

Cours de perfectionnement au vol à voile N° 2

Le vol à voile de plaine - 1ère partie

« Sous les cumulus »

Résumé :

10. Evolution des thermiques sous les cumulus de beau temps
11. Recherche des thermiques sous les cumulus de beau temps
12. Evolution des cumulus en air ambiant humide
13. Evolution des gros cumulus
14. Les rues de cumulus

« On a donné le nom de vol à voile aux évolutions de divers grands oiseaux qui montent, descendent, parcourent l'espace à perte de vue sans qu'on puisse distinguer le moindre mouvement des ailes ; l'oiseau semble

poussé par une force mystérieuse et se mouvoir dans l'air sans dépenser d'énergie ... »

Pierre Idrac (1885-1935) Physicien et Météorologiste Français célèbre par ses études sur le vol à voile



10 - Evolution des thermiques sous les cumulus de beau temps

Au cours de ce chapitre nous allons étudier l'évolution des cumulus depuis leur formation jusqu'à leur désagrégation.

Les cumulus sont des nuages séparés se développant en forme de choux-fleurs et dont

la base est sensiblement horizontale. Les cumulus présentent, au moins au-dessus des continents, une nette variation diurne, en règle générale ils naissent dans la matinée, gonflent au cours de la journée et se résorbent le soir.

Disparition de l'inversion nocturne

La nuit la terre se refroidit plus vite que l'air. Ce refroidissement se transmet par conductibilité turbulente aux basses couches de l'atmosphère tandis que les couches moyennes et supérieures varient très peu.

Si le refroidissement est suffisant, ce qui est le cas par nuit claire, la température de l'air est plus élevée au

sommet de la couche turbulente qu'à sa base, nous sommes en présence d'une inversion nocturne de température.

Dans ce cas la stabilité de l'atmosphère dans les basses couches est très grande et s'oppose au développement de tout courant vertical.

Voir schéma 60, page 104 du Manuel de Météorologie du Vol à Voile (MMVV)

A partir du moment où le rayonnement solaire absorbé par le sol l'emporte sur le rayonnement propre à celui-ci (c'est-à-dire peu après le lever du soleil, dès que le minimum de température s'est produit) le sol s'échauffe et le gradient vertical de température augmente dans les couches d'air au voisinage du sol.

L'air réchauffé au contact du sol s'élève et est remplacé par de l'air froid provenant des couches supérieures. Cet air réchauffé à son tour s'élève de nouveau et ainsi de

suite. De cette manière se produit une élévation progressive de la température en altitude, la chaleur du sol est transportée dans les couches supérieures par l'intermédiaire des mouvements convectifs.

Quand la courbe de décroissance de température des basses couches s'aligne sur celle des couches supérieures, alors plus rien ne s'oppose à la création des ascendances thermiques (§ leçon « Le vol dans l'ascendance thermique »).

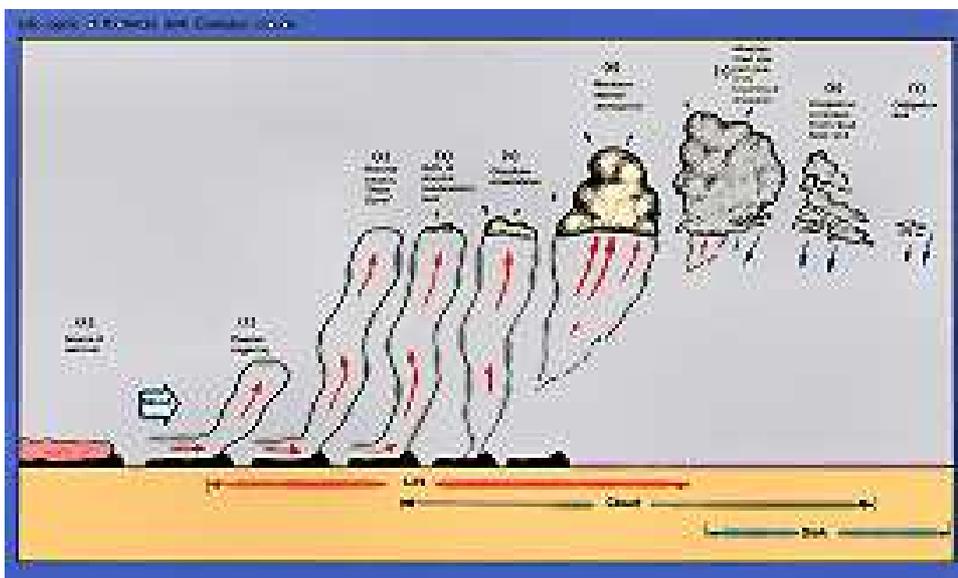
Voir schéma 61 et 62, page 105 du MMVV

Formation des cumulus

Lorsque l'échauffement du sol est suffisamment important pour que les particules ascendantes atteignent le

niveau de condensation (température du point de rosée) un cumulus se forme.

Evolution des thermiques sous les cumulus de beau temps



1. De l'air chaud s'accumule près du sol.
2. Le thermique est déclenché par une circonstance quelconque et l'air chaud commence à se décoller du sol.
3. Une colonne d'air ascendant plus ou moins verticale se forme. S'il n'y a plus d'apport d'air chaud à la base, la colonne peut être cisailée à sa base, elle s'élève alors comme une bulle.
4. Quand la colonne ascendante atteint l'altitude de la température du point de rosée de fins témoins apparaissent dans le ciel.
5. Au début de son existence le cumulus se matérialise sous la forme de nuelles séparées et irrégulières, qui bientôt s'épaississent et se soudent, la vitesse de montée de l'air s'accélère. La base du nuage devient bien plate, ses bords sont nets, il n'est pas très épais, mais sa partie supérieure commence à bourgeonner.
6. Le cumulus devient plus épais et ses bords mieux délimités. Au-dessus de la zone de meilleure montée le nuage bourgeonne vers le haut en forme de chou-fleur. Sa base s'assombrit alors que ses flans sont éclatants sous le soleil. Souvent la partie la plus sombre de la base se creuse légèrement en formant une voûte. Cela indique qu'à cet endroit l'air est plus chaud, c'est à cet endroit que nous trouverons la meilleure ascendance. Parfois des barbules se forment légèrement au-dessous de cette voûte et ne tardent pas à être absorbées par le nuage. Si nous regardons le nuage de loin il a une forme plus ou moins triangulaire avec une base bien plate et la pointe tournée vers le haut.
7. Quand la source d'air chaud tarit à sa base le cumulus continue quelques temps de se développer dans sa partie supérieure, mais les bords de sa base s'effritent. A ce moment le nuage prend une forme de trapèze dont le grand coté est en haut et le petit en bas. On peut encore sous la partie la plus sombre, encore plate et proche de la base trouver de l'air légèrement ascendant, partout autour la « dégueulante » s'installe. Il n'est pas recommandé au pilote de planeur de se diriger vers ce type de nuage, car il arrivera probablement trop tard et trop bas pour pouvoir profiter des dernières parties ascendantes.
8. Tous les contours du nuage deviennent flous, la coupole supérieure se dégonfle, il n'y a plus aucun espoir de trouver un courant ascendant sous ce nuage, la masse d'air plus froide descend doucement à l'endroit où quelques temps auparavant il y avait un nuage.
9. Les derniers lambeaux de nuages subsistent quelques temps dans le ciel et finissent par disparaître dans une « dégueulante » invisible, parfois, si l'humidité est importante ils peuvent se transformer en stratocumulus.

Voir schémas page 32 de « La course en planeur » et page 157 du MPVV



Forme et force des ascendances

Si le sol fournit à l'air qui est en contact avec lui une grande quantité de chaleur, et si le vent est faible, l'émission de l'ascendance peut se faire de façon quasi continue, elle sera régulière et son exploitation par le pilote de planeur sera facile.

Si la quantité de chaleur fournie par le sol est plus faible il pourra en résulter une émission de d'ascendances

discontinue sous forme de bulles thermiques plus ou moins espacées, c'est généralement ce qui se passe en début et en fin de convection.

Le vent, surtout s'il est fort, influe aussi sur la forme des ascendances en les inclinant et en les hachant, d'autant plus que l'ascendance est faible.

Répartition des ascendances

Dans des conditions calmes et au-dessus d'un sol uniforme, les thermiques se répartissent d'une façon plus ou moins régulière. D'après le professeur Georgii* leur espacement est égal à environ 2,5 fois leur hauteur.

Par exemple avec un plafond de 800 m on peut espérer rencontrer un thermique tous les 2 Km environ, alors qu'il faudra en parcourir au moins 5 si le plafond est à 2 000 m.

**professeur Walter Georgii, météorologiste et chercheur allemand qui a effectué beaucoup de recherches sur le vol à voile dans les années 1920/1930.*

Voir schéma page 155 du MPVV



Si le nombre de cumulus augmente

Des cumulus en grand nombre n'indiquent pas forcément que le nombre des ascendances augmente. La raison la plus courante d'une augmentation de la nébulosité est due à ce que l'humidité de l'air ambiant est suffisamment élevée pour ralentir le processus de dissolution des nuages par évaporation. Au milieu de tant de nuages agonisants il devient difficile au pilote de planeur de repérer les

formations jeunes et actives, assez peu nombreuses, qui lui donneront un bon taux de montée. De plus avec l'augmentation de l'ombre des nuages au sol le nombre et la force des ascendances va en diminuant. Un voile de nuage élevé peut aussi par son ombre légère faire baisser la température ce qui ralentit le processus de dissolution des nuages.

11 - Recherche des thermiques sous les cumulus de beau temps

L'art de trouver une bonne ascendance dans ces conditions s'apparente à l'art de juger avec réalisme du stade de développement des nuages. Pour agir avec certitude le pilote devra examiner les cumulus pendant un certain temps pour pouvoir observer leurs développements respectifs et choisir le plus favorable. Il est préférable de choisir des nuages en cours de développement car ils sont plus petits, l'ascendance sera plus facile à trouver, et elle a encore un bon potentiel de développement. Tous les cumulus présents dans le ciel n'ont pas systématiquement un thermique utilisable sous eux. On estime que par les jours de beau temps (2 à 4/8 de cumulus) il n'y a une bonne ascendance que sous un cumulus sur 3 ou 4.

c'est pour cela que nous devons adopter une méthode de recherche de l'ascendance sous les cumulus relativement simple et décider rapidement de changer de nuage si l'on ne trouve rien d'intéressant sous le nuage ou l'on est.

On peut ainsi parcourir de grandes distances entre chaque ascendance, en effet on a vu au chapitre précédent que la distance entre les cumulus est d'environ 2,5 fois la hauteur du plafond et que un cumulus sur 3 ou 4 seulement donne une ascendance intéressante, donc avec un plafond de 1000 m on peut être appelé à parcourir de 7,5 à 10 Km entre deux ascendances.

Recherche des thermiques sous la base des nuages

Au niveau de la base des nuages nous pouvons espérer le meilleur taux de montée sous la partie la plus sombre, en général bombée comme nous l'avons vu précédemment. Les

irrégularités de la base ont un grand intérêt, c'est là où elle est plus haute et plus sombre que l'ascendance sera la plus forte.

Le profil du vent au niveau du nuage est très important. S'il croît à l'approche de la base du nuage, il tend à déplacer la meilleure ascendance à l'opposé du gradient de vent. C'est

ainsi que l'on trouvera souvent la meilleure ascendance du côté du vent. Pour connaître le vent à l'altitude de la base des nuages il suffit d'observer le déplacement des ombres sur le sol.

La direction du soleil a quelquefois de l'influence sur la zone de meilleure

montée en favorisant l'échauffement d'un côté du nuage.

Le pilote a donc tout intérêt d'approcher le nuage du côté du vent et du soleil. S'ils ne sont pas alignés, la

meilleure approche se fera alors sur la bissectrice de l'angle formé par ces deux directions.

Recherche des thermiques à moyenne altitude

Plus nous volons haut et plus nous devons nous laisser guider par la forme des nuages. Mais quand nous descendons progressivement il faut se souvenir que même les nuages actifs peuvent ne plus être alimentés depuis le sol.

Si le vent est calme, les thermiques montent plus ou moins verticalement sous le cumulus on peut ainsi trouver le point de déclenchement et imaginer le profil de l'ascendance entre le sol et le nuage.

Quand le vent est fort et irrégulier c'est-à-dire avec des changements de force et de direction en fonction de l'altitude, il devient très difficile au pilote de visualiser profil des thermiques. Il convient alors au pilote de rechercher les ascendances plus par rapport aux sources de déclenchement possibles que par rapport aux nuages.

Voici quatre cas particuliers où on a de bonnes chances de trouver un bon thermique à moyenne altitude par vent fort :

1. si un endroit au sol engendre une importante réserve d'air chaud (carrière, usine, centrale nucléaire et c.), l'air ascendant sera entraîné sous le vent, ainsi nous pouvons admettre qu'un thermique naissant d'un point fixe au sol sera incliné dans le sens du vent
2. le relief, même en plaine, à son importance. Ainsi une ligne de collines, une bordure de plateau, même de faible hauteur, orientée approximativement perpendiculairement au vent donnera une légère composante verticale à l'air chaud entraîné horizontalement sur la plaine.
3. sur les grandes plaines à blé l'air chaud est entraîné par le vent, et les thermiques qui s'y développent sont à peu près verticaux sous les nuages.
4. autre possibilité, l'ascendance est alimentée par une source fixe (cas 1 et 2), mais le flux est irrégulier et fonctionne par pulsation. Chaque pulsation donnera un thermique qui se désolidarise du sol. Une rangée de cumulus alignés sous le vent de la source matérialise alors les différentes bulles. Plus on s'éloigne de la source et le bas de l'ascendance se rapproche de la base du nuage.

Voir schémas page 36 de « La course en planeur »

Recherche des thermiques à basse altitude

Ce point a déjà été traité lors de la leçon précédente : « le vol dans l'ascendance ».



12 - Evolution des cumulus en air ambiant humide

Les cumulus évoluent dans un premier temps comme indiqué au chapitre précédent (évolution des thermiques sous les cumulus de beau temps) jusqu'à la phase 6. s'il y a une couche d'air humide au dessus du niveau de la base du cumulus, et si celui-ci atteint ce niveau il se développe alors latéralement sous forme de stratocumulus. A la disparition du cumulus, par arrêt de la source énergétique, le voile de

stratocumulus persiste. Il empêche la formation de nouvelles ascendances en ombrageant le sol. Ces couches à haute humidité, souvent associées à une inversion de température ne peuvent être percées que par les thermiques les plus chauds. Ces étalements peuvent être dissipés par la chaleur du soleil, ou en descendant, ou bien, plus simplement être chassé par le vent.

Voir schéma page 37 de « La course en planeur »



Comment voler sous un voile de stratocumulus ?

Quand des zones de stratocumulus se développent au point de ne laisser subsister que quelques rares trous bleus ou passe la lumière du soleil, le pilote, s'il n'est pas déjà posé, doit inverser sa tactique de vol. En effet au lieu de voler vers les nuages, nous devons maintenant nous diriger vers le soleil, en évaluant l'endroit où il a brillé le plus longtemps. Nous

chercherons dans un premier temps sur le côté au vent de la zone ensoleillée.

Si nous sommes coincé sous la couverture nuageuse, les seules endroits où nous avons une petite chance de trouver encore une ascendance sont ceux où la base est la plus sombre, car à cet endroit le nuage est plus épais et cela indique qu'il y a eu, et il y a peut être encore un mouvement convectif.

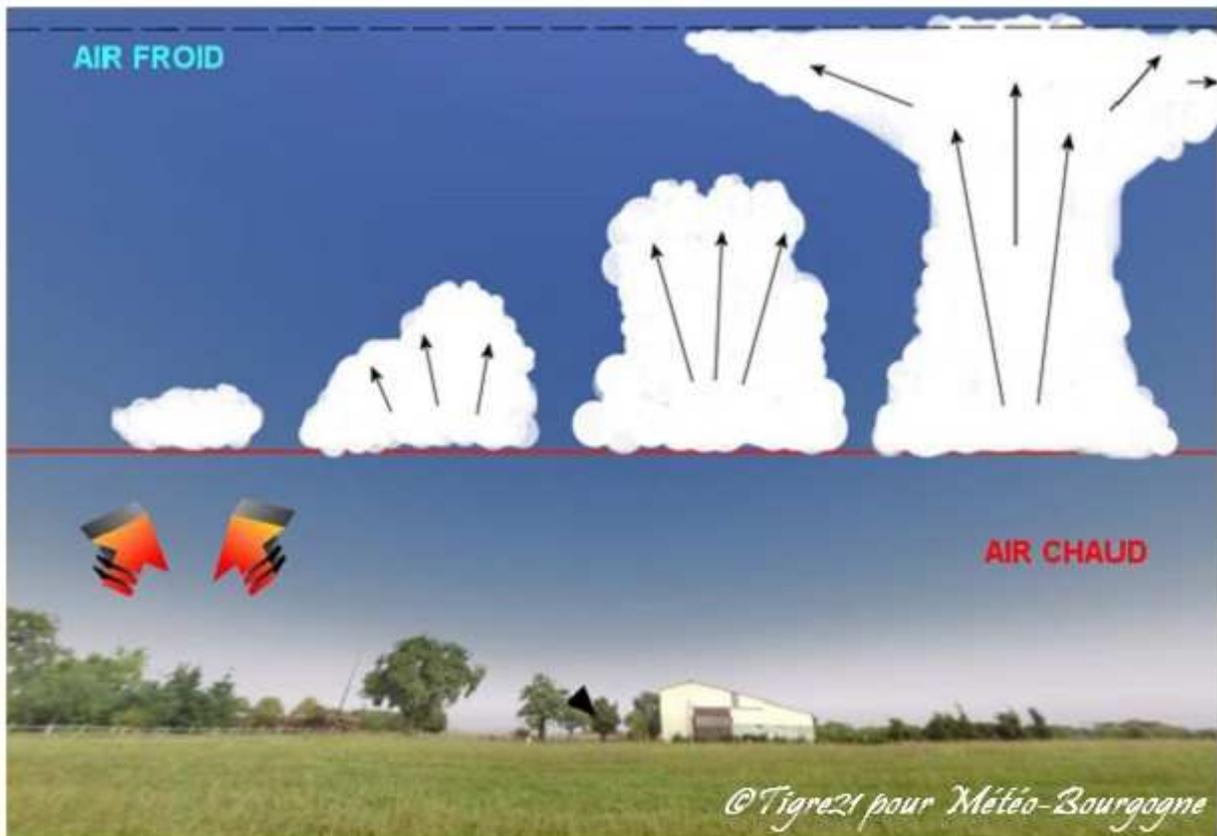
Voir schéma page 38 de « La course en planeur »

13 - Evolution des gros cumulus

Le développement de ce type de nuages commence comme celui des cumulus de beau

temps pour les phases 1 à 6, c'est ensuite que les choses changent.

Formation d'un cumulus congestus



Si la réserve d'air chaud reste inépuisée le nuage continuera de grossir.

D'autres facteurs peuvent aussi entraîner un développement continu, par exemple si l'air environnant à l'altitude du sommet du nuage est plus frais que l'air ascendant du thermique. Si un tel air extérieur est entraîné, se condense et devient ainsi par lui-même instable, le thermique reçoit un apport d'énergie supplémentaire et continue son ascension. L'ascension devient alors indépendante du sol puisqu'elle est alimentée directement par les couches plus élevées.

Si l'ascension rencontre des couches très humides il pourra aussi se former des voiles de stratocumulus n'empêchant pas le nuage de se développer encore au-dessus.

La dimension que pourra atteindre finalement le nuage dépend entièrement du profil de température de la masse d'air. Sous le nuage se développe aussi une puissante aspiration qui attire même l'air par les cotés. Si l'on observe le vent au sol autour d'un gros cumulus congestus on observe, si le vent du gradient n'est pas trop fort, que où que l'on soit le vent se dirige vers le nuage

Tout autour une descentance régulière presque imperceptible compensera le flux d'air emporté vers le haut. Il en résulte que dans une large zone autour du cumulus congestus l'air est stabilisé par sa descente ce qui empêche la formation de nouveaux thermiques.

Plus le nuage grandit et plus sa structure devient complexe. Il peut y avoir plusieurs noyaux de fortes

ascendances entourés par de très fortes chutes.

Si le sommet du nuage atteint le niveau de congélation des averse se forment, souvent violentes et même parfois accompagnées de grêle.

Une fois que tout l'air qui pouvait être rendu instable aux environs du

cumulus congestus a été emporté vers le haut, les foyers de désagrégation se multiplient et la base du nuage s'effiloche. Si l'air est humide des lambeaux de nuages peuvent persister pendant très longtemps, le pilote de planeur devra alors éviter cette zone défavorable.

Voir schéma page 39 de « La course en planeur »

La recherche des ascendances sous les cumulus congestus

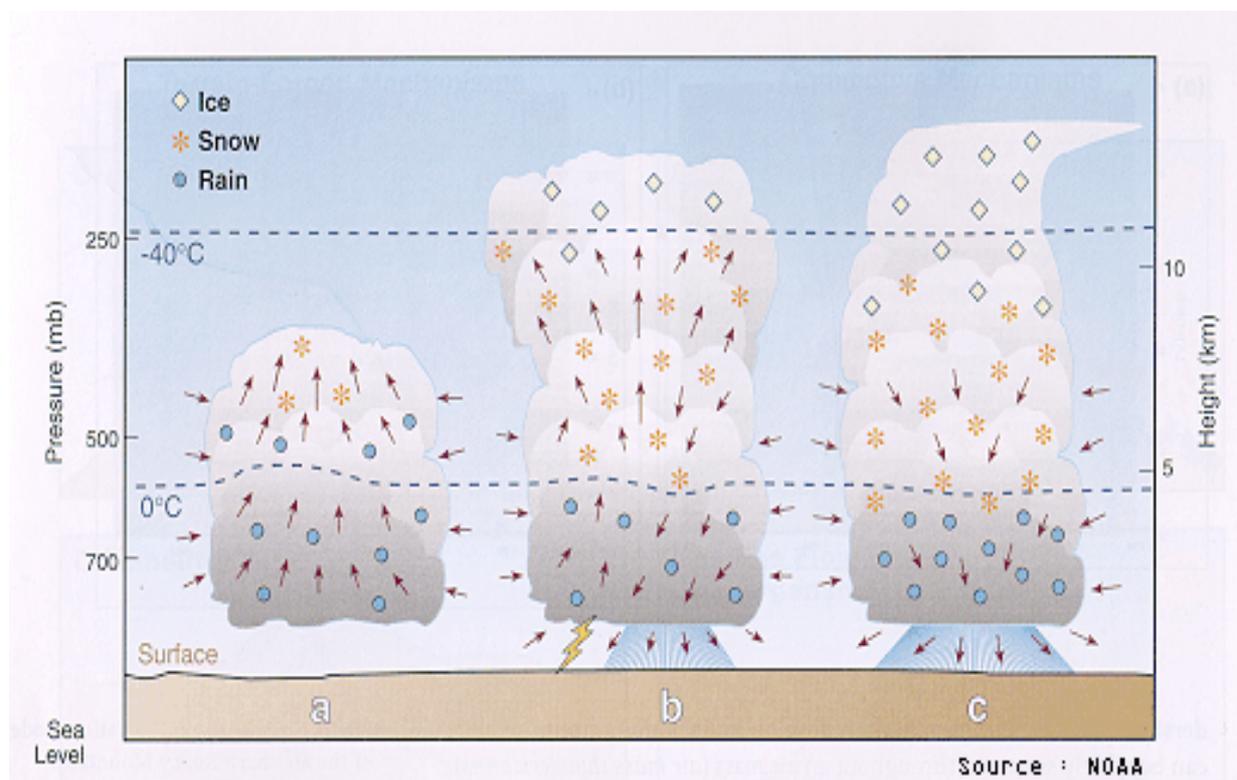
Les conditions atmosphériques qui donnent naissance à de gros cumulus, s'accompagnent presque toujours du risque de surdéveloppement, d'averses et de larges zones d'ombre.

Il est de la plus grande importance de bien évaluer le stade de développement des nuages, et savoir s'en éloigner suffisamment tôt avant les averses, ou les étalements dans leur partie supérieure qui limitent l'ensoleillement au pourtour et qui sera un obstacle lorsque nous devons quitter la zone du cumulus congestus.

Un gros cumulus congestus sur notre route peut nous faire gagner un temps précieux, grâce à ses très fortes

ascendances mais peut aussi nous faire tout perdre si on se fait « piéger » sous lui au moment où il se dégonfle de très fortes chutes (jusqu'à -10 m/s) peuvent nous jeter par terre dans un temps très court.

En vol local il convient de se rapprocher du terrain et de revenir atterrir bien avant que les averses ne débutent. Il ne faut jamais laisser un cumulus congestus se développer entre soi et le terrain. Au moment d'atterrir il convient de bien observer le vent pour choisir son sens de piste qui peut avoir changé, et de rentrer le matériel au plus vite dans le hangar.



Formation d'un cumulonimbus

Si la masse d'air est humide et possède une grande instabilité jusqu'à de grandes altitudes des orages de convection se forment. Le sommet du nuage que l'on appelle maintenant cumulonimbus s'étale dans sa partie supérieure en forme d'enclume. Tous les phénomènes décrits dans le chapitre du congestus (fortes turbulences, averses, survente) sont

amplifiés et la foudre apparaît. Le pilote de planeur doit impérativement éviter ces formations nuageuses. En vol local il faut immédiatement revenir se poser sur le terrain et ranger au plus vite la machine, si l'on est sur la campagne il faudra si possible contourner cette zone ou se dérouter vers d'autres terrains.

Lignes de grains et fronts d'orage

Les averses et les orages ont tendance à s'aligner sur une rangée orientée en travers du vent. A ce moment leur aspect est très semblable à celui d'un front froid classique bien développé. L'expérience montre que de telles lignes de grains peuvent être abordées comme un véritable front d'orage. Au vent des grains il y a une ascendance puissante et régulière qui se renforce à l'approche de la base du nuage. En se déplaçant parallèlement à la ligne de grains on pourra alors réaliser des vitesses élevées. Si nous volons sous la base du nuage contre le vent jusqu'au

bord, surtout s'il s'agit d'un front qui se déplace rapidement, nous pourrions trouver une ascendance sur le devant du nuage qui nous montera plus haut que la base. Il faudra quitter ces alignements, face au vent, et suffisamment tôt pour rentrer se poser et avoir le temps de rentrer sa machine avant que les averses ne nous aient rattrapés.

Après le passage d'un tel front et de son cortège d'averses la température a considérablement rafraîchi et nous ne devons plus espérer aucune ascendance.

Voir schéma page 42 de « La course en planeur »



14 - Les rues de cumulus

Dans certaines conditions de vent les cumulus s'alignent en bandes parallèles dans le lit du vent, on les appelle des rues de cumulus. Les conditions idéales pour la formation de rues sont d'avoir une vitesse de vent qui augmente dans les basses couches, passe par son

maximum à l'intérieur du nuage et diminue avant que le sommet du nuage ne soit atteint. Ces conditions sont extrêmement favorables au vol à voile en offrant au pilote de planeur des ascendances très rapprochées.



Comment exploiter les rues de cumulus ?

Il est fréquent d'entendre des pilotes parler avec enthousiasme de la fantastique ascendance qu'ils ont rencontrée sous une rue de cumulus, et d'évoquer l'obligation qu'ils ont eu d'accélérer pour ne pas être aspiré par le nuage, voir de sortir les aérofreins. Pourtant ils réalisent rarement que leurs propos sont un aveu d'inefficacité sur leur façon de voler.

En fait quand nous arrivons sous une rue de cumulus la question à se poser est :

- « Qu'est ce que je désire faire :
- garder la même altitude

- avoir une pente ascendante pour sortir au bout de la rue au plafond
- avoir une pente descendante (arrivée) ? »

Si nous sommes au plafond nous devons accélérer quand le variomètre est positif et ralentir ensuite ce qui va à l'encontre de la théorie de Mac Cready.

En fait si nous voulons garder la même altitude il faut voler quelques centaines de mètres sous le plafond et voler « en dauphin » c'est-à-dire accélérer quand le variomètre diminue et ralentir quand

il remonte. Nous garderons ainsi une altitude à peu près constante et nous avancerons plus vite que le planeur collé au plafond. Si nous ne parvenons pas à maintenir une altitude à peu près constante nous devons spiraler quelques tours dans les meilleures ascendances si nous descendons, ou au contraire accélérer si nous montons.

Par contre si nous arrivons assez bas au début d'une rue de cumulus et que nous désirons monter il faudra alors appliquer strictement la théorie de Mac Cready, mais sans spiraler, voler à la vitesse de chute mini tant que cela monte et accélérer quand cela descend, si l'on estime ne pas monter assez vite on peut alors spiraler quelques tours dans la meilleure ascendance.

Dans le cas de trajectoire désirée descendante il faut gérer la vitesse en fonction du plan souhaité, si le plan remonte il faut accélérer, s'il descend il faut ralentir, voire refaire quelques

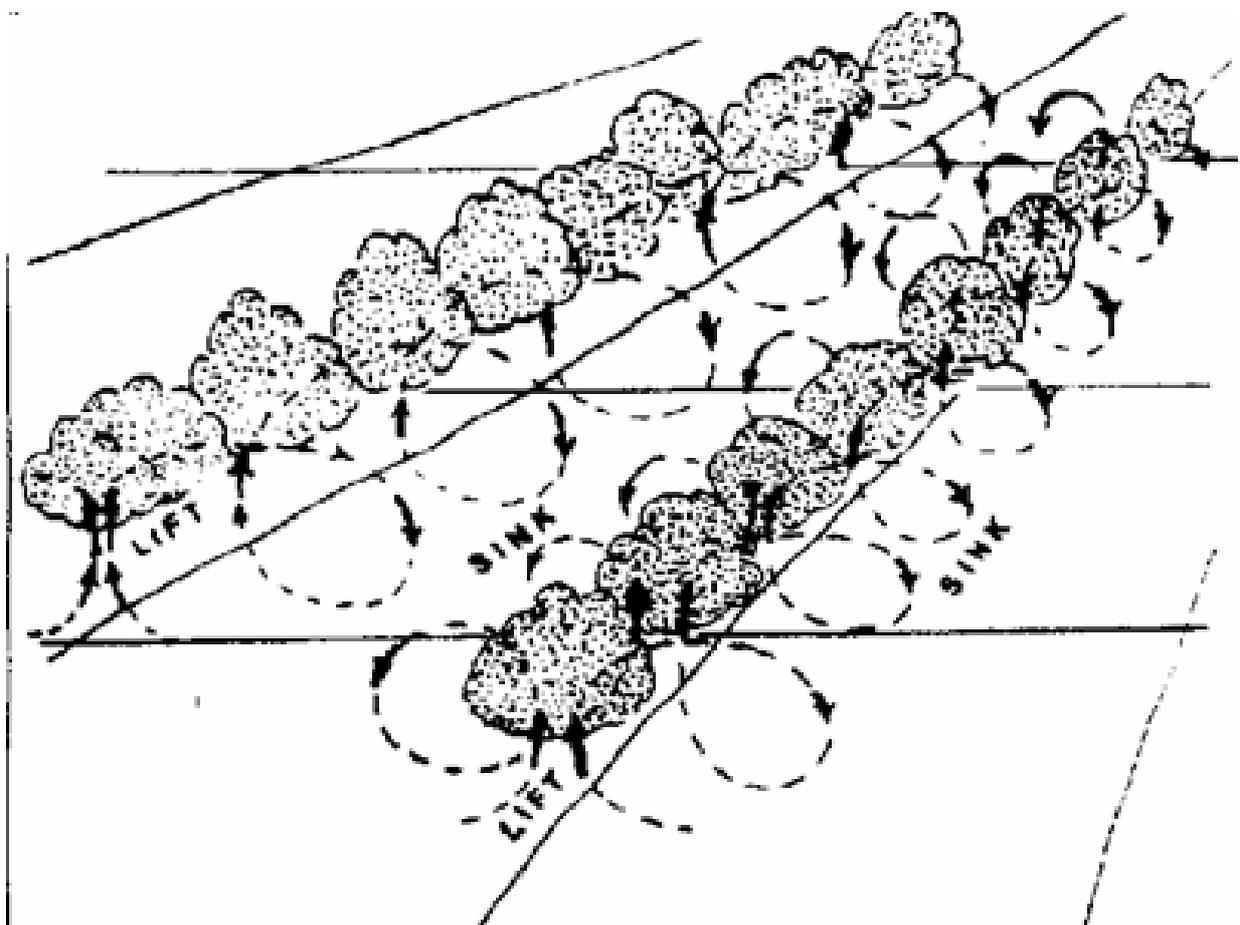
tours de spirale pour rejoindre le plan souhaité.

L'expérience prouve, sauf dans le cas des arrivées, qu'il est préférable de quitter les rues de cumulus à l'altitude maximale chaque fois que cela est possible.

Il est plus avantageux de spiraler quand on est sous une rue de cumulus si :

- Nous sommes encore très loin de la base des nuages
- La vitesse de montée à l'endroit où nous nous trouvons est nettement supérieure à celle de la rue en moyenne
- Nous pouvons supposer que l'ascendance a un diamètre limité qui ne nous permettra pas d'obtenir la pente de vol recherchée

Voir schéma page 45 et 49 de « La course en planeur »



Le passage d'une rue de nuages à l'autre

L'espacement entre les rues de nuages répond à la loi de Georgii, à savoir environ 2,5 fois la hauteur du nuage par rapport au sol. Le déplacement d'une rue de cumulus à une autre qui est parallèle devra se faire à la perpendiculaire du vent, en tenant compte bien sûr de la correction de dérive, c'est en effet le chemin le plus court, celui qui nous fera perdre le moins d'altitude.

De toute façon on a intérêt à voler de manière prolongée sous la rue de cumulus si :

- la direction de la rue est assez proche de celle désirée
- on vole avec un vent de face fort
- la vitesse de croisière sous la rue est nettement supérieure à celle qui serait possible ailleurs.

L'écart de cap à faire pour quitter la rue sera fonction du rapport de la vitesse de croisière sous la rue par rapport à celle en dehors (30° pour un rapport de 1,25 ; 45° pour un rapport de 1,5 et 60° pour un rapport de 2)

Voir schémas page 46 et 50 de « La course en planeur »

