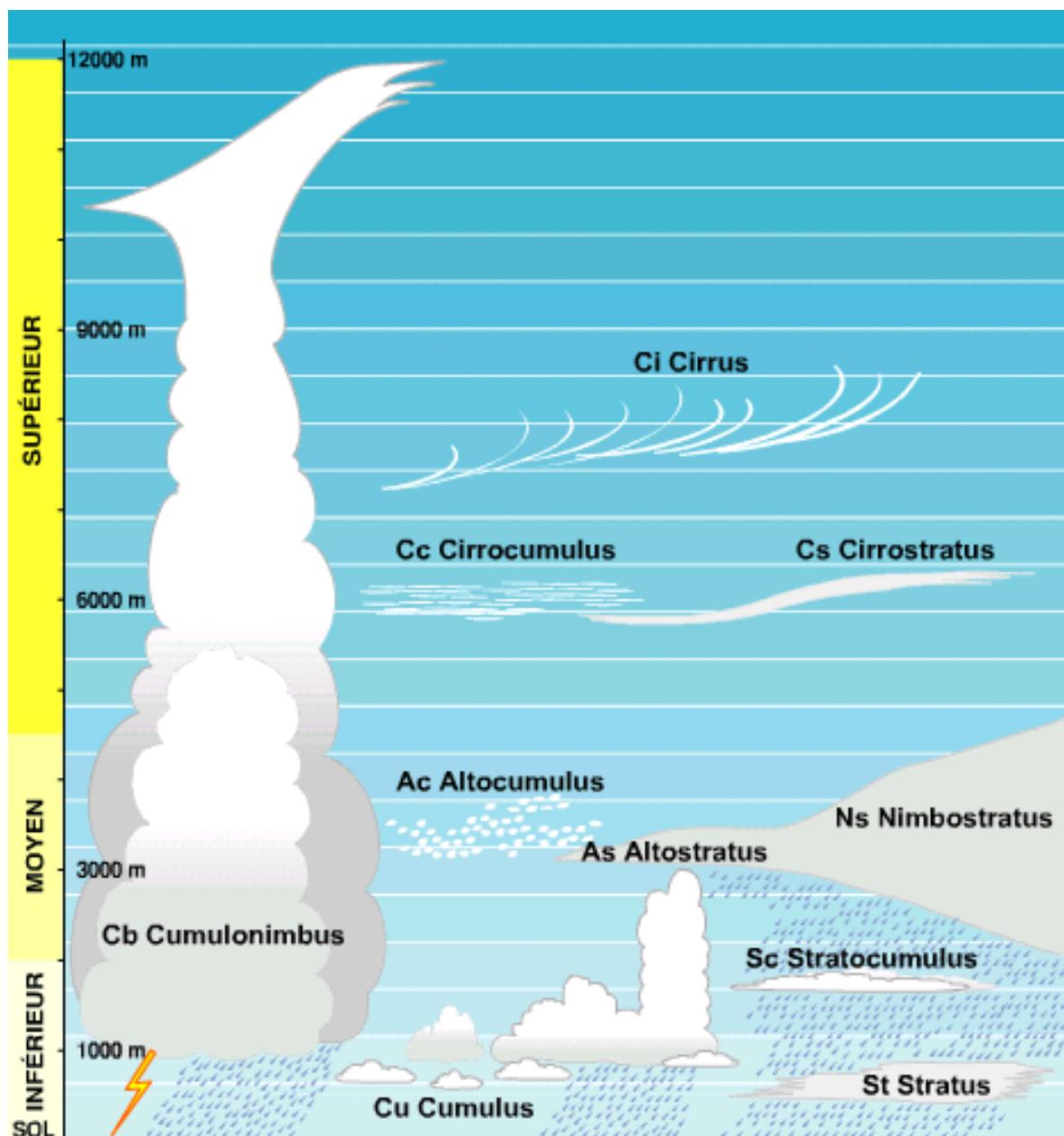
## B/ DE L'OBSERVATION DES NUAGES AU VOL



La météorologie est une science complexe dont les différentes notions s'imbriquent les unes aux autres, et ce, pour essayer de donner une explication ... au temps qu'il fait. Le schéma qui précède est une tentative de mise en relation de toutes ces données pour donner un sens à chacune d'elles.

## 1 - Observation des nuages

Un nuage est formé d'un ensemble de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace en suspension dans l'air. Il se forme par condensation de la vapeur d'eau lorsque l'air humide se refroidit.



## 2 - Description sommaire des nuages

### 21 - Les nuages de l'étage supérieur (sup. à 7000m, nuages de glace)

- Cirrus (Ci) : forme de plumes, de filaments très blancs. Ils sont souvent le signe avant-coureur de l'évolution du temps
- Cirro-cumulus (Cc) : petits nuages blancs pommelés et groupés
- Cirro-stratus (Cs) : voile nuageux élevé et peu épais, à structure souvent filamenteuse. Ce sont eux qui provoquent les halos

## 22 - Les nuages de l'étage moyen (de 2 à 7000m, nuages mixtes)

- Alto-cumulus (Ac) : souvent appelés moutons de couleur plus ou moins grise, aux contours nets. Ne donne pas de pluie.
- Alto-stratus (As) : couche grise homogène assez épaisse qui peut donner quelques gouttes.
- Nimbo-stratus (Ns) : couche grise foncée et épaisse, nuage de pluie interminable.

## 23 - Les nuages de l'étage inférieur (de 0 à 2000m, nuages d'eau)

- Cumulus (Cu) : nuage dit de beau temps, bourgeonnant, isolé, d'un blanc éblouissant dans sa partie ensoleillée. Peut se développer vers la couche moyenne (congestus) et donner un grain
- Stratus (St) : couche grise très uniforme, appelé brouillard lorsqu'il touche le sol
- Strato-cumulus (Sc) : contour typique du cumulus mais aplati comme un stratus

## 24 - Un nuage particulier

- Le cumulo-nimbus (Cb) : très développé verticalement sur les 3 étages, nuage d'orage violent redouté des parapentistes

## 3 - la formation des nuages

Un nuage est formé d'un ensemble de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace en suspension dans l'air. Il se forme par condensation de la vapeur d'eau lorsque l'air humide se refroidit. Le refroidissement est provoqué

- soit par contact avec une surface plus froide
- soit - le plus souvent - selon le processus :

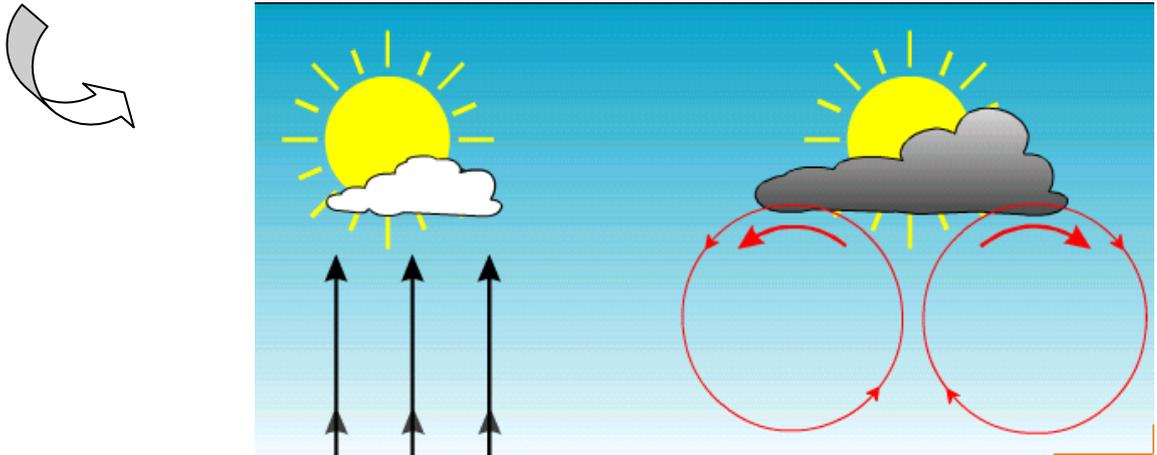
**Soulèvement**       $\Rightarrow$       **Détente**       $\Rightarrow$       **Refroidissement**

**Les différents mécanismes de refroidissement :**

- La convection
- Le soulèvement orographique
- Le soulèvement frontal
- L'advection
- La convergence

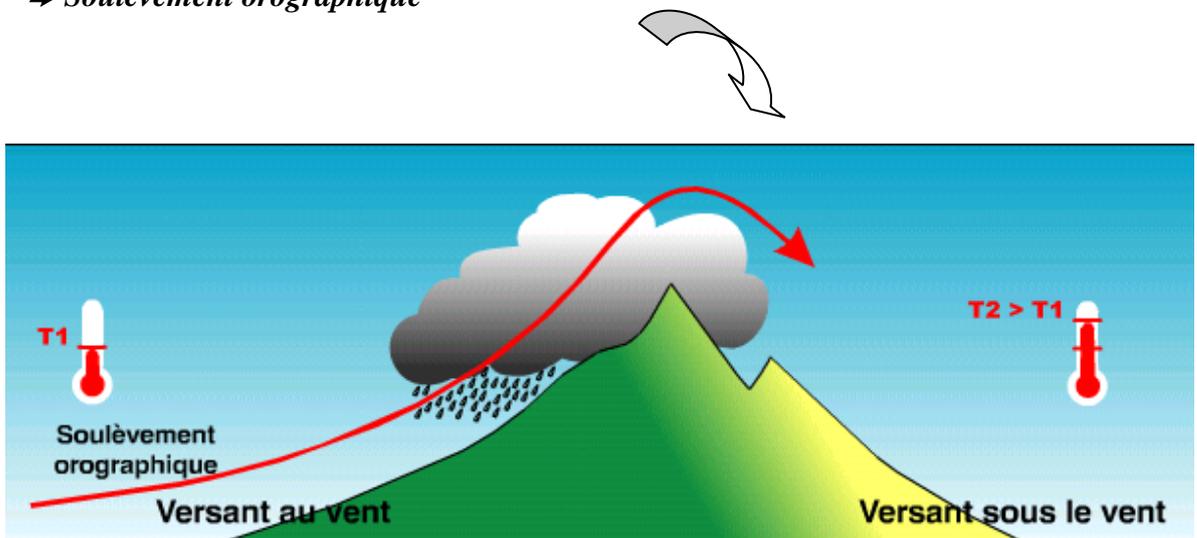
Schémas et explications qui suivent sont issus du site de météo France  
(<http://www.meteo.fr/meteonet/decouvr/dossier/nuages/nua.htm>)

## ⇒ Convection



Le réchauffement du sol se communique à l'air qui, dilaté donc plus léger, se met à monter et se refroidit par détente. Les nuages de convection apparaissent d'autant plus facilement qu'il y a de l'air froid en altitude (masse d'air instable).

## ⇒ Soulèvement orographique

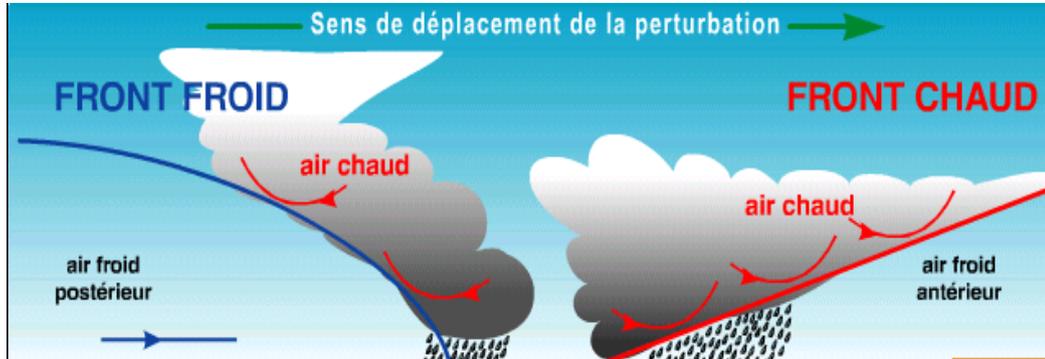


Le relief oblige la masse d'air à s'élever sur sa face au vent. La masse d'air s'élevant, sa température s'abaisse et peut atteindre le seuil de saturation. Un nuage se forme alors sur le versant au vent et se dissipe sur le versant sous le vent.

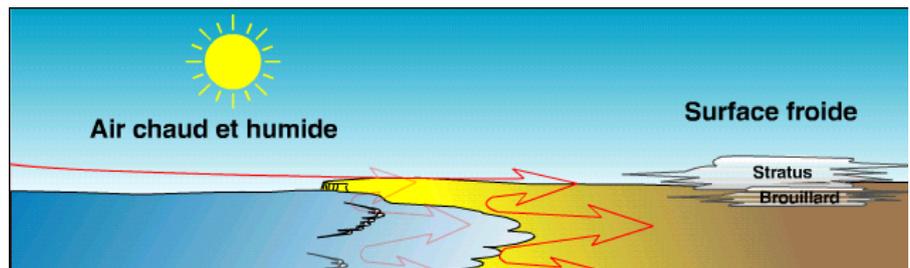
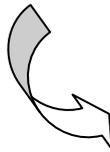
### ⇒ Soulèvement frontal



Dans une perturbation en mouvement, l'air chaud est soulevé à l'avant par la masse d'air froid antérieur (front chaud). L'air froid postérieur rejette l'air chaud en altitude (front froid). Le long des fronts se forment les nuages.

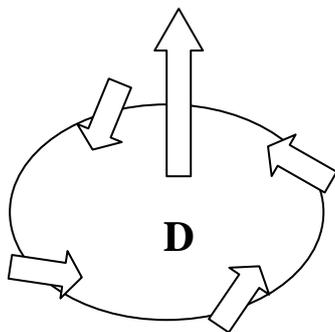


### ⇒ Refroidissement par la base



Ce mécanisme conduit à la formation de nuages bas ou brouillard. Il est fréquent l'hiver à l'approche d'une masse d'air doux et humide venant de l'Atlantique. On l'observe l'été en mer lorsque de l'air relativement doux arrive sur des eaux froides.

### ⇒ Refroidissement par convergence

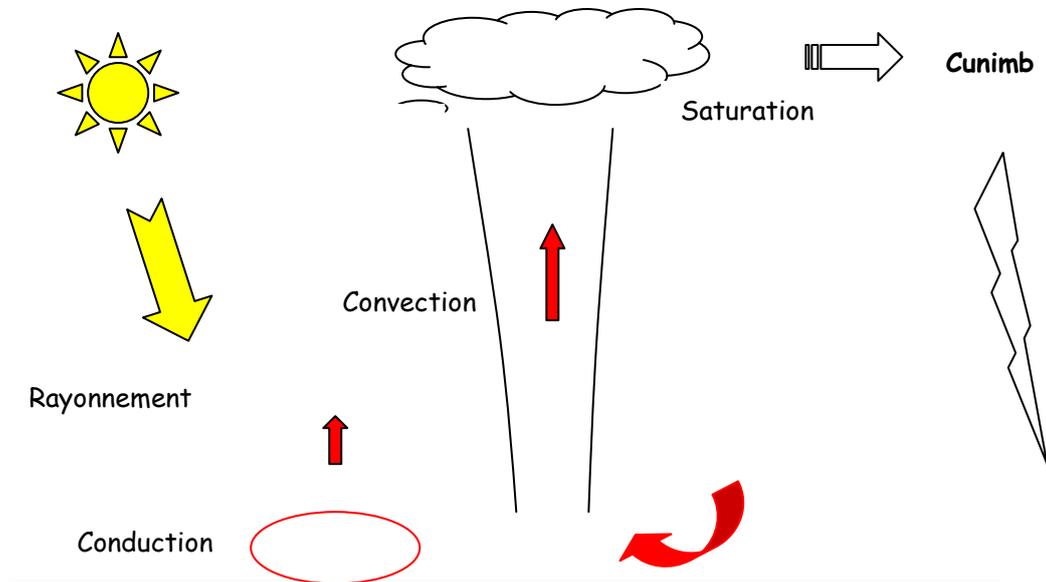


L'air qui converge dans une dépression ne peut s'accumuler constamment en son centre : il s'échappe vers le haut. La dépression génère donc un mouvement vertical ascendant.

# C/ LE VOL EN THERMIQUE

## 1 - La situation aérologique

### 11 - Schéma général



### 12 - Air stable et instable

- Certaines atmosphères amplifient les phénomènes d'ascendance : ils sont de type instable. Les autres sont de type stable.
- La masse d'air a un certain gradient de température : plus on s'élève, plus la température diminue. C'est le **gradient statique**.
- Une poche d'air surchauffé quitte le sol et se refroidit de 1°C par 100m pour de l'air sec (**gradient dynamique dit adiabatique**) et de 0,5 à 0,8°C par 100m pour de l'air saturé (**gradient pseudo adiabatique**).
- Le mouvement ascendant d'une particule d'air s'étouffe lorsque l'air ambiant devient plus chaud que l'air de l'ascendance. Ainsi, une masse d'air est dite stable si son gradient statique de température est inférieur au gradient adiabatique dynamique.

Exemple :

	Air stable	Bulle d'air	Air instable
1000m	6°	6°	0°
900m	6°4	6°6	1°
800m	6°8	7°2	2°
700m	7°2	7°8	3°
600m	7°6	8°4	4°
500m	8°	9°	5°
400m	8°4	9°6	6°
300m	8°8	10°2	7°
200m	9°2	10°8	8°
100m	9°6	11°4	9°
Sol	10°	12°	10°

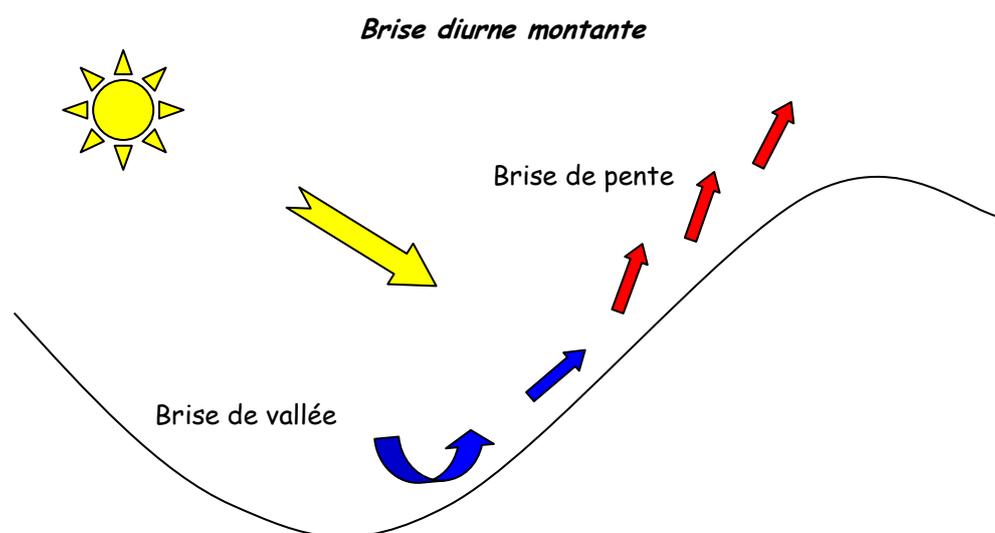
- En air stable, l'ascendance de la bulle d'air sera bloquée vers 1000m tandis qu'en air instable, elle montera au-delà de 1000m car sa température est supérieure à l'air ambiant.

### 13 - Le déclenchement des thermiques

- L'humidité doit être résorbée avant que le sol ne puisse s'échauffer ! Ces surfaces sont plutôt des zones d'air frais.
- Le rayonnement solaire et l'angle d'attaque des rayons : plus ils sont perpendiculaires au sol, plus la température sera élevée.
- Le vent favorise le décollement des ascendances ... mais trop de vent empêche la stagnation de l'air au sol et donc son réchauffement.
- Le contraste et la nature des sols : expositions différentes (un contraste de 3° suffit), couleurs des sols, ...

**o** Imaginer les zones favorables en trouvant la chaleur qu'un marcheur chercherait (ou la fraîcheur).

### 14 - Les brises de vallée et brises de pente



Les pentes qui dominent les vallées, sous l'action du soleil montant, chauffent et transmettent une partie de cette chaleur par **conduction** aux basses couches d'air qui les surmontent, comme une plaque chauffante. Cet air se trouve alors plus chaud, donc plus 'léger' que l'air situé au dessus ou dans les vallées moins ensoleillée. Il a donc tendance à remonter la pente formant la **brise de pente**.

L'air de la vallée, bien que plus froid, est alors obligé de monter lui aussi afin de combler le vide laissé par l'air chaud des pentes qui s'est échappé par le haut. C'est la **brise de vallée**.

#### *Brise descendante*

Lorsque le soleil cesse de chauffer les pentes en fin d'après-midi, le sol se refroidit rapidement. L'air de la vallée, refroidi, tend à s'écrouler vers le fond de la vallée. L'air des pentes n'a pas

d'autre choix que de suivre le mouvement descendant puisque le soleil ne chauffe plus assez pour le faire monter. Par conséquent **la brise s'inverse et devient descendante**.

### ***Confluence***

C'est l'ascendance née de la rencontre de 2 vents. Il y a mouvement de convergence des brises allant des plaines vers les montagnes. Attention ainsi aux passages de cols.

### ***Restitution***

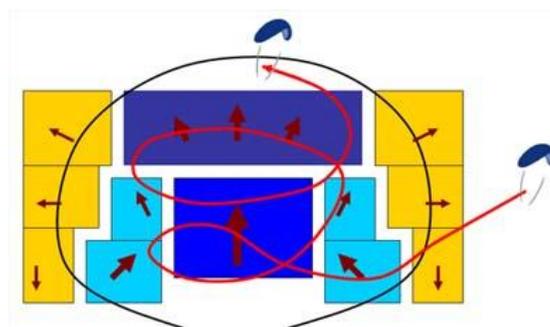
Les forêts, la neige, les lacs, la mer, les terrains humides se réchauffent et se refroidissent plus lentement que la moyenne. Les brises sont par conséquent moins marquées. Le soir, ces terrains se refroidissent plus lentement que l'air qui les recouvre. Ils sont donc un peu plus chauds et produisent des ascendances. On peut profiter de ces ascendances du soir pour voler au dessus des forêts. On parle de **vols de restitution**. Ce phénomène est aussi responsable des brises de mer et brises de terre qui s'établissent sur le littoral.

## **2 - Chasser les thermiques**

- Le pilote doit tout d'abord avoir une connaissance générale des conditions aérologiques de la journée : air stable ou instable, évolution des conditions, ...
- Ensuite, c'est un observateur des lieux : le site, les contrastes, la topographie, la nature des sols, les couleurs, ...
- En vol et en situation " basse ", il repère les mouvements des feuilles et tente d'anticiper les zones de déclenchement des thermiques. En situation " haute ", les oiseaux et les nuages sont ses indicateurs privilégiés.
- Un débutant aura tendance à regarder les autres ailes ... qui confortent ou non son analyse préalable. Vous êtes seul, ... adoptez le **principe " d'humilité "**.

## **3 - Exploiter les thermiques**

Le schéma représente les zones importantes du thermique (schéma Christophe Champetier). Du bleu clair au bleu plus foncé, ce sont les zones les plus favorables à l'exploitation de la bulle. Les zones jaunes ont tendance à sortir le parapentiste du thermique et peuvent être dangereuses (zone de dégueulantes, turbulences). Le trajet en rouge optimise l'exploitation de la bulle.



### **31 - Entrée dans le thermique**

- Vous entrez de face : il s'en suit un cabré de l'aile avec diminution de la vitesse et augmentation de l'angle d'incidence qu'on régule en levant les commandes ... sans tout lâcher !!!
- Vous entrez de côté, une partie de l'aile se soulève (la commande devient dure). Il faudra tourner de ce même côté.

## 32 - Exploitation du thermique

- Vous êtes près du relief, préférez les 8 avec des virages plus ou moins aplatis selon la taille supposé du thermique. Agrandissez le 8 au fur et à mesure que vous montez.
- Vous êtes loin du relief, enroulez à inclinaison modérée : si le thermique est étroit, on enroule serré pour progressivement élargir sa zone d'évolution; en ascendances larges, l'inclinaison peut être faible avec un travail sellette accru.
- La thermique peut être incliné (par le vent) et engendrer une dérive de votre trajectoire. Vous volez alors au-dessus et en arrière du relief. Attention au retour si le vent forci et à l'effet bagnard en cas de sortie du thermique.
- Vous avez un doute, tournez plutôt vers le vent ... pour mieux revenir dans le thermique.

## 33 - Sortie de thermique

- Le pilote rencontre cette fois ci l'inverse de ce qu'il a rencontré en entrant : possibilité d'abattée ou de fermeture asymétrique dont l'amplitude varie avec le feeling de pilotage et la violence du thermique.

## 34 - Cas particulier du thermique sous le vent

- A exploiter qu'avec beaucoup de prudence : pilotage sûr, voile plutôt stable. En général, l'ascendance est d'une forte intensité et les turbulences périphériques sont amplifiées. Dans des cas extrêmes, la voile peut sortir complètement de son domaine de vol, les commandes deviennent dès lors totalement inefficaces.
- Ne pas confondre ce cas de figure avec des vols dans des " micro climats " sous le vent.

## D/ LE VOL EN DYNAMIQUE

### 1 - La situation aérologique

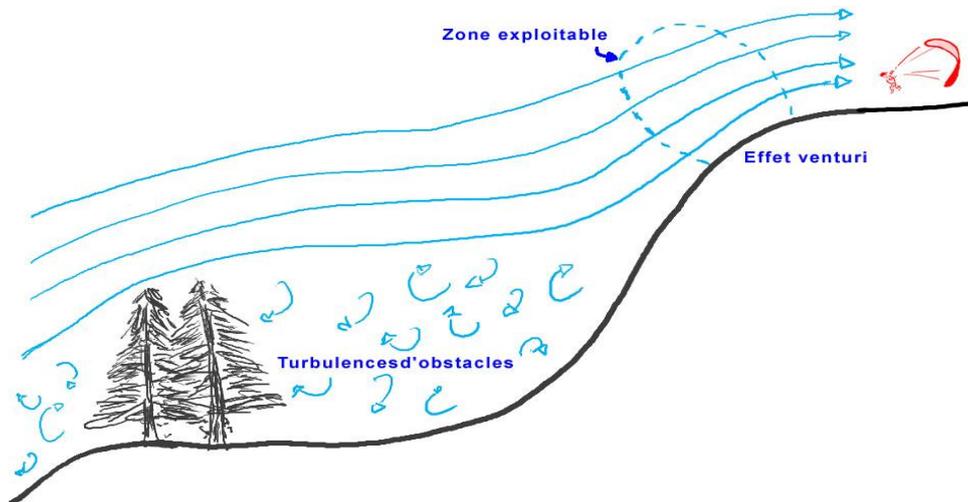
L'écoulement de l'air dans les reliefs n'est pas **laminaire**. Il accélère dans les vallées et au sommet des reliefs, il se crée des **turbulences** derrière les obstacles.

#### 11 - L'effet venturi

Un resserrement d'écoulement du vent (vallée par exemple) se traduit par une accélération du débit (loi de la conservation des débits). Cet effet venturi se retrouve également en haut d'un relief et varie en fonction de la vitesse du vent, de la forme de la pente et de l'orientation de la pente par rapport au vent.

**o)** *Selon l'altitude du relief, l'ascendance peut donner naissance à un nuage orographique.*

#### 12 - Un exemple d'écoulement du vent à Grendelbruch (vent d'est)



## 13 - Les turbulences

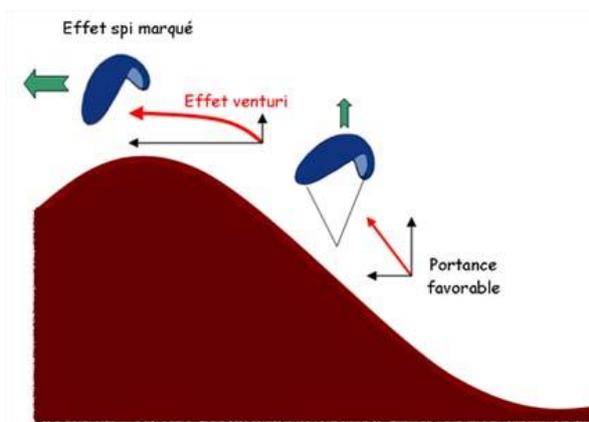
De manière générale il y a **turbulence** lorsqu'il y a :

- **conflit entre deux masses d'air.** Ce conflit peut se jouer entre deux masses d'air de très grande taille (turbulences au voisinage des fronts météo) ou bien au contraire de petite taille (aux abords d'un thermique par exemple). Elle produit des **cisaillements**.
- **conflit entre une masse d'air et un obstacle :** montagne, maison, arbre; sol rugueux,...  
Phénomène non moins complexe produisant des remous, rotors, rouleaux,...
  - Zones au vent et zones sous le vent
  - Turbulences de sillage
  - Turbulences d'obstacles
  - Gradient de vent près du sol
  - Le cisaillement (horizontal et vertical)

**o)** Attention, pour un même relief, la force du vent et son orientation provoquent des turbulences différentes.

## 2 - Le vol

### 21 - Le soaring



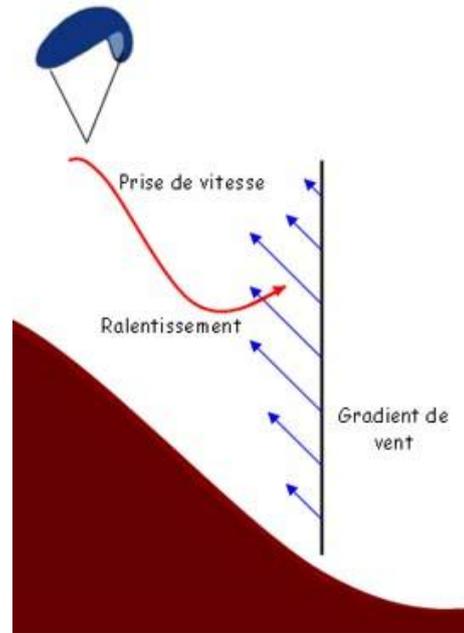
Encore appelé vol de pente, il consiste à évoluer le long d'une pente grâce aux ascendances dynamiques. Le pilote fait des 8 plus ou moins larges en fonction de l'épaisseur de l'ascendance.

Selon la direction du vent, il s'opère un dérapage lors du virage qu'il faut anticiper : par vent de face, il pousse vers le relief, par vent de travers, il pousse sur le côté.

**o)** Attention, il faut savoir décoller dans un vent soutenu. En cas de vent fort, il vaut mieux descendre dans la pente : gonflage face à la voile - action mesurée sur les commandes - anticipation de la rotation du pilote - mise en place de l'accélérateur éventuellement pour quitter une zone très forte !

## 22 - Le vol de gradient

Inspiré par l'observation de l'albatros, cela consiste à emmagasiner de l'énergie dans les zones où l'ascendance est faible et à restituer cette énergie lorsque les valeurs de l'ascendance augmentent (comme en thermique finalement).



## 23 - Le vol d'onde

Plutôt utilisé par les pilotes de planeur. L'impulsion donnée par le relief à une masse d'air qui franchit un relief se poursuit en arrière de ce relief, et ce, dans une atmosphère stable et par vent soutenu.

## E/ LES DANGERS AEROLOGIQUES

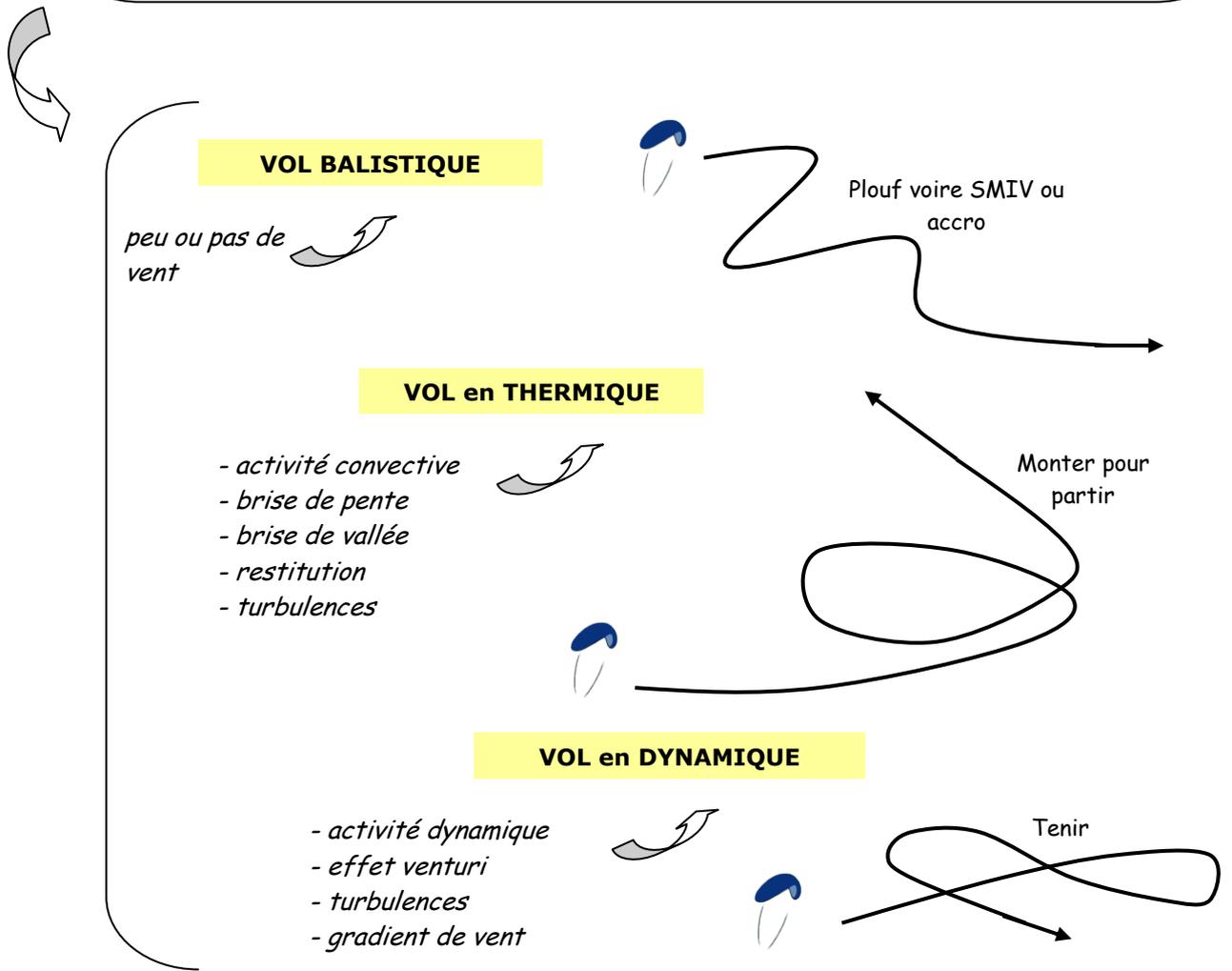
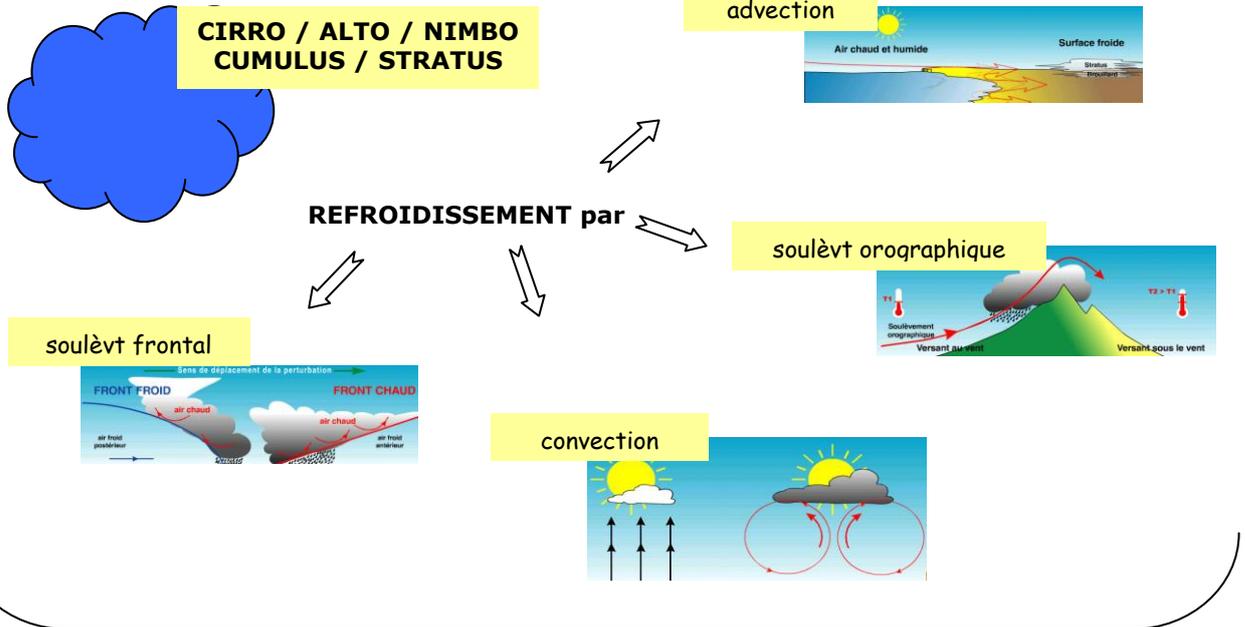
### 1 - Les pièges aérologiques

- Turbulences : cf. mécafol avec les variations d'incidence et de vitesse sur les ailes. Turbulences d'obstacles, de relief, rouleaux sous le vent d'un sommet.
- Effet venturi : col, resserrement de vallée, contournement d'arête, sommet de relief.
- Gradient de vent : Dans une zone proche du sol, la vitesse du vent décroît par frottement. Le gradient est variable selon la nature du sol, la proximité d'obstacles, la force du vent, ... Important à prendre en compte lors de l'atterrissage (cf. chapitre atterro) mais aussi lors de repose au sommet ou en vol de pente !

### 2 - L'aérologie dangereuse

- Des cumulus congestus au cumulonimbus. Les ascendances sont de plus en plus fortes : éviter de voler sous la base du nuage. S'il est temps d'interrompre le vol, attention à l'atterro : les brises au sol peuvent être très fortes.
- Les inversions de température : une couche d'atmosphère instable peut être surmontée d'une inversion qui "écrase" la couche des thermiques en créant ainsi une zone turbulente. Attention, ces conditions idéales pour des pilotes en voie d'autonomie ne s'évaluent qu'une fois en vol !

# SYNTHESE AEROLOGIE



---

# Réglementation

---

Le vol est dit libre par le mode de "propulsion" qu'il utilise c'est-à-dire l'énergie du pilote et l'énergie potentielle de l'ensemble. Par ailleurs, sa pratique est plutôt bien "encadré".

Répertorié parmi les PUL (Planeur Ultra Léger), le parapente évolue dans un domaine très fréquenté justifiant une réglementation qu'il est nécessaire de connaître pour voler en toute sécurité avec les autres.

Plan du chapitre :

## A/ L'ENCADREMENT DU PARAPENTE

- 1- Organisation générale
- 2- Organisation fédérale : la FFVL
- 3- Synthèse sur organigramme simplifié
- 4- Les différentes formations

## B/ LA REGLEMENTATION AERIENNE

- 1- Obligation et contraintes
- 2- Les règles de vol à vue
- 3- Les hauteurs de vol
- 4- Les priorités

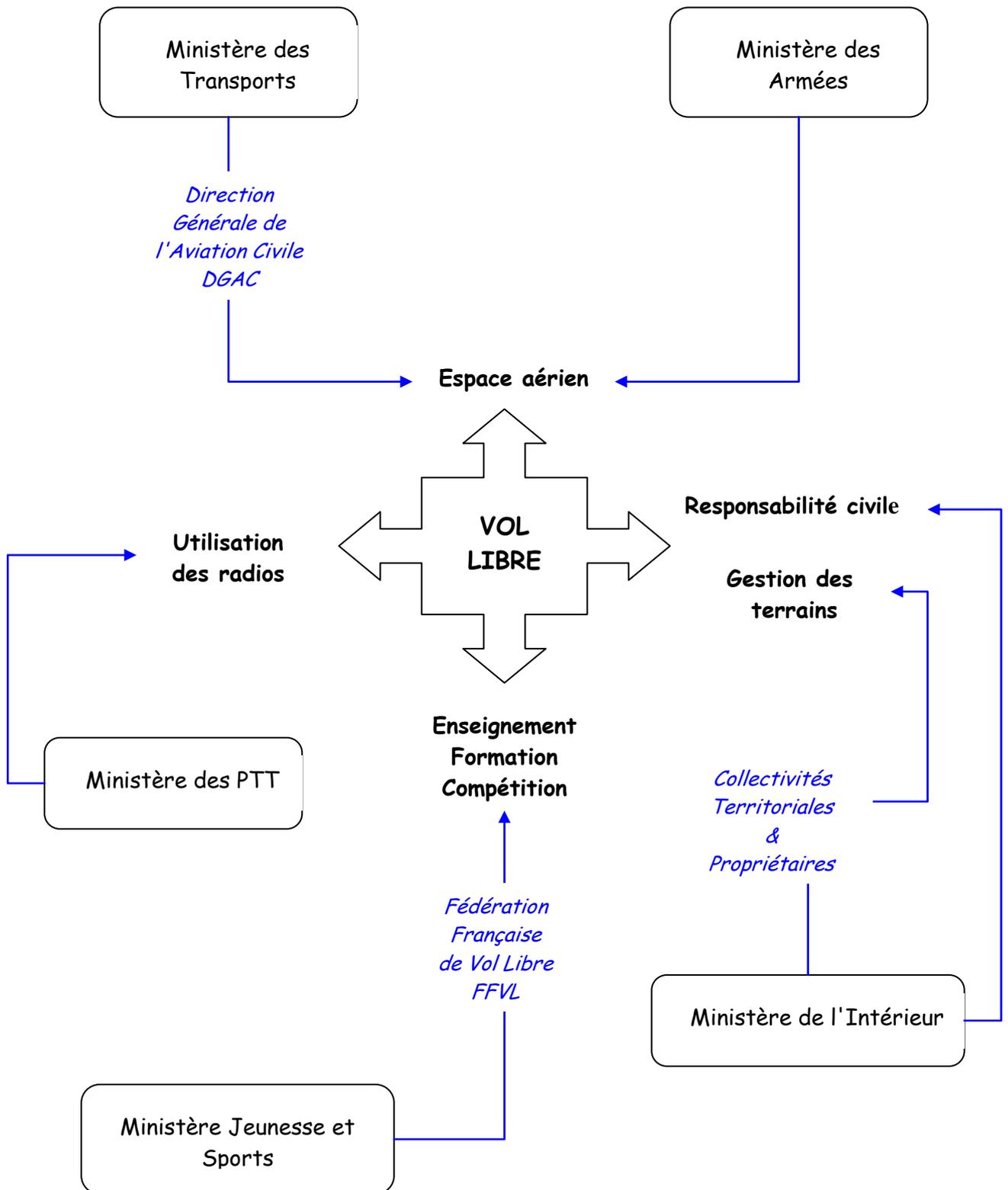
## C/ LIRE LES CARTES AERIENNES

- 1- Lecture sommaire
- 2- Terminologie aérienne



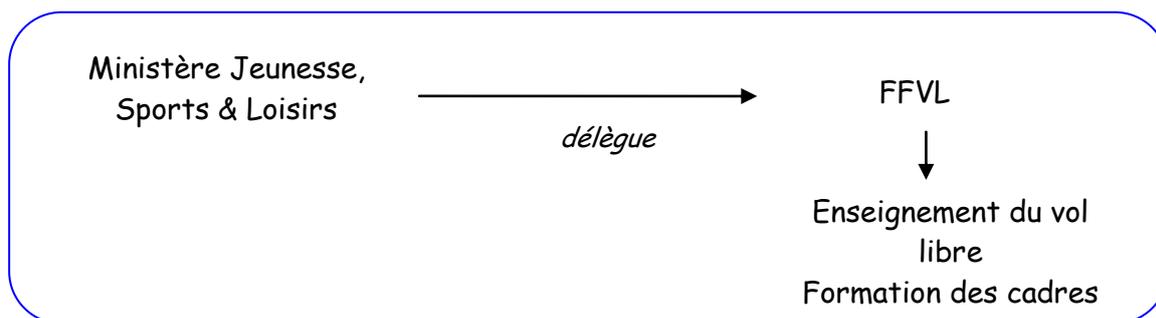
# A/ L'ENCADREMENT DU PARAPENTE

## 1 - Organisation générale

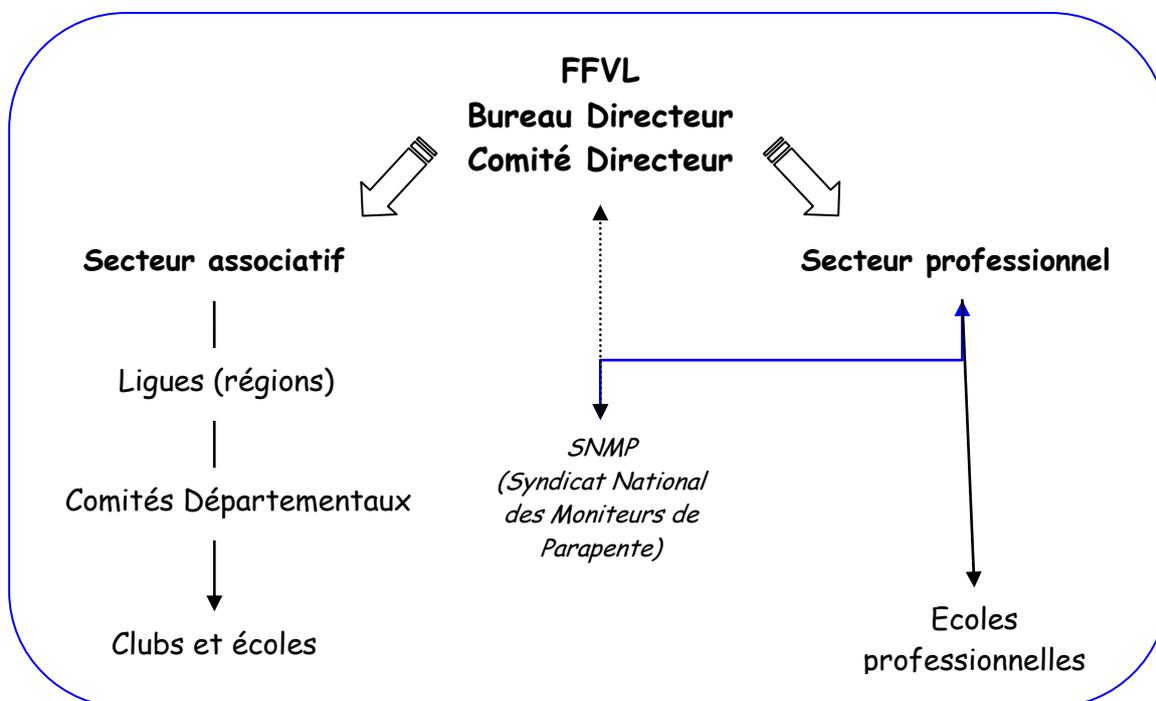


**o** Le vol n'est dit libre que par rapport à l'énergie naturelle utilisée pour voler. Sa pratique requiert le respect d'un certain nombre de règles, le plus souvent liées au respect d'autres usages des lieux et espaces.

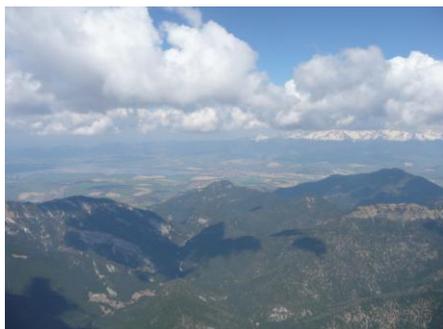
## 2 - Organisation fédérale : la FFVL



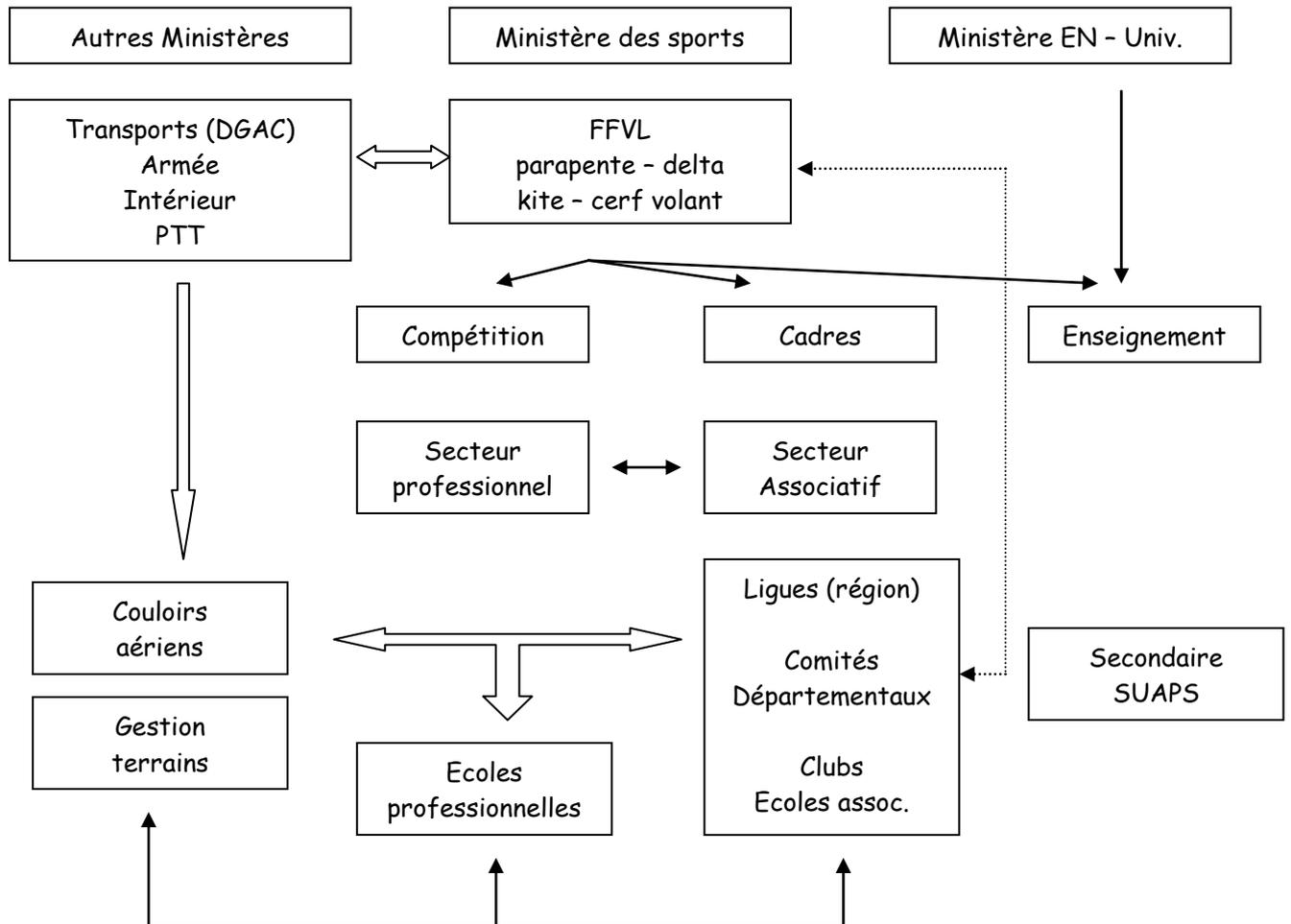
o) Depuis 1990, la FFVL est seule habilitée pour organiser formations et compétitions en parapente (accord avec la FFP).



- o) - L'agrément ministériel (pour fédés ou assoc.) permet de recevoir des subventions d'état
- L'agrément fédéral concerne les écoles de Vol Libre



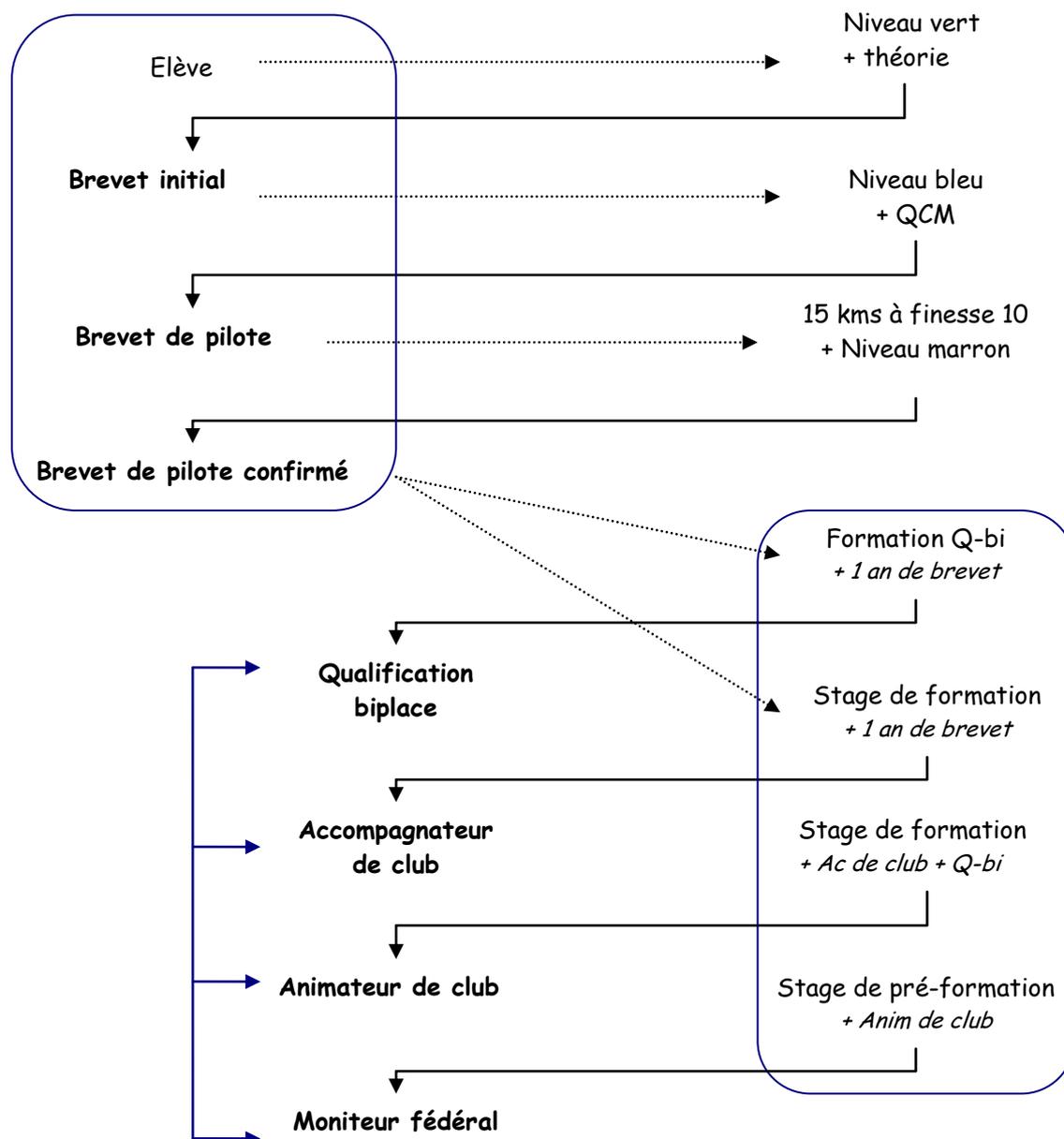
### 3 - Synthèse sur organigramme simplifié



#### Remarques :

- L'université est totalement autonome dans la gestion de l'activité. Les enseignants doivent néanmoins témoigner de leur compétence ... qui ne peut se faire que par leur investissement en club et/ou via une formation attestée par la fédération.
- La gestion des terrains repose très largement sur les associations et écoles. La question des couloirs aériens se règle au niveau régional ou national. La FFVL est une très petite fédération (32000 licenciés) ; son impact est dès lors limité ... d'où l'importance de se fédérer et de participer à la vie associative locale.
- D'autres liens importants existent entre la FFVL et d'autres fédérations sportives (FFV et FFS) notamment pour le kite (formation, terrains, ...).

#### 4 - Les différentes formations fédérales en parapente



**N.B. 1 :** L'accompagnateur de club joue un rôle de conseil auprès de pilotes en cours d'autonomie (niveau vert).

**N.B. 2 :** L'animateur de club réalise, dans le cadre de la structure et le respect des règlements fédéraux, des prestations de découverte et d'animation jusqu'au niveau blanc de la progression du pilote.

**N.B. 3 :** Les moniteurs Brevetés d'Etat (BE) sont en formation pour partie sous la responsabilité du Ministère de la Jeunesse et des Sports : tronc commun, textes administratifs, ... Ils peuvent seuls prétendre à rémunération pour leur activité d'enseignement.

## B/ LA REGLEMENTATION AERIENNE

### 1 - Obligations et contraintes

#### 11 - Assurance :

- RCA obligatoire et assurance individuelle accident en compétition
- Autorisation parentale pour les mineurs

o) Ces 2 pièces peuvent être demandées par un fonctionnaire de police ou de gendarmerie

#### 12 - Terrains :

- Avis du maire sur le territoire de la commune où se font les vols
- Accord du ou des propriétaires de l'aire d'envol et d'atterrissage

o) Autorisation préfectorale pour manifestation publique ou compétitions

### 2 - Les règles de vol à vue

#### 21 - P.U.L. :

Déf : " Aéronef non motopropulsé, apte à décoller ou atterrir aisément en utilisant l'énergie du pilote et l'énergie potentielle." (DGAC - Direction Générale de l'Aviation Civile).

Donc, dispense d'immatriculation, de certificat de navigabilité, de contrôle du matériel de vol, de titre de pilotage et les PUL gardent le libre choix des lieux de pratique. Les **règles de vol à vue** sont applicables aux PUL.

#### 22 - Les domaines de vol (classées de A à G sauf F avec couleur de trame)

- ❑ **Zones aériennes A** : au-dessus de 5950m (FL195 - flight level 19500 pieds), strictement interdit aux PUL.
- ❑ **Zones aériennes B, C et D** : espace aérien entre FL 115 et FL 195 et TMA (zones de contrôle terminal) des aéroports, interdits en VFR.
- ❑ **Zones classées E** : TMA d'aéroports de moindre importance, autorisées en VFR.
- ❑ **Zones classées G** (sans trame): espace aérien non contrôlé, autorisées en VFR.
- ❑ **Zones à statut particulier** : Il existe plusieurs types de zones à statut particulier, le plus souvent liés à une activité militaire : zone dangereuse (D) ; zone réglementée (R) ; zone prohibée (P) ; zone interdite temporaire (ZIT).
- ❑ **Espaces classés de type CTR ou TMA** : autour d'un aérodrome, il peut être défini un volume appelé CTR et un autre appelé TMA (ils peuvent être classés A, B, C, D ou E). CTR signifie "Controlled Terminal Region" (zone de contrôle terminale) ; TMA signifie "TerMinal Area" (zone terminale). Sauf exception, une CTR commence au sol et se termine relativement bas (1000mètres de hauteur par exemple). Les étendues horizontales des CTR et des TMA peuvent

être très importantes (> 50km). Le dessin d'une CTR ou d'une TMA est réalisé pour 'englober' des trajectoires possibles d'arrivée et de départ.

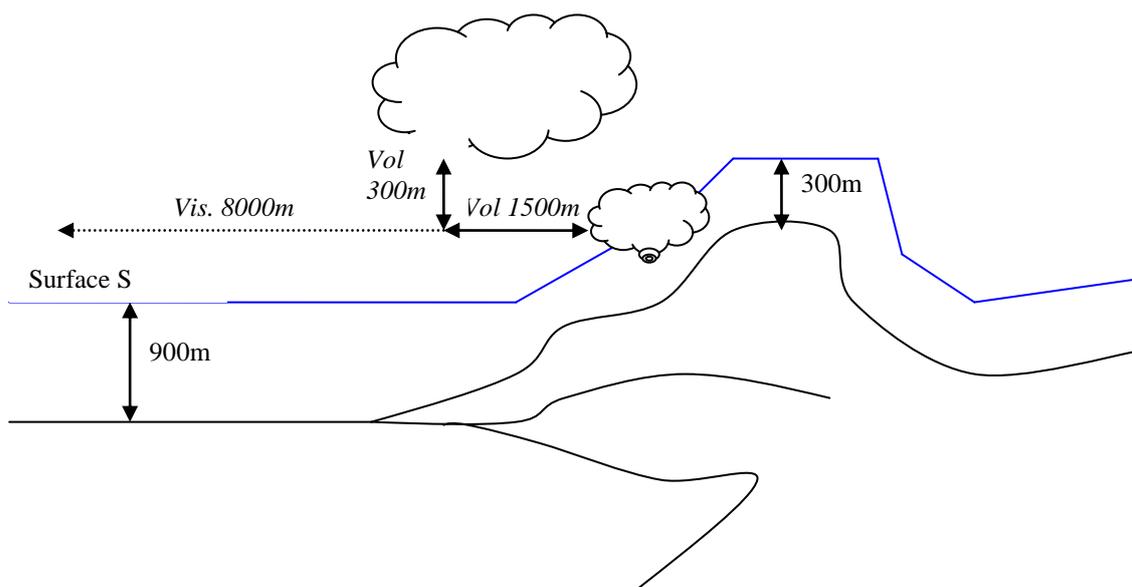
**23 - Les règles de vol à vue VFR (Visual Flight Rules):** respect des règles qui permettent le vol à vue, donc sans instruments.

- Le **jour aéronautique** commence 30 mn après le lever du soleil et termine 30 mn après le coucher du soleil.

L'espace est divisé en deux tranches :

- **Niveau de la mer à surface S ou FL 30 :** 900 m sol et 300 m au-dessus des reliefs
  - Visibilité horizontale : 1500 m
  - Distance par rapport aux nuages : hors des nuages, en vue du sol
- **De FL 30 à FL 115**
  - Visibilité horizontale : 8000 m
  - Distance par rapport aux nuages : 1500 en latéral, 300 en vertical

**o** Tout espace aérien au-dessus de 3500m est systématiquement classé D



### 3 - Les hauteurs de vol

**31 - Décollage, atterrissage et toutes manœuvres qui s'y rattachent**

- Pas de minimum

**32 - Vol de pente**

- Pas de minimum

**33 - Survol (hors cas 31 et 32) du sol, de l'eau ou d'obstacles isolés**

- 150 m

**34 - Survol (hors cas 31) de villes, agglomérations ou rassemblements de personnes**

- ❑ 300m au dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon de 600m autour de l'aéronef

### 35 - Survol (hors cas 31) de Parcs et Réserves naturelles

- ❑ conditions spécifiques pour chaque Parc et Réserve

Observations/commentaires :

- Survol du relief (situation 33): franchir une crête, passer un col, faire un point bas, ou enrouter un thermique à moins de 150m sol sont donc des infractions.
- Survol d'agglomérations ou rassemblements de personnes (situation 34): enrouter un thermique à 250m sol au dessus d'un hameau ou au dessus de la zone de décollage sur laquelle plusieurs personnes sont présentes sont donc des infractions.

## 4 - Les priorités

### 41 - En vol

- ❑ On se croise par la droite (comme en voiture) par contre on dépasse à droite.
- ❑ En cas de routes convergentes, la priorité est à celui qui vient de la droite.

### 42 - Près du relief

- ❑ Celui qui a le relief à sa droite est prioritaire.
- ❑ On ne double pas le long du relief (chaque aéronef doit pouvoir dégager du relief).

### 43 - En thermique

- ❑ Le sen
- ❑ Attention : une aile située en dessous d'une autre n'est pas prioritaire.

### 44 - En approche et à l'atterrissage

- ❑ La voile la plus basse est prioritaire

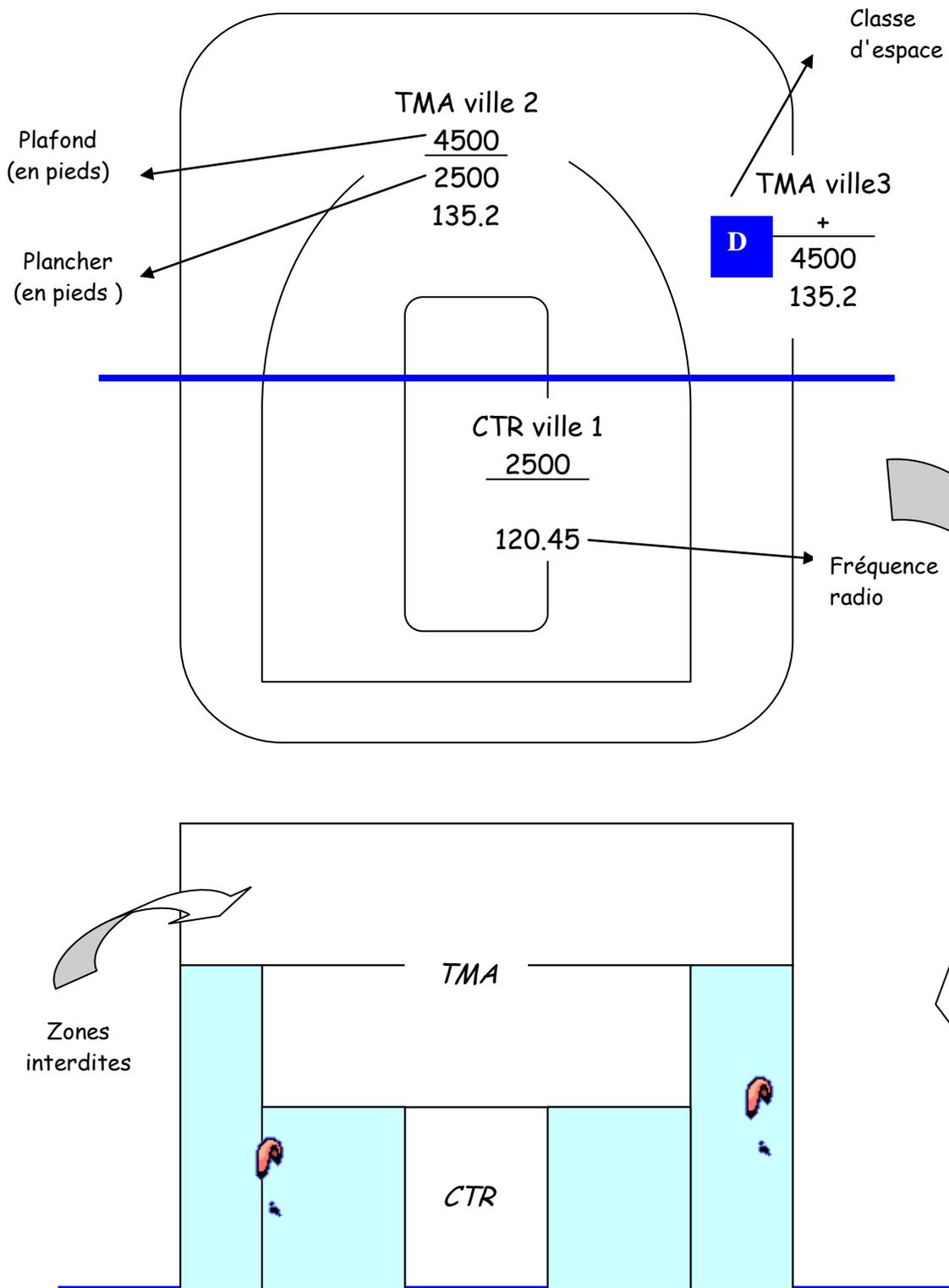
**La pratique du Vol à Vue repose sur 2 principes :**  
- Voir, Être vu et Eviter  
- Ne pas mettre indûment en danger les biens et les personnes

# C/ LIRE LES CARTES AERIENNES

## 1 - Lecture sommaire

Exemple de lecture d'un secteur avec CTR et TMA

(CTR : zone terminale des aéroports - du sol à la TMA - ; TMA : zone d'approche)



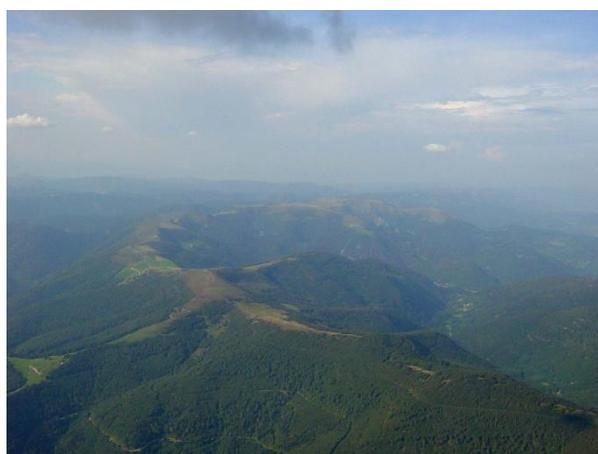
N.B. : 500 pieds = 150 m



### 3 - Terminologie aérienne

A (classe)		Espace aérien supérieur (FL 195 à FL 660) réservé au vol IFR
AAL	Above Airport Level	Au dessus de la hauteur publiée de l'aérodrome
AGL	Above Ground Level	Au dessus du sol
AIP	Aéronautical Information Publication	Informations relatives à la structure de l'espace aérien
AMSL	Above Mean Sea Level	Au-dessus du niveau de la mer
ASFC	Above SurFaCe	Au dessus de la surface terre ou eau
AWY	AirWaY	Couloirs aériens
Classe		Indice qualitatif d'une zone aérienne (en France A, D, E ou G). A chaque lettre correspond un service rendu et des exigences
CTA		Espace aérien contrôlé dont le plancher ne touche pas le sol
CTR	Controlled Terminal Région	Zone de contrôle terminale (à partir du sol : décollage, atterrissage et circulation au sol)
D (classe)		Classe interdite au vol libre sauf conditions particulières
DAC		Direction de l'Aviation Civile (région)
DGAC		Direction Générale de L'Aviation Civile
E (classe)		Classe où le vol libre peut cohabiter avec le vol IFR
FL	Flight Level	Niveau de vol
FL 100		3000 m. De S à FL 100 : vol avec VMC de 5 km ; distance nuages 300 m en vertical et 1500 m à l'horizontal
FL 195		5950 m. De FL 100 à FL 195 : vol avec VMC de 8 km ; distance nuages 300 m en vertical et 1500 m à l'horizontal
G (classe)		Espace libre
IFR	Instrument Flight Rules	Règles de vol aux instruments
LF		Abréviation pour espace aérien français (L pour région Europe-Méditerranée et F pour France)
NOTAM	Notice To Air Men	Informations aux usagers de l'air
OACI		Organisation internationale de l'aviation civile
PUL		Planeur Ultra Léger
QFE		Valeur de la pression atmosphérique au sol
QNH		Valeur de la pression atmosphérique ramenée au niveau de la mer

RCA		Réglementation de la Circulation Aérienne
RTBA		Zone du Réseau Très Basse Altitude (Défense Nationale)
S (surface)		C'est la plus élevée de ces 2 surfaces : 900 m (réglage QNH) ou 300 m au-dessus du sol. Vol en dehors des nuages, VMC de 1500 m
S-CTR ou S-CTA		S- signifie que le contrôle est rendu par des militaires (S comme spécialisé)
SIA		Service de l'Information Aéronautique
TMA	TerMinal Area	Régions de contrôle terminales (volume d'espace contrôlé surplombant les aérodromes)
VFR	Visual Flight Rules	Règles de vol à vue
VMC	Visual Meteorological Conditions	Conditions de visibilité
ZDT (D)		Zone Dangereuse Temporaire
ZIT (P)		Zone Interdite Temporaire (Prohibée)
ZRT (R)		Zone Réglementée Temporaire



---

# Le vol de distance

---

Le vol de distance se banalise depuis plusieurs années et c'est tant mieux : il témoigne - sauf peut-être en stage ou en groupe où le pilote est encadré - de la capacité du pilote à cerner l'activité dans l'ensemble de ses composantes : connaissance du matériel, appréhension de l'aérogologie et de la météo, maîtrise de la voile, connaissance de la réglementation, ...

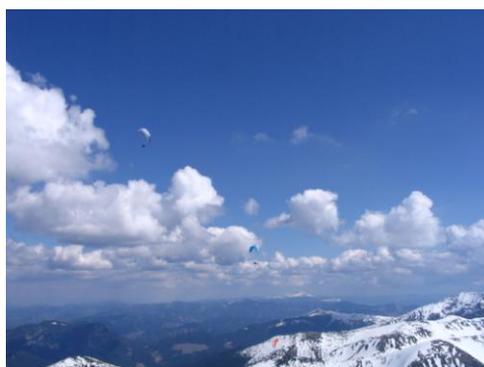
Ce chapitre est en fait le plan détaillé de l'intervention de Marco Arnold auprès de pilotes brevetés (2003) : il se veut uniquement être une synthèse des éléments à regrouper pour effectuer ce genre de vol. On trouvera en fin d'exposé une série d'exercices pour progresser dans sa pratique, exercices qu'il serait bon de faire en milieu sécurisé et encadré pour en tirer tous les bénéfices.

Plan du chapitre :

- 1- Un matériel adapté au cross
- 2- La prise d'information et son analyse
- 3- Les informations aérogologiques
- 4- L'exploitation de son instrumentation
- 5- Le début de vol
- 6- Optimiser les régimes de vol
- 7- L'aérogologie vosgienne
- 8- Un état d'esprit apte à faire progresser
- 9- Lecture de carte

Annexe 1 : exercices de pilotage

Annexe 2 : cross vosgiens



## 1- Un matériel adapté au cross :

- Une voile que l'on connaît bien (conditions fortes, surprise aérologique, posé improvisé)
- Une sellette confortable et bien réglée pour ... des heures de vol
- Un parachute de secours
- Une radio et un mobile
- Une carte
- Un vario et un GPS

## 2- La prise d'info météo et son analyse

Multiplier les sources, prendre les prévisions régulièrement et tacher de rapprocher ce qui à été vécu de la prévision pour être plus fin par la suite.

Sites Internet :

[http://www.meteo.fr/aerosession/verifie\\_code.jsp?code=4532034&redirection=/aerosession/bu11\\_aerologie.jsp](http://www.meteo.fr/aerosession/verifie_code.jsp?code=4532034&redirection=/aerosession/bu11_aerologie.jsp)

<http://meteoparapente.free.fr/littoviewer.htm>

[http://www.windfinder.com/forecasts/wind\\_france12.htm](http://www.windfinder.com/forecasts/wind_france12.htm)

[https://www.nemoc.navy.mil/auto/nlmoc\\_transfer/wsi/850\\_all\\_time.html](https://www.nemoc.navy.mil/auto/nlmoc_transfer/wsi/850_all_time.html)

<http://parapente.para2000.free.fr/meteo/mto-vos-c.html>

Tel :           - 0892681014 VAV  
                  - 08926802 suivi du n° du département pour prévisions à sept jours  
                  - 0892681013 VFR

## 3- Les informations aérologiques de la journée: comment les avoir et comment les exploiter

- Observation, ça commence par les repères personnels ( drapeaux, fumées)
- Les balises météo FFVL
- Le ciel (y a-t-il des cumulus, à quelle hauteur, de quelle forme, autres nuages,...)

Rester souple dans le choix du site (l'analyse parapente est permanente et jamais fixée (ouverture d'esprit et capacité d'absorption de données nouvelles )

## 4- L'exploitation de son instrumentation : vario, GPS, radio

### ✚ Le vario

Altitude réglée (permet de noter des altitudes d'inversion, de vent,...)

Vario intégré sur 20 secondes (pour juger de la qualité réelle des ascendances et parler le même langage avec ses copains)

### ✚ Le GPS

Utile pour des informations sur la vitesse sol.

Il permet l'analyse de sa trace après le vol

Il donne la possibilité d'avoir des points sur tous les massifs français et de faire des parcours avec dérive et finesse au point

#### ✚ La radio

Choix à faire : fréquence ffvl pour balises et sécurité ou fréquence de club pour tchatcher. Dans tous les cas, il faut parler utile en groupe (identification, lieu, altitude, vario si dans ascendance et intentions). Il est possible, sur beaucoup de radio, d'être sur une fréquence et d'avoir l'écoute de la fréquence FFVL en simultanée.

### 5- Le début de vol

Une fois arrivé au plafond, une journée de qualité, à une heure où l'activité thermique est installée, il n'y a aucune raison de ne pas partir ... à condition d'avoir un peu préparé son parcours.

Avant de décoller, il "faudrait" avoir réfléchi à des options de départ en fonction des conditions analysées. Le plafond est assuré, il s'agit de partir sur une option (garder les notions de sécurité en tête : observation des posés à portée de finesse, le sous le vent ?), il faut évaluer le raccrochage et garder l'esprit ouvert pour l'observation. Le cross, surtout au début, n'est pas un concours de vitesse, donc il faut aussi optimiser les plafonds et les finesses sol.

### 6- Optimiser les régimes de vol

#### ✚ Notion de finesse sol :



Afin d'optimiser la finesse sol, il faut prendre en compte la masse d'air et la voile:

- Vent de face ou à composante face → accélérer
- Vent arrière ou à composante arrière → vers le taux de chute mini
- Masse d'air montante → vers le taux de chute mini
- Masse d'air descendante → accélérer

Il faut évaluer l'attitude à prendre quand il y a double action (vent arrière et dégueulante par exemple). Ne pas oublier de raisonner sur un taux de chute moyen, cela évite d'être trop interventionniste sur le régime de vol de sa voile (ça nuit à ses performances). Notons que la majorité des voiles modernes ont leur finesse max. bras hauts

#### ✚ Notion d'effet bagnard :

Sous le vent d'un thermique, on peut avoir besoin de donner un maximum de vitesse à sa voile (maximum s'entend en fonction de sa voile et de sa capacité technique. C'est une zone turbulente donc méfiance). Le but étant de rentrer dans ce thermique malgré le vent qui contre et le dégueulante que l'on traverse.

#### ✚ La règle des trois tiers :



Une belle journée, la hauteur entre le plafond et le sol peut être divisée en trois tiers :

- Le tiers supérieur permet de suivre strictement son objectif (aller vers le nord car un léger vent de sud pousse par exemple)
- Le tiers intermédiaire correspond à une altitude où on peut dévier de 45° maximum de la ligne idéale afin de chercher un itinéraire favorable. C'est une altitude de cheminement. (nuages, lieu de déclenchement probable ...)

- Dans le tiers inférieur le pilote a deux préoccupations : avoir un atterro de secours à finesse raisonnable et **remonter**. L'objectif de parcours est à oublier provisoirement ;

Remarque : la majorité du temps dans les Vosges on évolue dans les deux tiers inférieurs.

## 7- L'aérologie vosgienne: généralités

Les Vosges, du fait de leur hauteur et de leur topographie, sont très sensibles au vent. Le cross dans les Vosges se pratique par vent faible où on a un régime de brise de massifs qui se met en place dans les basses couches (généralement sous 1500m). A l'est du massif : de la brise d'est ; à l'ouest : de la brise d'ouest. Ces deux brises se confrontent généralement sur la crête principale au nord de la Schlucht et sur la crête du Drumont au sud.

Le vol vosgien est à mi chemin entre du vol montagne et du vol de plaine. Les reliefs favorisent des zones de déclenchements, par contre on ne pourra envisager un appui au relief que dans des conditions exceptionnelles. Il faut rester haut et raisonner sur des nuages tant qu'il y en a.

## 8- Un état d'esprit apte à faire progresser

Eviter les vols " inutiles " : tout vol peut être sujet à des exercices de progression, le super cross évidemment, mais aussi :



- essayer de se poser systématiquement dans une zone du terrain choisi à l'avance
- optimiser sa monter dans le thermique
- faire un micro parcours local

Ou faire de petits exercices de pilotages aptes à améliorer la gestion du tangage / roulis en thermique. Cf. annexe. *Remarque : ce n'est pas de l'acrobatie, l'objectif est de développer les sensations. Il faut commencer doucement. La progressivité et la bonne maîtrise doivent permettre de faire corps avec le combiné effet pendulaire/mouvement de la voile. Ainsi avec des actions sellettes et commandes mesurées, on arrive à des amplitudes suffisantes.*

Il faut aussi savoir faire l'analyse de son vol de façon objective et en tirer des enseignements pour l'avenir : parler de son vol avec les copains, être un peu marseillais et romancer est très agréable. Parallèlement à ça, il est important de faire une analyse vraiment objective du vol pour bien identifier ce qui a amené le pilote à se poser.

## 9- Lecture de carte.

L'étude de la carte permet de s'imprégner de la configuration du relief. A force de la visualiser et de faire le lien avec ce qui est vu, la lecture s'améliore. On pourra avoir des points de repère (nom de sommets) pour les parcours et les commentaires radio.

**En guise de conclusion**, revenons sur la notion de lucidité. Elle est primordiale pour la sécurité et pour la performance. Elle permet une observation efficace et des analyses plus justes. Elle s'obtient grâce à des méthodes souvent personnelles, mais il faut la rechercher. On peut dresser des petites check List mentales et des instants de relaxation (respirer, se détendre dans la sellette). Eviter d'utiliser une partie de l'attention pour autre chose que le vol.

\*

\*

\*

## Annexe 1 : exercices de pilotage

### - Tangage :

Enchaîner des cabrés et des abattées symétriques. Augmenter peu à peu l'amplitude en profitant de l'effet pendulaire. Arrêter franchement l'exercice sur un cabré puis sur une abattée.

Questions à se poser : est-ce que l'amplitude augmente ? Est-ce que ma voile " bloque " ?

Variations d'écrasement des fesses ? Quand ?

Objectifs : apprendre à savoir où est ma voile en conséquence votre pendule). Quelles actions avoir pour la bloquer ? Amplitudes, timing, vitesse d'action

### - 360° entrée :

Coup de frein court, remonter franchement les commandes, laisser la voile abattre (toujours sur des amplitudes raisonnables), et lancer son virage dans son retour pendulaire. La mise en 360° elle-même doit être progressive. Il faut laisser la voile accélérer à son rythme.

Questions : Est-ce que j'utilise l'effet pendulaire avec le meilleur timing ?

Objectif : simuler la mise en virage dans un thermique (qd on rentre dans le thermique fréquemment la voile cabre dans un premier temps) ;

### - 360° sortie sur axe :

Définir des axes d'entrée et de sortie judicieux (points de repères) en fonction de la dérive et de l'atterro.

Questions : combien de degrés d'écart ? → Changer mes points de repères pour décider de sortir.

Objectifs : prise d'information et de repères sol. Juger de l'inertie de la voile.

### - 360° sortie sans cabré

Relâcher les 360° (freins et/ou sellette). Pour faire une sortie sans cabré il faudra remettre un peu de commande et la relâcher progressivement au rythme de la sortie ;

Résultat : on doit observer une diminution du vent relatif très lente. Et continuer à voler droit sans tangage.

### - Inversion de 360° :

Un 360° sortie sur axe, un 360° dans le sens opposé avec sortie sur axe. Gérer le bon timing pour faire partir " naturellement " votre voile dans l'autre sens.

Auto évaluation : plus c'est fluide mieux c'est.

Objectif : Changer de sens dans le thermique sans créer de ressources trompeuses sur l'emplacement du noyau.

### - Wings à la sellette plus " 2 doigts "

Recherchez la bonne coordination transfert de poids et vitesse de transfert pour augmenter l'amplitude sans augmenter les actions commandes.

### - 360 asymétriques :

Augmenter peu à peu l'amplitude. Décomposer les différentes phases pour sentir le timing. Variez l'action commande et sellette et les deux.

Questions : Est-ce que je sens des variations d'appuis dans les fesses et le dos ? Ma voile est-elle toujours tendue ? Est-ce que je contrôle ou subis les appuis en roulis de ma sellette ?

Objectif : Se préparer à enrouler certains thermiques teigneux (par exemple dans le vent)

## Annexe 2 : exemples de départ de cross vosgiens

### - Départ du Treh :

Vent de SO léger. Plafond décalé en direction du petit Ballon à 2200. Départ sur la crête du petit Ballon, en la suivant ça vous emmène vers la plaine. (attention à ne pas déborder en plaine coté aérodrome de Colmar)

Vent faible, dans l'après midi. Aller retour Grand Ballon.

Vent faible, tard dans l'après midi. Aller retour Rainkopf

### - Départ du Rainkopf :

Vent tendance est. Départ tôt (12H/13H). Plafond 2000 suffisant pour récupérer la chaume du Champi (versant SE quasiment en face des pistes de la Bresse). Re plafond, direction Ouest, ..

### - Départ d'Urbès :

Vent faible à SE faible. Plafond au Drumont. Remonter la crête du Drumont en versant est SE direction le Hohneck, avant la jonction avec la crête principale (Rainkopf) faire un choix en partie Ouest ou partie est en fonction du ciel.

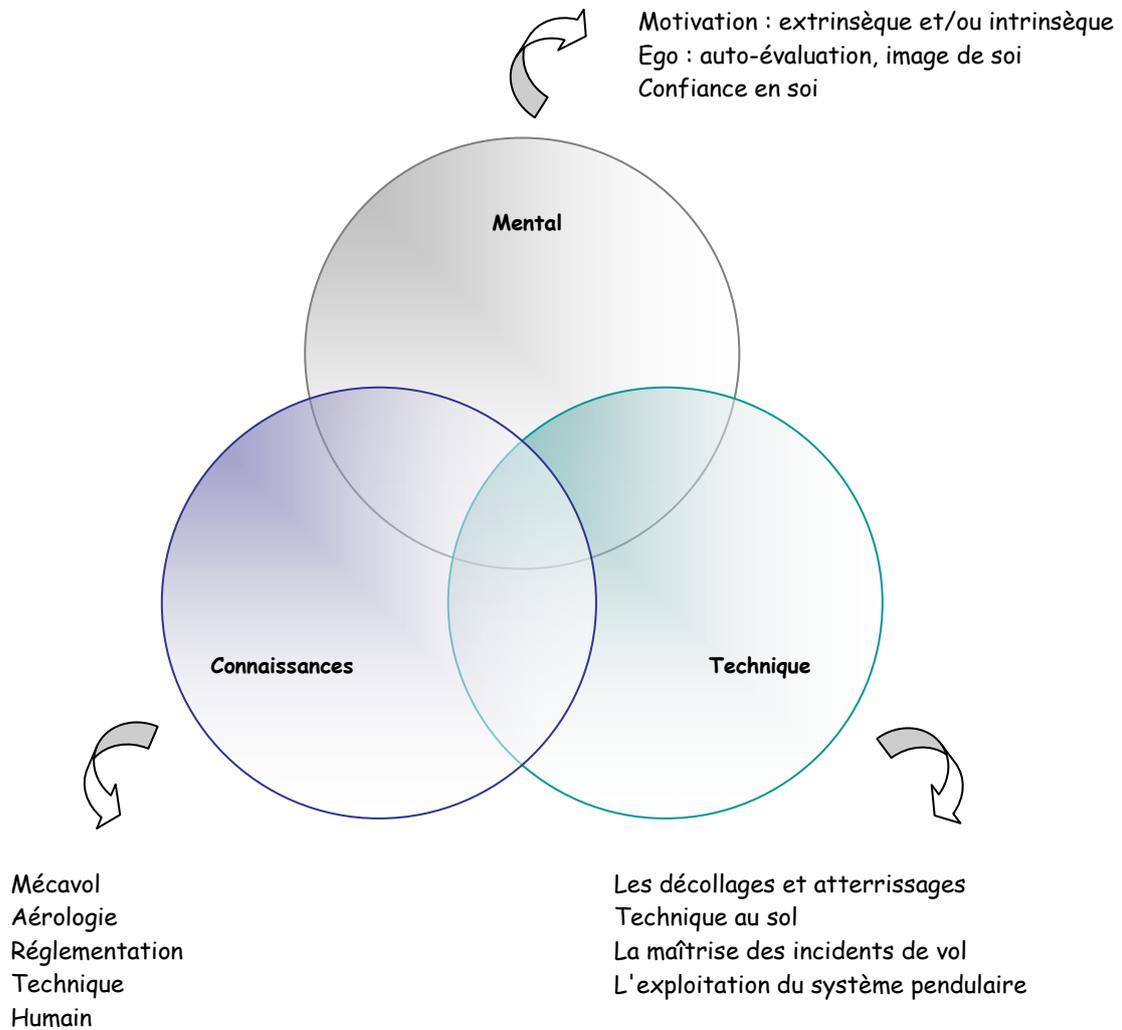


---

# Conclusion

---

La formation du pilote ... est un équilibre toujours incertain en évolution constante :



Ce tryptique - mental, connaissances, technique - doit être homogène ... pour bien tenir, comme un trépied, sur ses 3 pieds.