

# Cours de perfectionnement au vol à voile N° 1

## Le vol dans l'ascendance thermique

### Résumé :

1. Les sources des thermiques
2. Formation d'une couche d'air instable
3. Où se déclenchent les thermiques ?
4. Quelles formes ont les thermiques ?
5. Recherche de l'ascendance à basse altitude
6. L'arrivée dans l'ascendance
7. Le centrage et le vol dans l'ascendance
8. Le départ de l'ascendance
9. Cas particulier : la spirale dans un « troupeau » de planeur

En plaine la principale source d'ascendance sont les thermiques. Les questions que doivent se poser les vélivoles pour prolonger leur vol sont donc les suivantes :

- Quand peut on espérer des thermiques ?
- Qu'est ce qui les déclenchent ?
- Où se développent-ils ?

## 1 - Les sources des thermiques

Une source de thermique est un secteur dans lequel l'air change de caractéristique en devenant plus léger, que celui qui l'entoure.

De ce fait il monte, ou plutôt il peut monter s'il reçoit une 1<sup>ère</sup> impulsion le faisant décoller de la surface du sol.

### L'air est plus léger s'il est plus chaud ou plus humide.

Plus l'air est chaud et plus les molécules se déplacent vite, par conséquent elles occupent plus d'espace. En d'autres termes le volume d'une masse d'air donnée est plus grand et son poids spécifique est plus faible.

La vapeur d'eau est plus légère que le mélange des autres gaz composant l'air. Donc si la quantité de vapeur d'eau augmente le poids spécifique de la masse d'air diminue.

### L'air est un mauvais conducteur de chaleur.

L'air est souvent le principal composant des isolants thermiques, en effet une particule d'air qui a été réchauffée a tendance à conserver sa chaleur relativement longtemps, à

moins qu'elle ne se mélange avec un air plus froid ou qu'elle se dilate pour s'adapter à la pression environnante, subissant ainsi un refroidissement adiabatique.

### C'est le sol, et non le soleil, qui réchauffe l'air.

L'énergie du soleil traverse l'air sans beaucoup le réchauffer. L'élévation de la température de l'air nécessaire à

l'apparition des thermiques provient du réchauffement du sol.

## 2 - Formation d'une couche d'air instable

De nombreux éléments peuvent contribuer ou s'opposer à la formation d'air instable à la surface du sol ou à sa

proximité immédiate dont voici les principales

### L'énergie du soleil

- L'angle des rayons du soleil par rapport au sol détermine la surface du sol sur laquelle l'énergie du soleil doit être répartie. Cet angle dépend de plusieurs facteurs, la latitude, la saison, l'heure et la pente du terrain. Les régions vallonnées sont donc plus favorables au déclenchement des thermiques en offrant des zones mieux exposées au soleil que les régions plates.
- L'ombre d'un nuage qui passe stoppe momentanément le réchauffement du sol, et donc sa capacité à réchauffer l'air à sa proximité. Elle réduit la Vz des ascendances et si elle dure suffisamment longtemps elle interrompra la convection.
- Des ombres étendues mais localisées (cumulus soudés, voiles épais de cirrus, enclume de cumulonimbus ...) interrompent en général la convection dans cette zone alors qu'autour les ascendances continuent.
- Sous des grandes étendues d'ombre (étalement) il n'y a en général plus d'ascendances, mais parfois des thermiques relativement bons si l'ombre n'a pas partout la même intensité, ou s'il y avait avant l'étalement une grande réserve d'air chaud à un endroit.
- La brume, les poussières ou les fumées suivant leurs densité peuvent perturber la convection.

### L'influence de la nature du sol sur son réchauffement

- L'évaporation de l'eau à la surface du sol absorbe une grande partie de chaleur et réduit d'autant le réchauffement du terrain.
- Un sol humide disperse rapidement la chaleur vers le bas loin de la surface car l'eau est un bon conducteur de chaleur.
- Une végétation verdoyante permet une importante évaporation.
- Le vent augmente l'évaporation, aussi bien à travers les plantes qu'à la surface du sol.
- L'absorption du rayonnement solaire par le sol dépend essentiellement de sa nature, le reste est réfléchi dans l'atmosphère.

NATURE DU SOL	PROPORTION D'ENERGIE REFLECHIE
Cultures de céréales	3 à 15 %
Terre noire, roches sombres	8 à 15 %
Sable humide, plage	10 %
Terrain nu, roches claires	10 à 20 %
Sable sec	18 %
Herbages	14 à 37 %
Champs labourés secs	20 à 25 %
déserts	24 à 86 %
Neige et glaciers	46 à 86 %

### Vitesse de transfert de la chaleur du sol vers l'air

- Un vent fort et la turbulence qui lui est associée mélange si rapidement l'air qui est au sol et celui des couches supérieures que la chaleur de la surface est très vite dispersée sur une grande épaisseur.
- Dans les zones abritées du vent le réchauffement dure plus longtemps (par exemple la température mesurée entre les tiges d'un champ de blé est parfois 2 à 3° supérieure à celle qui se trouve à 50 cm au-dessus des mêmes épis).
- Des déclenchements trop fréquents d'ascendances en un certain point réduisent la force de ces thermiques par épuisement de la réserve d'énergie.

### Instabilité liée à des différences d'humidité

Une humidité atteignant localement un niveau exceptionnel peut provoquer de phénomènes ponctuels tel qu'une ascendance au dessus d'un marécage ou

d'une grande étendue d'eau, en général ces ascendances sursaturées ont des plafonds plus bas que celles environnantes déclenchées au-dessus de sols secs.



### 3 - Où se déclenchent les thermiques ?

Une pellicule d'air, même très chaud, peut rester collée au sol si aucune impulsion de déclenchement ne vient l'en détacher. S'il

existe suffisamment d'air chaud près du sol, des impulsions même très faibles peuvent déclencher de puissants thermiques.

### Déclenchement en l'absence de vent

En l'absence de vent il faudra avoir un ou une combinaison de plusieurs des phénomènes suivants :

- un contraste de température :
  - fort contraste de couleur des sols ou des végétations
  - versants opposés d'une colline ou d'une montagne
  - lisière de forêt
  - berges d'étendues d'eau
  - zones d'ombre (nuages, haies de grands arbres, bâtiments importants)
- une très forte température en un point
  - incendie (incendie de forêt, feux de chaume)
  - cheminée d'usine
  - tour de refroidissement de centrale nucléaire
- un brassage d'air
  - déplacement de véhicule
  - treuillée de planeur
  - entraînement de l'air par une convection déjà établie

### Déclenchement avec du vent

Quand il y a du vent tous les obstacles au vent créent une turbulence favorable au déclenchement d'un thermique (ligne de crête, accident de terrain, bordure de forêt ou haie d'arbre, bâtiment et c.).

Par contre si le vent est trop fort cela peut conduire à des résultats différents, une turbulence excessive interdit la formation de réserve d'air chaud en surface par un mélange trop important de l'air chaud et de l'air plus frais.



## 4 - Quelles formes ont les thermiques ?

Les ascendances thermiques sont souvent plus ou moins circulaires et d'un diamètre limité c'est pourquoi elles sont exploitées en virage continu appelé spirale.

En l'absence de vent les particules d'air chaud monteront verticalement, mais quand il y a du vent les thermiques s'inclineront dans le lit du

vent. La pente sera plus ou moins inclinée en fonction du rapport entre les vitesses verticale et horizontale.

Quand le vent est irrégulier les thermiques sont souvent hachés

Par vent fort les ascendances peuvent s'aligner dans le lit du vent et le pilote de planeur pourra alors les exploiter en ligne droite.

*Voir schémas pages 158 et 159 du Manuel du Pilote de Vol à Voile (MPVV)*



## 5 - Recherche de l'ascendance à basse altitude

### Imaginons une promenade au sol

Pour mieux évaluer tous les paramètres du chapitre qui précède, et augmenter nos chances de trouver un thermique, notamment à basse altitude, le pilote de planeur doit s'imaginer en train de se promener au sol.

Cette méthode permet de nous donner assez vite une idée où l'air sera plus chaud en fonction de l'environnement, de la nature des sols, de leur orientation, de la couverture végétale, de l'exposition au vent, du taux d'humidité et c.

Quand nous cherchons de manière réfléchie les sources de thermiques nous devons tenir compte d'abord de la direction et de la force du vent. Ensuite en utilisant la méthode de la « flânerie mentale » nous déterminerons les endroits où l'air chaud a pu s'accumuler. La question suivante est de savoir où la masse d'air chaud poussée par le vent sera bousculée par-dessus un obstacle ce qui est susceptible de déclencher un thermique.

## Comment rechercher un thermique à basse altitude ?

- A basse altitude (le tiers inférieur de l'ascendance) nous ne devons plus rechercher les ascendances par rapport aux nuages mais en fonction des sources de déclenchements possibles.
- Il faut se méfier des planeurs qui spiralent à des altitudes plus élevées, la source du thermique dans lequel ils se trouvent peut être décollée du sol.
- L'observation des oiseaux nous permet souvent de trouver de bons thermiques, notamment les rapaces (buses, vautours, aigles) et les hirondelles et martinets.
- Les jours où le vent est faible ou nul on peut parfois voir les départs des thermiques sur le sol par des ondulations de la végétation ou encore par des poussières ou impuretés soulevées par le thermique (queues de sorcière).
- Sur des terrains vallonnés, même faiblement, il faudra voler en priorité au dessus des lignes de crêtes et des points hauts (châteaux d'eau, alignement d'éoliennes et c.), et rechercher la meilleure zone de déclenchement en fonction de l'ensoleillement et du vent.

## Sécurité à basse altitude

A basse altitude pour que la recherche du thermique devienne la priorité il faut une grande aisance de pilotage et une bonne connaissance de sa machine, la tenue d'assiette et de symétrie ne doit plus poser de problème.

Nous devons aussi toujours être à portée d'un aérodrome ou d'une zone atterrissable au cas où la recherche d'ascendance échouerait.

Il faut savoir renoncer et se fixer une hauteur plancher en dessous duquel on va se poser en s'interdisant de raccrocher.

## 6 - L'arrivée dans l'ascendance

Quand on s'approche d'une ascendance nous traversons le plus souvent une zone de plus forte chute, qu'il faut traverser à une vitesse relativement élevée.

L'amélioration soudaine de la Vz (indication du variomètre et sensations physiques) doit nous faire diminuer cette vitesse par une ressource, en faisant attention aux éventuels planeurs qui nous suivraient, qui nous fera gagner de l'altitude dans une zone favorable. En arrivant vers le haut de la ressource nous rendons la main et, soit nous inclinons le planeur si nous décidons de rester dans cette ascendance, soit, si nous décidons de continuer en ligne droite, nous réaccélérons pour arriver dans la zone de forte chute avec une vitesse suffisamment élevée.

Il ne faut pas oublier que les variomètres ont un temps de réponse plus ou moins long, les variomètres pneumatiques sont en général plus lents que les modèles électriques. Pour que ces manœuvres soient vraiment efficaces nous devons disposer bien sûr d'un variomètre parfaitement compensé et relativement rapide. Sur certains variomètres on peut choisir le temps de réponse (de 1 à 3 s en général), à l'approche d'un thermique il faut choisir le temps de réponse le plus court.

Ces manœuvres de décélération et d'accélération doivent être relativement souples pour éviter des facteurs de charges trop importants qui dégradent fortement les performances du planeur.

*Voir schémas pages 151 et 159 du MPVV*

## 7 - Le centrage et le vol dans l'ascendance

L'air dans un thermique n'est pas homogène, une bulle d'air particulièrement chaud aura une vitesse de montée plus élevée, d'autre part un grand nombre de turbulences horizontales et de changements de sens et de force de vent liés à l'altitude rendent la vie difficile au pilote de planeur.

C'est pourquoi il est rare de faire plusieurs tours de spirale parfaitement réguliers, sans être obligé de corriger en ouvrant ou resserrant notre virage. Le pilote de planeur devra donc bien se centrer en arrivant dans l'ascendance

et faire des manœuvres de recentrage pendant tout le temps qu'il sera en spirale pour conserver le meilleur taux de montée.

Les sensations physiques (accélérations, bruits autour du planeur, turbulences, changements d'inclinaison dus à la masse d'air et c.) sont perçues immédiatement, alors que le variomètre donne ses indications avec un certain retard, aussi lors les opérations de centrage et de recentrage il ne doit servir qu'à confirmer les sensations physiques et à en mesurer la valeur.

### Quand se mettre en spirale ?

Avant de prendre la décision de se mettre en spirale il faut bien connaître la qualité des informations fournies par le ou les variomètres.

Le meilleur moment pour se mettre en spirale est celui où l'ascendance est à son maximum, soit un peu avant que le variomètre ne l'indique.

En pénétrant dans une ascendance le variomètre indique des valeurs positives croissantes, le pilote ressent aussi une accélération vers le haut, et

l'anémomètre indique une vitesse plus élevée sans que l'assiette ne varie.

Si ces indications sont franches et rapides la mise en spirale sera énergique, si elles sont faibles et lentes la manœuvre devra être plus souple et progressive.

Si on aborde le thermique avec du vent arrière il faudra anticiper la manœuvre, au contraire avec du vent de face il faudra la retarder.

*Voir schémas 102 à 106 pages 192 à 194 de Vol à voile de Gilbert Jacquet*



### A quelle inclinaison voler en spirale ?

Le but de la spirale est de maintenir le planeur dans le thermique, l'inclinaison devra donc être adaptée au diamètre de celui-ci qui peut varier de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Une faible inclinaison diminue le taux de chute propre du planeur, mais augmente son rayon de virage, au contraire une forte inclinaison diminue le rayon de virage au dépend du taux de montée.

En règle générale, en plaine et par une journée pas trop venteuse et dans des conditions météorologiques de vol à voile classiques, nous avons de bon taux de montée avec une inclinaison de 30° environ, mais des écarts importants sont possibles.

Dans sa partie médiane (le 2<sup>ème</sup> tiers) l'ascendance est souvent plus étroite, mais aussi plus forte et on aura intérêt à incliner plus pour rester au plus près du centre du thermique.

### A quelle vitesse voler en spirale ?

Le but de la spirale est de monter le plus vite possible, il faudra donc voler à la vitesse de chute minimum.

Cette vitesse est donnée par la polaire des vitesses, et elle varie en fonction de l'inclinaison (proportionnellement

au facteur de charge) et de la masse du planeur.

En cas de fortes turbulences il conviendra de majorer un peu cette vitesse.

### Dans quel sens spiraler ?

S'il y a déjà des planeurs en spirale dans l'ascendance dans la quelle nous arrivons il faut impérativement spiraler dans le même sens qu'eux.

Si nous sommes le premier à arriver dans cette ascendance il faut incliner le

planeur vers le centre de l'ascendance (du côté où l'aile se soulève).

Dans le cas où nous ne sentons pas franchement l'aile se soulever on inclinera du côté du vent s'il est fort, ou indifféremment à droite ou à gauche si le vent est faible ou nul.

*Voir schémas 98 et 99 pages 189 à 190 de Vol à voile de Gilbert Jacquet*



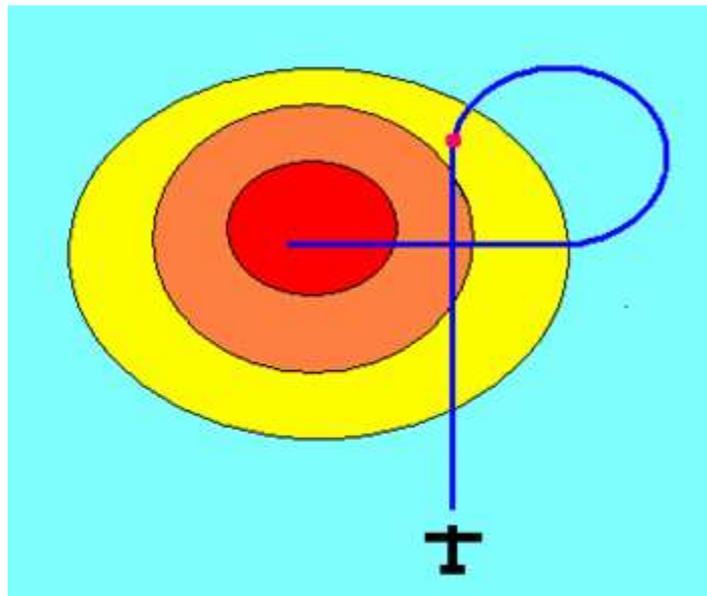
### Que faire en cas d'erreur de sens de spirale ?

Si le pilote a choisi le bon sens de spirale le variomètre restera positif pendant tout le 1<sup>er</sup> ½ tour, au contraire s'il a choisi le mauvais côté le variomètre indiquera des valeurs négatives.

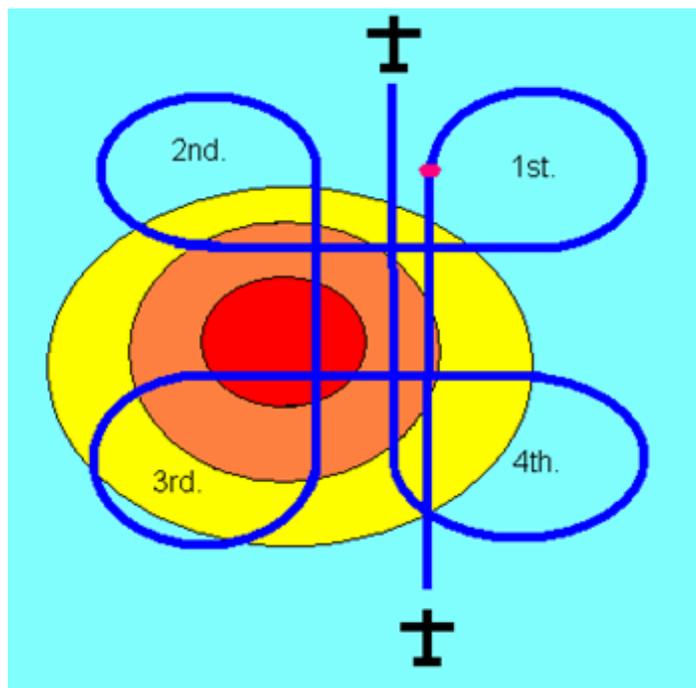
La correction est la suivante, au bout de 270° (3/4 de tour) il faut se remettre

en ligne droite en direction de l'ascendance. Cette ligne droite de quelques secondes nous ramène dans l'ascendance il faut alors déterminer le bon moment pour se remettre en spirale, du même côté que le virage initial.

*Voir schéma page 161 du MPVV et schémas 100 et 101 page 191 de Vol à voile de G. Jacquet*



Cette opération peut se répéter plusieurs fois



## Le premier tour de spirale

Pendant le 1<sup>er</sup> tour de spirale, il faudra repérer les zones de meilleure et de moins bonne montée.

Une méthode consiste à découper le tour de spirale en 4 secteurs en prenant des repères soit au sol (ville, lac, forêt, route et c.), soit par rapport au soleil,

soit en fonction des points cardinaux, et ensuite de déterminer si dans chaque secteur on monte mieux ou moins bien que dans le précédent. Ainsi au 2<sup>ème</sup> tour on pourra faire des manœuvres correctrices pour se recentrer.

## Le deuxième tour de spirale

En fonction des observations faites pendant le 1<sup>er</sup> tour nous élargirons le virage (diminution de l'inclinaison) dans les secteurs de meilleure montée, et le reserrerons (augmentation de l'inclinaison) dans les secteurs moins favorables.

Il faut anticiper les changements de trajectoire, par exemple si le meilleur

secteur est au nord du tour de spirale nous devons commencer la manœuvre d'élargissement quand notre planeur fera face au nord, soit  $\frac{1}{4}$  de tour avant d'être dans le meilleur secteur.

Les élargissements de virage peuvent aller jusqu'à un petit segment de ligne droite si l'on estime que l'on est trop éloigné du centre de l'ascendance.

*Voir schéma page 161 du MPVV*



## Le recentrage

La manière dont nous déplaçons notre spirale dans l'ascendance pour la rendre exactement concentrique avec le noyau n'est pas importante, ce qui l'est c'est de le faire vite.

Dès que nous savons ou nous devons aller il ne faut plus craindre les pertes de performance dues aux manœuvres brusques et au plein braquage des gouvernes.

Il y a 3 méthodes de centrage :

- méthode 1 : desserrer le virage quand le variomètre monte, voler en ligne droite quelques secondes avant de reprendre la spirale à moyenne inclinaison (environ  $30^\circ$ ), avec cette méthode on est pas sur de trouver le meilleur taux de montée rapidement mais on évite les manœuvres brusques et les facteurs de charges importants
- méthode 2 : resserrer le virage dès que le variomètre descend (environ  $45^\circ$ ) et reprendre le taux de virage initial quand il remonte (en général au bout de  $\frac{1}{2}$  tour), avec cette méthode (dite de Huth) nous rapprocherons plus vite du noyau, mais peut être pas en une seule fois, nous devons alors la répéter jusqu'au centrage parfait
- méthode 3 : resserrer le virage ( $45^\circ$ ) dès que le variomètre descend, élargir le rayon de virage ( $15^\circ$ ) quand le variomètre remonte et stabiliser le virage à moyenne inclinaison ( $30^\circ$ ) quand le variomètre est à son maximum, avec cette méthode qui combine les 2 premières nous arriverons plus vite au centre de l'ascendance.

*Voir schémas page 28 de « La course en planeur » et schéma 107 page 195 de Vol à voile*

Toute règle a l'inconvénient d'être rigide dans une situation changeante. Les recettes proposées ci-dessus doivent être considérées comme des techniques de base adaptables en fonction de facteurs tels que le niveau de pilotage, la turbulence, la vitesse de montée, la fatigue du pilote et c. La méthode 1 s'adresse plutôt aux pilotes débutants mais peut être

appliquée par des pilotes confirmés si la turbulence est forte, la méthode 2 à l'avantage d'être souvent plus rapide et plus efficace (moins de temps passé dans les faibles montées, mais fait prendre des facteurs de charge importants, enfin la méthode 3, la plus efficace est aussi la plus exigeante en qualité de pilotage.



## Influence du vent sur la spirale

### Exercice « pente de montée avec vent »

#### Hypothèses :

##### Masse d'air

- Vent d'Ouest 10Kt ( $V_w$ )
- Ascendance 3 m/s ( $V_{za}$ )

##### Planeur 1 (Ka 8)

- Vitesse air 72 Km/h ( $V_i$ )
- Taux de chute 1 m/s ( $V_{zp}$ )

##### Planeur 2 (Pégase non ballasté)

- Vitesse air 90 Km/h
- Taux de chute 0,75 m/s

##### Planeur 3 (DG 800 ballasté)

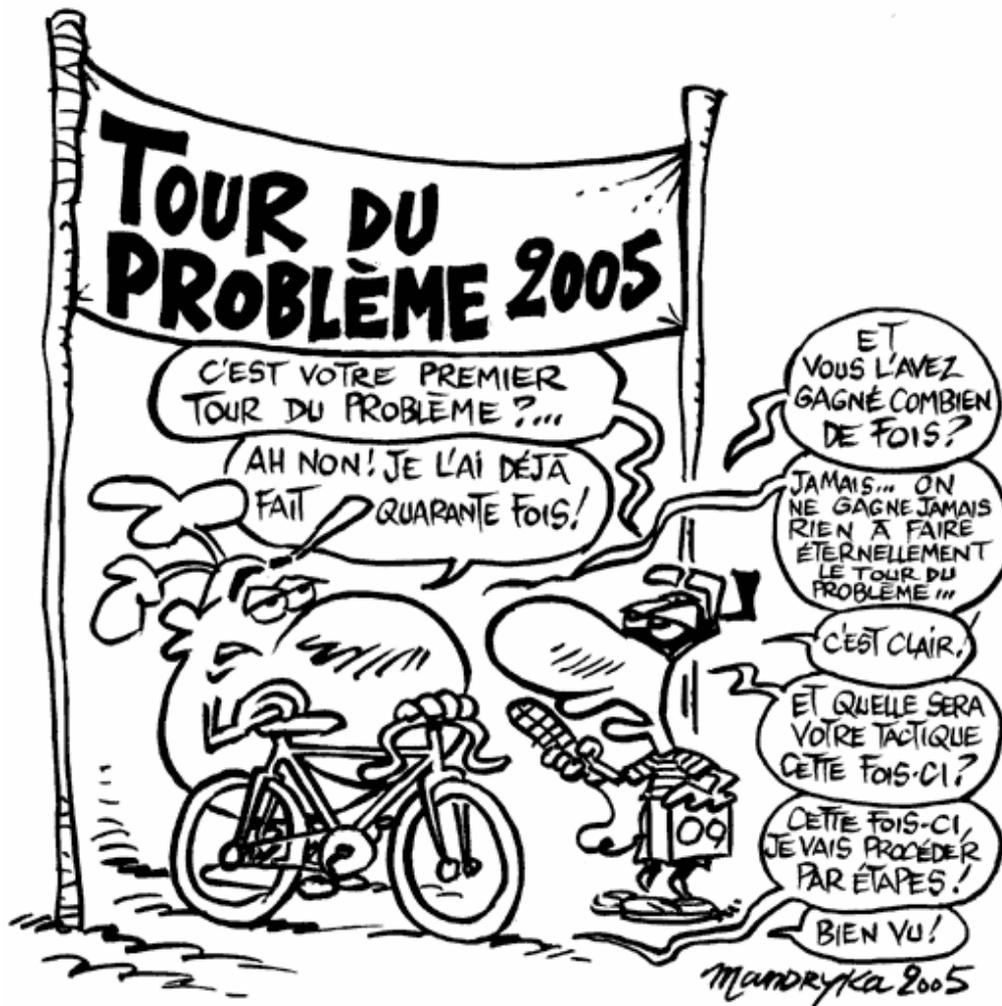
- Vitesse air 108 Km/h
- Taux de chute 0,7 m/s

#### Pente de montée :

Pente de montée (en %) = vitesse de montée ( $V_z$ ) / vitesse sol ( $V_s$ ) x 100

Calculez les pentes de montée de la masse d'air et des planeurs 1, 2 et 3.

Quelles conclusions en tirez vous ?



Quand il y a du vent l'ascendance monte suivant une certaine pente par rapport au sol (rapport entre les vitesses verticale et horizontale). Dans le même temps le planeur monte moins vite que la masse d'air à cause de son taux de chute propre.

De plus sa vitesse sol est plus importante par vent arrière que par vent de face et par conséquent la pente

de montée varie pendant le tour de spirale (plus faible en vent arrière et plus forte par vent de face).

Si le pilote reste à inclinaison constante il finira par être décentré au bout de quelque tours, pour éviter cela il devra légèrement ouvrir son virage quand il passe vent de face et le resserrer en vent arrière.

Cette manœuvre, que l'on appelle ovalisation, sera plus accentuée si :

- le vent est fort
- le taux de chute du planeur est important
- la vitesse du planeur est faible.

### **Les ascendances « incenterables »**

La moitié, peut être, des thermiques sont suffisamment homogènes pour faire monter le planeur en spirale de façon régulière. Les autres sont irrégulières avec des changements de vitesse ascensionnelle constants et plusieurs noyaux peuvent être détectés. Pour tirer le meilleur parti de ces ascendances irrégulières on pourra utiliser la spirale « patatoïde », quand le variomètre monte, on tire en élargissant ou en resserrant le virage en

fonction de la position des autres noyaux, quand le variomètre descend on accélère en se dirigeant vers le noyau suivant.

Cette méthode doit être utilisée quand nous sommes seuls dans l'ascendance ou avec des écarts importants d'altitude avec les autres planeurs, en effet il serait impossible à un planeur qui se trouverait à proximité de prévoir les cabrés, les virages et les piqués d'un autre pilote.

*Voir schéma page 29 de « La course en planeur »*

## **8 - Le départ de l'ascendance**

Quand le thermique faiblit, quand nous estimons avoir suffisamment d'altitude, ou tout simplement quand nous estimons que c'est le bon moment en fonction de notre tactique de vol nous nous décidons à quitter l'ascendance.

Pour ne pas perdre de l'altitude chèrement gagnée on peut utiliser la méthode de Witek,.

A savoir, à l'opposé de l'axe ou nous désirons sortir faire un virage de 90° très serré en cabrant le planeur puis piquer dans le noyau de l'ascendance pour prendre de la vitesse avant d'aborder la zone de fortes chutes qui entoure généralement l'ascendance. Pour cela bien sur il faut avoir anticipé sa sortie pendant que l'on montait dans l'ascendance, et savoir où l'on veut aller après.

*Voir schéma page 31 de « La course en planeur »*

## 9 - Cas particulier : la spirale dans un « troupeau » de planeur

Quelques règles de bon sens qui diminueront les risques de gêne mutuelle :

- le sens de la spirale est donné par le premier arrivé dans l'ascendance
- le nouveau venu ne doit pas gêner les planeurs déjà en spirale
- s'intégrer tangentiellement par l'extérieur en adoptant le même taux de virage et à la même vitesse que les planeurs qui y sont déjà
- si on déplace sa spirale on ne doit pas gêner les autres planeurs qui ont gardé l'ancienne trajectoire
- un planeur qui « gratte » les autres ne doit pas gêner ceux qui montent moins vite
- ne jamais se coller sous un autre planeur, celui-ci perd toute possibilité de manœuvre
- toujours regarder dehors et savoir qui est où et quand
- voler de façon à rester dans le champ visuel des autres pilotes
- sortir de l'ascendance par l'extérieur

*Voir schéma page 30 de « La course en planeur »*

