

Le Thermique

Par : **Jaques BOTT**

TABLE DES MATIERES

LE THERMIQUE COMMENT CA MARCHE?	2
Les rayonnements	2
L'équilibre thermique de la planète.....	4
Les échanges d'énergie calorique par rayonnement	4
Les échanges d'énergie calorique par contact.....	6
La poussée d'Archimède	6
La convection.....	7
La détente adiabatique sèche	7
Le profil thermique de l'atmosphère	8
Le thermique pur.....	10
Différents états de l'eau dans l'air.....	11
Les changements d'état de l'eau	12
La capacité de l'air à contenir de l'eau	12
Comment l'air se charge d'humidité	13
La détente adiabatique avec condensation.....	13
Le thermique avec condensation	13
Avec de l'air chaud en altitude.....	14
La Masse d'air idéale.....	15
Le refroidissement nocturne	15
La brise descendante	16
La brise montante	16
La convection en montagne	17
L'écoulement des fluides	18
LE THERMIQUE MODE D'EMPLOI.....	19
Rester dans la pompe	19
Rayon de virage	21
Compromis inclinaison / performance	22
Vitesse de vol en thermique	23
Structure non homogène des thermiques	23
Se recentrer dans la pompe	24
L'entrée dans un thermique.....	25
Contrer et cadencer.....	27
Négocier un thermique violent.....	28
Les indices d'un thermique.....	30
Le thermique dans les basses couches	31
Quelques indices supplémentaires	32
Le thermique et le vent	33
Le thermique sous le vent	35
Approchant le plafond sous un gros cumulus	36
Ascendance en façade de nuage	37
Environnement orageux	38
La "grappe"	38
Quelques conseils pour conclure	39

Avertissement: La pratique du vol libre comporte des risques. C'est le cas de certaines manœuvres décrites dans ce manuel. La responsabilité de l'auteur ne saurait en aucun cas être engagée au titre

d'éventuelles conséquences malheureuses si le lecteur exécutait ces manœuvres avec une marge de sécurité insuffisante. Mis à part le cas de l'élève évoluant dans le cadre d'une école, le pilote de vol libre est seul responsable de sa trajectoire et des marges de sécurité qu'il pratique en vol.

Dans les chapitres "Compromis inclinaison/performance" et "vitesse de vol en thermique", les vitesses obtenues ne sont valables que pour l'aile de référence, à savoir une aile conçue pour voler à 35Km/h au taux de chute mini. Ce n'est absolument pas le cas des deltas de compétitions, ni des rigides dont les vitesses minimales de sécurité sont bien plus élevées. Voler à de telles vitesses avec ces derniers types d'aile conduirait inévitablement à l'accident

LE THERMIQUE COMMENT CA MARCHE?

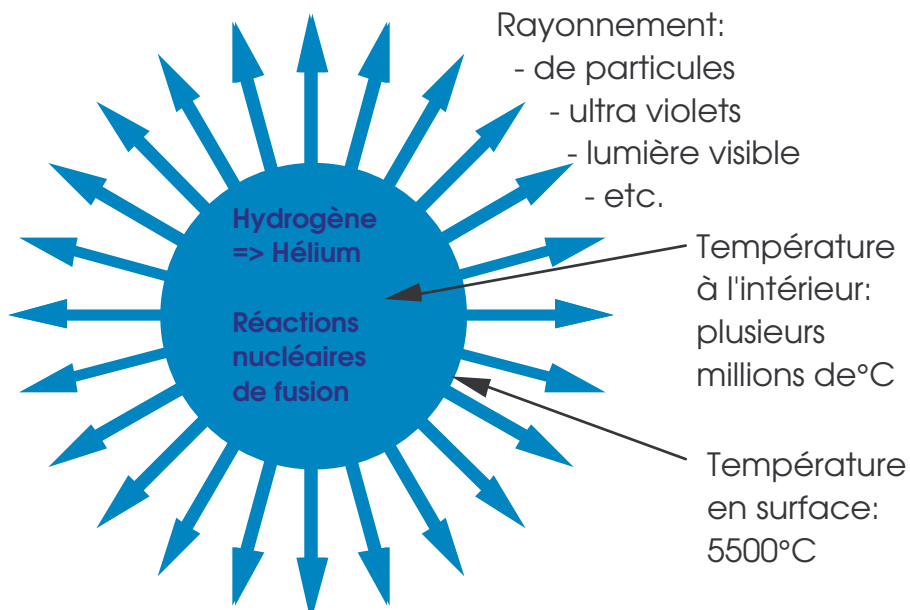
Les rayonnements

• Le soleil comme toutes les étoiles est une sorte de gigantesque centrale nucléaire. Il se comporte comme une bombe "H" géante: il s'y produit perpétuellement de gigantesques réactions nucléaires de fusion; la température y atteint des millions de degrés; l'hydrogène, son combustible, s'y transforme en hélium.

La température en surface atteint 5500 degrés.

En conséquence, il émet d'énormes quantités de rayonnements: lumineux, ultraviolet, particules, etc.

Fig 1 LE RAYONNEMENT SOLAIRE



Considérons ce rayonnement dans son ensemble, et appelons-le rayonnement solaire (RS)

• **Un objet exposé à un rayonnement s'échauffe.**

exemple:

- oubliez un toast dans un grille-pain, il va très rapidement brûler
- endormez vous sur une plage en plein soleil, vous vous réveillerez avec un coup de soleil; un coup de soleil est une brûlure au 1° voire au 2° degré
- assis autour d'un feu de camp, la peau de votre visage reçoit le rayonnement infrarouge du feu; vous percevez un effet de chaleur; mais, dans le dos, la nuit, c'est le froid que vous ressentez.

• Tout comme le soleil, **un objet chaud émet un rayonnement**; mais en raison de la température beaucoup plus basse, il n'y a émission que de rayons **infrarouges**.

par exemple:

- poêle de chauffage, kachelofen (gros poêle en faïence)
- radiateur plat (et non convecteur qui, lui, chauffe l'air de la pièce), qu'il soit électrique ou à eau chaude; asseyez vous à un mètre du radiateur, dos tourné vers lui; au bout de quelques minutes, vous ressentez la chaleur créée par son rayonnement
- ce que vous montrent des lunettes à infrarouge est en fait une image thermique;

invisible à l'œil nu, elle est reçue par un capteur spécial puis convertie de manière électronique en une image TV, visible, elle, à l'œil nu.

- **Mais, l'émission d'un rayonnement consomme de l'énergie.**

Exemple:

- le grille-pain de l'électricité
- le poêle du combustible
- le soleil de la matière

- A l'instar d'une batterie qui produit de l'électricité en se déchargeant, **un objet chaud qui ne reçoit pas d'énergie émet de moins en moins d'infrarouge au fur et à mesure qu'il se refroidit;**

il consomme l'énergie calorifique accumulée en lui pour produire le rayonnement infrarouge qu'il émet.

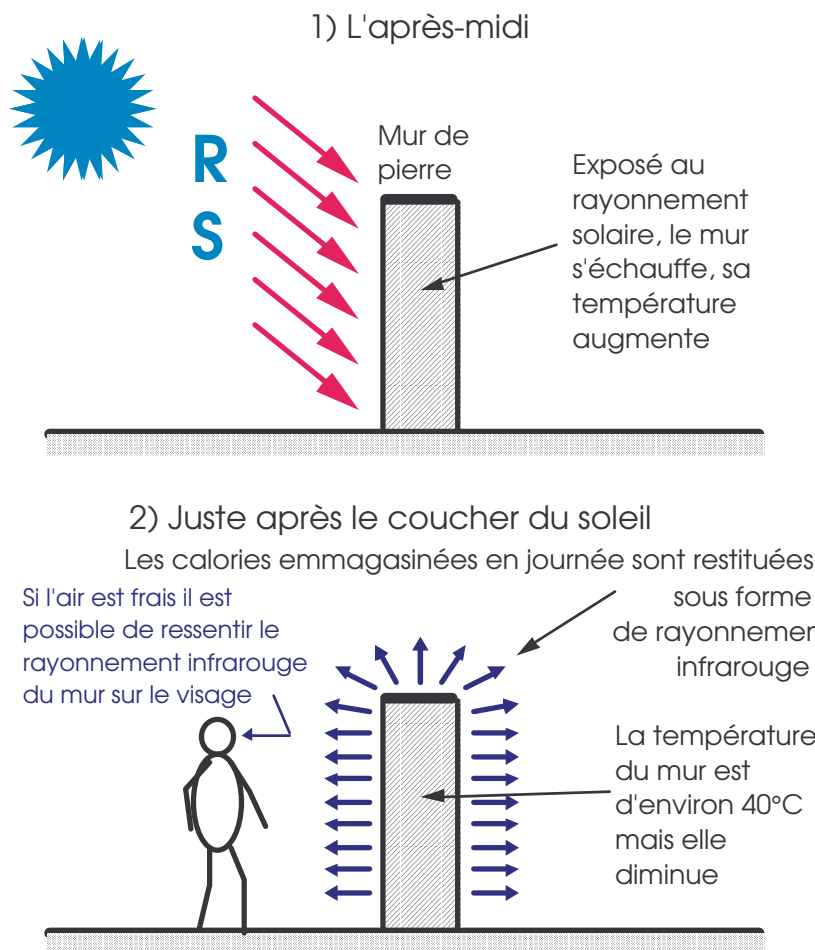
Exemple:

- Le kachelofen rayonne encore longtemps après s'être éteint car son importante masse de pierres réfractaires chaudes représente d'importantes réserves de calories;
- cependant, le rayonnement est de moins en moins fort, au fur et à mesure que sa température diminue.

Autre exemple:

- Soit un mur de pierres qui a été chauffé tout l'après midi par un soleil d'été; sa température s'est progressivement élevée jusqu'à atteindre environ 40°C au moment du coucher du soleil;
- le soir on peut percevoir son rayonnement infrarouge sur la peau du visage, en passant à sa proximité.

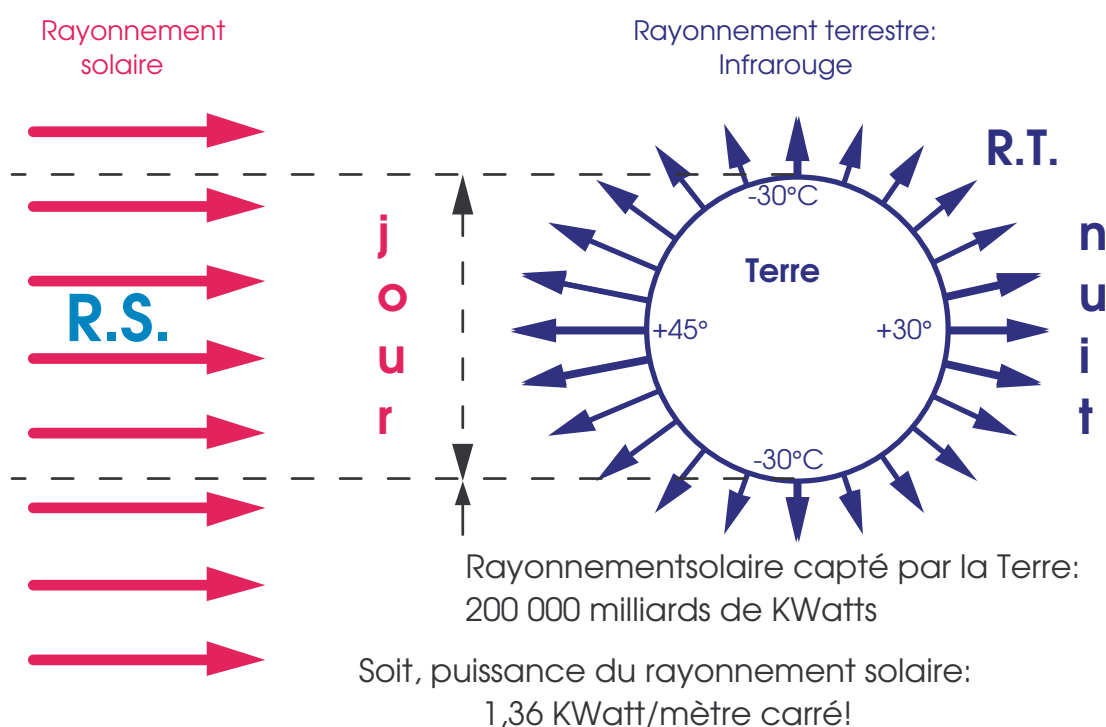
Fig 2 REFROIDISSEMENT ET RAYONNEMENT



L'équilibre thermique de la planète

- En surface, la température de notre planète est comprise entre environ -40°C et $+40^{\circ}\text{C}$;
il en résulte l'émission d'un rayonnement infrarouge dans l'espace; rayonnement plus ou moins intense en fonction de la température locale.
- Si notre planète ne recevait pas d'énergie le jour, sous forme de rayonnement solaire, elle serait depuis longtemps refroidie, c'est-à-dire que sa température serait uniformément de -273°C .
- Mais globalement, elle ne se refroidit pas car elle reçoit autant d'énergie sous forme de rayonnement solaire qu'elle en perd sous forme d'infrarouge.
- La planète Terre capte dans son ensemble 200 000 milliards de kilowatts de **rayonnement solaire**;
ramené au mètre carré cela représente environ **1,36 kilowatt**;
soit à peu près la puissance d'un radiateur permettant de chauffer une pièce d'habitation bien isolée en hiver.

Fig 3 RAYONNEMENT TERRESTRE, EQUILIBRE THERMIQUE DE LA PLANETE



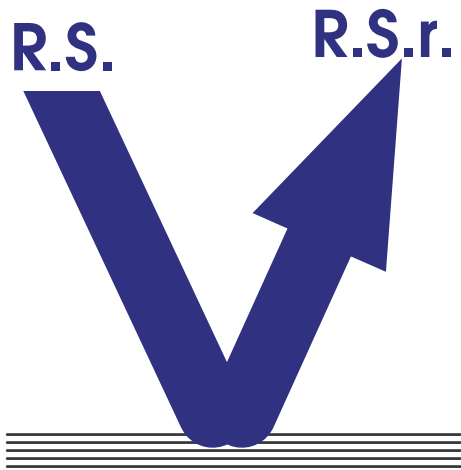
Les échanges d'énergie calorique par rayonnement

Les rayonnements dont nous avons parlé sont de l'énergie;

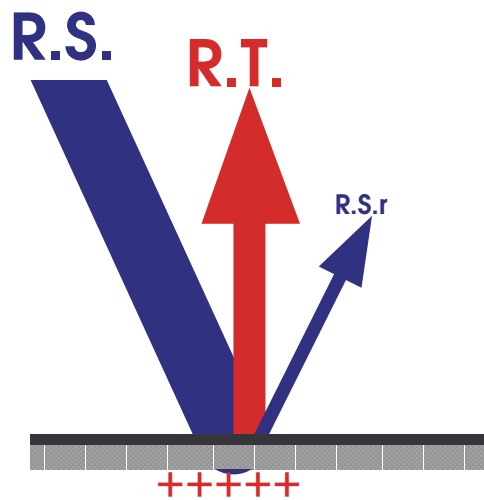
en fonction de la nature de l'objet qui est soumis au rayonnement, il l'absorbe, le laisse traverser ou le réfléchit à des degrés divers:

- l'objet qui absorbe le rayonnement va s'échauffer:
- L'air, transparent, laisse les rayonnements lumineux et infrarouge le traverser, et ne s'échauffe donc pas.
- Une surface brillante réfléchit pratiquement tout le rayonnement qui l'atteint; c'est l'effet miroir; c'est le cas de la neige, de la surface d'un plan d'eau, etc.
- Une surface noire et mate absorbe au contraire presque tout le rayonnement et s'échauffe;
il fait très vite une chaleur insoutenable dans une voiture à la carrosserie foncée exposée, à l'arrêt, au soleil;
la terre noire d'un jardin potager fraîchement bêché s'échauffe très rapidement en surface lorsque le soleil brille;
il en est de même pour le macadam des routes qui atteint parfois sa température de fusion en été
- Le rayonnement terrestre qui est un rayonnement infrarouge est pratiquement entièrement réfléchi par une couche nuageuse continue; elle agit comme une couverture de survie.
- Les nuages réfléchissent environ 80% du rayonnement solaire, les 20% restant parvenant à les traverser sans trop subir d'absorption

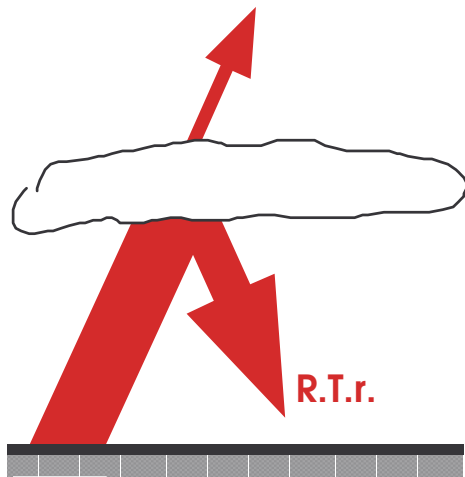
Fig 4 LES EFFETS DES RAYONNEMENTS



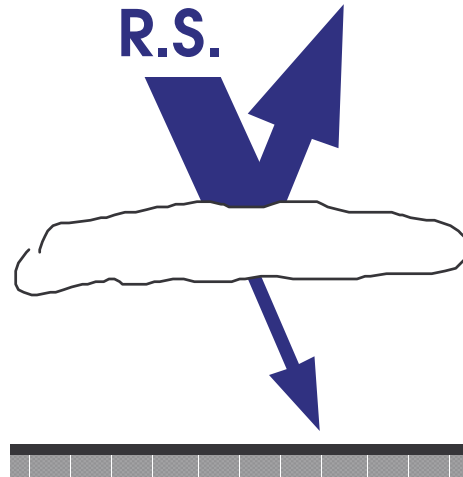
La neige ou la surface d'un plan d'eau agit comme un miroir; il n'y a **pas d'échauffement**



Surface mate et foncée: le rayonnement solaire est absorbé à presque 100% => **échauffement en surface**

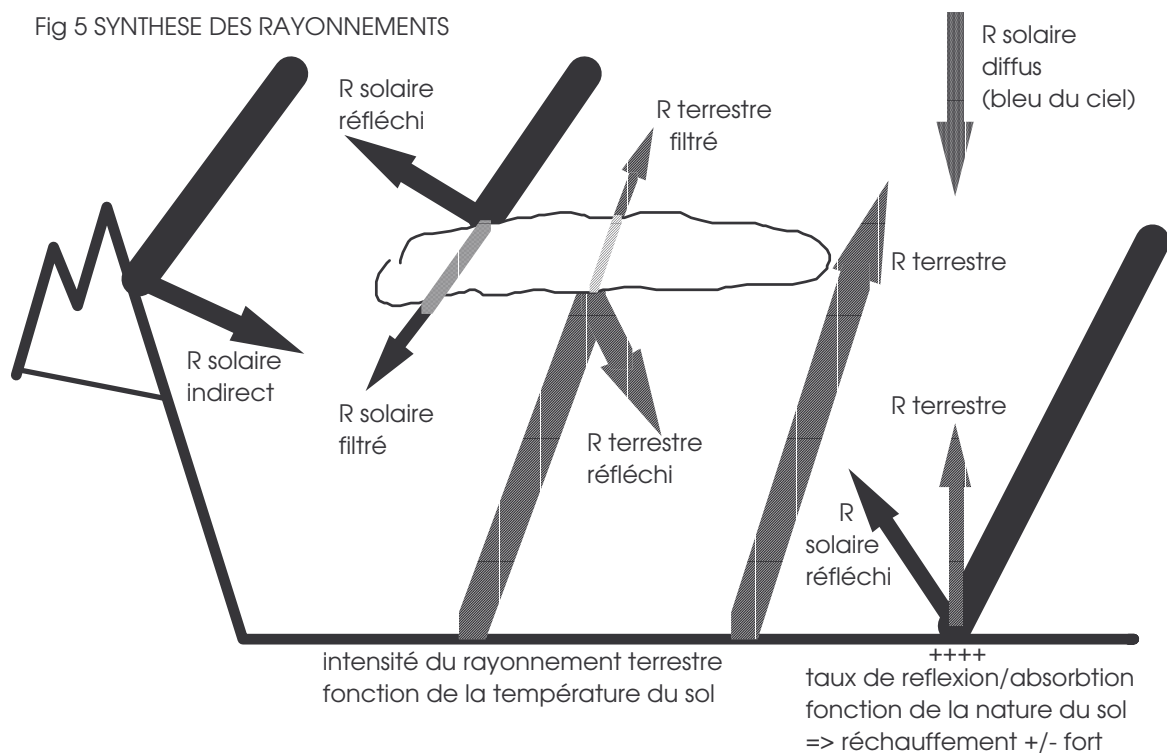


Une couche nuageuse réfléchit presque tout le rayonnement terrestre



Une couche nuageuse ne laisse passer qu'un faible pourcentage du rayonnement solaire

Fig 5 SYNTHÈSE DES RAYONNEMENTS



Les échanges d'énergie calorique par contact

Lorsque l'on met deux objets de température différente en contact, il y a échange de calories, tant que la différence de température existe;

l'objet le plus chaud cédera des calories au plus froid; jusqu'à ce qu'ils finissent par avoir la même température, à moins qu'on ne les sépare avant;

exemple:

-le glaçon dans un verre de pastis...

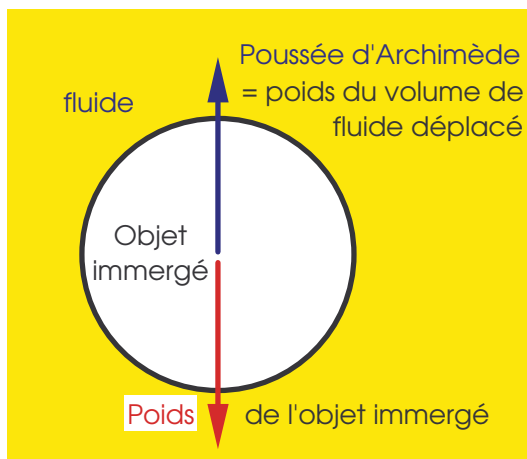
-l'air au contact d'un convecteur se réchauffe;

-l'air au contact d'un sol plus froid se refroidit;

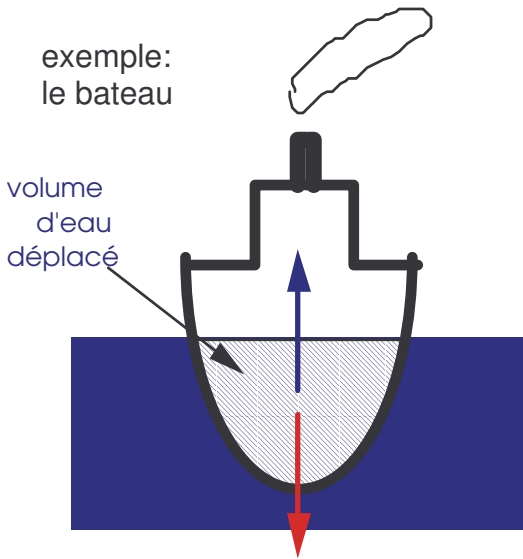
ce refroidissement se manifeste par l'apparition de la rosée ou de la gelée matinale, la formation de brouillard, l'inversion nocturne,

-l'air au contact d'un sol plus chaud: thermique!

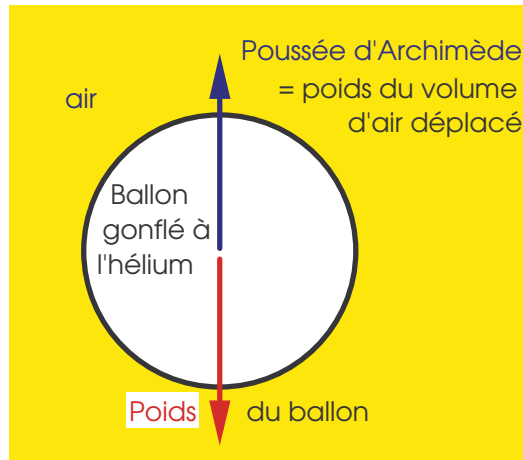
La poussée d'Archimède



Un corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale vers le haut égale au poids du fluide déplacé:



L'air est un fluide:
considérons le cas du ballon;



la densité de l'hydrogène ou de l'hélium est plus faible que celle de l'air; la poussée d'Archimède égale au poids du volume d'air déplacé arrive à être supérieure au poids total du ballon (c'est à dire: poids du volume d'hélium + poids de l'enveloppe, de la structure et de la charge);

dans le cas d'une montgolfière, on utilise de l'air chaud, c'est moins cher que l'hélium et moins dangereux que l'hydrogène, mais il faut un volume plus important.

Crevons l'enveloppe de la montgolfière: une bulle d'air chaud va s'élever!

nous voilà dans le vif du sujet:

Fig 7 LA CONVECTION

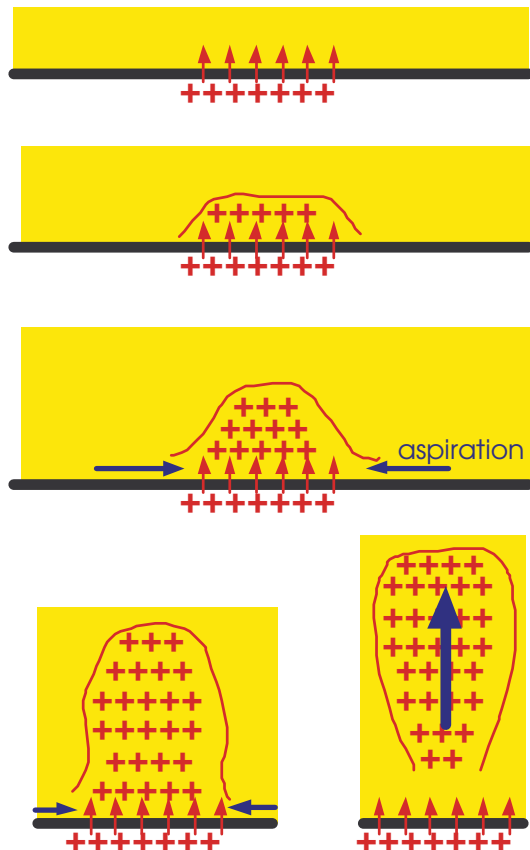
La convection

L'air au contact du sol chaud va, dans un premier temps, s'échauffer, puis s'élever car sa densité est devenue plus faible que l'air environnant plus froid;

il y a formation d'une "bulle".

La bulle est comme une montgolfière sans enveloppe, car il faudrait la brasser énergiquement pour qu'elle se mélange à l'air environnant.

Lorsque la bulle aura atteint sa maturité, elle va se détacher du sol et commencer son ascension



La détente adiabatique sèche

Plus on monte, moins la pression atmosphérique est forte.

En montant, la bulle va donc se dilater (tant mieux pour nous qui y faisons des ronds!)

Or nous avons tous un jour utilisé une pompe à vélo: lorsque l'on comprime l'air, la pompe s'échauffe.

Si l'on fait le contraire, on produit du froid; c'est le principe des réfrigérateurs.

Nous disons donc que la pression de l'air diminue à fur et à mesure que la bulle s'élève; il y a détente;

en conséquence la bulle d'air se refroidit lors de son ascension;

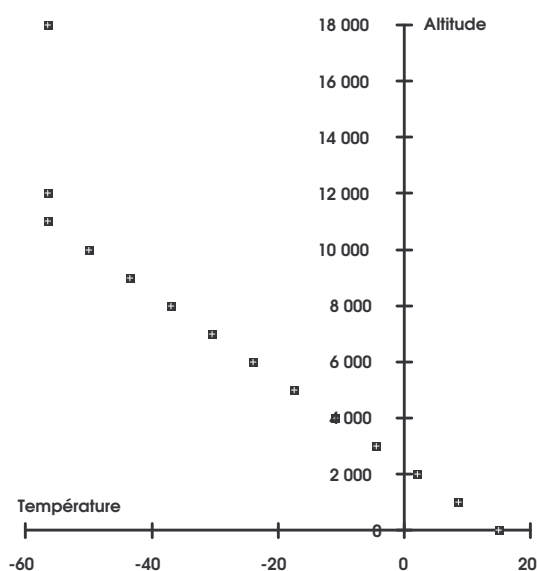
c'est mauvais pour la poussée d'Archimède et pour le vario!

Le refroidissement de la bulle qui s'élève est d'environ 10°C pour 1000 mètres de gain d'altitude

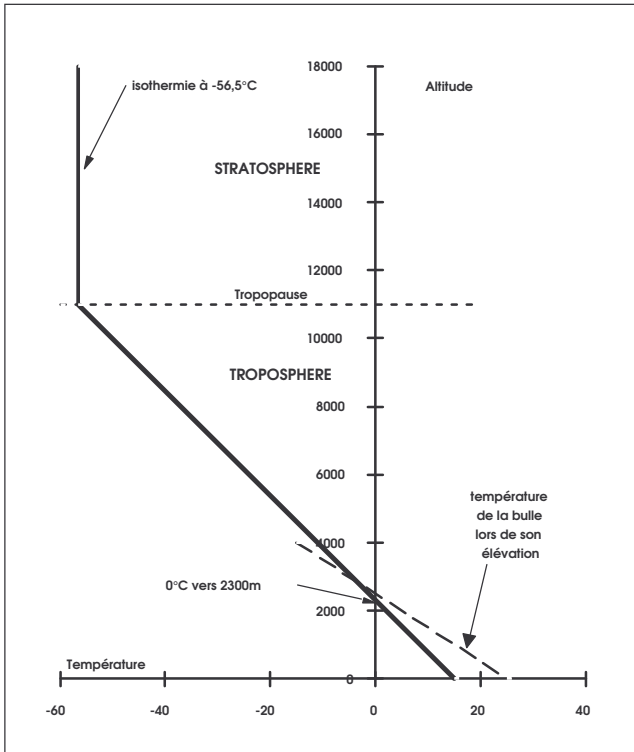
Le profil thermique de l'atmosphère

Les relevés de température faits un peu partout autour de la planète à différentes altitudes nous donnent en moyenne les températures suivantes

Altitude en m	Température
18 000	-56,5
16 000	-56,5
14 000	-56,5
12 000	-56,5
11 000	-56,5
10 000	-50
9 000	-43,5
8 000	-37
7 000	-30,5
6 000	-24
5 000	-17,5
4 000	-11
3 000	-4,5
2 000	2
1 000	8,5
0	15



- C'est une moyenne statistique; dans la réalité, la répartition des températures est sensiblement différente:

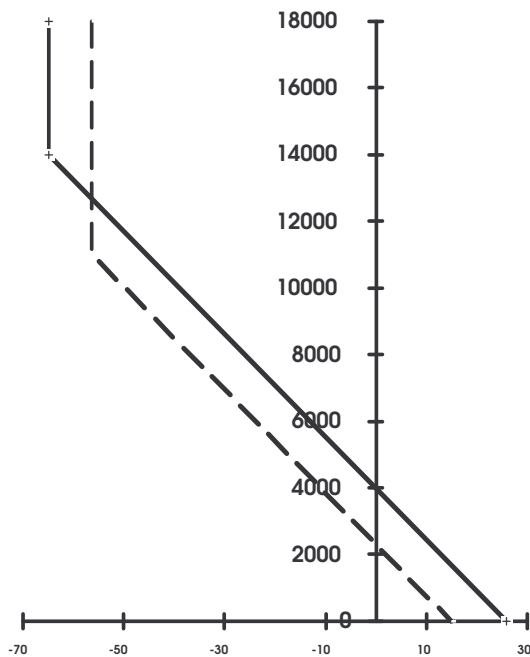


- A haute altitude on observe une isothermie (égalité de température quelle que soit l'altitude): c'est la stratosphère. Nous verrons qu'elle constitue un barrage définitif à la convection; dommage, on ne pourra accéder à l'espace ni en Delta, ni en planeur, ni en mongolfière!

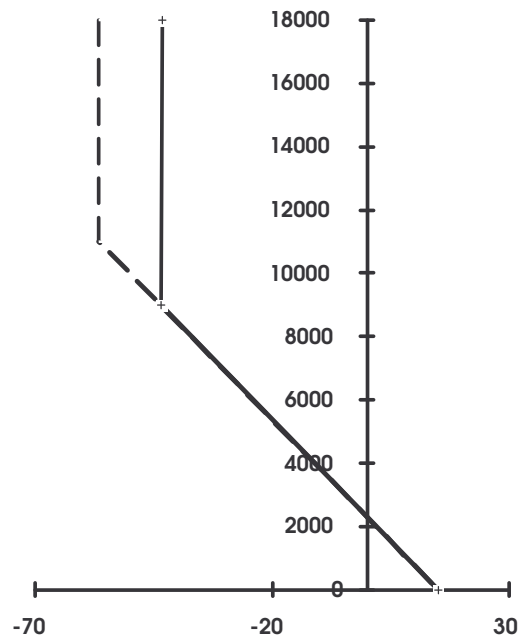
- De zéro à 11 000 mètres, **lorsque l'on s'élève de 1000 mètres, on rencontre en moyenne de l'air de 6,5°C plus froid:** c'est la Troposphère.

- Conséquence: **la bulle d'air chaud qui se refroidit de 10°C par 1 000 mètres lors de son ascension** finira par être aussi froide que l'air environnant; elle va s'arrêter de monter.

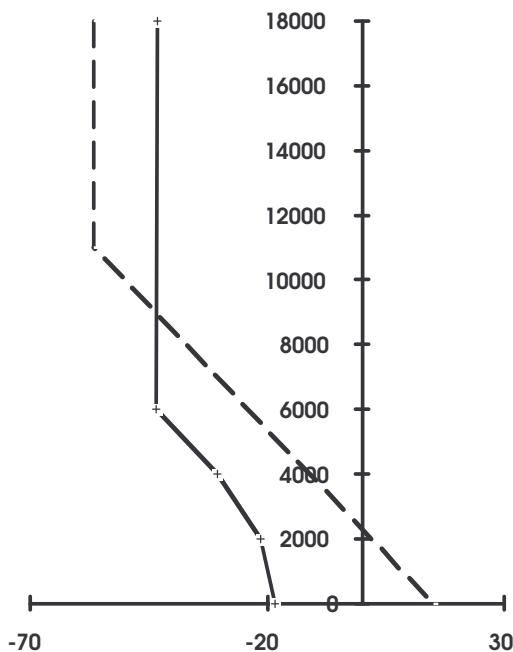
Voici le profil thermique caractéristique de différentes masses d'air:



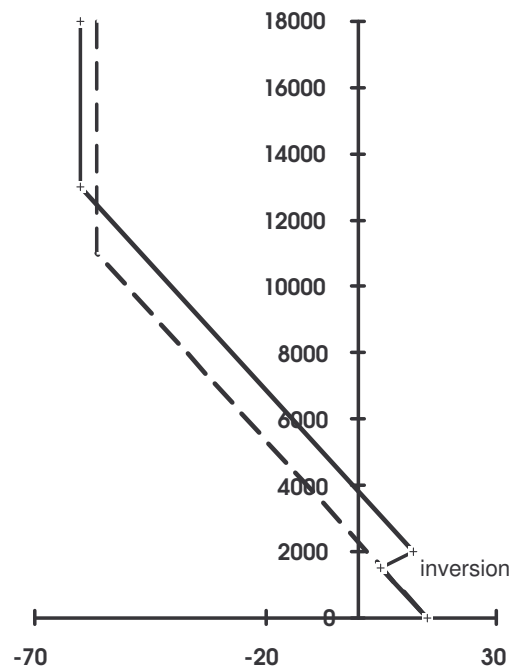
Masse d'air tropicale, plus chaud dans la troposphère, mais tropopause beaucoup plus élevée.



Masse d'air dans une dépression d'un régime perturbé d'Ouest: tropopause basse



Masse d'air polaire: air plus froid dans la troposphère; tropopause très basse



Masse d'air anticyclonique: comprimé par les hautes pressions, l'air est chaud; on constate qu'entre le sol et 1000 à 2500 mètres, l'air est resté frais;

Remarque: lorsqu'en s'élevant dans l'atmosphère on rencontre de l'air plus chaud, on entre dans ce que l'on appelle la couche **d'inversion de température**.

L'inversion nocturne se forme durant la nuit lorsque le vent n'est pas trop fort; l'air se refroidit au contact du sol qui se refroidit par rayonnement.

Le thermique pur

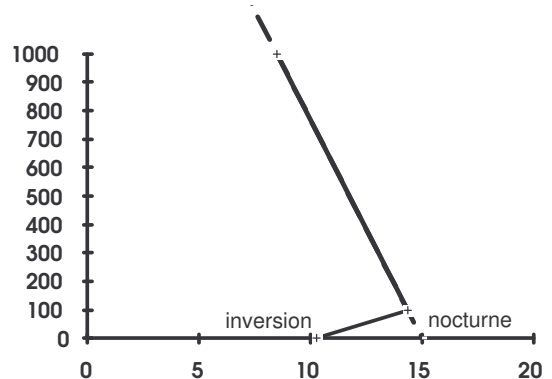
Qu'est-ce que le thermique pur?

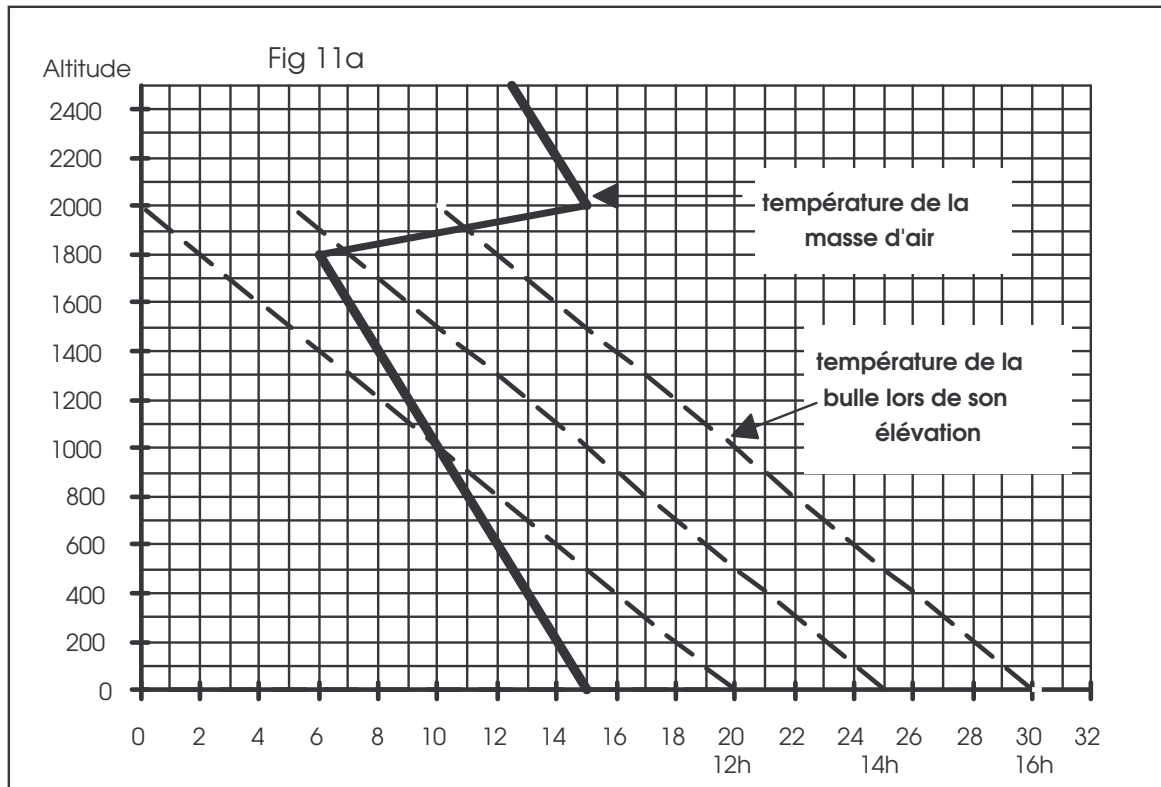
Il s'agit de bulles ascendantes qui se succèdent; dès qu'une bulle s'élève, la suivante commence à se former.

Lorsque la source de chaleur est suffisamment puissante, l'émission de bulles est continue, on est alors en présence d'une colonne ascendante.

On rencontre en général le thermique pur en situation anticyclonique l'air y étant sec. Dans ce cas, il existe une couche d'inversion que la bulle n'arrive que très rarement à franchir; elle est matérialisée par la brume; avec un peu d'habitude, on arrive à repérer les endroits où les bulles viennent se heurter à la couche d'inversion: la ligne de séparation brume/bleu du ciel est perturbée. Le thermique pur est problématique pour le cross-country, car il n'y a pas de matérialisation.

Jusqu'à quelle altitude la bulle va-t-elle s'élever?





A Midi, la température du sol atteint 20 °C; l'air environnant étant à 15 °C, il va se former un bulle qui va s'élever; en s'élevant, elle va se refroidir de 1 °C par 100 mètres de gain d'altitude; à 1000 mètres elle finit par rencontrer de l'air qui a la même température qu'elle; elle va s'arrêter de monter.

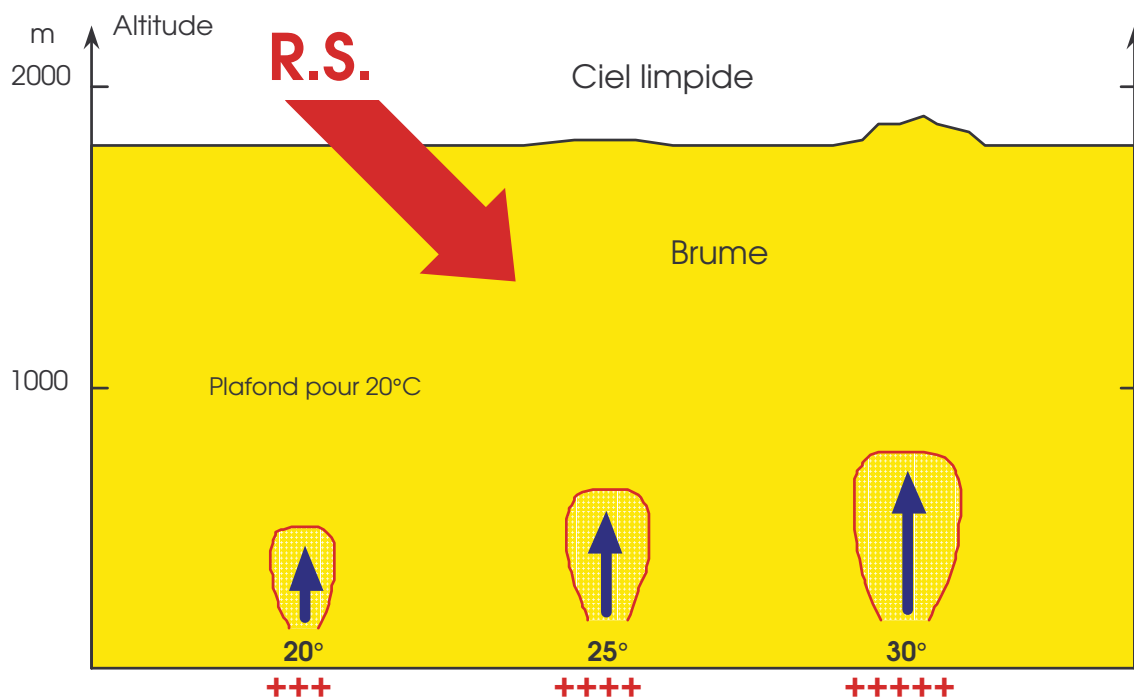
A 14h, la température du sol atteint 25 °C; la bulle a une température de 25 °C lorsqu'elle commence à s'élever; elle montera donc plus haut; à 1800 mètres elle finit par rencontrer l'air plus chaud de la couche d'inversion; son ascension est brutalement stoppée.

A 16h, la température du sol atteint 30 °C; à 1900 mètres la bulle rencontre l'air plus chaud de la couche d'inversion; son ascension est brutalement stoppée.

A noter que le plafond s'est élevé rapidement de 1000 à 1800 mètres entre midi et 14 heures,

alors que pour une même augmentation de température de 5 °C entre 14 et 16h, il n'a augmenté que de 100 mètres en raison de la couche d'inversion.

Figure 11b Plafond en thermique pur



Différents états de l'eau dans l'air

On trouve dans l'air de l'eau sous différents états:

- **gazeux: c'est un gaz incolore et inodore que l'on trouve en faible quantité** au même titre que les gaz rares, ou encore, que le gaz carbonique.

Pour mémoire, l'air est composé principalement de 20% d'oxygène et de 80% d'azote.

Revenons à l'eau à l'état gazeux dans l'air; les physiciens l'appellent vapeur d'eau, mais nous éviterons ce terme que l'on emploie inexactement dans le langage courant pour désigner les fumerolles qui s'élèvent au-dessus de la surface de l'eau liquide en ébullition; ces fumerolles sont en fait un mini nuage composé de très fines gouttelettes en suspension;

par contre les bulles qui arrivent à la surface de l'eau sont composées à 100% d'eau à l'état gazeux.

- les nuages sont la matérialisation de l'eau dans l'air à l'état liquide ou solide;

- **à l'état liquide ce sont de très fines gouttelettes en suspension dans l'atmosphère**; leur vitesse de chute est insignifiante en raison de leur dimension microscopique;

en grand nombre, elles forment des nuages ou encore du brouillard;

lorsque ces gouttelettes atteignent une taille plus importante, elles finissent par prendre un mouvement de chute significatif: il pleut.

- **à l'état solide**, on retrouve l'eau sous forme de **cristaux de glace très fins** en suspension dans les nuages ou dans le brouillard;

lorsque ces cristaux atteignent une taille critique ils prennent un mouvement de chute: il neige.

Les changements d'état de l'eau

Intéressons-nous aux changements d'état de l'eau.

Lorsque de l'eau bout, les bulles qui remontent à la surface comprennent exclusivement de l'eau à l'état gazeux; si on coupe le chauffage, l'ébullition s'arrête instantanément pour peu que la casserole ait un fond peu épais;

Nous en concluons que **pour transformer l'eau liquide en gaz, il faut fournir des calories**; c'est ce que les physiciens appellent la chaleur latente de vaporisation.

Autre exemple: de l'éther étalé sur votre peau va rapidement s'évaporer et vous ressentez une sensation de froid: c'est la manifestation des calories que l'éther vous a prises pour passer de l'état liquide à l'état gazeux.

Lors du passage de l'état gazeux à l'état liquide, c'est le phénomène inverse qui se produit, **il y a dégagement de chaleur**.

La capacité de l'air à contenir de l'eau

Prenons un échantillon d'air contenu dans une pièce, sa température est de 20°C; refroidissons le...

au bout d'un certain temps, lorsque nous atteignons 8°C par exemple, de la buée puis des gouttes d'eau vont apparaître;

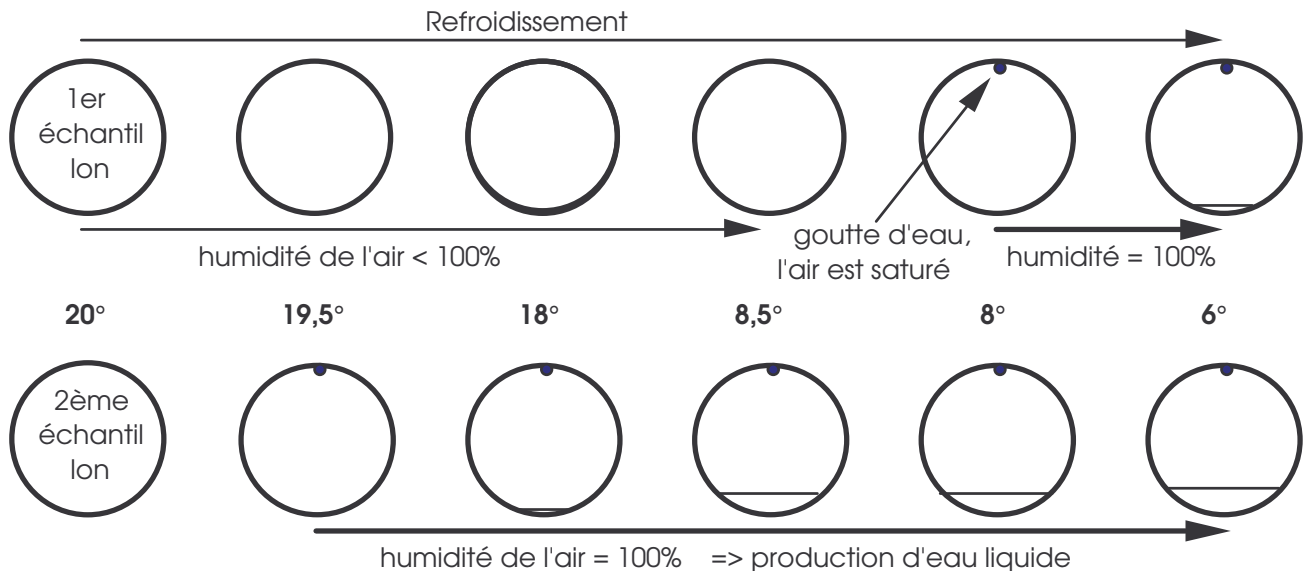


Fig 12 TAUX D'HUMIDITE DE L'AIR

Faisons la même expérience avec un échantillon d'air stagnant à la surface d'un étang; imaginons que nous sommes en été et que cet air a la même température, c'est à dire 20°C...

la goutte d'eau apparaît dès le début du refroidissement!

Si l'on continue le refroidissement, lorsqu'on atteint 8°C, on a produit plusieurs centilitres d'eau liquide.

Conclusion:

lorsque la goutte d'eau apparaît, l'air est saturé; on dit que l'humidité relative y est de 100%

A l'état initial, c'est à dire à 20°C, le deuxième échantillon d'air était saturé d'eau, son humidité relative était de 100%;

à cette même température, le premier échantillon contenait moins d'eau à l'état gazeux, son humidité relative était inférieure à 100%.

Conclusion de la conclusion:

-dans l'atmosphère, l'air peut contenir plus ou moins d'eau à l'état gazeux selon son origine ou les contraintes qu'il a subies (humidité relative plus ou moins élevée);

-plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'eau à l'état gazeux

-en refroidissant de l'air on finit toujours par obtenir de l'eau liquide; plus l'humidité relative est élevée, plus tôt le phénomène débute.

Comment l'air se charge d'humidité

L'air se charge essentiellement d'humidité lors du survol des océans;

le phénomène est très important lorsque la température de l'océan est supérieure à la température de l'air:

c'est le cas des masses d'air polaires descendant sur l'Atlantique Nord

La détente adiabatique avec condensation

Nous avons vu que notre "bulle" ascendante se refroidit au fur et à mesure qu'elle s'élève; si elle réussit à s'élever suffisamment, elle va se refroidir suffisamment pour atteindre son point de rosée, c'est à dire la température à partir de laquelle l'eau qu'elle contient sous forme de gaz va commencer à se transformer en eau liquide.

C'est l'altitude à partir de laquelle elle va commencer à former un cumulus!

Mais attention, nous avons vu que la transformation d'un gaz en liquide dégage des calories,

donc, dans notre cumulus en formation, l'air ascendant va moins se refroidir!

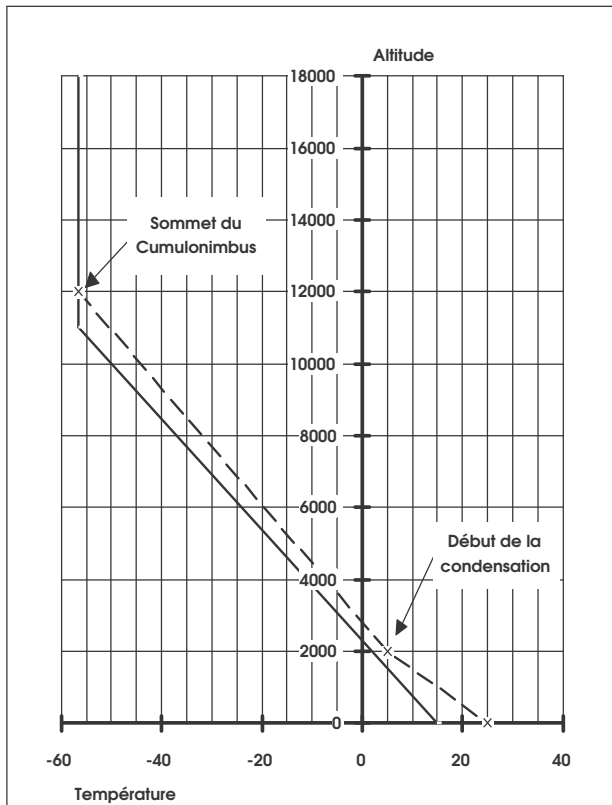
En effet, **dans un cumulus**, sous l'effet des calories dégagées par la condensation,

le taux de refroidissement n'est plus que de 4 à 6°C par 1000 mètres

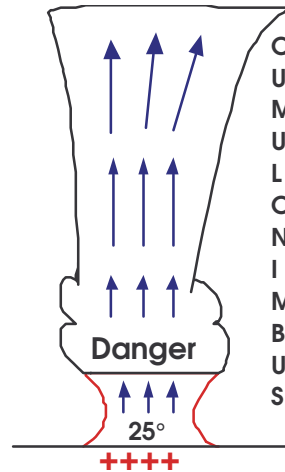
d'ascension au lieu de 10°C.

Donc si elle se refroidit moins, la bulle va pouvoir monter plus haut!

Le thermique avec condensation



Le taux de refroidissement de la bulle d'air saturée d'humidité étant inférieur au gradient de température moyen dans l'atmosphère ($6,5^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$), le nuage va continuer à grimper jusqu'à atteindre la stratosphère;



Il va se former un cumulonimbus, c'est à dire un nuage d'orage. Pas

bon pour nous, sauf

Avec de l'air chaud en altitude

Ce sont les conditions idéales: la couche d'inversion empêche la formation du cumulonimbus;

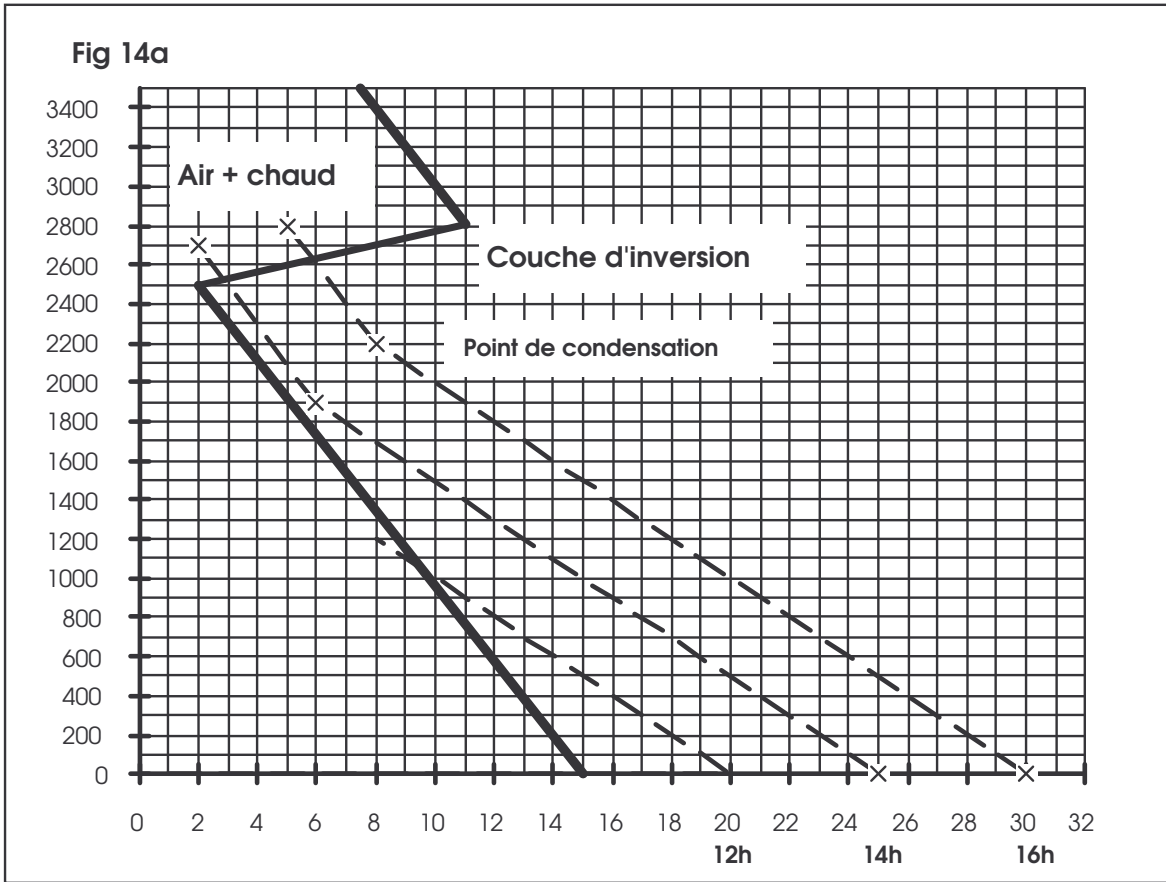
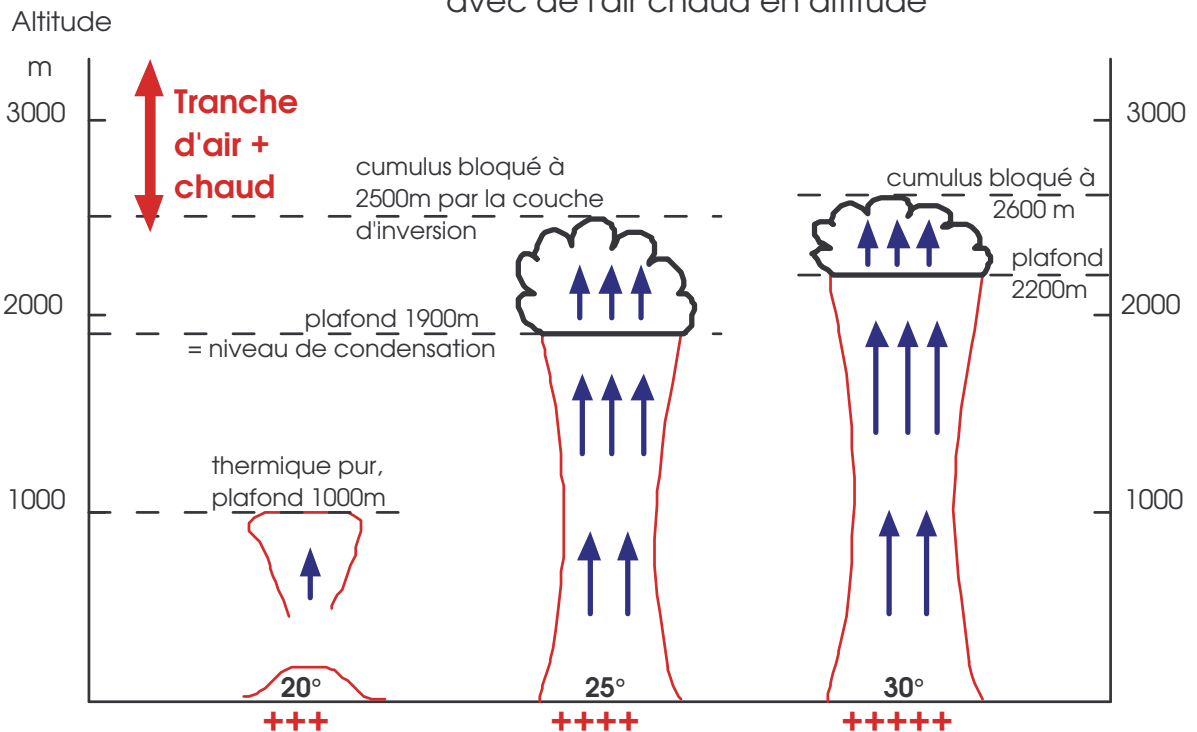


Figure 14b Thermique avec condensation avec de l'air chaud en altitude



l'ascendance, grâce aux calories dégagées par la condensation dans le cumulus, va monter plus haut; cela ne nous intéresse pas à priori, car nous ne volons pas dans les nuages, mais ce dégagement de calories dans le cumulus le transforme en un véritable aspirateur géant: le vario augmente dans un thermique à l'approche de la base du nuage. Le thermique s'en trouve renforcé: déclenché au sol par une surface

surchauffée, il connaît une aspiration par le haut due au cumulus, aspiration d'autant plus forte que le cumulus sera développé. Ce ne sont plus des "bulles" qui vont se succéder, mais une véritable colonne d'air ascendant qui peut s'établir.

La Masse d'air idéale

Quels sont les critères d'une masse d'air idéale?

•Du soleil:

un ciel bien bleu le matin en montagne, pas de voile de nuages élevés (Ci, Ac, As, Cs, Cc) que l'on retrouve dans les régimes perturbés.

•Pas ou très peu de vent;

outre l'inconvénient de ralentir très fortement notre progression en cassant notre finesse lorsqu'il est de face, le vent a l'inconvénient de désorganiser les thermiques; 10 Kts (18,5Km/h) constitue un obstacle très pénalisant pour un circuit fermé; au delà de cette force, reste les cross vent arrière; plus de 15 Kts en montagne commence à réduire les marges de sécurité.

•De l'air froid ou frais jusqu'à 1800 / 2500 mètres d'altitude pour une convection optimale; ce que l'on ne trouve pas dans les "vieux" anticyclones où la couche d'inversion se situe entre 900 et 1500 mètres.

•De l'air un peu humide, pour qu'il y ait des cumulus: cela se traduit par un double avantage: -la convection y est meilleure qu'en thermique pur -et de plus les cumulus matérialisent les pompes.

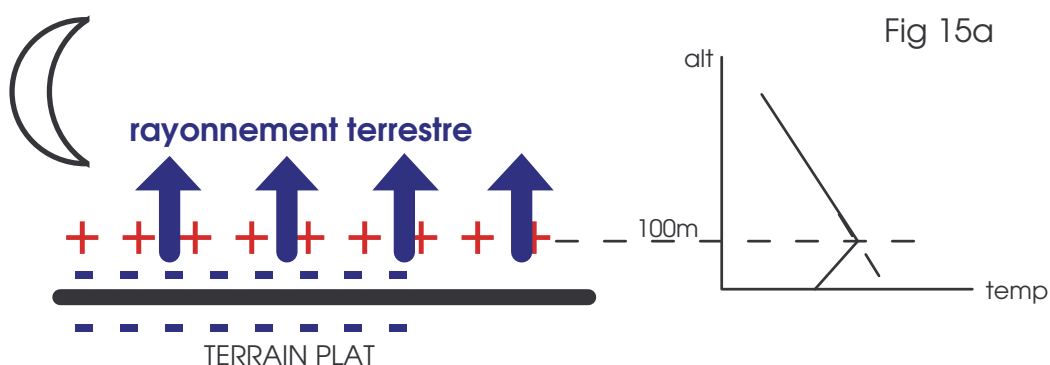
C'est le cas des masses d'air de l'Atlantique, et parfois dans les régimes de Nord à Nord-Est

•Une couche d'inversion ou une bonne isothermie vers 2500 / 3500 mètres, pour qu'un beau ciel bleu du matin ne se transforme pas en un enfer de cumulonimbus l'après-midi; attention aux journées où la cumulification démarre tôt le matin, et donne de gros cumulus déjà sur le coup de 11-13h.

•Tous ces ingrédients devraient donner une belle journée dotée de beaux cumulus dans l'après-midi avec des plafonds vers 2500 mètres: le rêve!

La prévision météorologique est là pour vous renseigner sur tous ces aspects de la masse d'air.

Le refroidissement nocturne



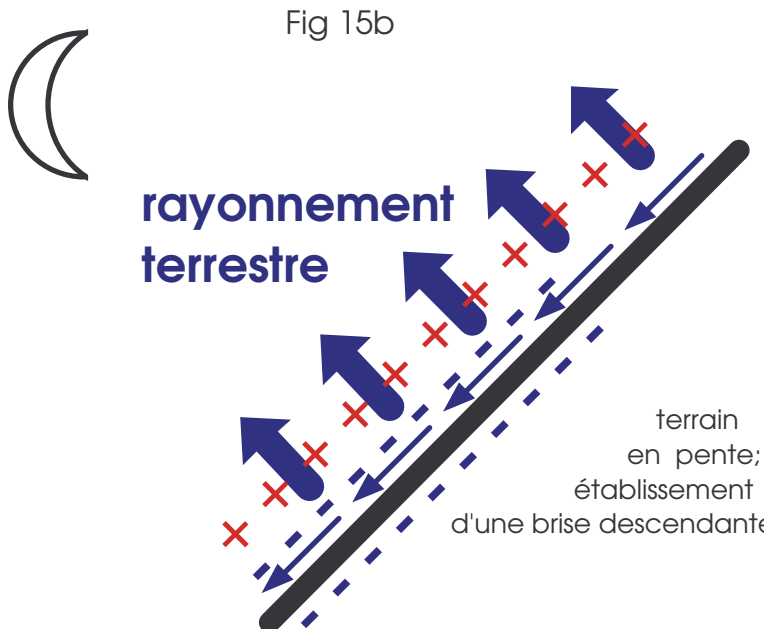
La nuit, le sol ne reçoit pas d'énergie calorifique; s'il n'y a pas de couverture nuageuse pour lui renvoyer son rayonnement infrarouge, il va se refroidir, (un chien ou un chat dort sans couverture, c'est pourquoi il se met en boule pour limiter ses pertes d'énergie calorifique).

L'air au contact du sol va se refroidir lui aussi, il va former ce que les météorologues appellent la couche d'inversion nocturne.

La brise descendante

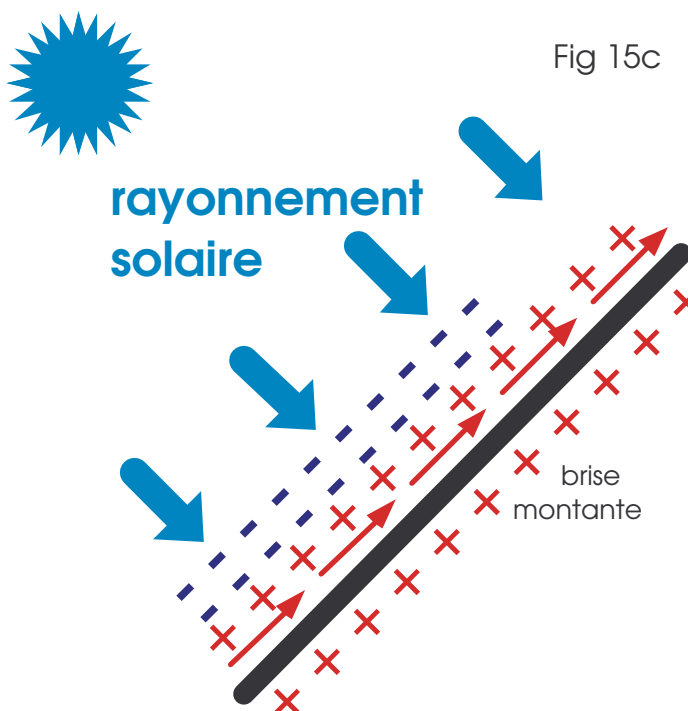
La nuit en montagne, l'air refroidi au contact du sol se met à couler comme de l'eau car il est plus froid et donc plus dense que l'air environnant.

Ces brises descendantes vont confluer dans les vallées, comme des rivières invisibles et inondantes, et former la brise de vallée.



La brise montante

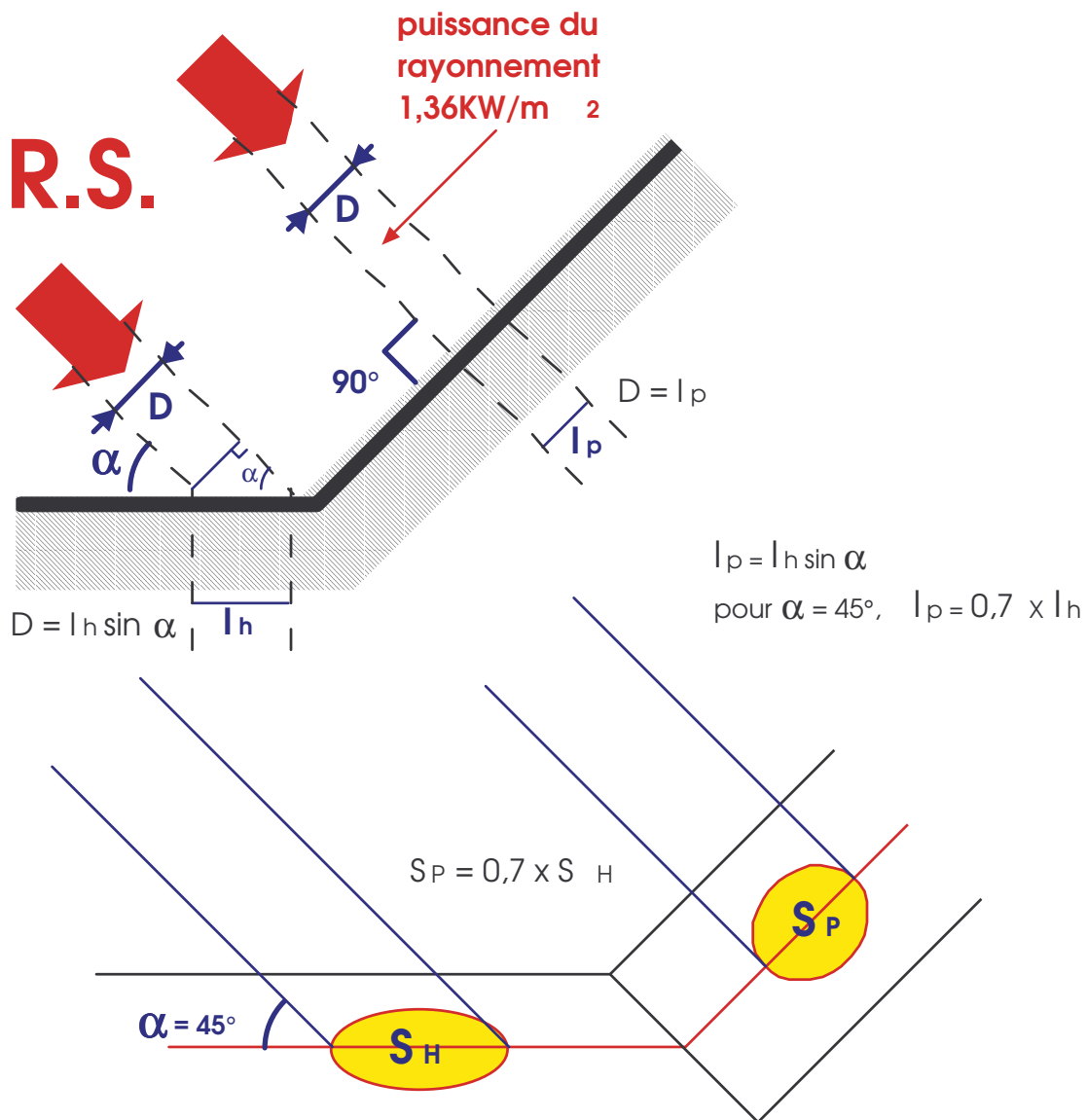
Le jour, sous l'effet du rayonnement solaire et du réchauffement qui en résulte, c'est exactement le contraire qui se produit; c'est la brise de pente qui crée par aspiration la brise de vallée montante.



La convection en montagne

A l'exception de Midi sous les tropiques, le rayonnement solaire n'est jamais vertical; il n'est donc jamais perpendiculaire à un sol horizontal; par contre, il existe toujours en montagne un sol en pente, dont l'inclinaison fait qu'il reçoit momentanément le soleil perpendiculairement;

Fig 16 L'ECHAUFFEMENT D'UNE PENTE EXPOSEE AU SOLEIL

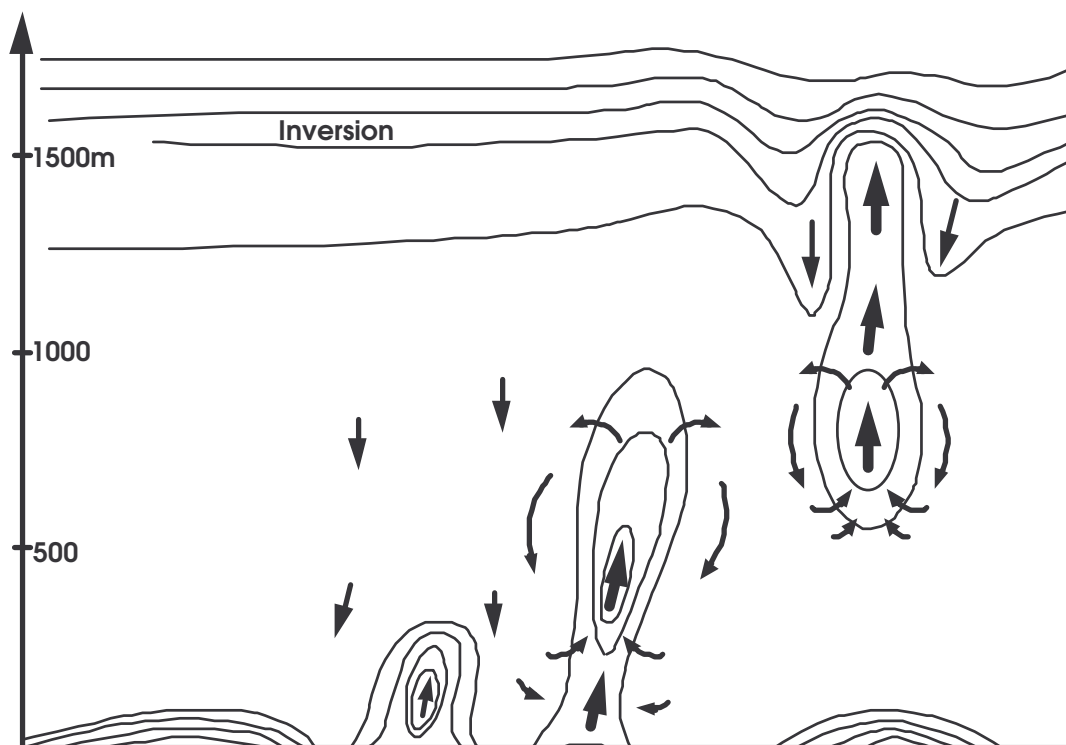


L'énergie calorifique reçue **au mètre carré** par la surface horizontale est à peu près égale à 70% de celle reçue par la surface en pente, perpendiculaire au rayonnement

=> la surface en pente s'échauffe 40% plus vite

Le sol qui est frappé perpendiculairement par le rayonnement solaire, reçoit plus d'énergie calorifique que le sol plat et horizontal de la plaine; il s'échauffera donc plus vite, c'est pourquoi la convection est presque toujours plus forte en montagne qu'en plaine.

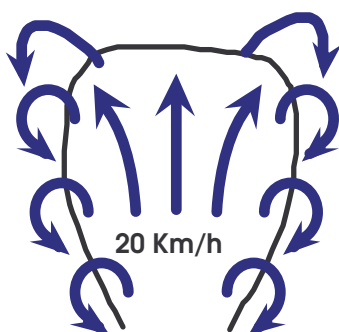
L'écoulement des fluides



Voler en
thermique

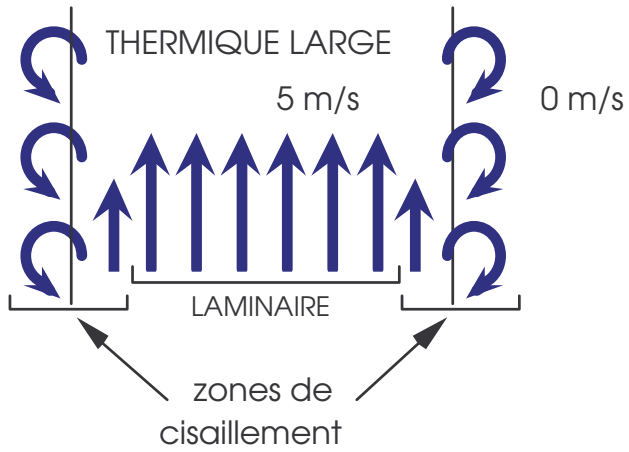
=

Voler en
turbulence



Une petite bulle de 300 mètres de haut X 60 mètres de diamètre qui s'élève à 5 mètres par seconde, c'est une masse de 2000 tonnes qui se déplace verticalement à 20 kilomètres à l'heure!

2000 tonnes d'air ne s'élèvent pas dans l'atmosphère à 4 mètres par seconde sans faire des remous. L'air est un fluide plus ou moins visqueux, il s'y produit des effets de couche limite: l'ascension de la bulle provoque des turbulences aussi bien en elle-même que dans l'air qu'elle traverse



Dans les basses couches, c'est presque toujours turbulent

Plus le vario est fort, plus le thermique est turbulent, surtout en bordure; en effet à l'intérieur d'un puissant thermique continu, donc assez large, l'écoulement est laminaire

Un gradient de vent rencontré lors de l'ascension, perturbe l'écoulement d'où surcroît de turbulence.

LE THERMIQUE MODE D'EMPLOI

Nous voici à présent en plein cœur du sujet: comment utiliser cette énergie pour monter dans l'ascendance?

La réponse est simple: "y a qu'à rester dans la bulle d'air!"

Facile à dire, mais deux grosses difficultés rendent la réalisation difficile:

- 1) l'air est transparent, la pompe est donc invisible
- 2) les deltaplanes ne sont pas encore équipés de frein à main!

Rester dans la pompe

Si un plus lourd que l'air s'arrête, la portance de sa voilure devient nulle, et il tombe! Imaginons un cycliste qui doit rester à un endroit bien défini sans mettre pied à terre; comment va-t'il s'y prendre?

Il va se mettre à faire des ronds, ou des huit centrés sur le milieu de l'endroit défini.

Nous, pilotes de vol libre, pouvons procéder de même, mais comme d'une part nos ailes sont peu performantes en régime transitoire et comme d'autre part nous voulons économiser nos forces, nous choisissons de faire des ronds au lieu de huit.

Difficulté supplémentaire par rapport au cycliste: l'endroit défini ou nous devons rester est invisible! comparés au cycliste, nous évoluons en aveugles.

Dans ce cas, comment s'y prendre pour rester au même endroit?

En guise de ronds, faire des cercles aussi parfaits que possible, ainsi au bout de 360° de virage aura-t-on des chances de repasser au même endroit.

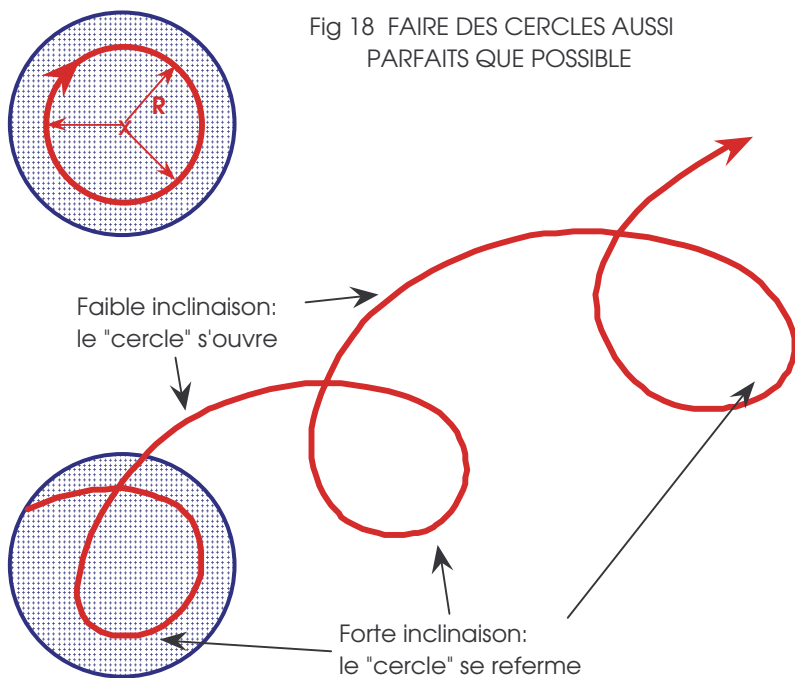


Fig 18 FAIRE DES CERCLES AUSSI PARFAITS QUE POSSIBLE

...comment s'y prendre?

Les lois de la mécanique du vol nous donnent la solution:

vitesse et inclinaison constante!

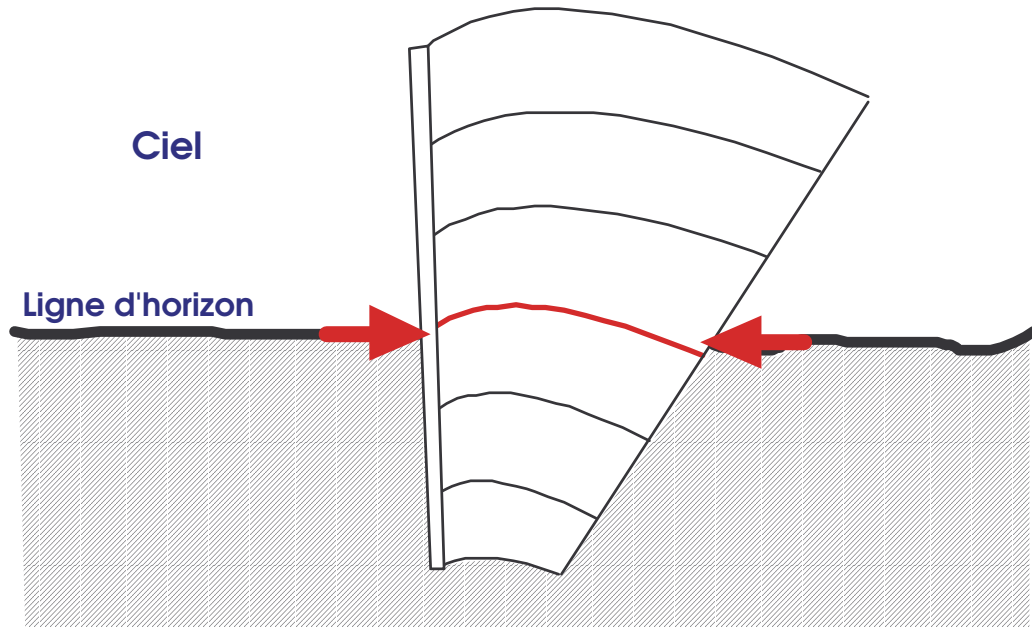
Facile à dire, mais dans la pratique, si le maintien d'une vitesse de vol constante fait partie du béaba que l'on apprend en école, comment maintenir une inclinaison

constante en virage?

Ce n'est pas très difficile, il suffit de garder constamment la même latte de l'aile intérieure au virage alignée visuellement avec la ligne de l'horizon. Un coup d'œil

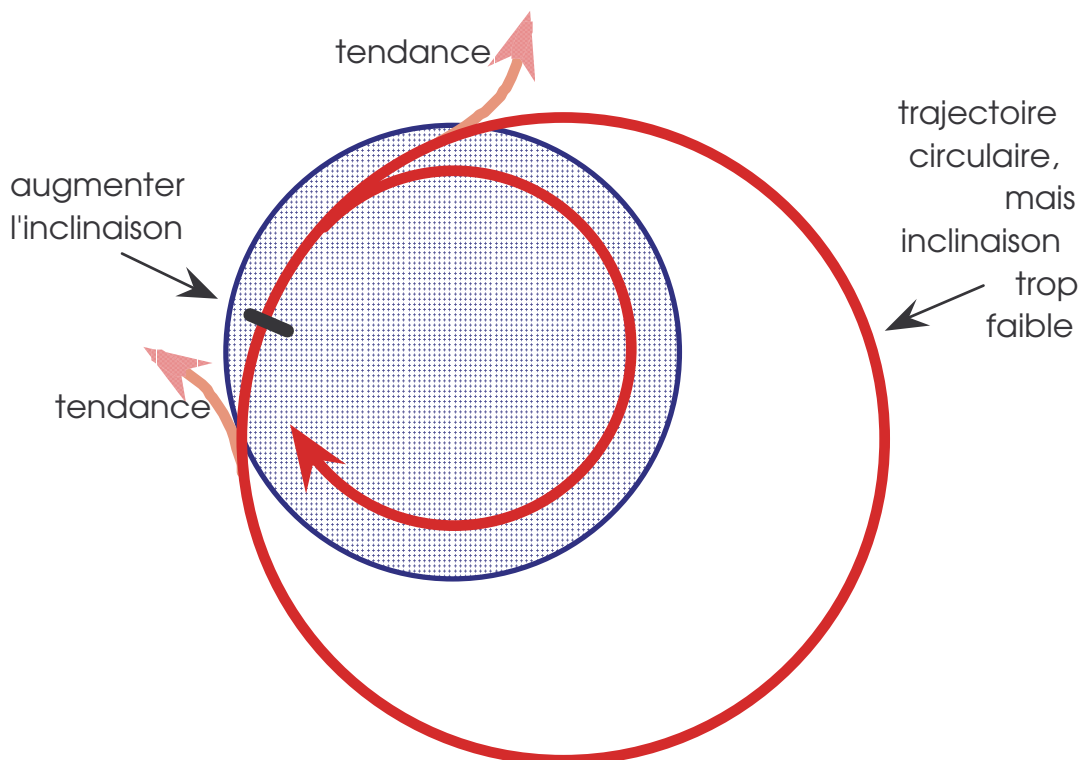
rapide plusieurs fois par 360° permet de détecter une éventuelle variation de l'inclinaison et donc de corriger dans le sens souhaité.

Fig 19 "Fixer" une latte sur l'horizon garanti une inclinaison constante et donc une trajectoire circulaire



Ainsi, contrairement au pilote qui laisse évoluer l'inclinaison de son aile de manière aléatoire, vous bouclerez des cercles suffisamment précis, pour repasser à peu près au même endroit au bout de 360° de virage; ça aide pour repérer sa position par rapport au noyau de l'ascendance. Reste à choisir l'inclinaison qui donne un rayon de virage adapté au diamètre de l'ascendance.

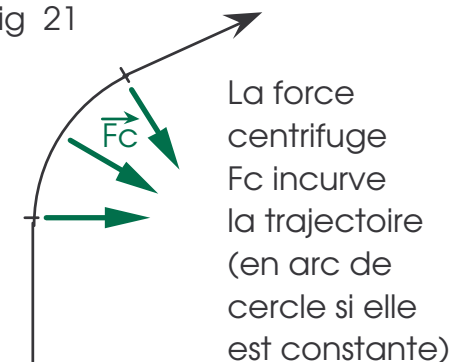
Fig 20 ADAPTER L'INCLINAISON AU DIAMETRE DE LA POMPE



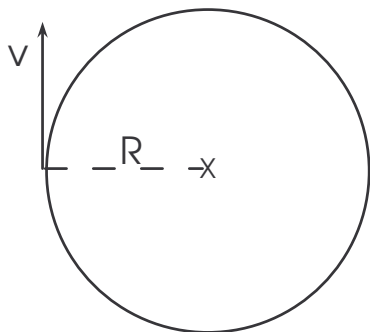
A noter que si cette technique n'est pas utile dans les basses couches, où il est facile d'utiliser des repères au sol pour se positionner par rapport au noyau de l'ascendance, elle devient impérative dès que l'on évolue en altitude.

Rayon de virage

Fig 21

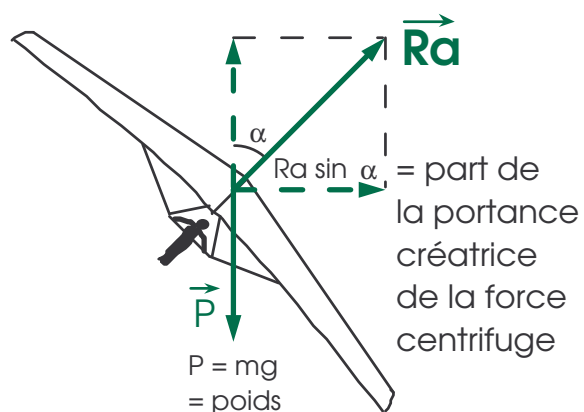


$$F_c = m \frac{V^2}{R}$$

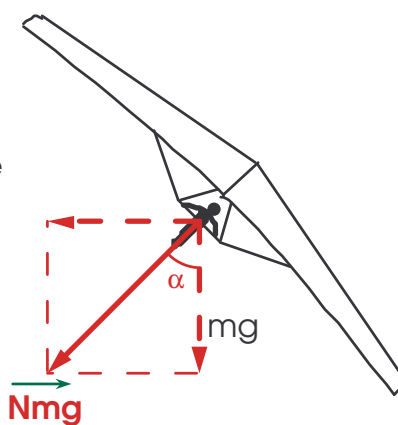


$$N = \text{facteur de charge} = \frac{1}{\cos \alpha}$$

Pour créer une force centrifuge, le pilote doit incliner son aile (α) et augmenter la portance R_a



le pilote en plus de son poids ressent l'accélération latérale



$$\text{d'où } R = \frac{V^2}{g \tan \alpha}$$

Les lois de la mécanique nous donnent la relation entre la vitesse, l'inclinaison et le rayon de virage; le tableau suivant nous donne le diamètre du virage et le temps nécessaire pour boucler un 360°.

Vitesse en Km/h ▼		I N C L I N A I S O N				
		10°	20°	30°	45°	60°
Diamètre du virage	30	80 m	39 m	25 m	14 m	8 m
	35	109 m	53 m	33 m	19 m	11 m
	40	143 m	69 m	44 m	25 m	15 m
	45	181 m	88 m	55 m	32 m	18 m
	50	223 m	108 m	68 m	39 m	23 m

Vitesse en Km/h ▼		10°	20°	30°	45°	60°
Temps en secondes nécessaire pour boucler un virage de 360°	30	30	15	9	5	3
	35	35	17	11	6	4
	40	40	20	12	7	4
	45	45	22	14	8	5
	50	50	24	15	9	5

A grande inclinaison et si le virage est bien réalisé, c'est-à-dire si l'aile ne glisse ni ne dérape, l'effet de la force centrifuge vient s'ajouter au poids, et la charge sur l'aile est beaucoup plus forte;

Prenons l'exemple d'un pilote qui, équipé de son harnais, pèse 80Kg;

La force qui s'exerce sur le mousqueton passe de 80Kg à 113Kg lorsqu'il vole en virage stabilisé à 45° d'inclinaison;

à 60° d'inclinaison c'est 160Kg!

Il en est de même pour tout le poids de la structure de l'aile;

L'aile est plus chargée en virage fortement incliné; il faut donc voler plus vite pour premièrement ne pas décrocher, et pour maintenir l'incidence de vol qui donne le meilleur vario.

Voici comment varie la vitesse de meilleur taux de chute d'une aile en fonction de son inclinaison en virage; supposons que la vitesse de meilleur taux de chute, aile horizontale, soit 35 Km/h.

Inclinaison	0°	10°	20°	30°	45°	60°
Facteur de charge	1,00	1,02	1,06	1,15	1,41	2,00
Augmentation de vitesse	0%	1%	3%	7%	19%	41%
Vitesse meilleur vario	35 Km/h	35 Km/h	36 Km/h	38 Km/h	42 Km/h	49 Km/h

Il en résulte une pénalisation du meilleur taux de chute de l'aile, dans la même proportion (racine carrée du facteur de charge), à supposer qu'elle ne subisse pas de déformation.

En réalité, avec l'augmentation de charge, l'aile se déforme, et les performances se dégradent encore plus.

Voici maintenant les différentes valeurs de taux de chute en virage en fonction de l'inclinaison et de la vitesse de vol; il est encore plus dégradé si la vitesse de vol est supérieure à la vitesse optimale, car l'aile vole à une incidence trop faible.

	Inclinaison	0°	10°	20°	30°	45°	60°
Taux de chute	35	1 m/s	1,01 m/s	1,05 m/s	trop lent	décrochage	décrochage

obtenu	40	1,1 m/s	1,11 m/s	1,1 m/s	1,1 m/s	trop lent	décrochage
	45	1,25 m/s	1,26 m/s	1,22 m/s	1,2 m/s	1,23 m/s	trop lent
	50	1,75 m/s	1,76 m/s	1,57 m/s	1,4 m/s	1,32 m/s	(1,43m/s)

A noter que pour notre aile de référence, on est plus pénalisé aile horizontale à 50Km/h, qu'à 60° d'inclinaison, car, aile horizontale, on est très loin de l'incidence de meilleur vario, alors qu'on y est à peu près à 60° d'inclinaison.

Compromis inclinaison / performance

Voici un tableau de synthèse qui donne le taux de chute de l'aile et le diamètre de virage en fonction de l'inclinaison et de la vitesse de vol:

Vi h	I N C L I N A I S O N					
	0°	10°	20°	30°	45°	60°
35	1m/s	1m/s 109m	1,1m/s 53m	trop lent	décrochage	décrochage
40	1,1m/s	1,1m/s 143m	1,1m/s 69m	1,1m/s 44m	trop lent	décrochage
45	1,3m/s	1,3m/s 181m	1,2m/s 88m	1,2m/s 55m	1,2m/s 32m	trop lent
50	1,8m/s	1,8m/s 223m	1,6m/s 108m	1,4m/s 68m	1,3m/s 39m	(1,4m/s) 23m

Vitesse de vol en thermique

En conclusion, pour rester dans le domaine de ce qui est utile en vol, c'est à dire des règles simples:

Si le thermique est large, on cherchera à voler lentement (35Km/h) sans trop incliner.

Si ça bouge un peu, ou si on veut économiser ses forces, on s'autorisera 40Km/h; ça nous coûtera 10cm/s au vario soit 6 mètres à la minute

Si le thermique demande à être travaillé constamment, on essaiera de voler à environ 40Km/h pour gagner en maniabilité

S'il faut se battre, on prendra 45Km/h et 45° d'inclinaison, ça permet des 360 d'environ 30 mètres de diamètre, ce qui devrait être suffisant.

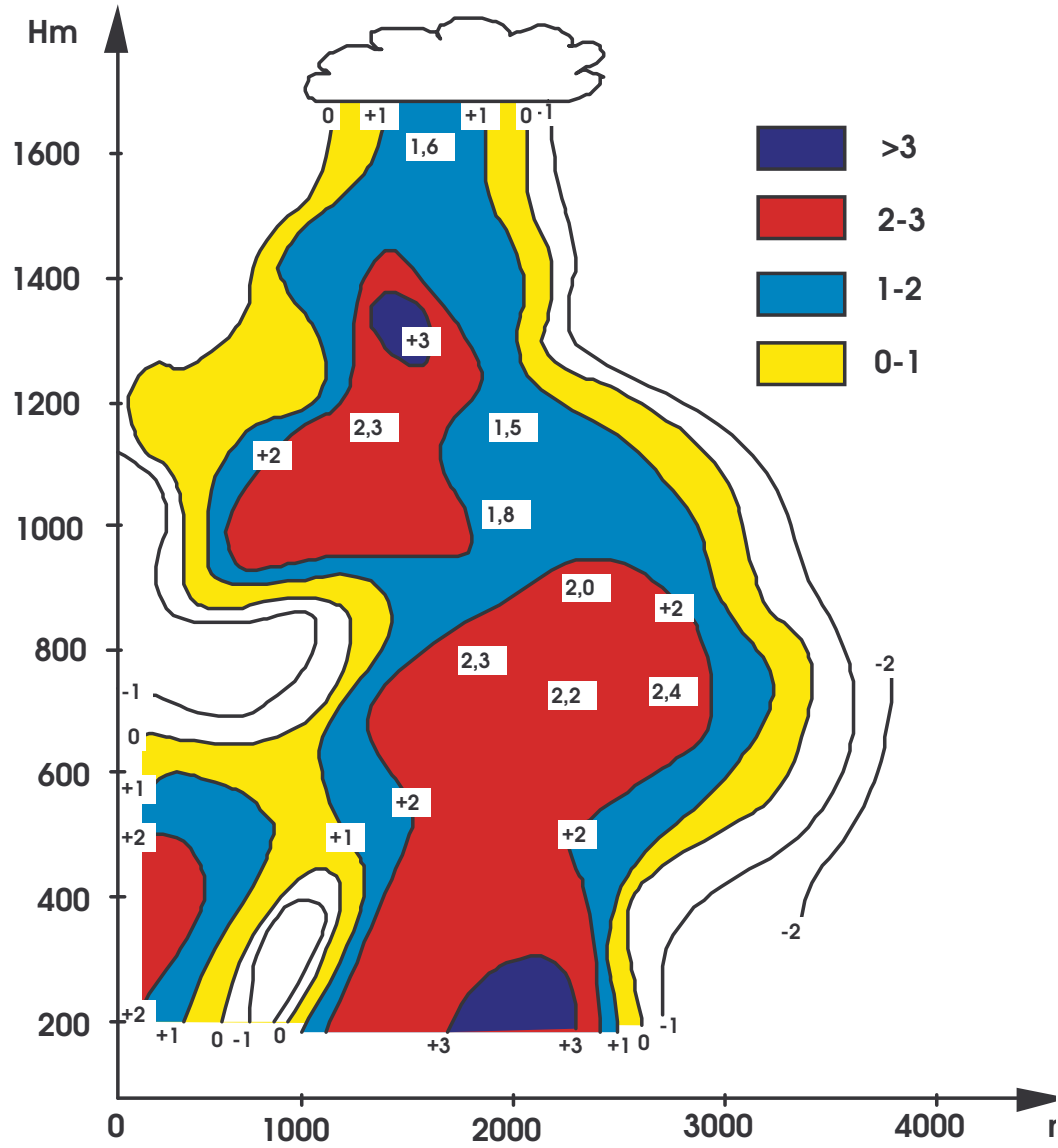
50Km/h pour virer à 60° d'inclinaison?!... à réserver aux cas extrêmes!

Attention, ces valeurs de vitesse sont valables pour des ailes ayant des performances sensiblement égales à l'aile de référence (c-f. tableau inclinaison nulle); certaines ailes, peu chargées et/ou plus maniables permettent de voler plus lentement; ce sont les critères auxquels devrait répondre toute aile de perfectionnement.

Structure non homogène des thermiques

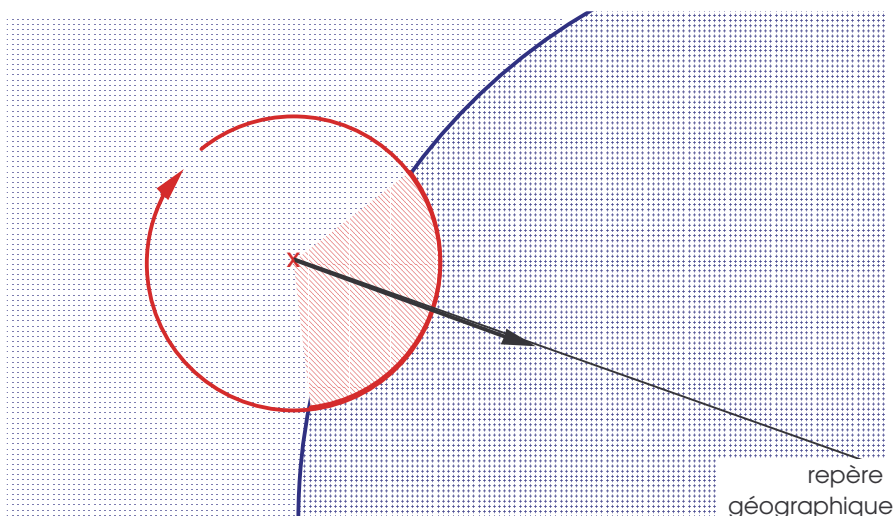
Jusqu'à présent nous avons raisonné en supposant la pompe bien ronde; en fait, la nature ne se laisse pas modéliser d'une manière aussi simpliste. Voici deux vues d'ascendances en coupe avec les différentes vitesses verticales qui y règnent (doc. Organisation Scientifique et Technique du Vol à Voile)

Fig 22



Comment se centrer dans la pompe?

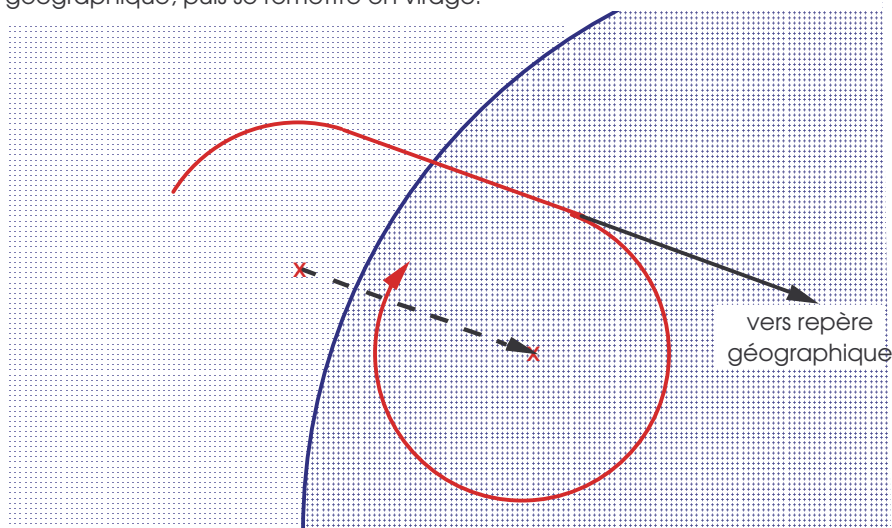
1) Le secteur où le vario était le meilleur détermine la direction dans laquelle la prochaine correction sera faite



Lors de chaque 360, le pilote identifie le cas échéant le secteur où il a rencontré la meilleure vitesse de montée.

Pour ce faire, il mémorise un repère géographique du côté de ce secteur; ce repère peut être très loin, il sert à définir la direction dans laquelle il va falloir faire un segment de ligne droite.

2) Faire une ligne droite de quelques secondes en direction du repère géographique, puis se remettre en virage.



La longueur de ce segment déplacera d'autant le centre du cercle d'évolution. Par vent nul, faire un segment de une à trois secondes; trois secondes de vol à 40Km/h représentent environ 35 mètres.

Dans la pratique, il faut quelques secondes pour sortir du virage, ainsi que pour s'y remettre; ceci d'autant plus que l'inclinaison est forte; en conséquence, on se contentera souvent de simplement desserrer puis resserrer le virage, cette manœuvre s'effectuant dans la direction précédemment définie.

Ceci équivaut à la règle suivante: desserrer le virage lorsque le vario augmente, puis resserrer aussitôt **avant** qu'il ne faiblisse; mais il est important de mémoriser la direction de la correction, pour être constamment capable de se situer par rapport au noyau de l'ascendance, en vue de la prochaine correction.

L'entrée dans un thermique

Vous êtes en vol, à la recherche d'un thermique que vous savez proche, car balisé par d'autres deltas ou parapentes, le tout coiffé d'un joli cumulus; comment la rencontre va-t-elle se matérialiser?

Si les présentations sont rudes, ne vous laissez pas impressionner mais réjouissez-vous, c'est du gibier, un bel ascenseur en perspective.

Les symptômes? une déferlante d'air tiède qui vous saute à la figure, cabre votre aile et deux fois sur trois tente de balancer brusquement votre aile sur la tranche.

Prenez cette agression pour des tentatives d'intimidation et balancez-vous immédiatement **à fond** du côté où l'aile ne veut pas aller;

c'est de ce côté que se trouve l'ascendance.

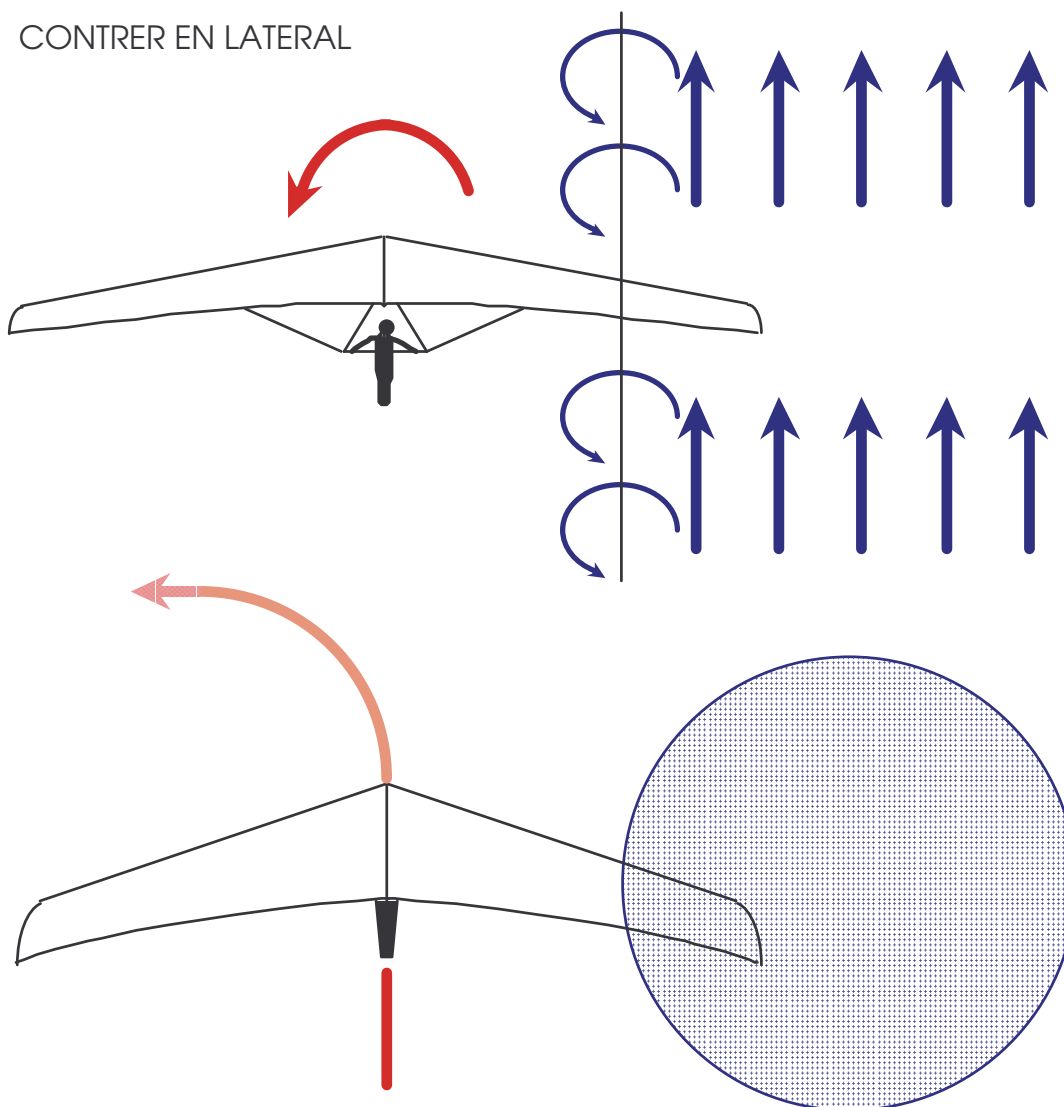
C'est de ce côté qu'il faut **absolument** que l'aile se mette à virer.

Soyez teigneux, tenace, ne vous laissez pas faire: balancez-vous à fond dans le coin de votre trapèze, crampez-vous, maintenez aussi les pieds à fond du même côté.

C'est vous le pilote, c'est vous qui imposez une trajectoire à l'aile!

Il ne faut jamais céder!

CONTRER EN LATERAL



L'aile droite se soulève; il faut absolument contrer à fond pour s'opposer à la tendance de l'aile qui veut virer à gauche

**C'EST VOUS QUI PILOTEZ L'AILE,
ET PAS L'INVERSE !!**

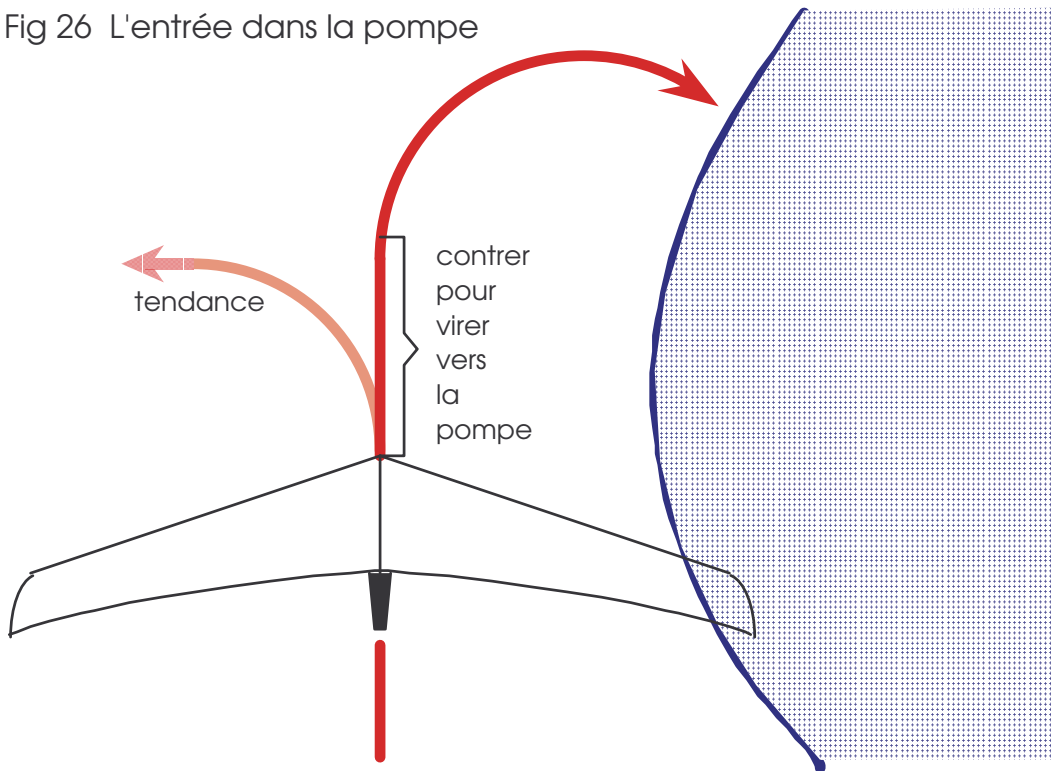
Si l'aile tarde à se mettre en virage vers le thermique, tirez légèrement sur la barre de contrôle pour obtenir un supplément de maniabilité afin de la faire **obéir!**

Ca y est! l'aile s'incline vers le thermique, c'est gagné!

Pas tout à fait, car votre premier 360 a toutes les chances de se situer à moitié hors de la pompe.

Il ne vous restera alors plus qu'à appliquer la méthode de recentrage décrite précédemment.

Fig 26 L'entrée dans la pompe



Contrer et cadencer

Donnons la parole à Didier FAVRE

Un buisson frémit, m'indiquant une ascendance. L'aile se cabre, soulève son côté gauche; je contrecarre en balançant mon poids du même côté et pousse légèrement le trapèze.

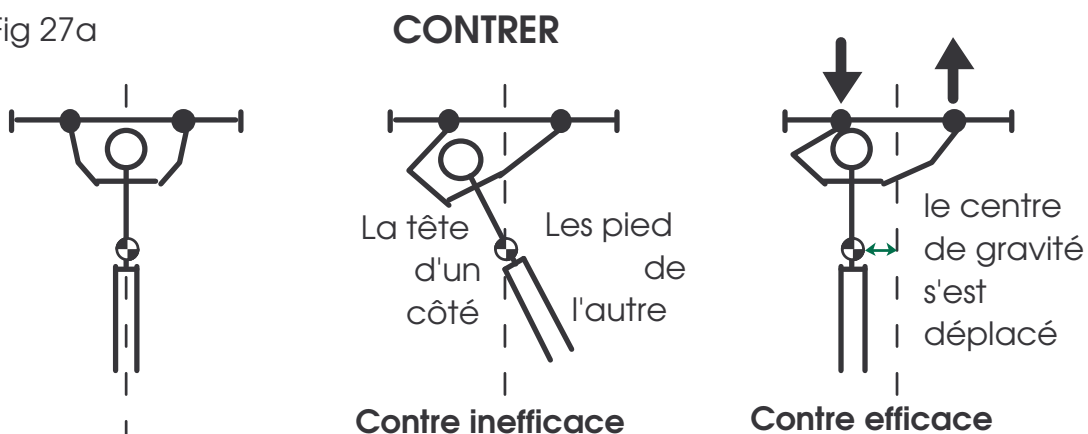
- Il contrecarre en balançant son poids du même côté.

Attention à ne pas laisser partir les pieds du côté opposé, ce qui annulerait le déplacement du centre de gravité du pilote, l'action à contrer le thermique aurait une efficacité nulle;

il faut obtenir un déplacement latéral de tout le corps, ce qui demande un réel effort musculaire au niveau des bras, des épaules et du dos;

cette action revient à faire ce que l'on appelle parfois guider.

Fig 27a



- Il contrecarre et pousse légèrement le trapèze.

Si on incline l'aile sans cette action à pousser, elle aura tendance à partir en glissade,

glissade qui se transformera en très léger piqué en vue d'une stabilisation à une vitesse de vol supérieure;

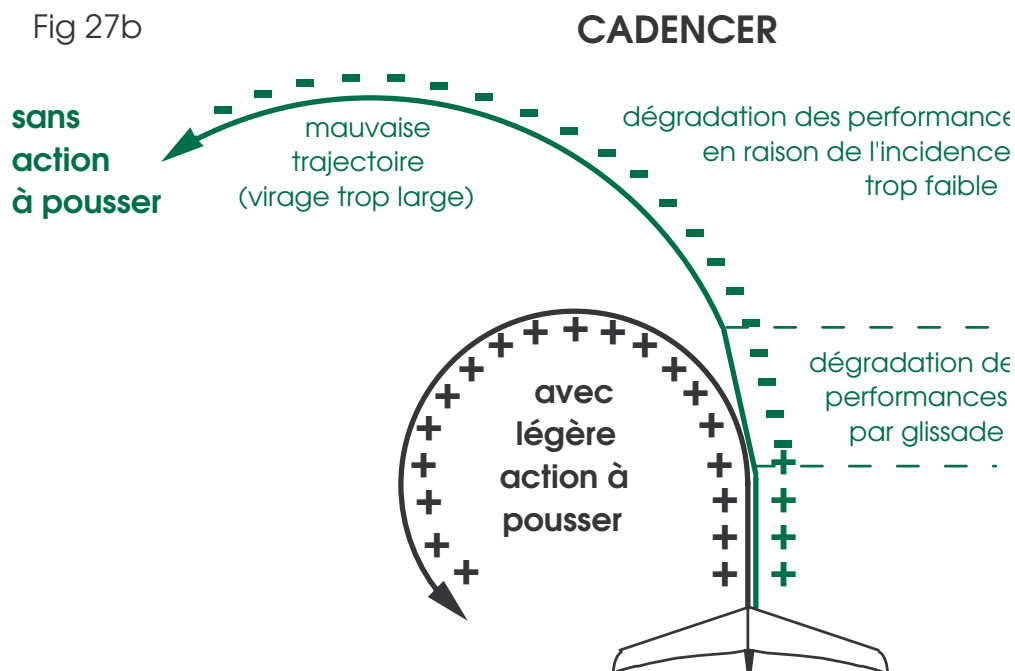
d'où perte d'altitude puis stabilisation en virage beaucoup trop large et dégradation de la performance de l'aile en taux de chute.

L'action à pousser sert à éviter la glissade et à cadencer le virage; elle sera dosée de manière à prendre et à maintenir la vitesse de vol optimale en thermique.

Le pilote définit cette vitesse optimale en fonction des conditions:

- lente si le thermique est large et doux,
- majorée juste ce qu'il faut s'il est turbulent pour gagner en maniabilité,
- majorée plus franchement, s'il est nécessaire d'incliner fortement l'aile dans un thermique très étroit.

Fig 27b



Négocier un thermique violent

Didier FAVRE dans "le Vagabond des Airs"

Le thermique est là, mais les présentations sont rudes. Sans crier gare, alors qu'alentour tout est calme, il soulève brusquement ma plume gauche et m'éjecte brutalement de son aire. Je n'essaie pas de forcer le passage, laisse voler mon aile qui effectue une volte complète et me présente à nouveau face à cette ascendance invisible. Pour la situer, j'ai trouvé quelques repères, mouvements des herbes, frémissement des feuilles, agitation des branches; elle prend naissance dans le ravin et monte à la verticale, puissante, peu influencée par le vent.

Je la pénètre. Les négociations sont musclées mais l'ascension est immédiate...

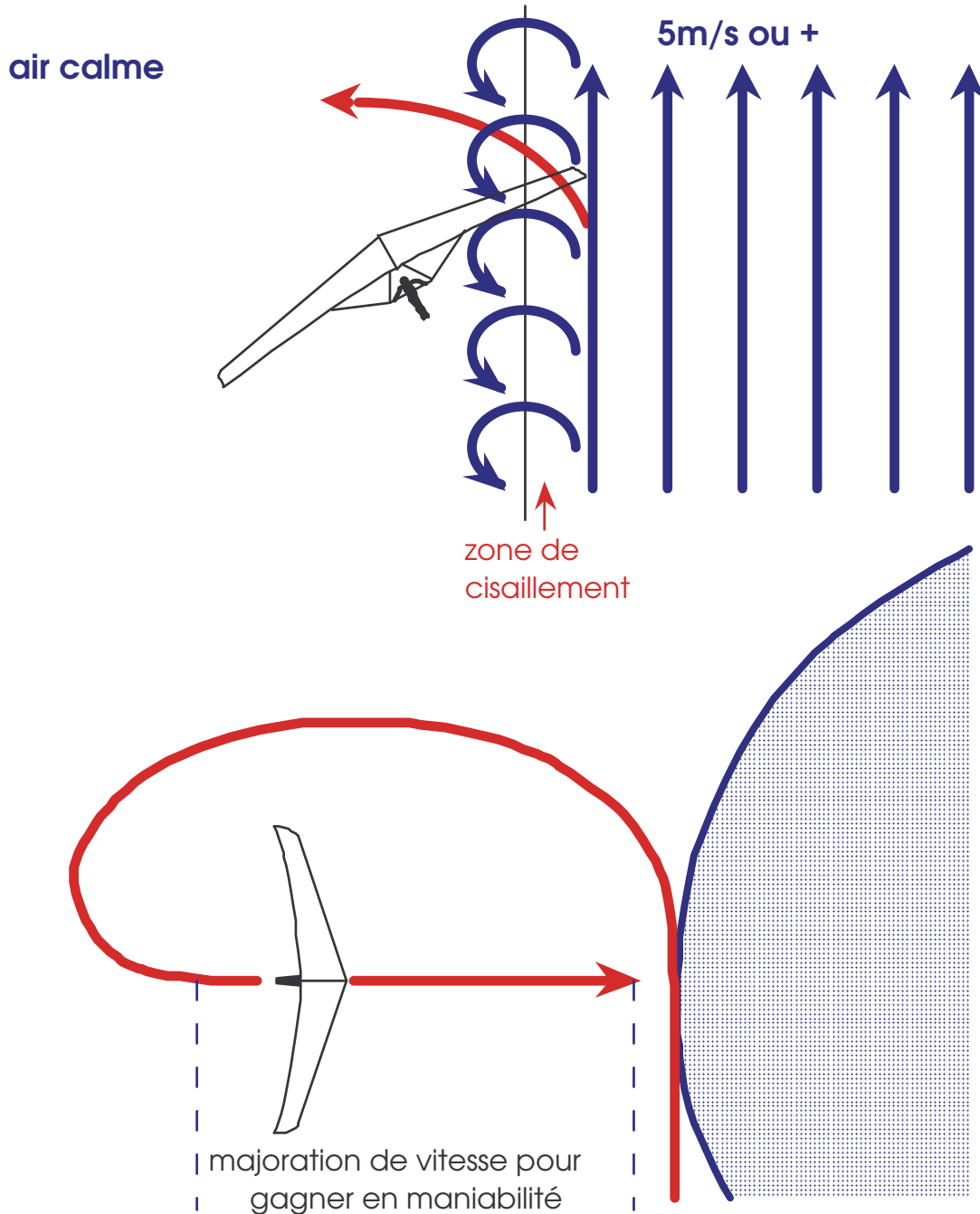
C'est en sueur que j'approche du firmament et des nuages à 2800 mètres.

La vitesse verticale de l'air ascendant est très grande, 5 mètres par seconde ou plus, il existe donc en bordure du thermique des effets de cisaillement important, qui rendent les contres inefficaces.

Seule solution, revenir et l'aborder de face non sans avoir fortement majoré sa vitesse de vol en vue d'obtenir le maximum de maniabilité.

Peu importe la dégradation des performances de l'aile, l'ascendance est de toutes façons forte;

Fig 28 THERMIQUE VIOLENT



Ce qui prime c'est la trajectoire, c'est-à-dire pénétrer et rester dans l'ascendance. Une fois installé dedans, il faudra veiller à ne pas se retrouver en bordure, car à nouveau, le cisaillement pourrait vous expulser.

De toute façon, du 5 mètres par seconde, ça se mérite: **il faut se battre!**

Didier FAVRE arrive au plafond en sueur.

A noter que cette technique coûte cher en perte d'altitude, elle est à proscrire à basse altitude; c'est un cas particulier qui se produit rarement, ce n'est pas une technique de vol normal. Ne pas en prendre le prétexte pour renoncer à virer directement vers le thermique s'il offre de la résistance: en compétition vous vous prendriez 100 mètres d'altitude dans la vue; dans les Vosges, après le décollage, lorsque vous vous représenteriez de face, c'est face aux arbres que vous vous retrouveriez.

Les indices d'un thermique

Nous avons fait connaissance avec le thermique, mais commençons donc enfin par le commencement, c'est à dire, le décollage.

Comment choisir le moment opportun pour décoller, sachant qu'il faudra trouver et enrôler la pompe de service dans les deux premières minutes de vol, faute de quoi on risque de se retrouver posé en bas dans la vallée, dans le dix minutes qui suivent?

Voici le témoignage de Didier Favre:

Mes sens sont vigilants pour choisir le moment opportun du décollage. Il s'agit de happer le bon thermique. Invisible il remonte la pente de façon régulière. Son passage se manifeste par le frémissement des buissons, des pins et de l'herbe, par des caresses d'air tiède sur mon visage et par l'agitation des hirondelles. J'observe le cumulus qui se forme sur ma tête et qui doit son existence à la profusion des bulles d'air ascendantes. Il grossit à vue d'œil. Le cycle thermique est bien établi.

Quelques minutes de concentration me permettent d'entrer, en pensée, dans le vol. Après un dernier coup d'œil aux faveurs agitées, je m'élançe.

Dans le cas présent, le passage du thermique se manifeste par le renforcement de la brise et par l'agitation des végétaux et des oiseaux.

On observe aussi, avant le passage du thermique, ou s'il déclenche en avant du décollage, un affaiblissement passager de la brise;

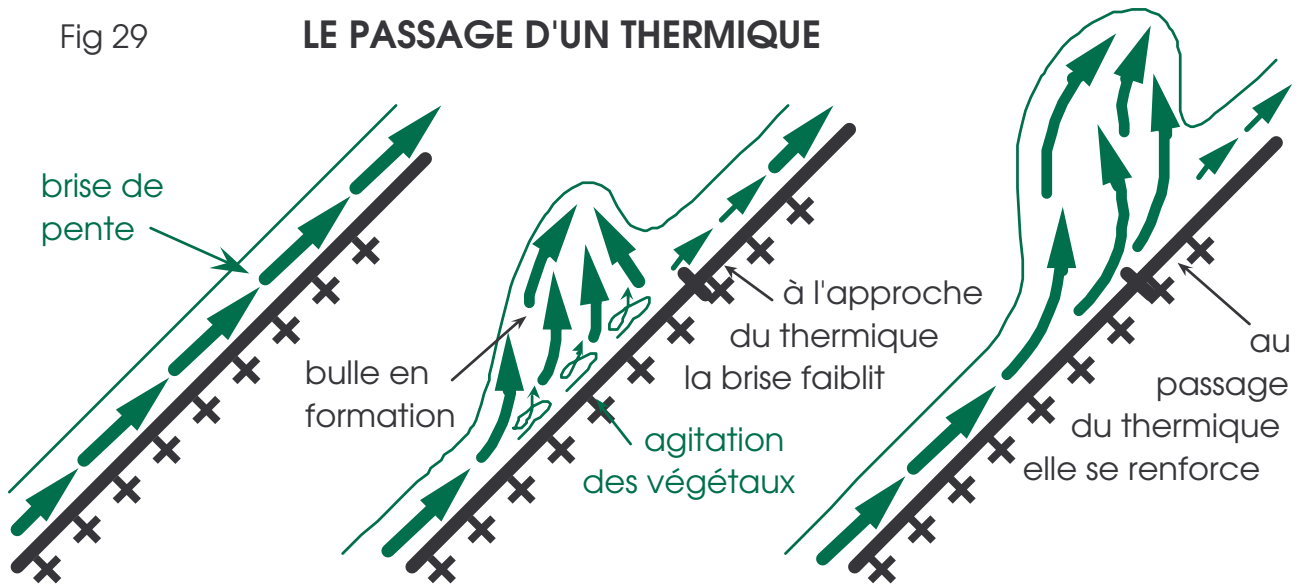
parfois il arrive même qu'elle s'inverse.

Lorsque les thermiques sont petits et leur passage cyclique, il vaut mieux être déjà en l'air pour en bénéficier pleinement.

Tous ces indices sont perceptibles lorsque le thermique passe ou déclenche directement devant le décollage;

Fig 29

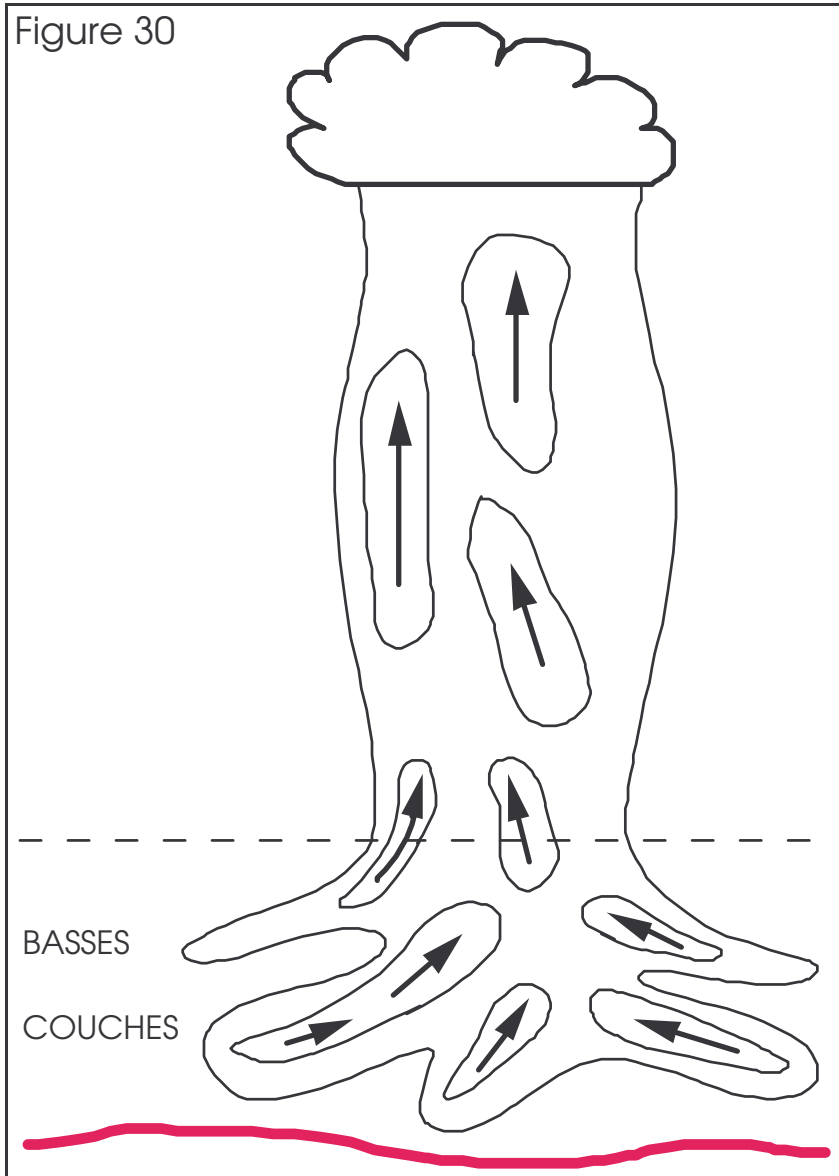
LE PASSAGE D'UN THERMIQUE



Sur de nombreux sites, il faut aller chercher la pompe de service plus loin, les indices qui nous restent alors sont l'agitation des végétaux et les autres volatiles, qu'ils soient oiseaux, ou parapentes, ou deltas, ou planeurs, ou modèles réduits.

Le thermique dans les basses couches

Figure 30



évidemment

Nous venons de décoller, après avoir observé les indices de la présence du thermique, et nous nous dirigeons vers l'endroit présumé de la rencontre.

Hélas nous ne sommes ni dans les Alpes ni à Owen's Valley, mais dans les Vosges, c'est-à-dire qu'il n'y a pas beaucoup de gaz entre notre ventre et la cime des arbres.

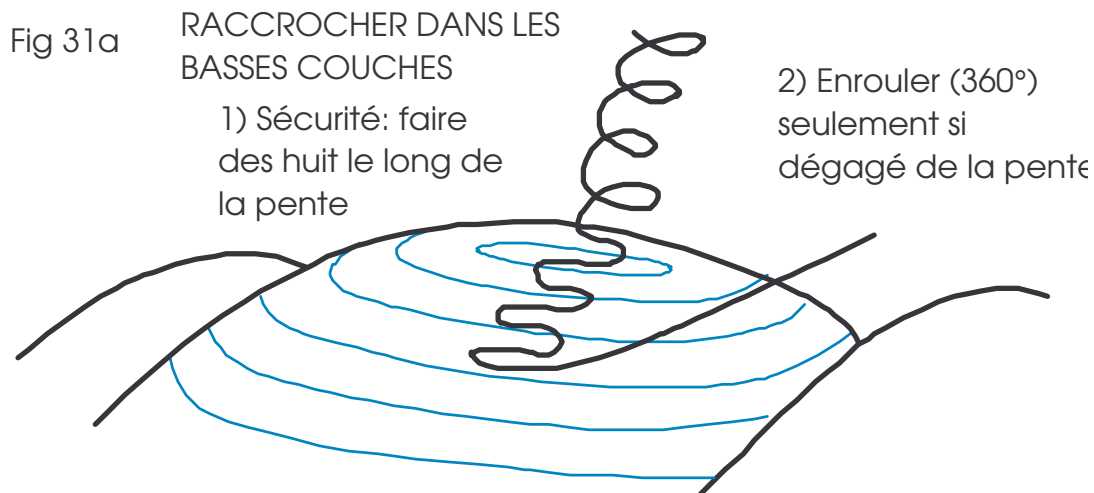
Nous sommes dans les basses couches, ce qui va compliquer la pénétration et le centrage de la pompe.

- Primo, il va nous falloir grimper dans un thermique en formation, qui est loin d'être aussi large et rond qu'une ascendance en pleine maturité.

C'est un amalgame tourbillonnant de petites bulles, turbulentes bien

- Secundo, dès que l'on voudra enrouler une cellule, on se retrouvera face à la pente! nombreux sont ceux qui ont terminé leur vol dans les arbres!

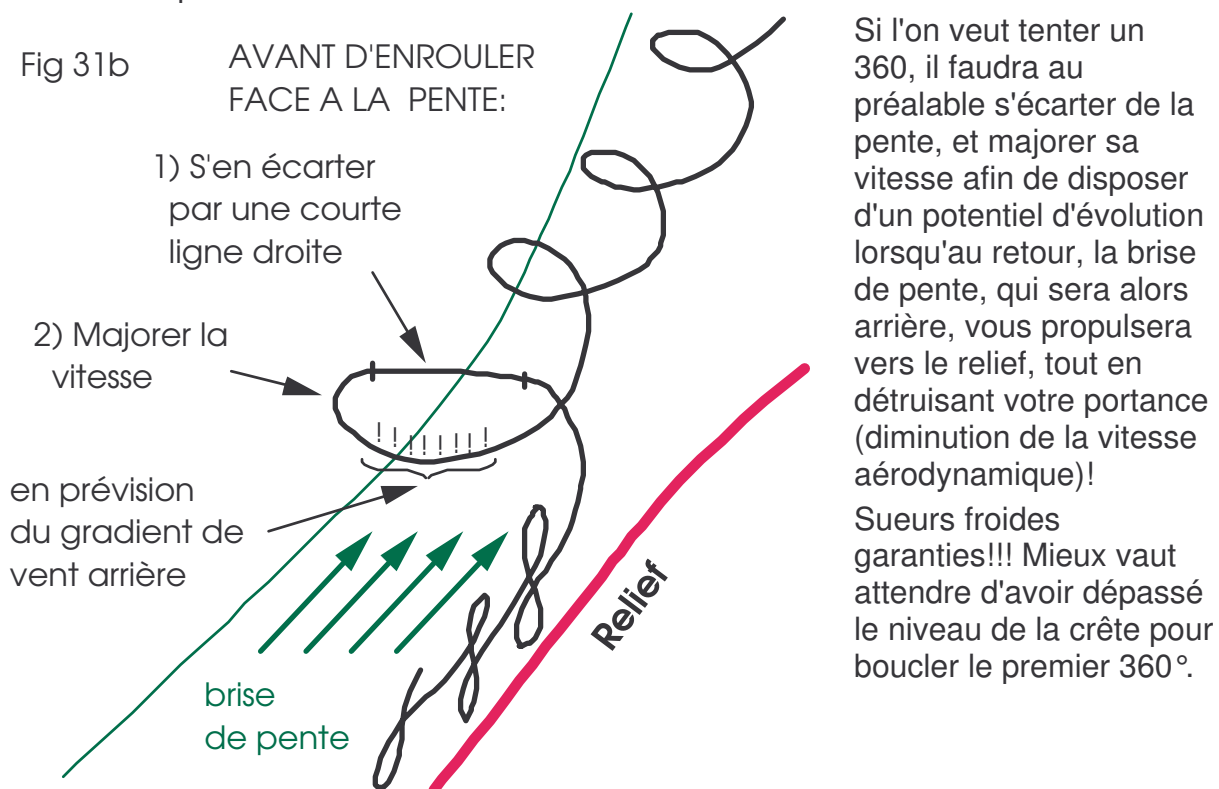
Comment s'y prendre pour sortir de là par le haut?



Tout d'abord, le relief couvert d'arbres ou non est bien là, c'est une réalité incontournable et il faut faire avec!

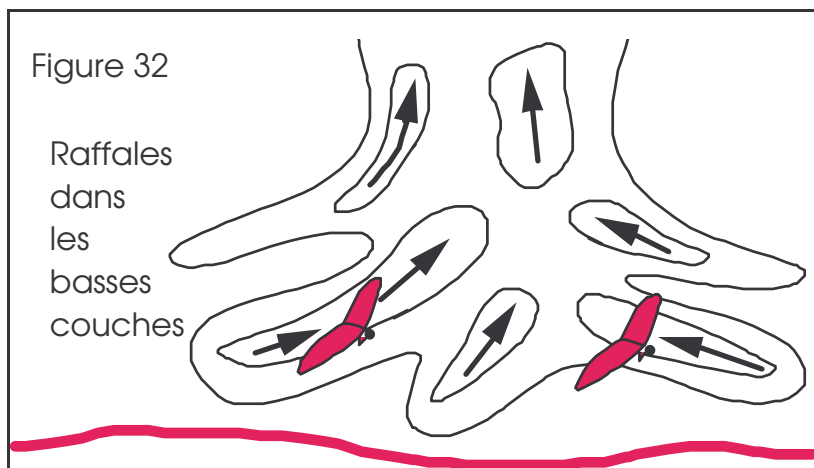
Cela nous impose de faire des huit au lieu de 360, c'est très fatigant, d'autant plus qu'il faut les faire très serrés en raison de l'étroitesse des cellules thermiques.

Une fois de plus **il faut se battre!**



Quelques indices supplémentaires

De l'air plus chaud sur le visage, ou une odeur de sapin, de foin, etc; ça vient du sol, ça monte.



Une rafale de vent de face:
le thermique est derrière nous,
demi-tour!

Une rafale de vent arrière:
c'est le thermique qui nous aspire droit devant

Le thermique et le

vent

Donnons encore la parole à Didier FAVRE

Sorti du petit cirque abrité, les choses sérieuses et musclées commencent. Les ascendances sont fortes mais couchées par le vent. Tout ce que je gagne en altitude, je le perds en dérive. C'est la galère. Je parviens à reprendre de la hauteur, mais chaque monticule, chaque vallon est un combat. J'arrive toujours très bas, parfois sous le vent qui me maltraite jusqu'au moment où je parviens sur la bonne face du relief, d'où il s'échappe par le haut. L'altitude acquise ne permet guère de dépasser le sommet de la crête. Je suis contraint de guetter une nouvelle ascendance qui me permettra de m'élever assez pour piquer sur la butte suivante.

- *les choses sérieuses et musclées commencent...C'est la galère...chaque monticule, chaque vallon est un combat...J'arrive toujours très bas, parfois sous le vent qui me maltraite...*

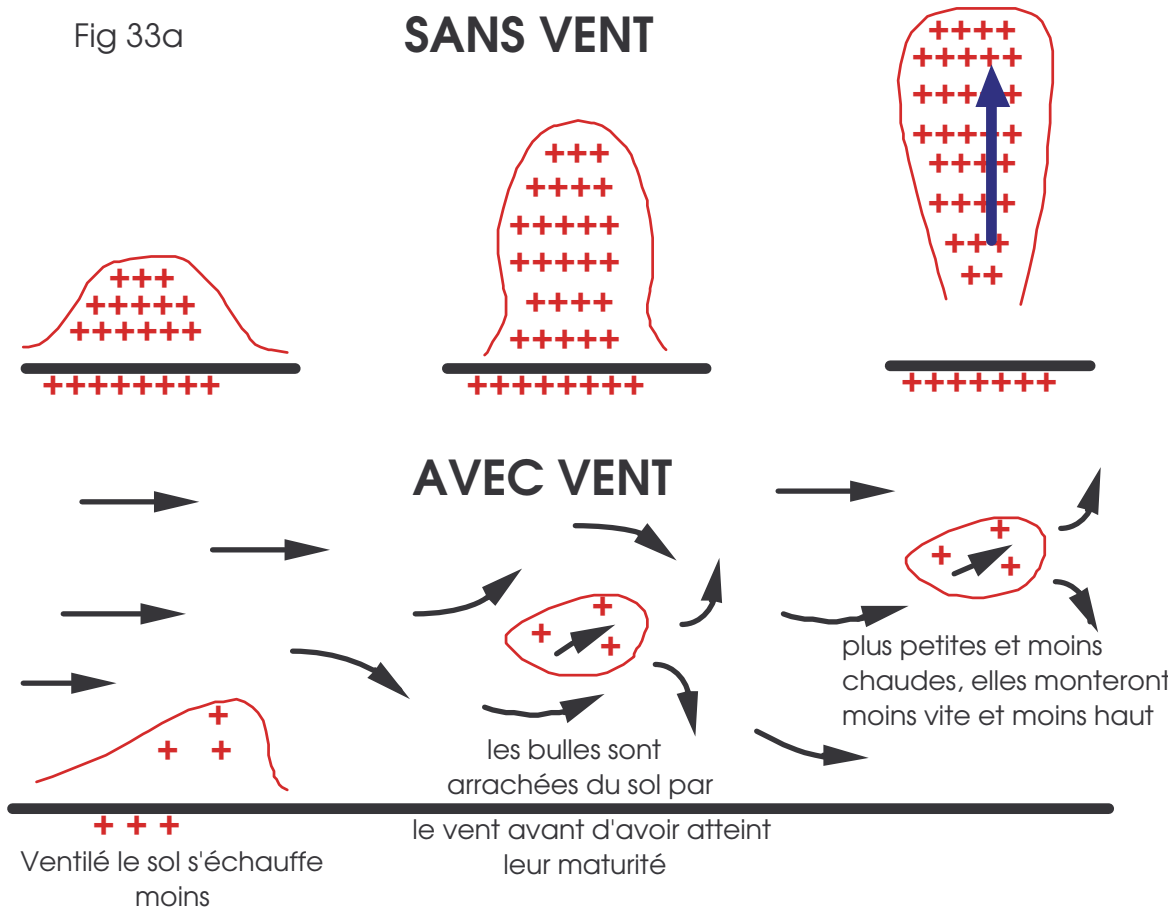
Nous avons vu que le thermique c'est de la turbulence; si on y rajoute du vent il devient encore plus turbulent: le vent le désorganise, le cisaille; il devient teigneux, il faut vraiment se battre pour réussir à l'exploiter.

- *L'altitude acquise ne permet guère de dépasser le sommet de la crête. Je suis contraint de guetter une nouvelle ascendance qui me permettra de m'élever assez pour piquer sur la butte suivante.*

Le vent arrache les bulles, avant qu'elles n'aient atteint leur maturité; elles sont plus petites et moins chaudes; l'ascendance aura un caractère plus volontiers cyclique et montera moins haut.

Fig 33a

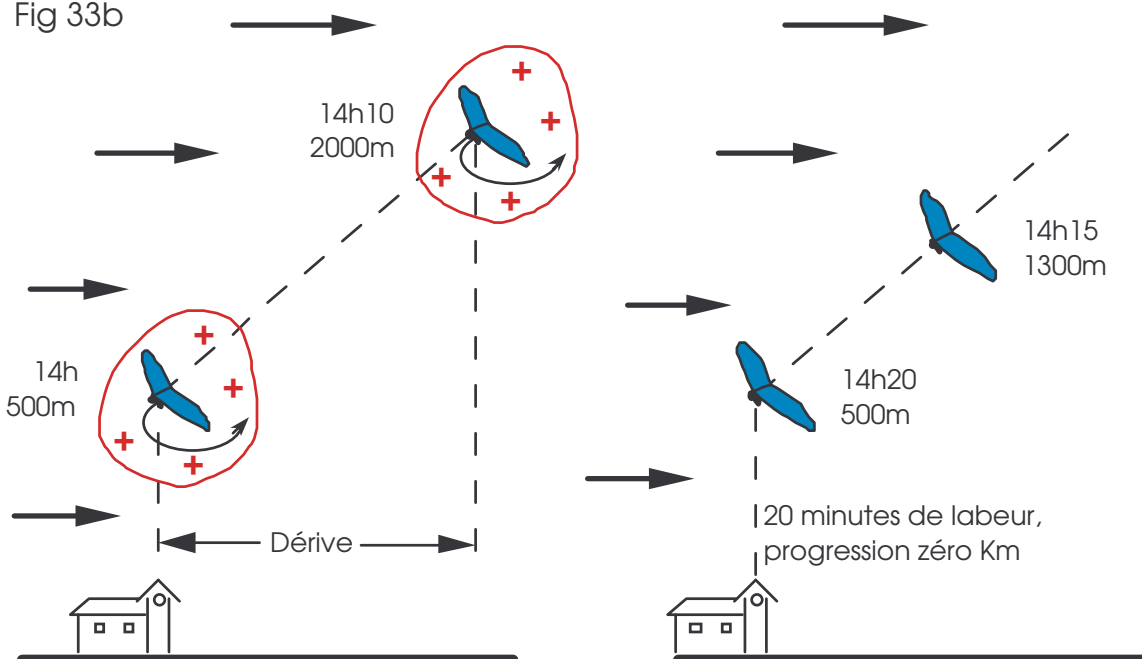
SANS VENT



• Les ascendances sont fortes mais couchées par le vent. Tout ce que je gagne en altitude, je le perds en dérive... J'arrive toujours très bas...

Si l'ascendance est faible et/ou le vent fort, il devient impossible de progresser face au vent; après la transition, on se retrouve à la case départ.

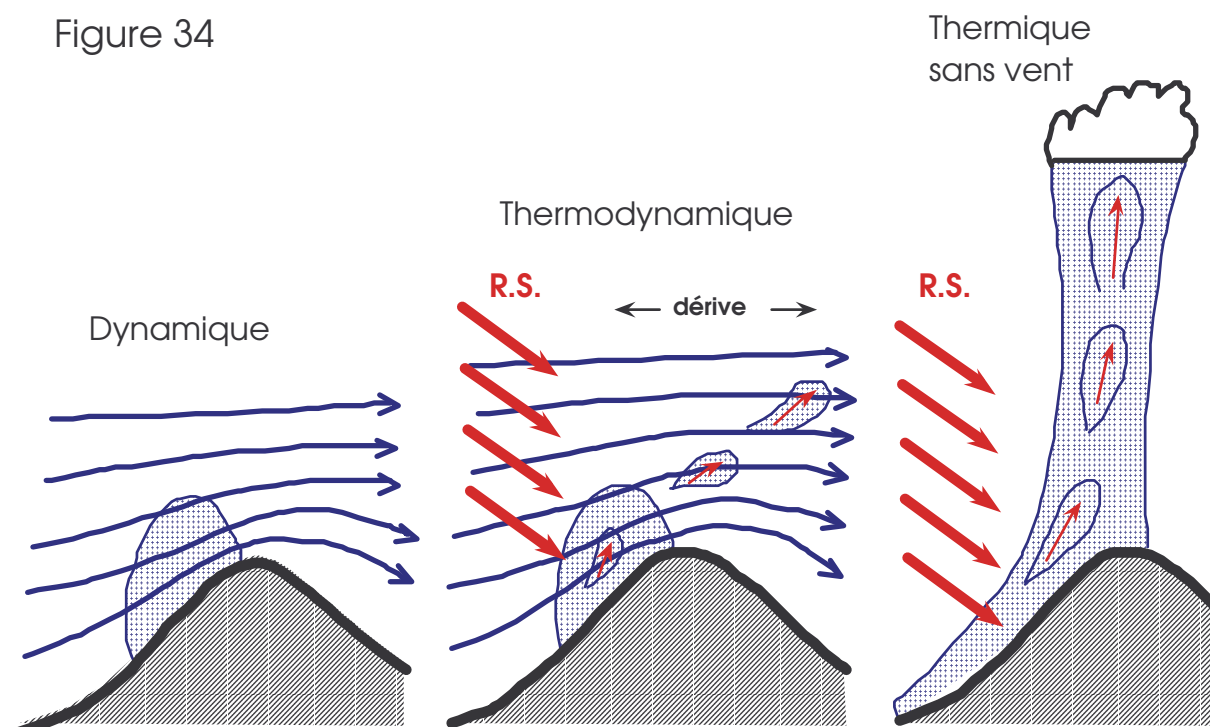
Fig 33b



En montagne, la combinaison du thermique et du dynamique, que l'on appelle thermodynamique, ne donne pas les pompes extraordinaires auxquelles on pourrait s'attendre par addition des deux effets.

Ici aussi, les bulles sont arrachées avant maturité, et les pentes constamment ventilées s'échauffent peu;

Figure 34



on pourra atteindre des altitudes certes plus importantes qu'en dynamique mais attention à la turbulence et à la dérive.

Le thermique sous le vent

Si le versant de la montagne exposé au vent se réchauffe peu en raison d'un effet de ventilation, de l'autre côté, bien à l'abri, pour peu que le soleil tape bien dans la pente, les bulles peuvent se former.

Voici le témoignage de Christophe MOUGIN qui a réalisé en parapente en Juillet 94 dans les Vosges un beau cross de 82Km

Il est 14h30, j'arrive au Ballon d'Alsace, à 1100m, juste sous le sommet. C'est mon premier point bas. (...). Je choisis alors de taper en face Ouest, sous le vent, mais bien ensoleillée. Je me refais alors dans un +3 régulier.

et, Larry TUDOR, lors de son vol record de l'été 94

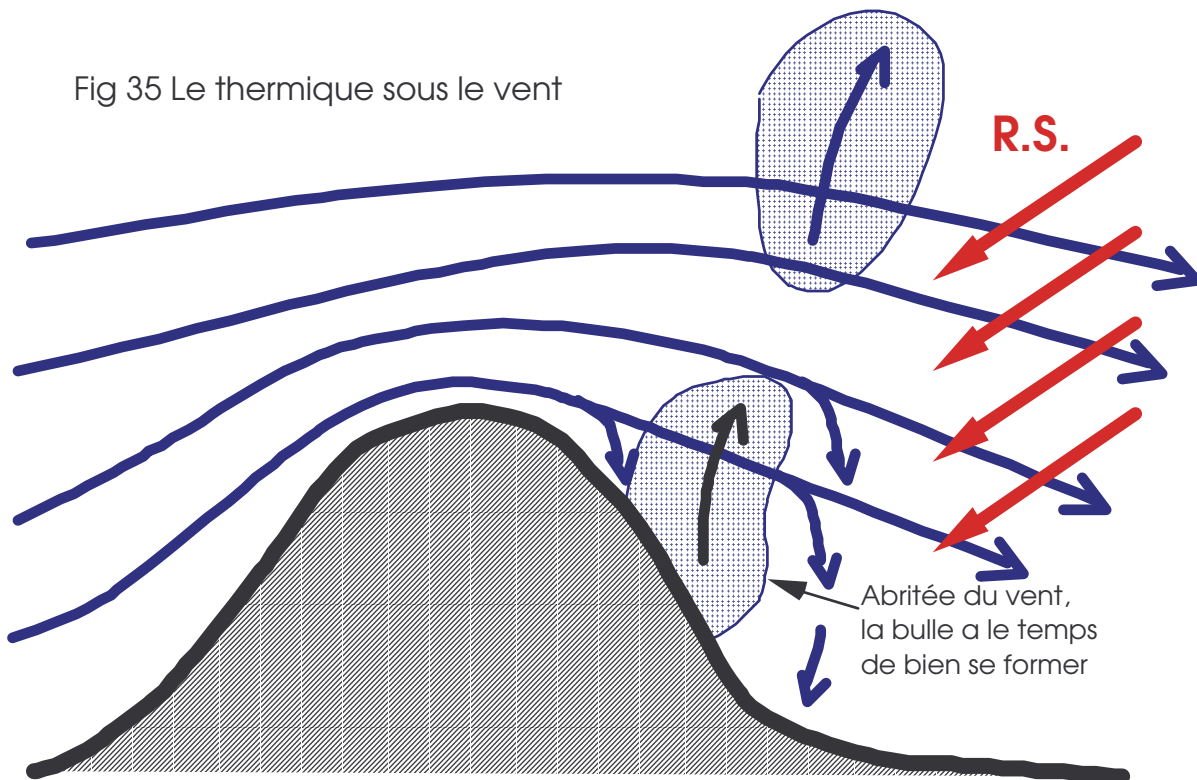
Je m'engageais sur les Laramies très étonné par leur allure primitive... Finalement, sous le vent, le thermique se renforça et je remontais à 5100m.

Attention, c'est souvent quitte ou double; le massif doit être important pour offrir une protection efficace (rabattants = danger) et il faut que la bulle soit au rendez-vous, sinon c'est du -3 -4 garanti en raison de la dégueulante dynamique;

ne vous lancez dans cette aventure **que par vent faible et avec un terrain de secours au pied de la pente**, car si ça ne marche pas, c'est le retour sur la planète dans les 2 minutes qui suivent.

Un avantage toutefois, si la pompe est au rendez-vous: pas la peine de faire des 8, vous pouvez enrouler tout de suite, car le vent vous écarte de la pente.

Fig 35 Le thermique sous le vent



AVERTISSEMENT: dans certaines configurations de vent, de relief, d'instabilité de la masse d'air, cette manœuvre comporte un risque important, normalement connu de tout pilote delta ayant suivi une formation sérieuse: les cisaillements de vent que l'on peut y rencontrer sont susceptibles de se traduire par un tumbling (passage sur le dos par l'avant). Seule une grande expérience, ou de bons conseils permettront au pilote de savoir quand il peut chercher le thermique sous le vent, ou quand il faut surtout ne pas y aller!

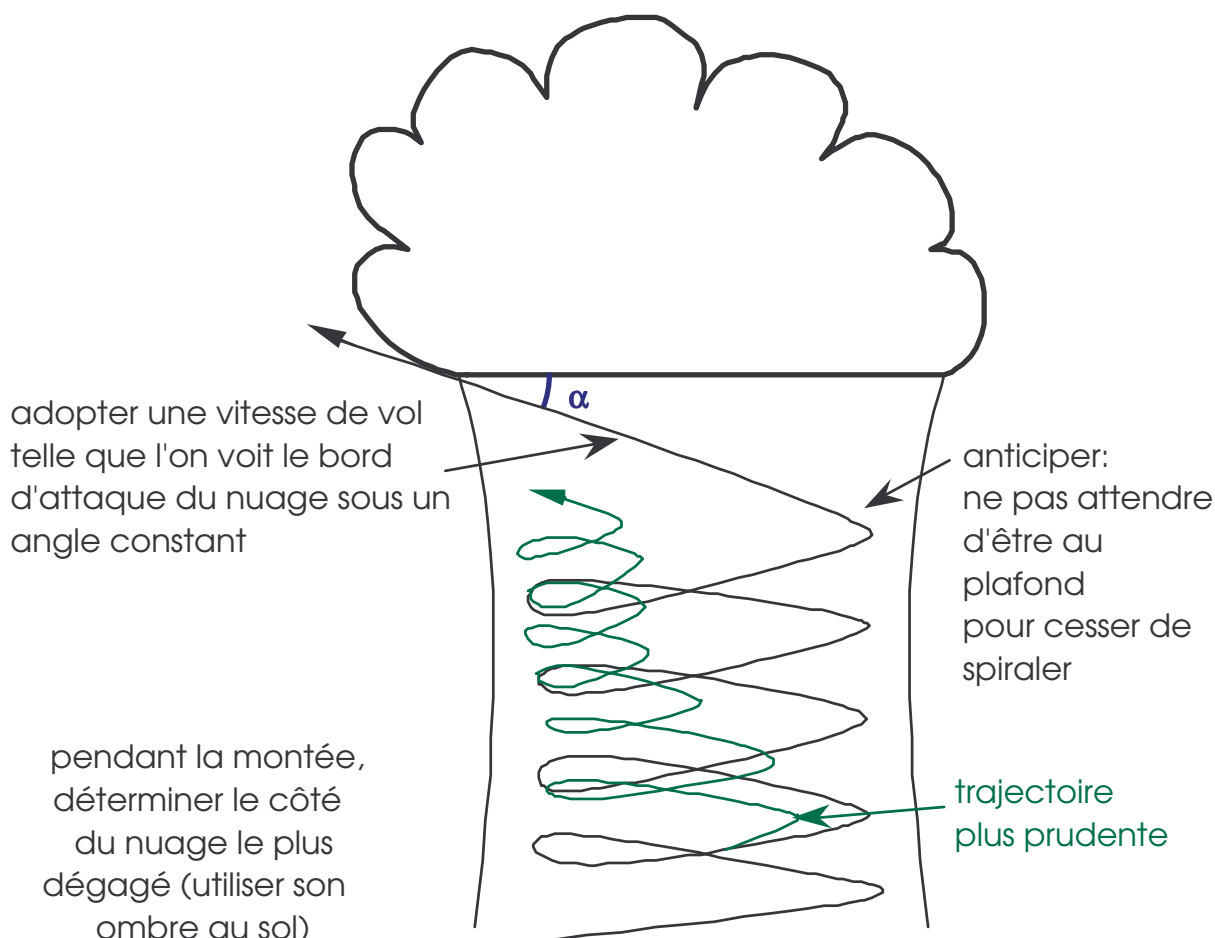
Approchant le plafond sous un gros cumulus

Lorsque l'on s'approche du plafond sous un gros cumulus, dans un +4m/s bien laminaire, commencer par décaler les 360 vers le bord du nuage; cette évolution peut se résumer à une ligne droite à grande vitesse, si l'on s'y prend tard; mieux vaut anticiper.

Privilégier le bord du cumulus qui donne sur la plus vaste zone de "bleu", c'est généralement le côté soleil; la trace au sol du cumulus, c'est à dire son ombre, vous aidera dans ce choix.

Utilisez cette trace au sol pour vous repérer si vous êtes au ras des barbuies, car dans ce cas vous n'avez plus de visibilité horizontale!

Fig 36 PROFITER D'UN GROS CUMULUS



Si jamais vous êtes englouti par le cumulus, vous n'avez plus de références visuelles; je pense que le mieux à faire est d'adopter une vitesse moyenne et de se caler bien au milieu du trapèze, quoi qu'il arrive; situation à éviter à tout prix!

Tout s'est bien passé et vous avez le plaisir de vous retrouver en plein soleil au bord du cumulus;

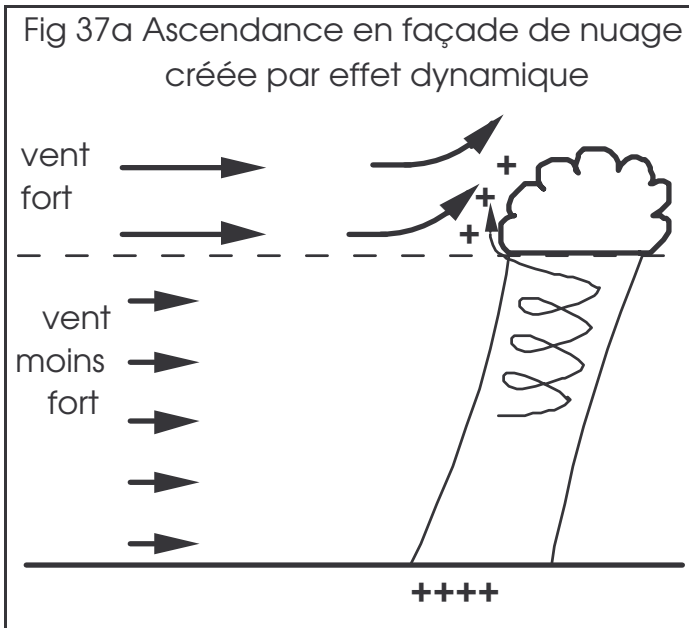
bien souvent, il y a encore moyen de le gratter comme s'il était lui même une montagne féérique.

Ascendance en façade de nuage

Didier FAVRE nous relate ce cas d'espèce:

Parvenu à la base du cumulus, je m'éloigne du relief pour gagner sa proue et me retrouve sur son flanc, où butte le vent du Sud. Étonnamment, le nuage résiste à cette pression d'air dont les filets s'échappent par le haut en m'emportant avec eux. Je grimpe ainsi sur près de mille mètres de dénivelé.

Attention au risque de collision: près des barbules du nuage on peut ne pas voir arriver un autre aéronef. Ce phénomène peut avoir des origines différentes



- Tout d'abord il peut s'agir d'un renforcement du vent en altitude:

la composante horizontale de la vitesse de l'air ascendant est égale à la vitesse du vent dans les basses couches;

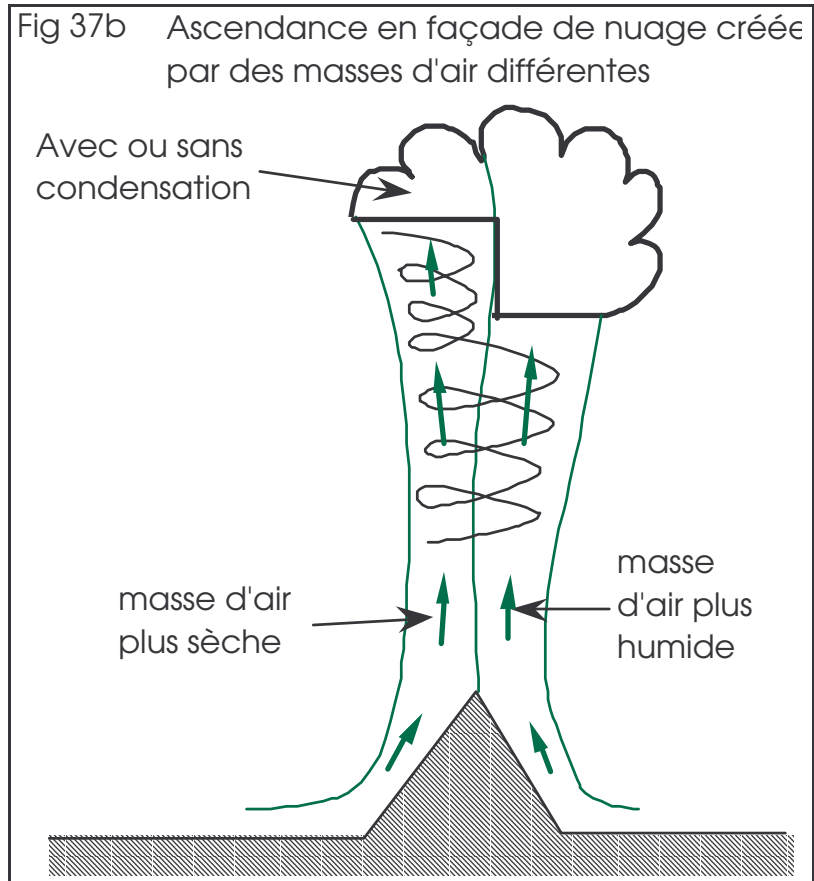
lorsqu'il rencontre en altitude, le vent plus fort, en raison de son inertie, il lui offre tout d'abord de la résistance, agissant sur lui comme un relief;

il se produit un effet d'ascendance dynamique, et l'on peut faire du vol de pente sur la façade exposée du cumulus.

- Une autre cause de ce phénomène est la juxtaposition ou la convergence de deux masses d'air d'humidité différente;

Celle qui est plus humide formera la base de nuage la plus basse.

Ce cas d'espèce se rencontre fréquemment dans les Vosges où les masses d'air sont peu homogènes, ou dans le Sud des Alpes lorsque l'air marin arrive en région montagneuse; il permet des gains d'altitude supplémentaires plus importants que par simple effet dynamique.



Environnement orageux

Redescendons d'un étage, et revenons sous le cumulus, quelques centaines de mètres en dessous de son niveau de condensation.

Nous nous sommes bien battus pour enrôler ce thermique dans les basses couches, il était teigneux, à présent il se calme, devient laminaire, large, ne nécessitant plus de correction pour se recentrer, et le vario ne cesse d'augmenter: +3, +4, +5...

Il y a quand même une justice, nous l'avons bien mérité cet ascenseur, c'est l'extase...

Soudain un éclair déchire l'horizon!...

Ce pourrait être le début d'un scénario catastrophe;

- Si vous volez dans une super pompe, large, laminaire avec du +5m/s, attention! observez ce qui se passe autour de vous, et posez-vous la question suivante:

Suis-je dans une situation préorageuse?

Les cumulus dont la tête atteint les 5000 mètres d'altitude seront les cumulonimbus de tout-à-l'heure,

et tout-à-l'heure peut très bien être dans moins d'un quart d'heure.

- Si la météo prévoit de telles conditions:

renoncez à voler et prévoyez d'autres activités pour la journée.

- Si, en vol, de telles conditions se développent:

allez vous poser **en fuyant** le danger;

le cas échéant, résistez à l'attraction irrésistible du terrain d'atterrissage officiel;

trop nombreux sont les pilotes qui se sont jetés dans la gueule du loup en voulant le rejoindre à tout prix; bien souvent il vaut mieux fuir et se poser ailleurs.

La "grappe"

Evoluer dans une grappe est assez stressant, au point que certains pilotes les fuient. Parfois même, près du sol dans un noyau salvateur mais étroit, une deuxième aile peut être de trop: toujours là où il ne faut pas! obligeant à des manœuvres d'évitement qui se traduisent par une sortie de l'ascendance.

Il ne faut pas se cantonner dans une attitude négative vis-à-vis de la grappe mais considérer les autres ailes comme des indicateurs du noyau de l'ascendance; de bons pilotes volant en groupe font une exploitation bien meilleure du thermique que s'ils volaient chacun individuellement.

Par contre il faut respecter quelques règles de base afin de bien s'intégrer au trafic: en plus des règles de priorité supposées connues, il faut avoir en permanence conscience de la position relative des autres pilotes: qui est au dessus de moi? qui à l'intérieur de mon virage? qui arrive de la droite? qui est derrière moi? où est celui que je croise à chaque 360°? etc. Pour ce faire, il faut continuellement scanner l'espace environnant pour réactualiser les positions respectives, c'est à dire avoir la tête montée sur roulement à bille! et maintenir une attention soutenue.

En dernier ressort, pour éviter une collision, penser à la possibilité de piquer pour passer sous le trafic conflictuel; c'est plus rapide que d'inverser le sens du virage, et ensuite, les ailes modernes restituent bien la vitesse en altitude; ainsi, on reste centré dans le thermique, pratiquement sans perte de hauteur à l'issue du croisement.

Quelques conseils pour conclure

- Parfois les thermiques sont larges et doux, bien en profiter demande peu d'effort, mais si le vario est faible, il faut faire preuve de patience et adopter un pilotage tout en finesse: vitesse de taux de chute mini tenue avec rigueur, inclinaison faible, corrections douces, gestion de la trajectoire.

- Mais la plupart du temps, ils sont générés par un soleil puissant ou une masse d'air instable, ou encore perturbés par le vent. Puissants et hétérogènes, les thermiques sont d'abord de la turbulence; le contrôle de la trajectoire demande d'autant plus d'efforts qu'ils ont tendance à repousser le delta vers les "dégueulantes" qui les entourent. Pour réussir à les exploiter, le pilote devra faire preuve de volonté, d'engagement physique, de ténacité, et d'esprit d'analyse: contres énergiques, vitesse majorée, inclinaisons fortes, corrections de trajectoires rapides et précises:

beaucoup d'efforts,

(mais infiniment moins qu'à faire le même dénivelé en vélo!)

et au bout du compte la **récompense** lorsqu'on arrive au plafond.

A l'école du thermique on n'apprend pas, on se bat!

- Dans la phase d'apprentissage du thermique, le matériel a toute son importance ; j'ai vu trop de pilotes se dégoûter du delta car les ailes qu'ils utilisaient ne leur permettaient pas d'évoluer avec aisance dans cet environnement à priori hostile: trop absorbés par le pilotage de leurs appareils trop pointus, ils n'avaient pas l'esprit assez libre pour se consacrer à la détection de la pompe ainsi qu'à la définition et au contrôle de la trajectoire pour y évoluer. A proscrire absolument, les anciennes ailes de compétitions. Il faut absolument utiliser un delta facile à piloter et **maniable**, un simple Lancer IV* ferait parfaitement l'affaire: d'un pilotage facile il est redoutablement efficace en thermique. En vol libre comme en vol à voile, avant d'avancer il faut monter, ne pas mettre la charrue avant les bœufs; c'est seulement lorsque le pilote aura acquis la maîtrise du thermique, soit au moins une pleine saison à "gratter" avec succès tout ce qu'il rencontrera en vol, qu'il pourra s'intéresser aux ailes de performances.

- Les citations de Didier Favre sont toutes extraites de son ouvrage "Le Vagabond des Airs" publié chez "Actes Sud". Je ne saurais trop recommander la lecture de ce livre; c'est non seulement une belle histoire vraie, mais aussi un véritable cours de vol libre.

Bons vols, et bon plaisir en thermique.

* Lancer IV: aile simple surface de la fin des années 70! (légère et maniable)

