



Fédération Française d'Aéro-Modélisme

Agrée par le ministère des transports, la DGAC, le SFACT et par le Ministère de la Jeunesse et des Sports

INITIATION A L'AÉRO-MODELISME

(Radio-commandé)

NOTIONS DE METEOROLOGIE

Edition avril 2006

☒ FFAM 108,rue Saint Maur – 75010 PARIS

☎ (33) 01.43.55.82.03 - Fax (33) 01.43.55.79.93 - @ <http://www.ffam.asso.fr>

Réalisation deuxième semestre 2004 et mise à jour janvier 2006 par C Dupré; édité par la FFAM.
Reproduction, même partielle interdite sans autorisation du rédacteur.

*A Francis qui posa les bases
d'une formation accessible à tous les modélistes*

INTRODUCTION.....	1
L'ATMOSPHERE.....	2
LES CARACTERISTIQUES DE LA MASSE D'AIR.....	3
LA MASSE VOLUMIQUE.....	3
<i>L'influence en aéro-modéliste</i>	3
LA TEMPERATURE	3
<i>L'influence en aéro-modélisme</i>	4
<i>L'humidité</i>	4
<i>Point de rosée</i>	4
<i>Point de condensation</i>	4
LA PRESSION	5
<i>Cartes météorologiques</i>	5
<i>L'altimétrie</i>	6
<i>L'influence en aéro-modélisme</i>	6
VENT ET BRISE	7
LE VENT	7
MESURE DE LA VITESSE DU VENT	7
<i>La manche à air</i>	8
INFLUENCE DU RELIEF	9
<i>L'onde</i>	9
<i>L'effet de Foehn</i>	9
LA BRISE	10
<i>La brise de mer</i>	10
<i>La brise de pente</i>	10
LE VENT ET LA VITESSE SOL	11
LES ASCENDANCES	12
LES THERMIQUES	12
LE VOL DE PENTE	13
LES FRONTS.....	14
CIRCULATION GENERALE	14
LES FRONTS.....	14
<i>Front chaud</i>	14
<i>Front froid</i>	14
LES NUAGES	15
FORMATION D'UN NUAGE	15
CLASSIFICATION DES NUAGES	15
<i>La forme</i>	15
<i>L'altitude</i>	15
NUAGES ET FRONTS.....	17
<i>Que voit le modéliste</i>	17
<i>Front chaud instable</i>	17
<i>Front chaud stable</i>	18
<i>Front froid instable</i>	18
<i>Front froid stable</i>	19
LES RENSEIGNEMENTS METEOROLOGIQUES.....	19
LES MEDIA :	19
LES SERVICES METEOROLOGIQUES.....	19
LES HABITUDES LOCALES ET LES DICTONS	19
LIST DES MISES A JOUR.....	20
DATE:.....	20

INTRODUCTION

Ce recueil, diffusé par la FFAM, s'adresse à tout modéliste débutant. Les informations qu'il trouvera dans ce livret, l'aideront à mieux comprendre les explications que lui donneront les différents responsables du Club auquel il vient de s'inscrire. Elles lui permettront également de saisir tout le sens et toute la richesse des connaissances transmises par les membres plus anciens qui l'entourent.

Compte tenu de l'étendue du domaine d'activité de ce loisir, et pour rester dans le cadre de l'initiation, il a été nécessaire de faire une sélection des sujets traités et de les limiter à des notions.

Le débutant, encadré au sein de son Club par un moniteur, ne retrouvera pas dans cet ouvrage LA méthode utilisée dans son club, mais les points clefs auxquels aboutissent toutes les méthodes.

Ces points essentiels concernent :

- Des notions sur la masse d'air qui nous entoure
- Une approche des phénomènes rencontrés par les vélivoles
- Une information sur l'évolution des conditions météo
- Quelques notions d'altimétrie

Lorsque la phase d'initiation sera dépassée, le « livret de formation de pilote de modèles réduits » fournira un guide qui le conduira vers l'art du pilotage.

Avis aux candidats à l'examen du DFFA:

Les questions du chapitre "météorologie" du DFFA sont issues en partie de ce recueil.

METEOROLOGIE

Ce chapitre du livret d'initiation n'aborde que les domaines qui permettent de mieux comprendre les explications données dans les autres chapitres ou dans les guides formation édités par la FFAM. Le livre « Initiation aéronautique » fournit les informations complémentaires.

L'ATMOSPHERE

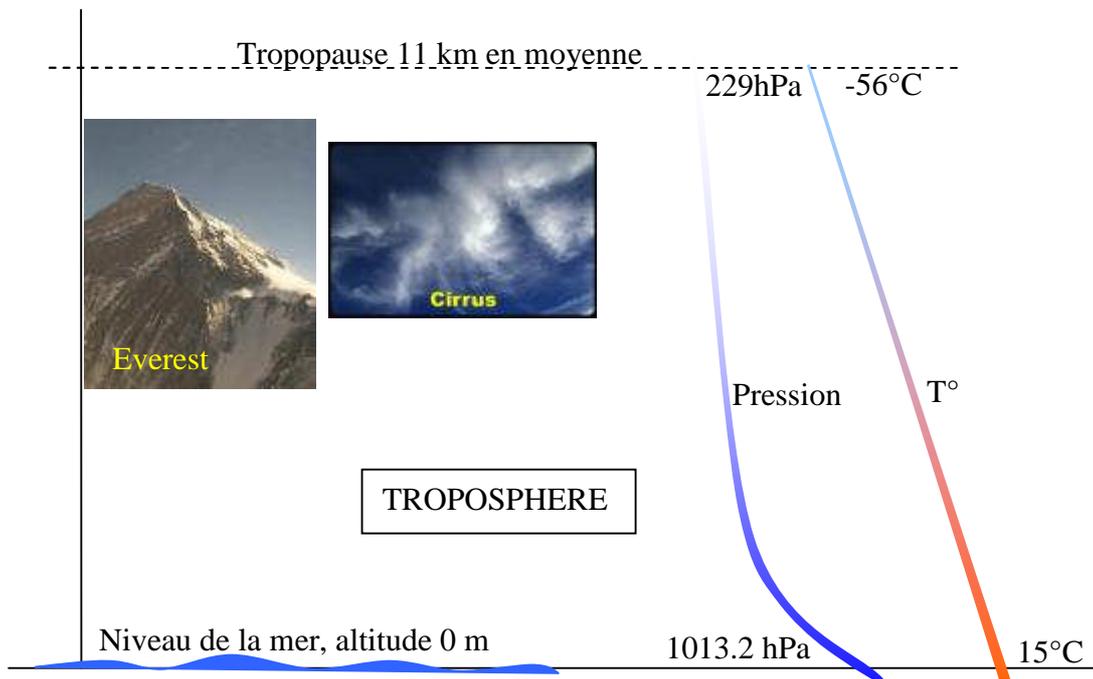
L'atmosphère constitue la couche gazeuse qui enveloppe la Terre et sans laquelle la vie ne serait pas possible.

L'atmosphère n'a pas de limite bien marquée. On observe la présence d'air à des altitudes de 200 à 300km.

L'atmosphère est divisée verticalement en plusieurs "sphères" concentriques. La couche en contact avec le sol qui intéresse directement le modéliste est la troposphère. La surface de séparation avec la couche supérieure (stratosphère) est la Tropopause.

La troposphère, est caractérisée par une diminution régulière de la pression et de la température avec l'accroissement de l'altitude. Cette diminution s'arrête à la tropopause.

Pour pouvoir étudier et comparer les phénomènes qui utilisent l'air comme élément principal, (météo, aérodynamique, motorisation ...) des valeurs théoriques de référence ont été adoptées. C'est ce que l'on appelle l'atmosphère standard.



Par convention, en atmosphère standard:

Altitude	T°	Pression	Masse volumique
0 m	15°C	1013.2hPa	1.225 kg/m ³
	3.5°C/1000m	1hPa/8.5m	

LES CARACTERISTIQUES DE LA MASSE D'AIR

La masse volumique

Comme tout corps, l'air a une certaine masse. En atmosphère standard à l'altitude 0m, pour une température de 15°C et pour une pression atmosphérique standard, 1m³ d'air a une masse de 1.225kg. La masse volumique en fonction de l'altitude peut être calculée par la relation

$$\rho \approx (20 - \text{altitude} / 20 + \text{altitude}) \times 1.225$$

L'influence en aéro-modéliste

Quelles ont les performances d'un modèle utilisé en vol de pente à 1500m ?

A cette altitude, $\rho \approx (20-1,5 / 20+1,5) \times 1.225 \approx 1\text{k/m}^3$

La portance ($1/2 \rho S V^2 C_z$) est plus faible d'environ 20% et la vitesse doit augmenter d'environ 4,5%.

La température

Pour ne pas être entachée d'erreurs, la mesure de la température doit être faite sans déplacement, c'est une température statique. Les unités utilisées sont le degré Celcius ou le degré Fahrenheit (unité anglo saxonne)

Les valeurs ci-dessous donne un ordre d'idée des correspondances entre ces deux échelles de valeur,

C°	F°
0	32
10	50
15	59
20	68
22	72
25	77
30	86
100	212

Le décalage entre les deux échelles s'explique par la différence de référence.

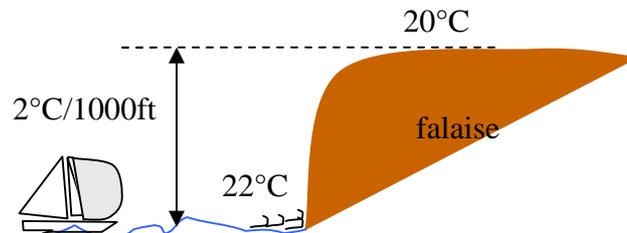
En 1714, l'artisan Gabriel Fahrenheit gradue un thermomètre en attribuant le 0° à la température de la glace fondante obtenue avec de l'eau très salée et 212° à l'eau bouillante. La température de la glace fondante obtenue avec de l'eau douce se situe à 32°F.

En 1720, le physicien Anders Celcius propose de graduer les thermomètres en valeur centésimales, en prenant comme 0° la température de la glace fondante, et 100° la température de la vapeur d'eau bouillante.

Selon l'atmosphère standard, la décroissance de température en fonction de l'altitude est de :
6.5°C / 1000m soit environ 2°/1000ft.

L'influence en aéro-modélisme

Lors d'une séance de vol de pente sur une falaise de 300m la température, en atmosphère standard, devrait être de 13°C. Cependant la règle de l'atmosphère standard est rarement celle que suit la nature. Par contre, si la température est de 22°C au pied de la falaise et de 20°C au sommet, le gradient de température est proche de celui de l'atmosphère standard.



L'humidité

L'air contient toujours une quantité plus ou moins importante d'eau à l'état de vapeur. Il y a saturation lorsque cette masse d'air ne peut plus recevoir de vapeur.

Lorsque l'air se refroidi, la vapeur se condense et redonne de l'eau. Une masse d'air chaud saturé peut contenir plus de vapeur que la même masse plus froide.

Point de rosée

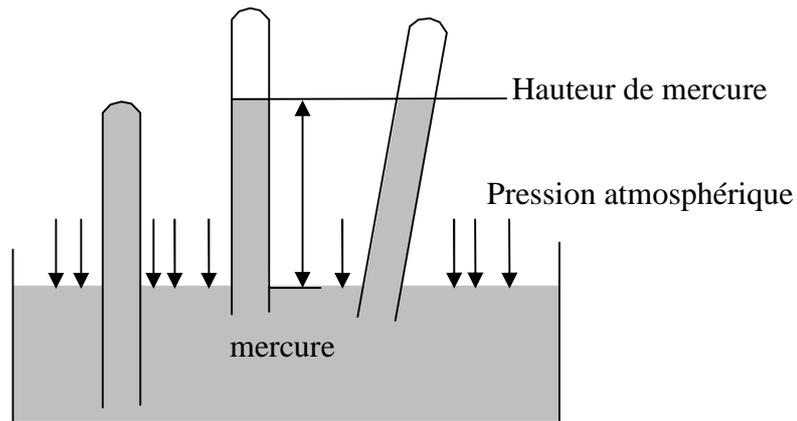
La pression ne variant pas, la température qui déclenche la transformation de vapeur en eau est appelée température du point de rosée. Lorsqu'une masse d'air saturée atteint la température du point de rosée, elle se condense et donne naissance à la brume, au brouillard, à la rosée.

Point de condensation

Si au lieu de refroidir cette masse d'air, on la fait monter en altitude (diminution de pression sans échange de température) le phénomène se produira pour un point appelé point de condensation, c'est se qui donne les nuages et les précipitations.

La pression

Pour mesurer la pression atmosphérique, on utilise un baromètre. Le plus simple des baromètres est constitué d'un récipient rempli de mercure sur lequel est retourné un tube à essai également rempli de mercure. Lorsqu'on soulève le tube à essai, la pression atmosphérique fait monter le mercure dans le tube. Lorsqu'il atteint une certaine hauteur le mercure ne monte plus. Cette hauteur correspond à la pression atmosphérique du lieu.



L'unité de mesure de la pression est le Pascal. En atmosphère standard, la pression de référence est de 101321pa, pour faciliter l'utilisation de cette donnée, on utilise l'hPa (hectopascal) soit 1013.2hPa.

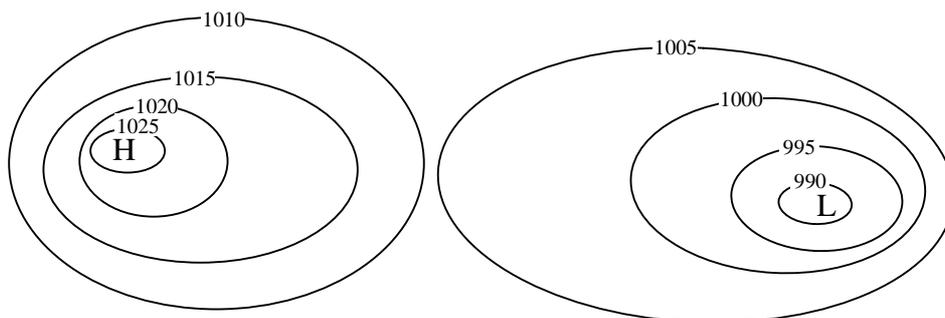
Plus on s'élève, plus la pression diminue. La décroissance, selon l'atmosphère standard, est de 1hPa /8.5m (28ft).

Cartes météorologiques

Sur les cartes météo, on figure le contour des zones d'égale pression par des lignes « isobares ». Ceci ressemble à des courbes de niveau sur une carte d'état major.

H ou A: zone de haute pression ou anticyclone

L ou D: zone de basse pression



L'altimétrie

On parle couramment d'altitude, mais en fait il faut distinguer:

- La hauteur: distance verticale qui sépare le modèle du sol. Pour mesurer cette distance, la pression de référence est celle qui règne au niveau du terrain. Elle est nommée le QFE (code donnée à l'époque où les transmissions radio étaient en morse).
- L'altitude: distance verticale qui sépare le modèle du niveau calculé de la mer. Dans le milieu aéronautique on parle d'altitude pression référencée par rapport à la pression appelée QNH.

L'influence en aéro-modélisme

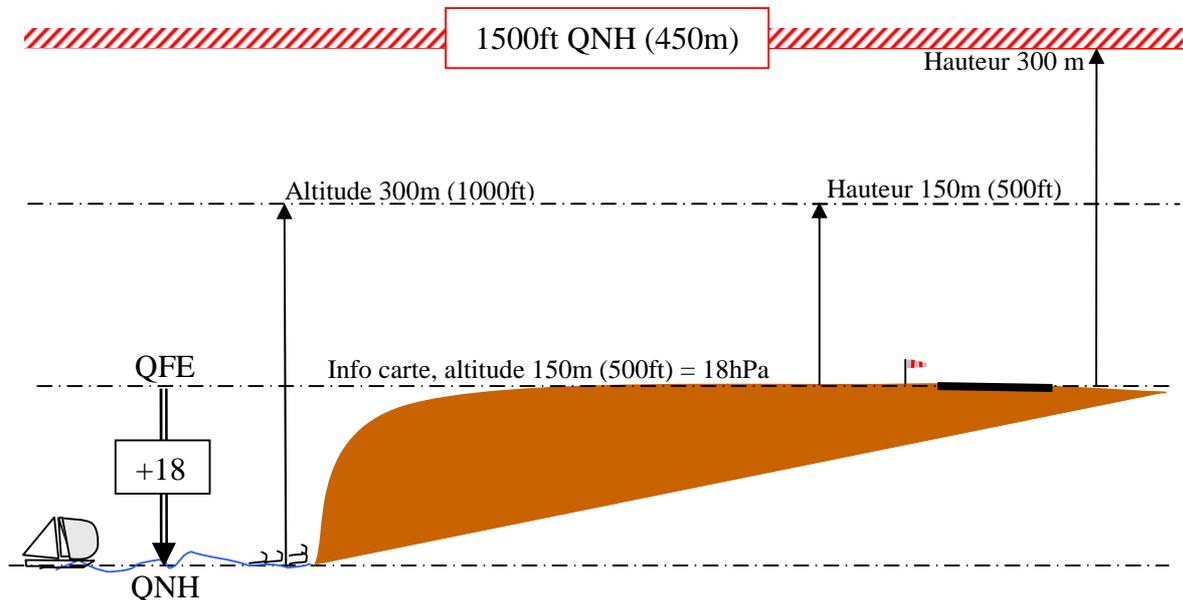
Un club organise un concours de planeur pour lequel les autorisations limitent le plafond à 1500ft QNH. Sur les cartes, ce club est à 150m.

- Altitude terrain: $150 / 0.3 \approx 500\text{ft}$
- Ecart par rapport au niveau de la mer de: $500/28 \approx 18\text{hPa}$

Le jour du concours, si le largage s'effectue à une hauteur de 150m, l'altimètre du remorqueur sera réglé:

- à 150m (500ft) par rapport à la pression qui règne sur le terrain (QFE).
- à 300m (1000ft) par rapport à la pression QNH donnée par l'aérodrome local.
- Si la pression QNH n'est pas disponible, elle sera calculée:

$$\text{QNH} = \text{pression sur le terrain} + 18\text{hPa}.$$

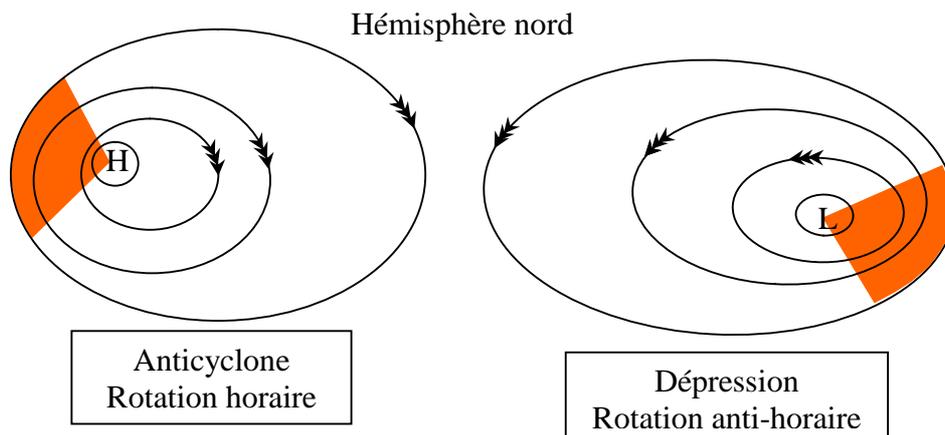


VENT ET BRISE

Le vent

Lorsqu'on regarde une carte sur laquelle sont reportées les surfaces d'égalité de pression (carte isobares), on peut considérer d'une façon simple, que le vent souffle des hautes pressions vers les basses pressions.

Toutefois, il faut tenir compte du mouvement de rotation de la terre qui entraîne une déviation du vent.



Plus les lignes d'égalité de pression sont proches l'une de l'autre, plus le vent est fort.

Mesure de la vitesse du vent

La vitesse du vent se mesure avec un anémomètre. Le système le plus répandu en aéromodélisme est constitué d'une petite hélice dont on traduit la vitesse de rotation en vitesse du vent.

Selon que l'on s'adresse à un monde maritime, aéronautique ou médiatique, la vitesse du vent n'est pas exprimée avec les mêmes unités. L'unité officielle étant, bien entendu, le m/s.

- Dans les médias le Km/h

$$1\text{km/h} \approx 0,3 \text{ m/s} \quad 1\text{m/s} = 3.6 \text{ km/h}$$

- Dans un monde maritime le Beaufort

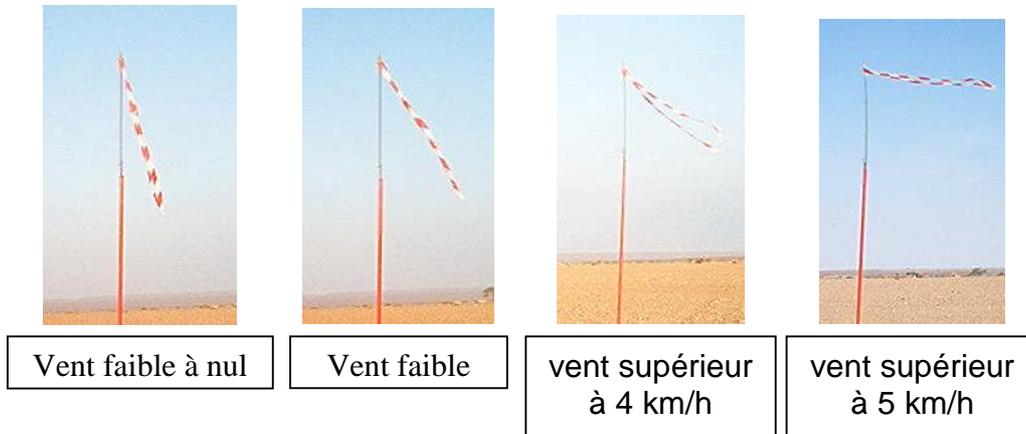
Echelle de Beaufort	Effets observés	Km/h (valeur approchée)
0	Une fumée s'élève verticalement	<1
1	Un girouette de bouge pas	1 à 5
2	Perception sur le visage. Les feuilles frémissent	6 à 11
3	Les feuilles et les petites branches sont agités	12 à 19
4	Le vent soulève la poussière et les feuilles	20 à 28
5	Les arbustes se balancent	29 à 38

- Dans un monde aéronautique le knot (nœud)

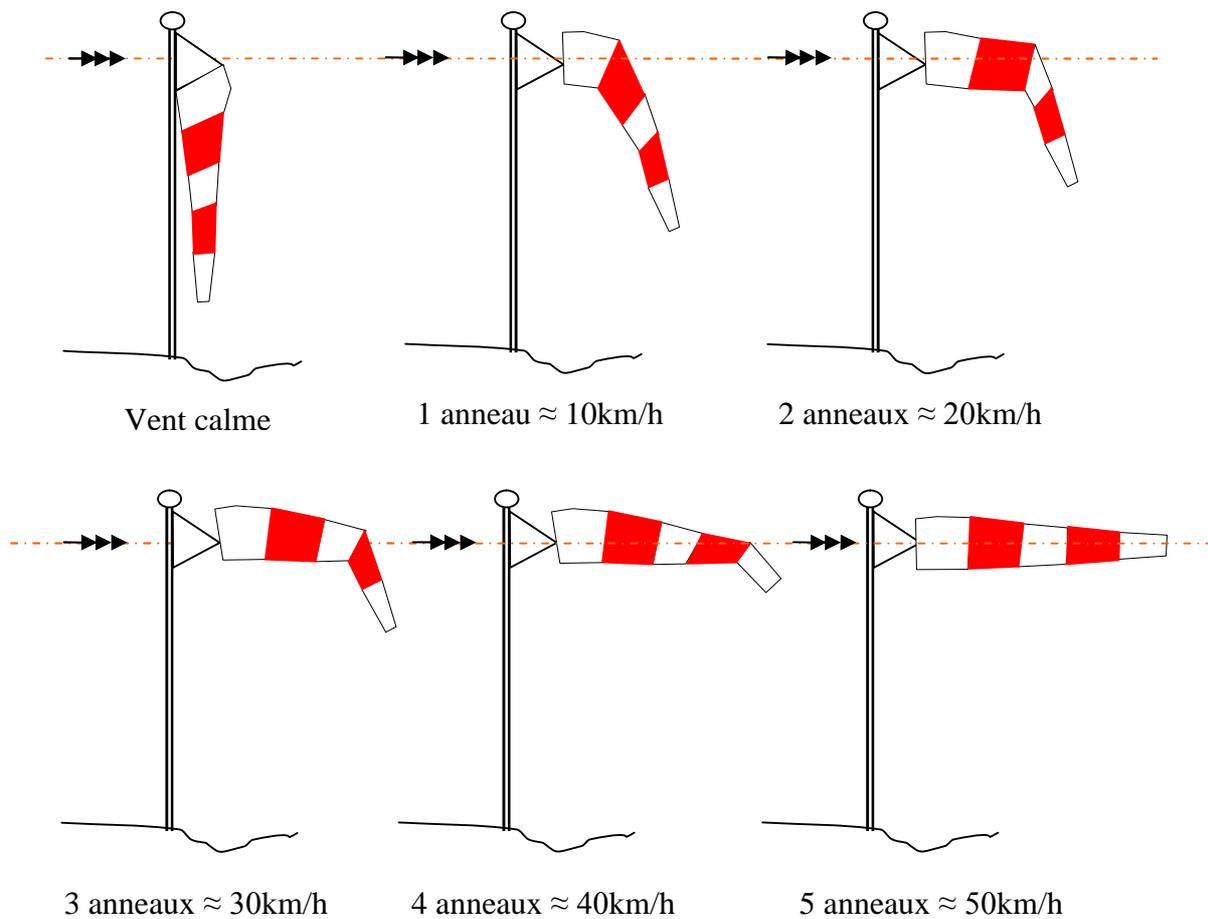
$$1\text{Kt} \approx 2 \text{ km/h} \quad 1\text{m/s} \approx 2 \text{ Kt} \approx 4 \text{ km/h}$$

La manche à air

La manche à air ("biroute" en argot aéronautique) indique la direction du vent et permet d'évaluer sa vitesse. Elle peut être réalisée facilement avec un morceau de bande de signalisation attaché au sommet d'un mat.



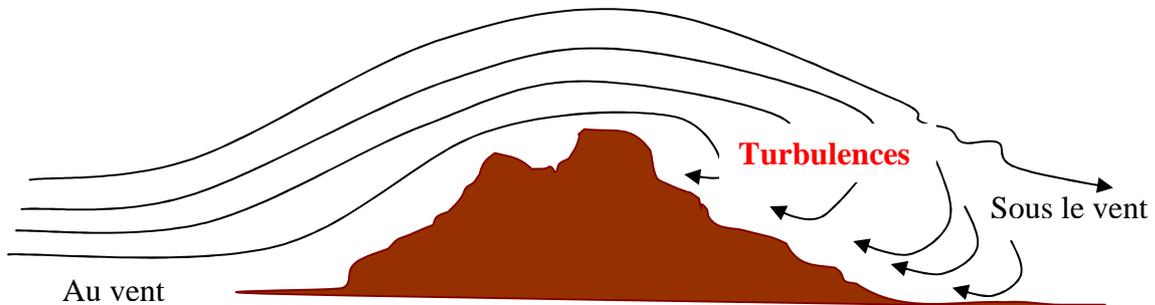
Pour évaluer la vitesse du vent à l'aide d'une manche à air utilisée sur les aérodromes ou le long des voies routères, il suffit de regarder le nombre d'anneaux proches de l'horizontale
1 anneau \approx 5Kt



Influence du relief

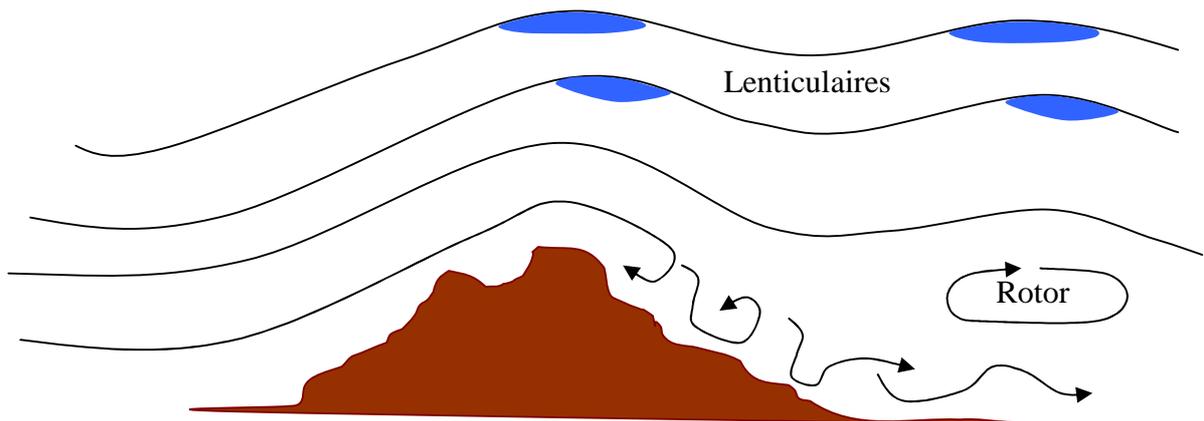
Lorsque le vent rencontre un relief, celui-ci le dévie.

- En avant du relief (au vent) le vent suit le relief.
- En arrière du relief (sous le vent) le vent tourbillonne et crée des turbulences. La zone de turbulence entraîne la formation de rabattants.



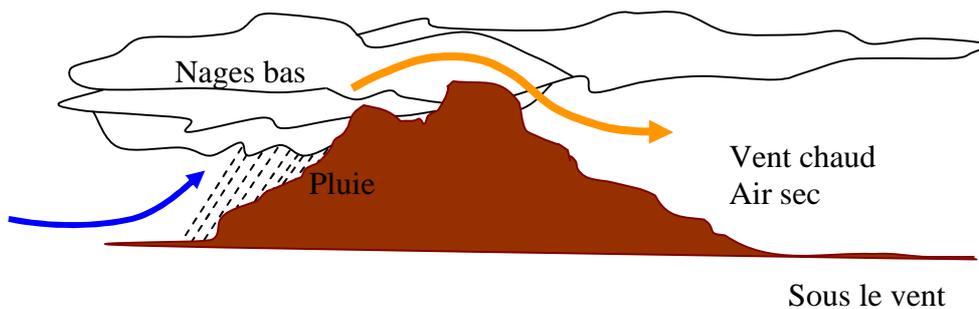
L'onde

Au passage du relief, les turbulences peuvent créer un mouvement ondulatoire de l'air d'altitude. Cette onde matérialisée par des nuages lenticulaires. Elle fait le bonheur des pilotes de planeurs grandeurs mais elle est située assez haut en altitude ce qui la rend malheureusement inutilisable pour nos modèle réduits



L'effet de Foehn

Lorsqu'une masse d'air très humide remonte le long d'un relief, le point de condensation est rapidement atteint. Il y a formation de nuages et précipitations. Du côté sous le vent du relief, l'air est plus sec est plus chaud (trou de Foehn)

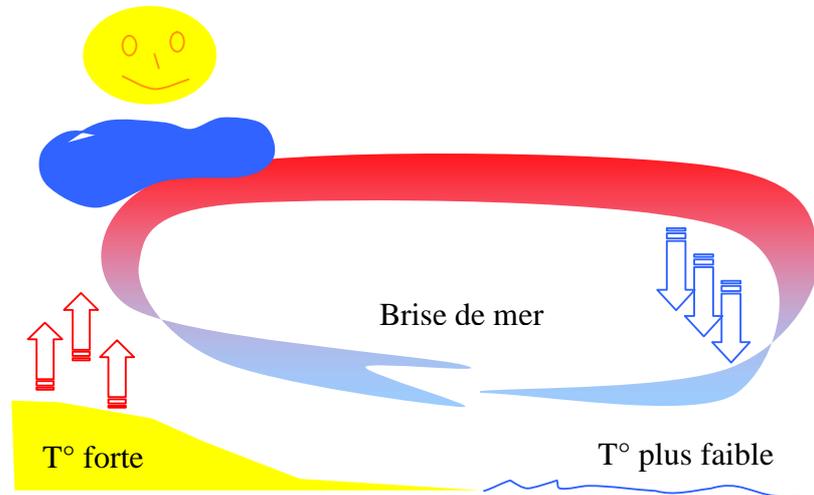


La brise

Il existe plusieurs types de brise. Les deux plus fréquemment rencontrées par les modélistes sont:

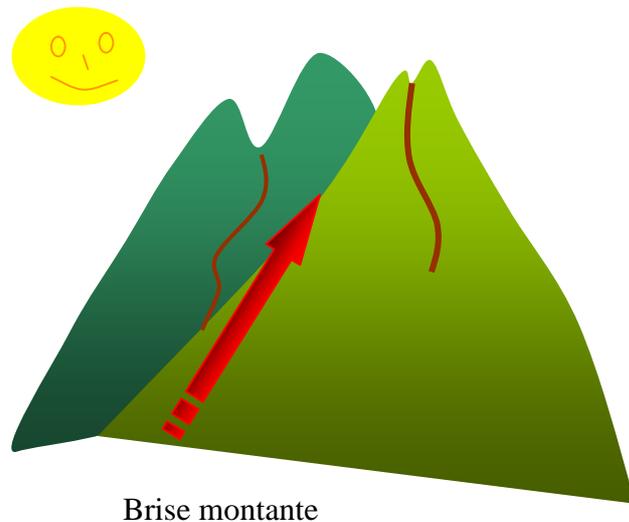
La brise de mer

Durant la journée, la différence de température entre la terre chaude et la mer plus fraîche crée une brise qui souffle de la mer vers la terre, pratiquement perpendiculairement au littoral.



La brise de pente

En montagne, en début d'après midi, l'échauffement du relief crée un courant qui remonte le long des vallées, c'est la brise d'aval (de vallée) qui donne naissance à la brise de pente.



Le vent et la vitesse sol

D'une façon générale, en aéronautique, le vent est utilisé au mieux pour augmenter ou diminuer la vitesse par rapport au sol. Les modélistes n'échappent pas à cette règle.

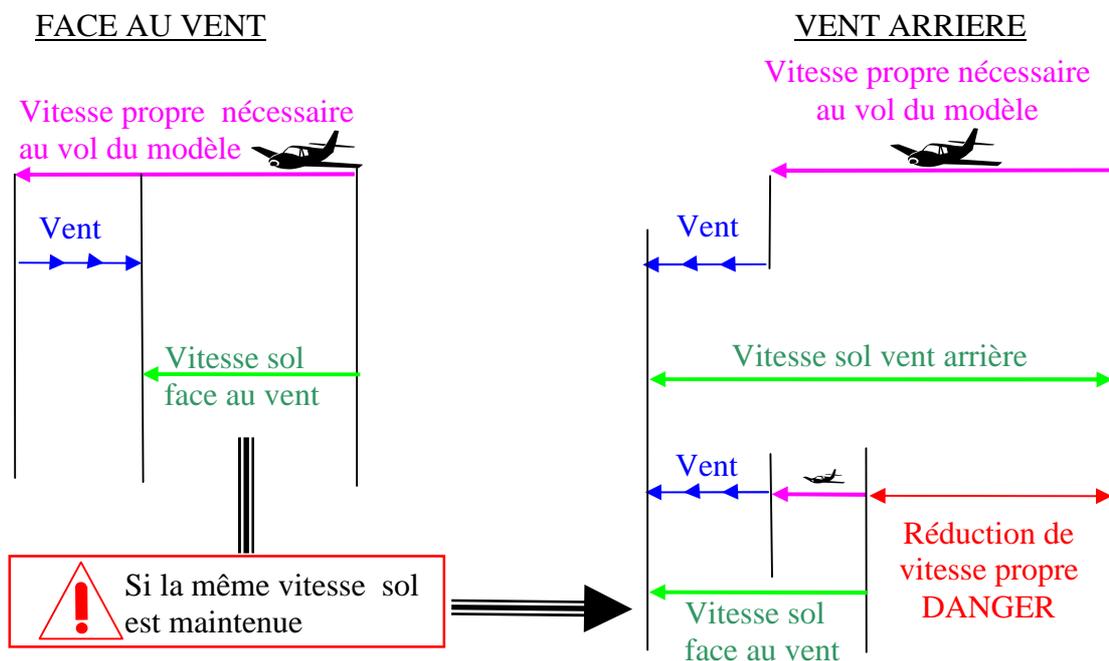
- Au décollage : Le vent de face s'additionne à la vitesse du modèle, le vent relatif est plus important et permet de raccourcir la distance de décollage.
- A l'atterrissage : Le vent de face s'additionne à la vitesse du modèle, le vent relatif est plus important. La vitesse par rapport au sol est plus faible. La distance d'atterrissage est plus courte et en cas de contact brutal avec le sol, les dégâts seront moins importants.

Il ne faut pas se laisser tromper par l'effet du vent.

Le modèle vole grâce à sa vitesse au sein de la masse d'air et la masse d'air se déplace elle-même à la vitesse du vent. Le modéliste, quant à lui, évalue la vitesse de son modèle par rapport au sol, c'est à dire:

- vitesse du modèle – vitesse du vent lorsqu'il vole face au vent,
- vitesse du modèle + vitesse du vent lorsqu'il vole vent arrière.

En vent arrière, le modèle a donc une vitesse sol plus élevée. L'erreur serait de réduire cette vitesse apparente (vitesse sol). Ceci conduirait à une vitesse du modèle trop faible par rapport à la masse d'air et pourrait se solder par un décrochage.



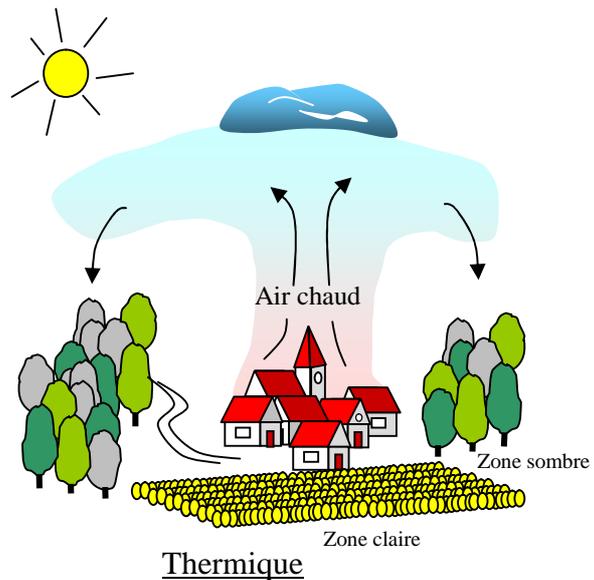
Vent arrière, réduction de vitesse sol = risque de décrochage

LES ASCENDANCES

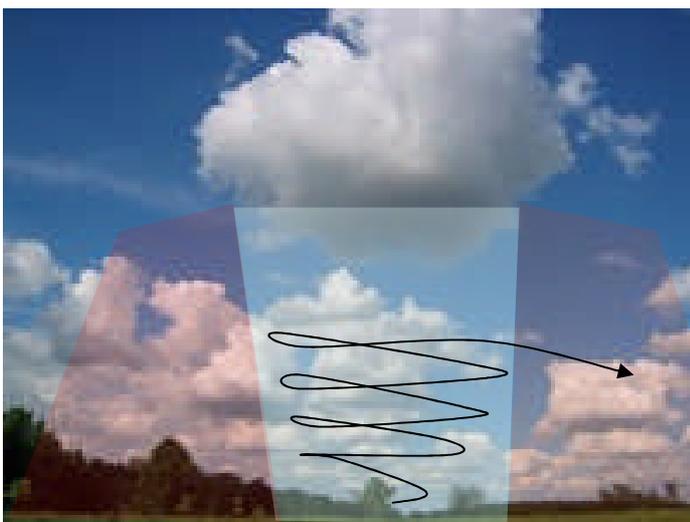
La masse d'air s'élève lorsqu'elle est chauffée, par une zone d'habitations, par un sol clair (un champ de blé ...), par une zone qui restitue la chaleur (pierrier, brise de mer, brise de pente...) ou lorsqu'elle rencontre un relief. Il se crée alors un mouvement ascendant. Un modèle de planeur qui évolue dans cette masse d'air monte avec elle. On peut donc conclure que les planeurs, qui ne peuvent que descendre, descendent dans une masse d'air qui monte, donc ils montent.

Les thermiques

Lorsque le courant ascendant est généré par un échauffement qui crée une bulle d'air chaud plus léger qui monte, le modèle évolue dans une ascendance "thermique".



Ces ascendances sont localisées et peuvent se repérer en observant le comportement de l'environnement. Un "coup de vent" brutal dont l'orientation change progressivement,



l'envolée soudaine de feuilles ou de brins de paille, la formation de cumulus ... Si une zone est soumise à une ascendance, une zone proche, elle, est soumise à un courant descendant. La difficulté sera de tourner en montant centré dans l'ascendance et en se déplaçant avec elle (spiraler).

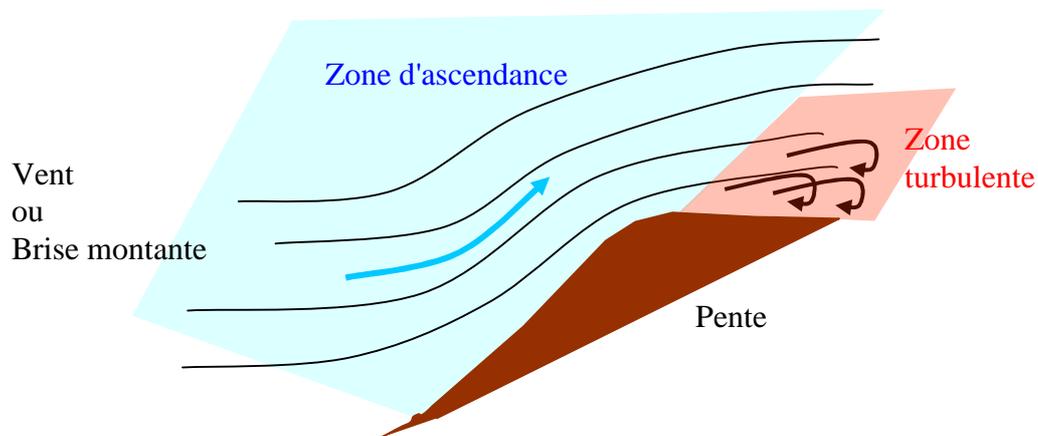
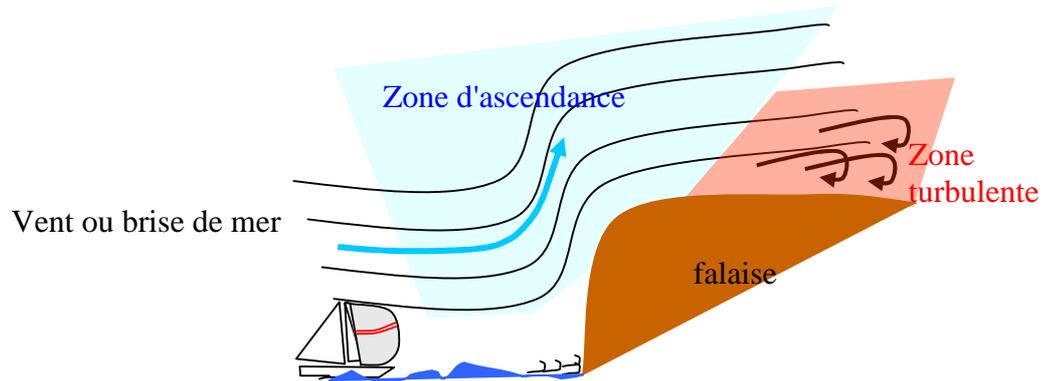
Les modélistes pratiquant le vol libre utilisent couramment un mat au sommet duquel il place un ruban de Milar.

Lorsqu'une ascendance passe, le ruban s'élève et matérialise ainsi son passage.

Le vol de pente

Si le courant ascendant est provoqué par le relief, le vol pratiqué est du "vol de pente ou de falaise".

Qu'il s'agisse d'une brise ou d'une déviation de la masse d'air due au relief, la zone d'ascendance est généralement située très en amont du relief. Une zone de turbulences se développe à proximité de la crête.



En vol de pente, il est possible de bénéficier de la combinaison de l'effet de pente et d'une ascendance déclenchée par un « thermique ».

LES FRONTS

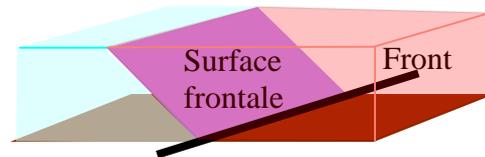
Circulation générale

Les masses d'air situées au pôle n'ont pas la même température que celles situées sous les tropiques. On a donc à faire à une gigantesque pompe à chaleur créant une circulation des masses d'air. Dans cette circulation, l'air froid du pôle se glisse comme un coin sous l'air chaud tropical.

La surface séparant les deux masses d'air (quelques centaines de mètres d'épaisseur) est appelée surface frontale. Sur les cartes météorologiques, la ligne de front est la marque au sol de cette surface.

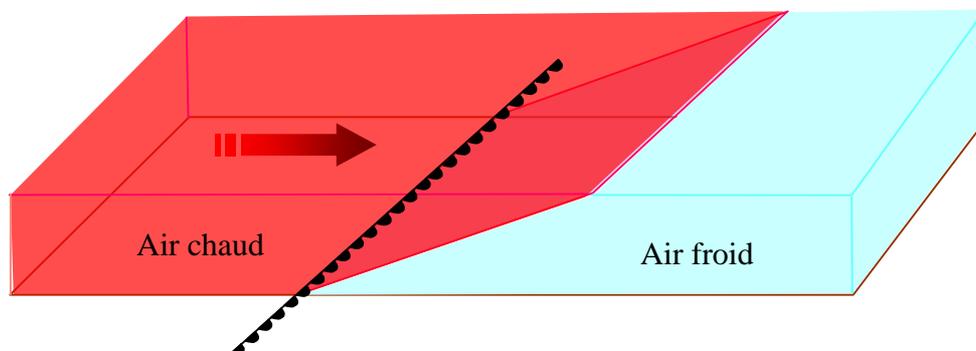
Les fronts

Lors de leurs déplacements, les masses d'air ne vont pas toutes à la même vitesse. Selon que la masse d'air qui se déplace la plus vite rattrape une masse d'air plus chaud ou plus froid cela donne naissance à un front chaud ou à un front froid



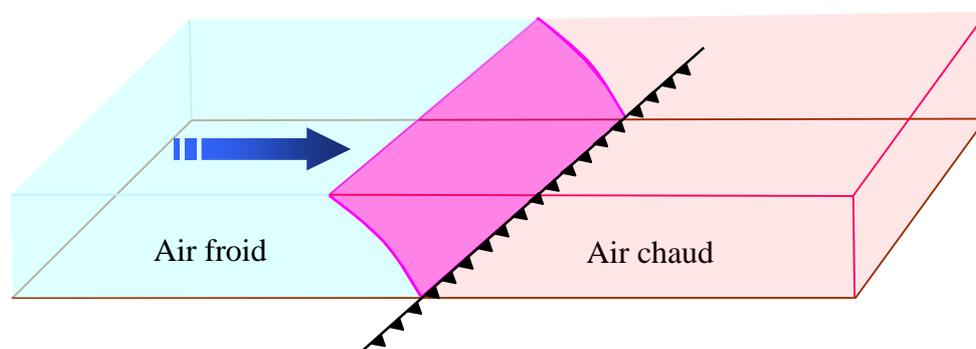
Front chaud

Lorsque la masse d'air chaud rattrape la masse d'air froid, l'air chaud plus léger passe au dessus de l'air froid.



Front froid

Lorsque la masse d'air froid rattrape la masse d'air chaud, l'air froid plus lourd passe sous l'air chaud.



LES NUAGES

Formation d'un nuage

Dans le paragraphe précédent, a été abordé l'échauffement de la masse d'air qui provoque son élévation. Lorsque cette masse d'air s'élève elle atteint son point de condensation, la vapeur qu'elle contient se condense en très petites particules d'eau. Un nuage est donc formé de très petites particules d'eau en suspension dans un très grand volume d'air saturé.

Classification des nuages

Une masse d'air chaud rencontrant une masse d'air froid ne donne pas les mêmes nuages que le phénomène inverse. De même, une masse d'air instable, avec de fortes ascendances ne donne pas les mêmes nuages qu'une masse d'air stable avec de faibles mouvements. Afin de faire un classement simple, il suffit de nommer les nuages selon leur forme et leur altitude.

La forme

Ceux qui ressemblent à de grosses boules de coton sont cumuliformes
Ceux en nappes filandreuses qui semblent s'effilocheur sont stratiformes.

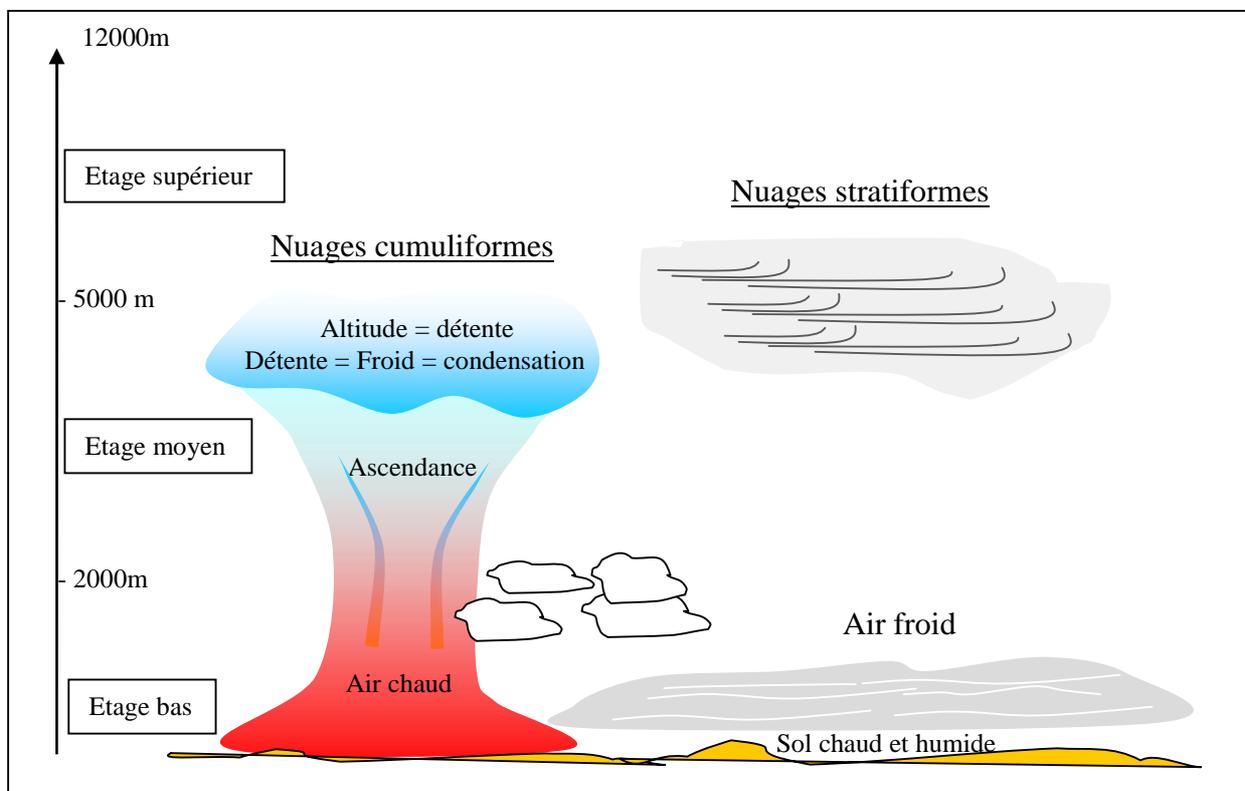
L'altitude

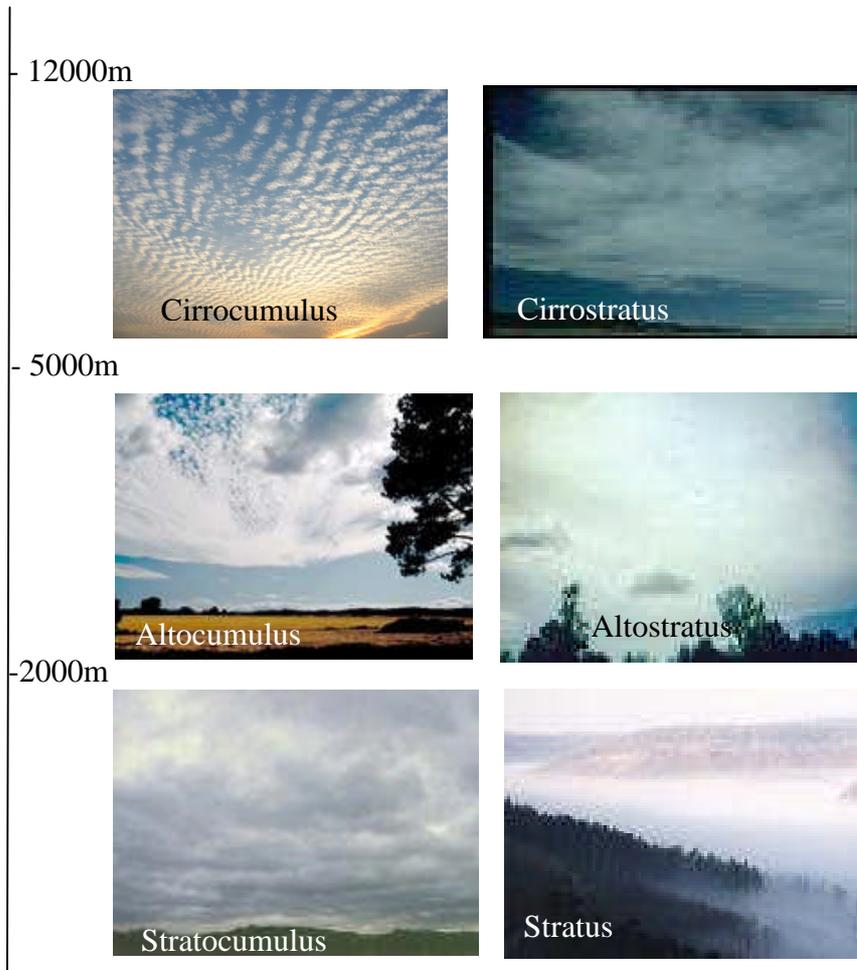
Un préfixe qualifie l'altitude:

"cirro" pour les plus hauts,

"alto" pour ceux d'une altitude moyenne.

Près du sol on trouve les stratus ou les stratocumulus

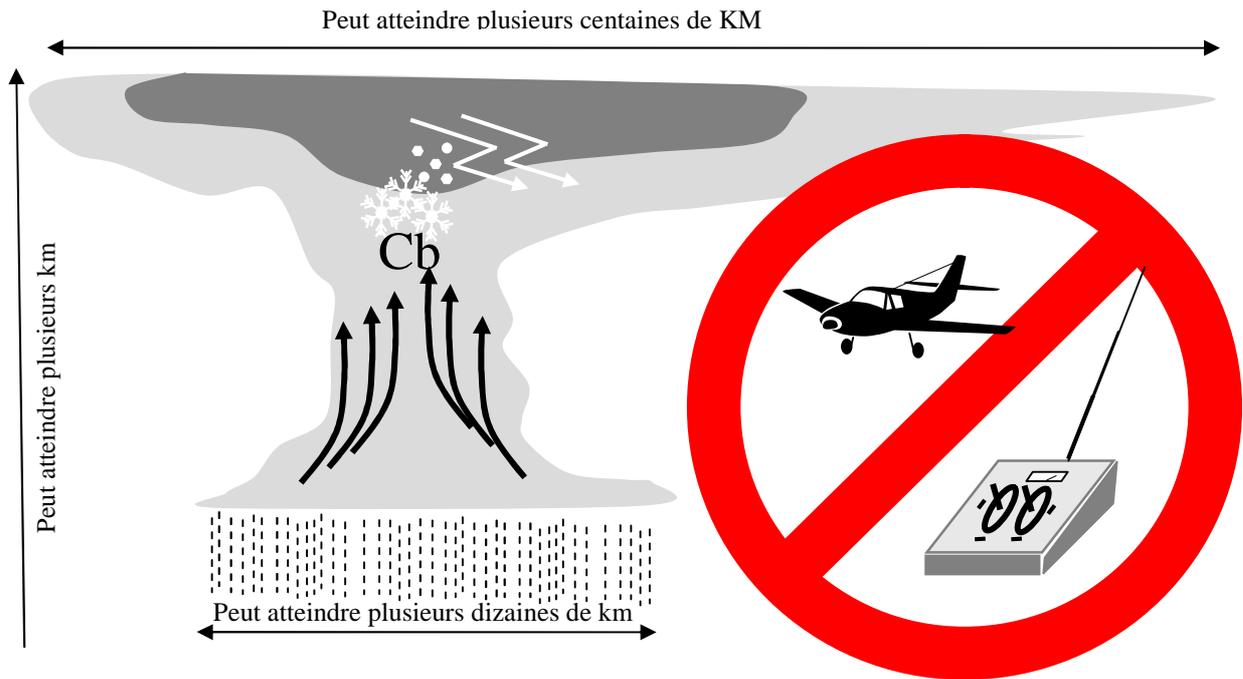




Certains nuages sont les bienvenus dans l'environnement modéliste car ils balisent les ascendances. Ce sont les cumulus.



Par contre d'autres sont une menace pour les modélistes et leurs modèles. Il y règne une activité intense et démesurée qui provoque des ascendances et des turbulences auxquelles peu de modèles ont survécu. Ils sont également synonymes de pluie mais surtout d'orage et de tonnerre qui représente un réel danger de foudroiement. Ces nuages, à éviter même à une distance de plusieurs kilomètres, sont les Cumulonimbus qui ressemblent à une vaste enclume s'étalant sur plusieurs kilomètres de large et de haut.



Nuages et fronts

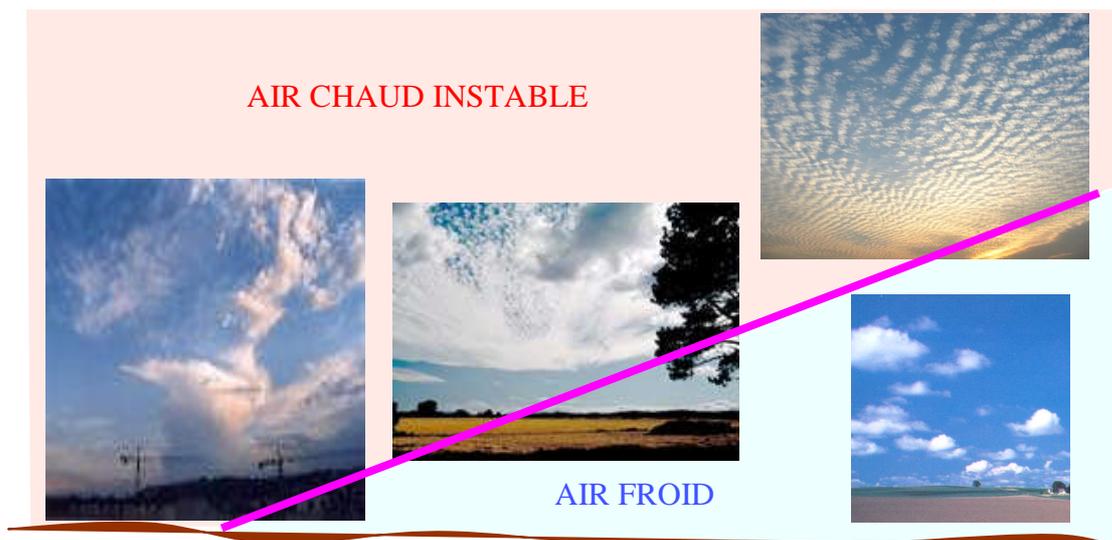
Qu'il s'agisse d'un front chaud ou froid, l'air chaud est toujours soulevé par l'air froid. Lorsque l'air s'élève, la pression diminue, le point de condensation est atteint et il y a formation d'un nuage.

- Plus l'air humide est soulevé rapidement, plus il y a de nuage.
- Une masse d'air siège de puissantes ascendances donnera des nuages cumuliformes.
- Une masse d'air stable donnera des nuages stratiformes.

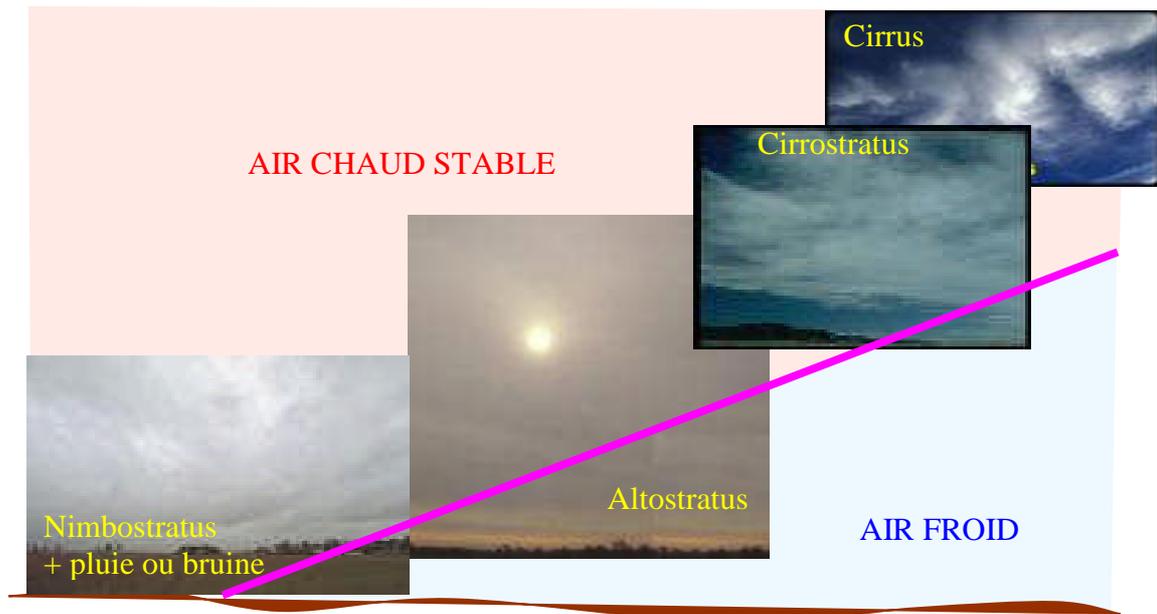
Que voit le modéliste

A l'approche d'une perturbation, l'observation des nuages permet d'évaluer la rapidité du changement de temps.

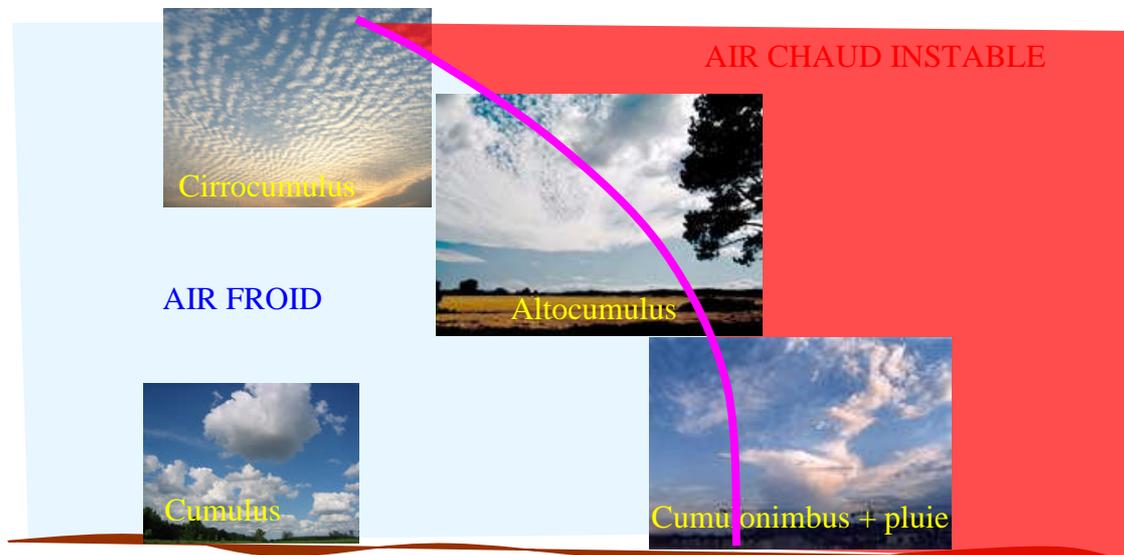
Front chaud instable



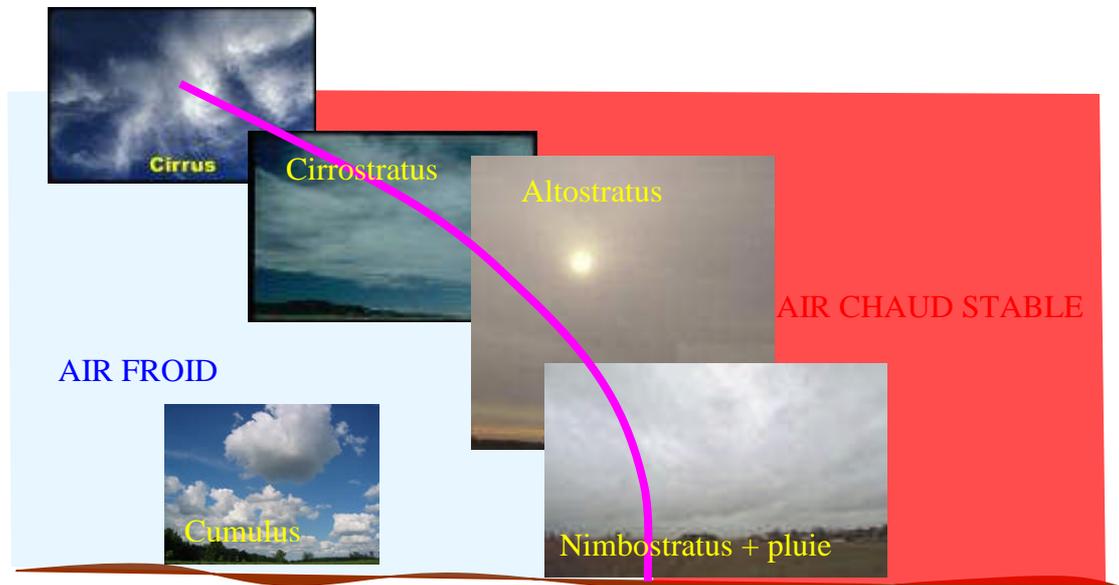
Front chaud stable



Front froid instable



Front froid stable



LES RENSEIGNEMENTS METEOROLOGIQUES

Il existe différents moyens pour obtenir des informations sur l'évolution du temps.

Les média :

- La télévision, la radio, les journaux, donnent des prévisions générales souvent agrémentées d'une carte qui permet de visualiser la progression des masses d'air.
- Internet, donne sur certains sites à destination des Agriculteurs des informations plus localisées qui, de ce fait, sont plus exploitables.

Les services météorologiques

Souvent réservés à l'utilisation maritime ou aéronautique. La diffusion des bulletins est faite par des réponders téléphoniques ou des sites internet. Généralement, leur accès est réservé aux abonnés (titulaires d'une licence FFA ...). Lorsqu'un service de météorologie existe, il a la possibilité de se faire commenté l'évolution du temps par un prévisionniste. Dans tous les cas il est nécessaire de bien connaître les documents et les codes utilisés.

Les habitudes locales et les dictons

La connaissance des Anciens est précieuse, elle est basée sur l'observation à long terme et se révèle très fiable.

Il est également possible de s'appuyer sur les dictons populaires.

- « Rond au soleil, signe de mauvais temps »
- « Si l'arc en ciel paraît, trois jours beaux, trois jours laids »
- « Arc en ciel de matinée du laboureur finit la journée »
- « Le brouillard du matin n'arrête pas le pèlerin »
- « Quand il y a bonne rosée le soir, la journée sera bonne »
- « Quand le vent tourne avec le soleil, beau temps »

LIST DES MISES A JOUR

Date:

22/11/05

Refonte totale