

# METEOROLOGIE

**L'atmosphère :**

L'atmosphère est constituée d'une mince pellicule de gaz qui entoure le globe terrestre.

Elle ne possède pas de dimension verticale, mais le gaz se raréfie avec l'altitude.

Une épaisseur approximative 15 kilomètres contient 99% de la masse totale de l'atmosphère, elle est 200 fois plus petite que le rayon terrestre.

L'atmosphère peut être considérée comme une fine peau.

Pour information, la plupart des avions de ligne volent (environ) à 12000 m (40000 ft) d'altitude, et le Concorde vole (environ) à 15000 m (50000 ft).

L'air atmosphérique est un mélange d'air sec et de vapeur d'eau en quantité assez variable.

<u>Composition volumétrique de l'air sec</u>	
Azote	78%
Oxygène	21%
Argon	0.9%
Gaz carbonique	traces
Hélium	traces
Hydrogène	traces
Ozone	traces concentrées
entre 10 et 50 km	

Dans un volume d'air, la proportion est de quelques grammes de vapeur d'eau pour un kilogramme d'air sec.

Les gaz et les poussières diverses provenant de combustions générées par l'activité industrielle, l'évaporation des embruns, la décomposition des matières azotées, la floraison de certaines plantes, les éruptions volcaniques, constituent des impuretés qui servent, entre autres, de support à la condensation de la vapeur d'eau.

L'atmosphère comme tout gaz peut être décrite par un certain nombre de paramètres.

Les paramètres qui caractérisent l'état de l'atmosphère sont:

**-la pression (P)**, dont l'unité est **l'hecto Pascal**, est mesurée par un baromètre et est représentée par la hauteur d'une colonne de mercure, elle exprime le poids de la colonne d'air située au-dessus du lieu de la mesure. Certains baromètres sont gradué en mm de mercure

760 mm de mercure = 1013.25 hPa au niveau de la mer
---

La pression atmosphérique, en un lieu donné, dépend du poids de la colonne d'air au-dessus du lieu de mesure, donc de la densité et par conséquent, de la température.

Au fur et à mesure que l'on s'élève le long de la verticale, l'épaisseur de la colonne d'air diminue, ainsi que son poids. (densité)

De cette manière, il ne reste plus que 1% de la masse totale de l'atmosphère au-dessus de 30 km d'altitude. La pression est de 10 hPa approximativement

Compte tenu des variations de la température, les fluctuations d'altitude de chaque niveau pression autour de la valeur moyenne sont de l'ordre de 10%.

La variation de pression le long de la verticale n'est pas linéaire. Au niveau de la mer, il faut s'élever de 85 mètres pour voir la pression diminuer de 10 hPa, mais il faut s'élever de 630 mètres à 16 kilomètres d'altitude pour voir la pression diminuer de la même valeur

Il existe une formule approchée, que les pilotes utilisent souvent pour calculer la densité de l'air à une altitude donnée z.

$$\rho = (20 - z) / (20 + z)$$

$$z < 11 \text{ km}$$

**-la température.** °C. dont l'unité est le degré Celsius. Elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre. La température absolue est chiffrée à l'aide de  $0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$  l'échelle Kelvin :

La température au niveau du sol est nettement influencée par la constitution du sol local, l'alternance des jours et des nuits, l'altitude, et ses fluctuations sont plus marquées que celles de la pression.

De plus, il faut savoir que la température décroît avec l'altitude.

Par ailleurs, la température en surface décroît généralement lorsque la latitude augmente.

Au cours d'une journée, la température passe par une valeur minimum (1/2 heure après le lever du soleil) et par un maximum (2 heures après le passage du soleil à la verticale du lieu).

La différence entre ces deux mesures correspond à l'amplitude de variation journalière.

Dans les régions tempérées celle ci est plus importante à l'intérieur des continents qu'en bordure des zones océaniques.

Elle est aussi plus grande par ciel clair qu'en ciel couvert par des nuages.

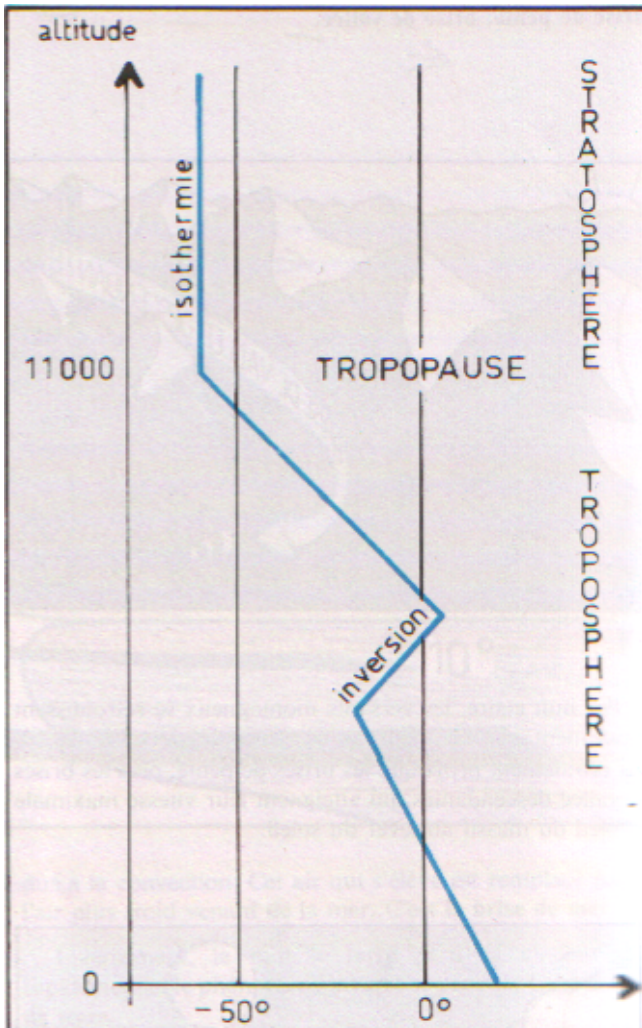


Figure 1: exemple de courbe des températures

Le long de la verticale, la température décroît, à partir du sol, à raison de 0.6 à 0.7°C par 100m (vers une inversion de température dont l'altitude est variable) jusque vers l'altitude de 11 km, où l'on rencontre une concentration d'ozone plus importante. L'ozone a la particularité d'absorber une partie du rayonnement ultra violet provenant du soleil, ceci correspond à une tranche d'atmosphère où la température est sensiblement constante avec l'altitude.

Il en résulte que la zone atmosphérique la plus froide se trouve à l'équateur, au niveau de la tropopause

A l'approche du sol, les variations verticales de la température sont beaucoup plus irrégulières.

Par exemple, durant la nuit, le sol peut devenir plus froid que l'air qui le surmonte. La température augmente alors à partir du sol, ceci correspond à une inversion de température (risque de formation de brouillard). A l'inverse, durant le jour, vers le maximum de température, celle-ci peut décroître rapidement avec l'altitude (-1 à -3°C par 100 m) entraînant l'apparition de la convection (formation possible de cumulus).

Le pilote d'avion utilise le gradient moyenne, soit une chute de température de :

2 °C tous les 1000 ft
6.5 °C tous les 1000 m

**-l'humidité (U)** exprimée en%.

La vapeur d'eau présente dans l'atmosphère peut, sous l'effet d'un refroidissement, se condenser et former les nuages. Ceux-ci peuvent précipiter sous forme de pluie et/ou de neige.

Les océans, qui occupent 70% de la surface terrestre, et l'évapotranspiration de la végétation alimentent l'air atmosphérique en vapeur d'eau.

A une pression et à une température données l'air atmosphérique ne peut pas contenir plus d'une certaine quantité de vapeur. Au-delà de cette quantité maximale il y a saturation, le surplus de vapeur se condense sous forme liquide et/ou solide en fonction de la température.

Le rapport entre la quantité réelle de vapeur et cette quantité maximale indique approximativement **l'humidité relative** de l'air que l'on exprime en pourcentage.

Plus la température est basse et moins l'air atmosphérique peut contenir de vapeur.

Deux méthodes se présentent pour "fabriquer" de l'air saturé donc des nuages.

1) Apporter une quantité supplémentaire de vapeur d'eau à l'air atmosphérique qui l'amène à saturation.

<b>Contenu en vapeur saturante d'1 m<sub>3</sub> d'air à 1000 hPa</b>	
Température (°C)	Vapeur d'eau (en gramme)
-40	0.1
-20	0.7
0	4
+20	15
+40	46

2) Refroidir l'air atmosphérique, le surplus de vapeur d'eau par rapport à la quantité maximale se condense. C'est cette solution qui est la plus courante dans l'évolution des conditions météorologiques.

De l'air en contact avec un sol froid se refroidit par conduction et une partie de la vapeur d'eau contenue dans l'air se condense, la visibilité est réduite à moins de 1 km, c'est **le brouillard**.

De l'air en contact avec un sol chaud se réchauffe par conduction, devient plus léger que l'air qui le surmonte et s'élève remplacé par celui-ci. C'est la **convection**.

Au cours de son ascension, l'air se refroidit et une partie de sa vapeur se condense donnant naissance à des nuages typiques, les **cumulus**.

Les condensations dans l'atmosphère produisent des masses nuageuses dont certaines peuvent atteindre une dizaine de milliers de mètres d'épaisseur.

Les quantités d'eau condensées sont de quelques grammes au mètre cube de nuages. Lorsque les gouttelettes et les cristaux de glace deviennent suffisamment lourds, leur poids les entraînent vers le sol, ce sont les averses de pluie ou de neige.

Voici la **Table Atmosphérique Standard**.

Altitude		Pression	mm de mercure	Température
ft	m	hPa	mm	°C
45000	13716	148,2	111,2	-56,5
44000	13411	155,4	116,6	-56,5
43000	13106	163,0	122,3	-56,5
42000	12802	171,0	128,3	-56,5
41000	12497	179,4	134,6	-56,5
40000	12192	188,2	141,2	-56,5
39000	11887	197,5	148,1	-56,5
38000	11582	207,1	155,3	-56,5
37000	11278	217,3	163,0	-56,5
36000	10973	228,0	171,0	-56,2
35000	10668	239,1	179,3	-54,2
34000	10363	250,6	188,0	-52,3
33000	10058	262,6	197,0	-50,3
32000	9754	275,1	206,3	-48,3
31000	9449	288,1	216,1	-46,3
30000	9144	301,5	226,1	-44,4
29000	8839	315,4	236,6	-42,4
28000	8534	329,9	247,4	-40,4
27000	8230	344,9	258,7	-38,2
26000	7925	360,4	270,3	-36,5
25000	7620	376,5	282,4	-34,5
24000	7315	393,2	294,9	-32,5
23000	7010	410,5	307,9	-30,5
22000	6706	428,3	321,3	-28,5
21000	6401	446,8	335,1	-26,6
20000	6096	466,0	349,5	-24,6
19000	5791	485,8	364,4	-22,6
18000	5486	506,3	379,8	-20,6
17000	5182	527,5	395,7	-18,7
16000	4877	549,4	412,1	-16,7
15000	4572	572,1	429,1	-14,7
14000	4267	595,5	446,7	-12,7
13000	3962	619,6	464,7	-10,7
12000	3658	644,6	483,5	-8,8
11000	3353	670,4	502,8	-6,8
10000	3048	696,9	522,7	-4,8
9000	2743	724,4	543,3	-2,8
8000	2438	752,7	564,6	-0,8
7000	2134	781,9	586,5	1,1

6000	1829	812,0	609,1	3,1
5000	1524	843,1	632,4	5,1
4000	1219	875,1	656,4	7,1
3000	914	908,1	681,1	9,1
2000	610	942,1	706,6	11
1000	305	977,2	733,0	13
0	0	1013,3	760,0	15
-1000	-305	1050,4	787,9	17
-2000	-610	1088,7	816,6	19

## Représentation sur une carte météo

Sur la carte ci dessous , nous pouvons voir un anticyclone, une dépression et le champ de pression correspondant.(fig.2)

Les pressions sont en hPa. Les champs des différentes pressions sont représentés par des isobares fermés

**Anticyclone:** c'est une zone de hautes pressions. Sur les cartes isobares ou d'isohypse, l'anticyclone est matérialisé par la lettre A ou par la lettre H (High), et par des lignes isobares ou isohypses fermées, dont les cotes sont croissantes vers le centre.

**Dépression :** zone de basses pressions. Sur les cartes isobares ou d'isohypse, l'anticyclone est matérialisé par la lettre D, ou par la lettre L (Low), et par des lignes isobares ou isohypses fermées dont les cotes sont décroissantes vers le centre.

Anticyclone et dépression peuvent être dits dynamiques, dans le cas d'un affaissement ou d'une ascendance d'origine mécanique. Le phénomène s'accroît alors en altitude. Ils peuvent être également qualifiés de thermiques si résultant d'un refroidissement ou d'un réchauffement (respectivement). Le phénomène diminuera alors avec l'altitude.

**Dorsale:** axe de hautes pressions,

**Thalweg:** axe de basses pressions,

**Col:** un col sépare deux anticyclones ou dépressions

**Isobare :** les surfaces isobares sont des surfaces passant par des points d'égale pression. Un avion en vol suivant une altitude barométrique constante, suit une surface isobare. Les lignes isobares sont des lignes au sol passant par des points d'égale pression. Sur une carte isobare, chaque ligne représente donc le tracé d'une surface isobare différente au niveau zéro. C'est donc l'intersection de la surface horizontale zéro avec les différentes surfaces. Sur une carte d'isohypse, au contraire, on part d'une seule surface isobare donnée, par exemple 500 hPa, et l'on représente les différentes altitudes de cette surface (qui n'est pas plane), sous forme de courbes de niveau (les isohypses) représentant des points de même altitude géopotentielle — le tout exprimé en mètres géopotentiels.

**1 mgp = 9,81** joules/ kg. Le géopotiel d'un point est l'énergie qu'il faut dépenser contre la pesanteur pour apporter l'unité de masse en ce point. On peut donc, en approximation, convertir directement un géopotiel (mcp) en altitude exprimée en mètres, l'écart n'étant jamais supérieur à **0,5% dans les basses couches** de l'atmosphère.



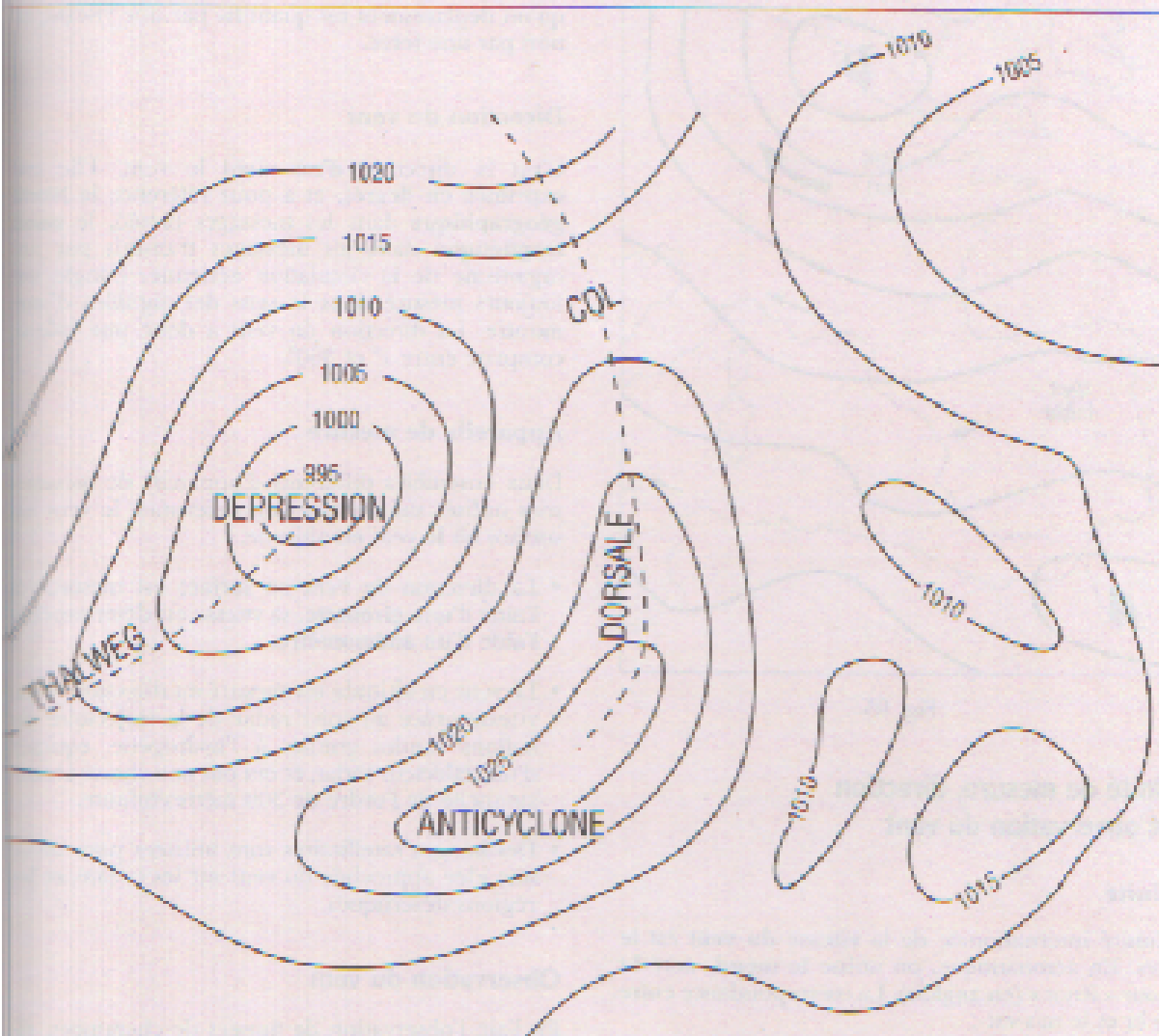


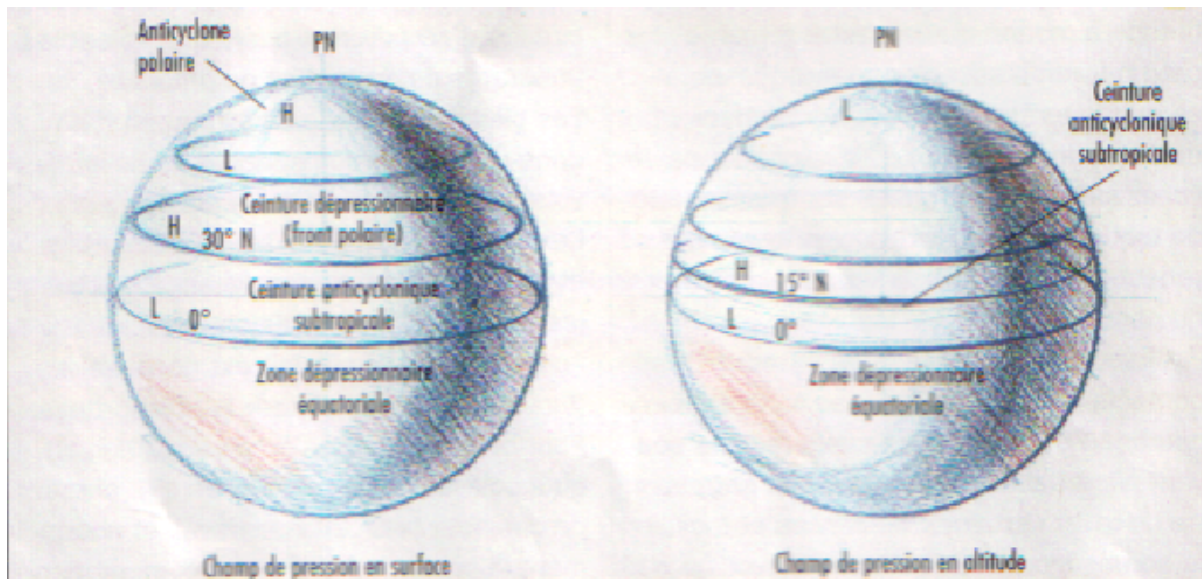
Figure 2: Exemple de champ de pression

**Les masses d'air**

Une masse d'air est un vaste volume d'air en sein duquel les paramètres de températures et d'humidité sont proches.

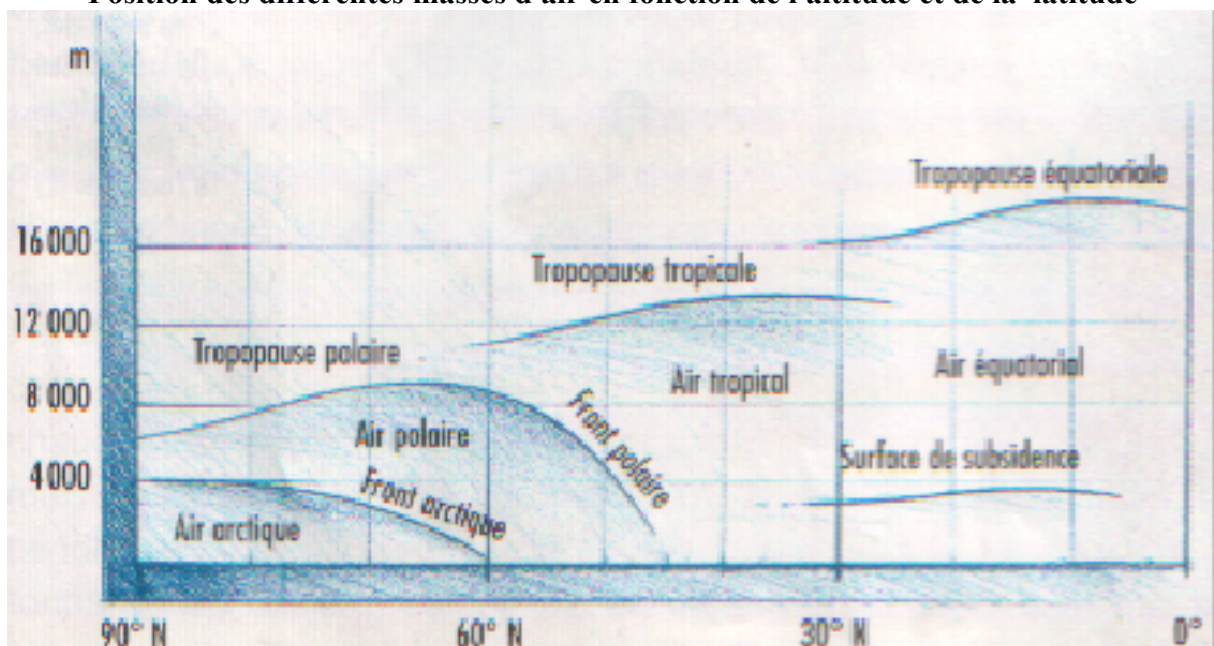
Il existe 4 types de masses d'air, les masses d'air arctique, les masses d'air polaire, les masses d'air tropicale et enfin les masses d'air équatoriale. Les deux premières sont froides et sèches, alors que les deux dernières sont humides et chaudes.

Ces masses d'air se déplacent l'une par rapport à l'autre, et changent de nature, en traversant les ceintures terrestres (latitudes), et les altitudes.



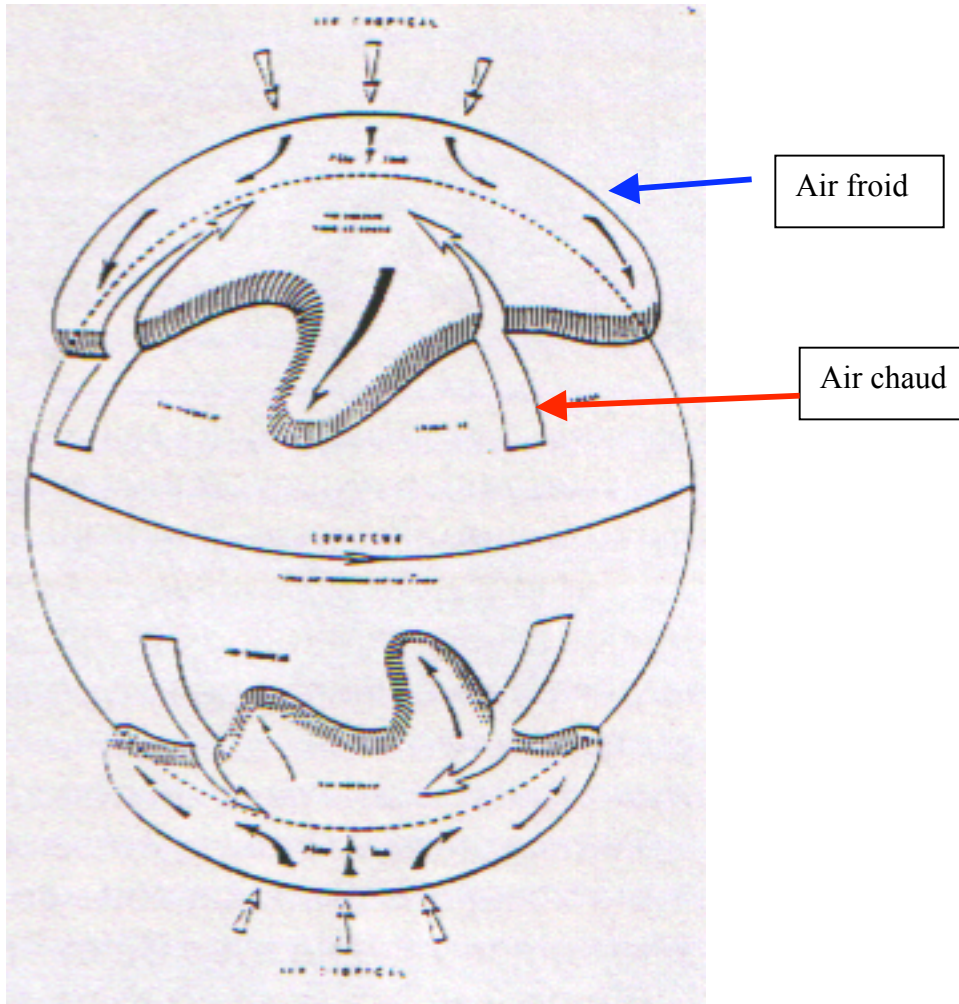
**division des champs de pression en altitude et latitude**

**Position des différentes masses d'air en fonction de l'altitude et de la latitude**

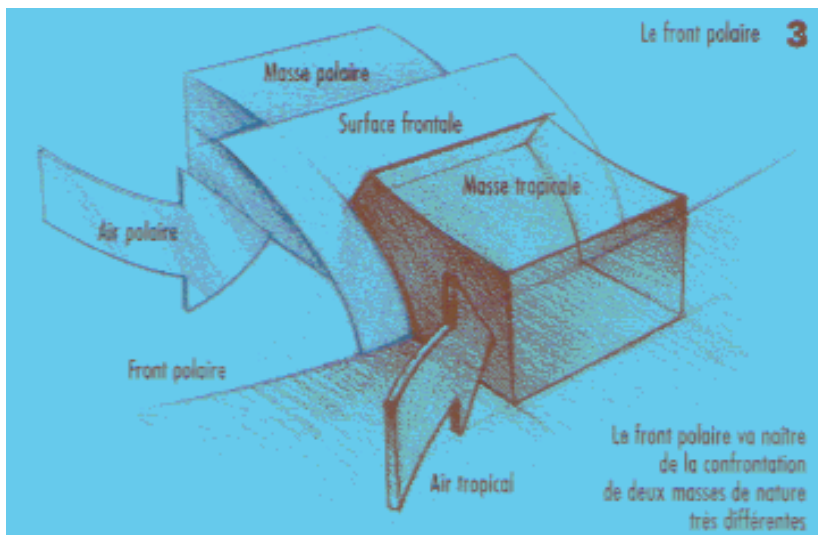


Sur la figure suivante, on remarque que les masses d'air chaudes se retrouvent en altitude, alors que les froides restent en « surfaces ». On retrouve ce phénomène avec les mongolfières gonflées à l'air chaud, ce qui leur permet de monter en altitude.

Sur le globe terrestre, les masses d'air chaud ont tendance à se déplacer vers les pôles(en passant sur l'air froid), alors que les masses d'air froides se dirigent vers l'équateur, où elles vont se réchauffer, comme le montre le dessin suivant.



déplacement des masses d'air



Les zones de contacts entre ces différentes masses d'air s'appellent **des fronts**.

**Exemple : entre la masse polaire et la masse tropicale, on a le front polaire.**

## Les fronts

Aux latitudes moyennes (entre le 40<sup>ème</sup> et le 50<sup>ème</sup> parallèle nord), deux masses d'air coexistent, l'une sèche et froide d'origine polaire, l'autre humide et chaude d'origine tropicale.

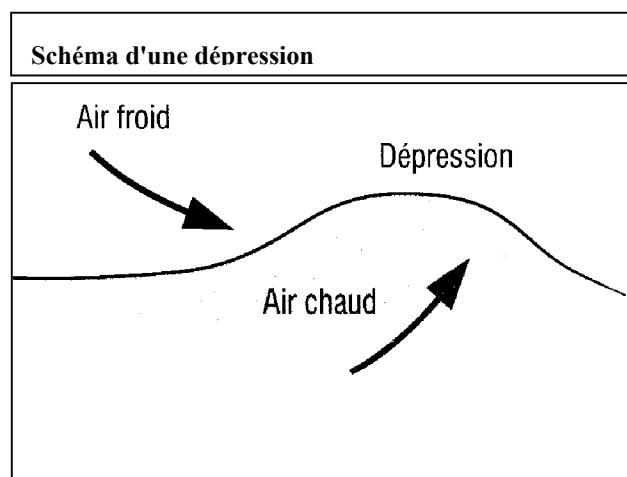
La limite entre ces deux masses d'air est le siège de phénomènes météorologiques particuliers, on lui a donné le nom de **front polaire**. Elle n'est pas rectiligne : elle subit des ondulations. Ce sont ces ondulations qui génèrent les perturbations qui affectent l'Europe de l'Ouest.

## Naissance et évolution des ondulations du front polaire

### Les perturbations

#### Stade I

Une descente d'air polaire enfonce le front polaire vers le sud-est, entraînant par contrecoup une remontée d'air chaud tropical vers le nord-est. Cet air chaud, léger, surmonte l'air froid polaire, tout en engageant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre un mouvement de rotation des masses d'air .

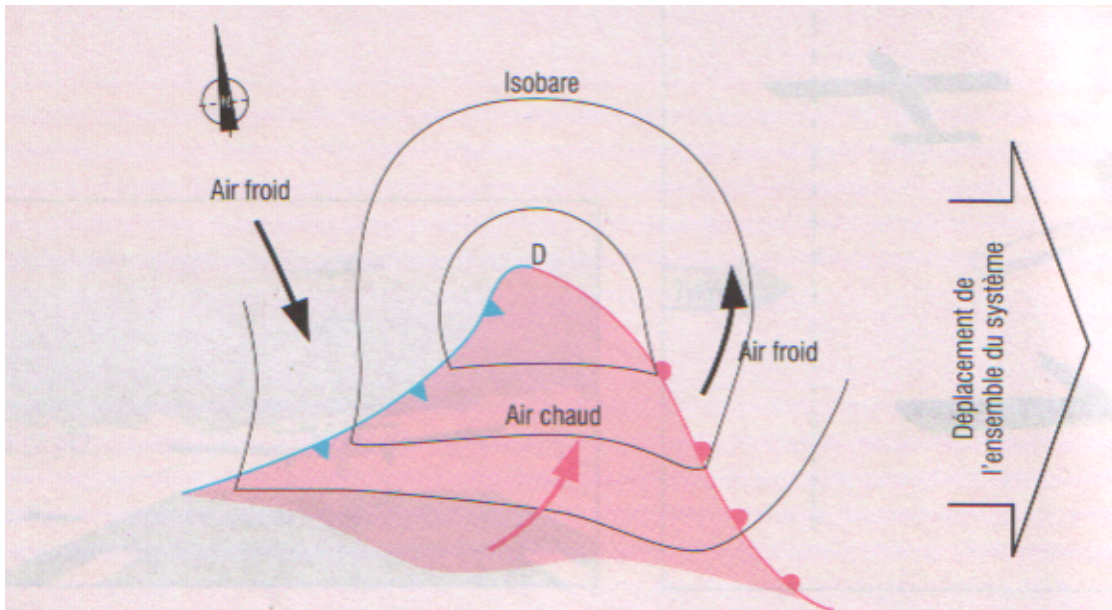


Ce phénomène intéresse une étendue d'environ 300 à 600 NM (Nautic Miles) et d'une épaisseur de 25000 pieds

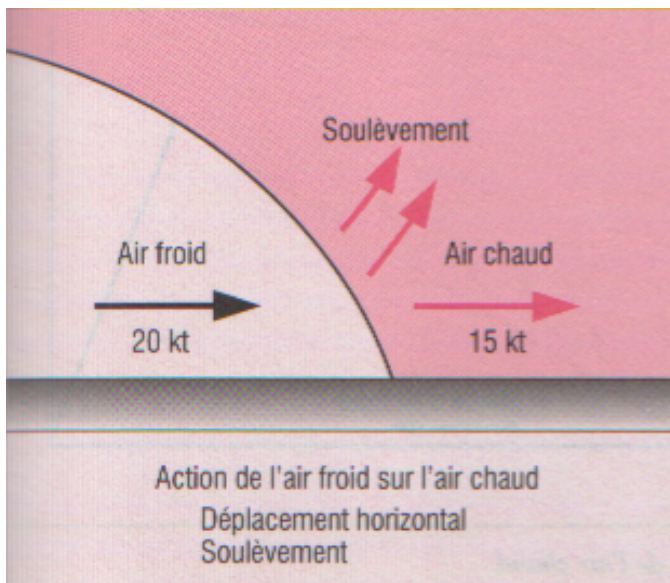
#### Stade 2

L'ondulation s'amplifie, ainsi que la rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre des masses d'air et le mouvement vers le haut de l'air chaud.

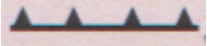
Ce mouvement est générateur d'une baisse de pression atmosphérique, ou d'une « dépression » par un phénomène similaire au tourbillon que l'on peut observer lorsque l'on vide une baignoire.

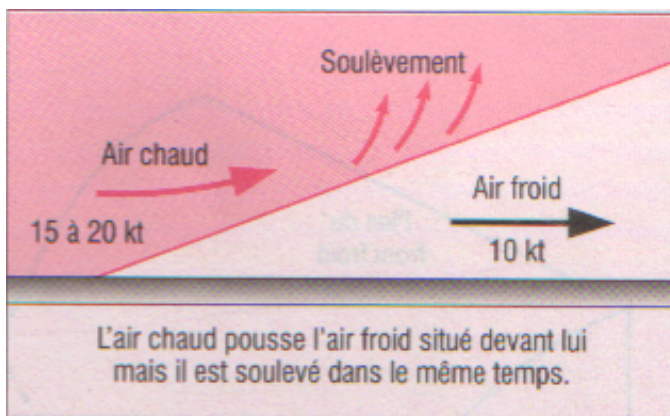


Sur un plan vertical, il se passe cela.




L'air chaud soulevé subit le processus que nous connaissons : soulèvement, modification des pressions et températures, refroidissement, condensation, nuages, précipitation.

La surface de contact entre l'air froid et l'air chaud s'appelle « **surface frontale froide** » et sa trace au sol « **le front froid** », schématisé sur les cartes monochromes (noir et blanc) par le symbole  et sur les cartes couleur, par la couleur bleue.



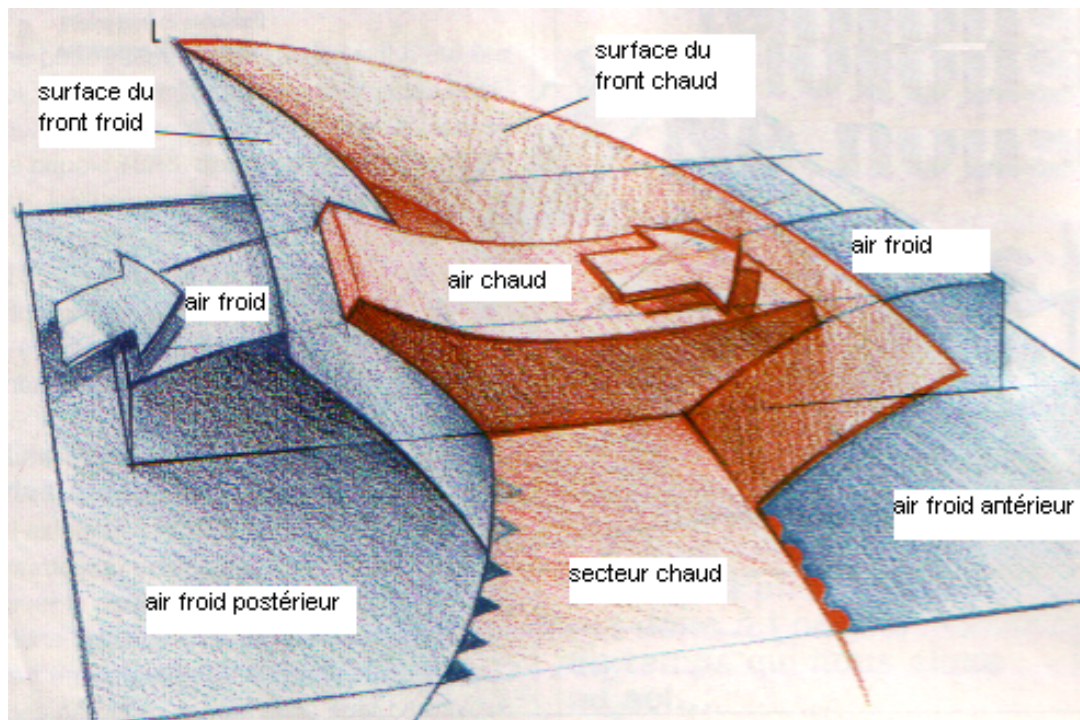
L'air froid pousse l'air chaud en le soulevant (voir précédemment), mais l'air chaud ne poussera pas l'air froid qu'il rencontrera, mais il y aura formation de nuage.(fig.9)

Cette rencontre s'appelle « **front chaud** »,schématisé par le symbole  ou la couleur rouge .

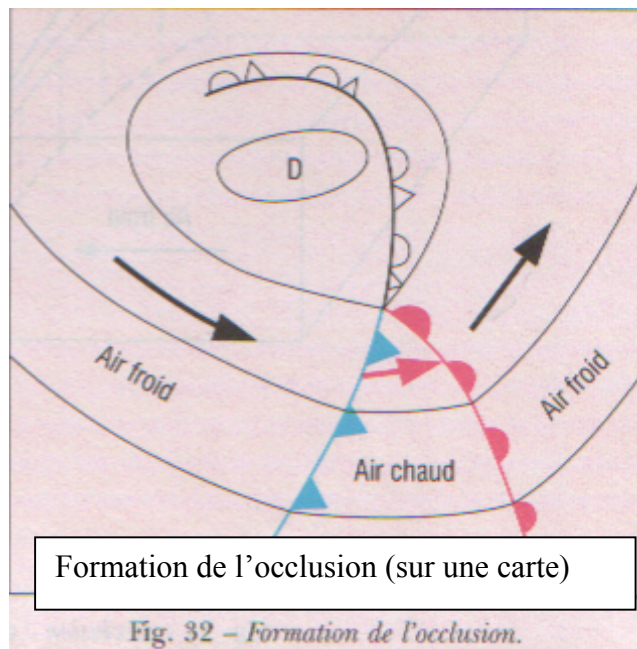
La figure suivante montre le phénomène de front chaud.

Stade 3


L'air froid à l'arrière du système se déplace plus vite que l'air chaud. Il arrive un moment où l'air froid postérieur rattrape l'air froid antérieur.



**Etat des fronts avant la formation de l'occlusion**



*Fig. 32 - Formation de l'occlusion.*

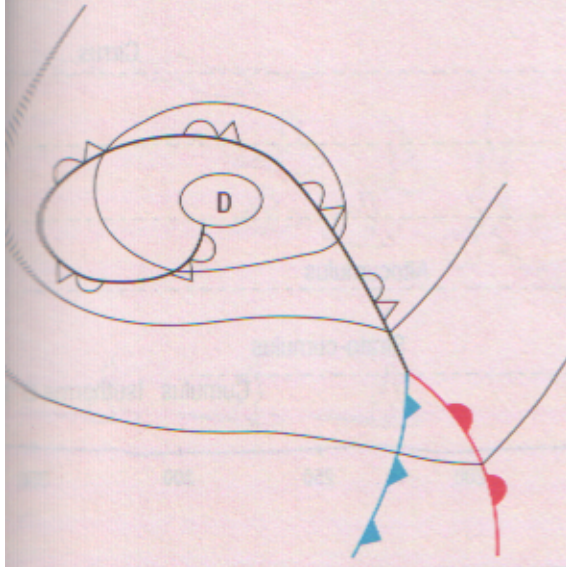
L'air chaud est totalement rejeté en altitude mais il est encore nuageux et souvent pluvieux. La « vallée » d'air chaud est appelée « **occlusion** ». Elle est symbolisée par le symbole  et par la couleur violette.

L'occlusion s'enroule souvent autour du centre dépressionnaire en formant alors un **vortex** (ou spirale).

Nous reparlerons de l'occlusion dans les pages qui suivent.

Stade 4

La zone où l'air chaud est en contact avec le sol s'appelle le **secteur chaud**. Ce secteur chaud occupe une surface au sol de plus en plus restreinte au fur et à mesure de l'allongement de l'occlusion. C'est la fin de la perturbation.



**Fin de la perturbation**

La durée de vie de la perturbation peut varier de 3 à 6 jours, durant lesquels elle parcourt plusieurs milliers de kilomètres.

## Les systèmes nuageux associés

Nous allons maintenant voir plus en détails les caractéristiques des fronts.

Voici la liste et abréviations des différents types de nuages :

	Plafond	Nom	Abréviation	Stable/ Instable
Nuages élevés	>20000 ft	<b>Cirrus</b>	<b>Ci</b>	
		<b>Cirro-cumulus</b>	<b>Cc</b>	Instable
		<b>Cirro-stratus</b>	<b>Cs</b>	Stable
Nuages de moyenne altitude	>6000 ft <20000ft	<b>Alto-cumulus</b>	<b>Ac</b>	Instable
		<b>Altostratus</b>	<b>As</b>	Stable
Nuages bas	>6000 ft	<b>Strato-cumulus</b>	<b>Sc</b>	
		<b>Stratus</b>	<b>St</b>	Stable
		<b>Cumulus</b>	<b>Cu</b>	Instables
Nuages à grandes extension verticales	Epaisseur pouvant dépasser 40000 ft	<b>Nimbo-stratus</b>	<b>Ns</b>	Stable
		<b>Cumulo-nimbus</b>	<b>Cb</b>	Instable

## Définition

### Stabilité

Supposez une tranche d'atmosphère où la décroissance verticale de température est inférieure à 1°C par 100 mètres, par exemple 16°C au sol et 13°C à 500 m. Supposez qu'il soit possible de donner à une particule prise au niveau du sol une énergie capable de la transporter à l'altitude de 500 m. Par suite de la détente adiabatique, elle se retrouvera à 11°C, soit 2°C plus froide que l'air ambiant, donc plus dense. Dans ces conditions, et pour ces raisons, elle descendra d'elle-même à son niveau d'origine. Cette tranche d'atmosphère est dite **stable**.

Les particules y subissant une sollicitation vers le haut, se retrouvent plus froides que l'air ambiant, et retournent à leur niveau de départ. Dans ces tranches d'atmosphère, les phénomènes de convection ne peuvent se développer. Les **isothermies** et les **inversions** en sont un cas particulier et sont des tranches d'air très stables.

### Instabilité

Supposez maintenant une tranche d'atmosphère non saturée où la décroissance verticale de température serait de plus d' 1°C par 100m. Par exemple 16°C au sol et 9°C à 500m. Une particule partant du sol à 16°C et s'élevant jusqu'à 300 m se trouverait par suite de la détente adiabatique à 13°C, soit 1°C plus chaude que l'air ambiant, donc moins dense que ce dernier. Elle poursuivra alors son ascension. Cette tranche d'atmosphère est dite instable. Les particules y subissant la moindre sollicitation vers le haut se retrouvent plus chaudes que l'air ambiant et leur mouvement ascendant se poursuit.

En général, l'atmosphère est constituée d'une succession de couches d'air instables et stables. Ces dernières bloquant les mouvements de convection.



### Le front chaud

L'air chaud se déplace généralement vers le nord-est et pousse devant lui l'air froid situé à l'avant de la perturbation.

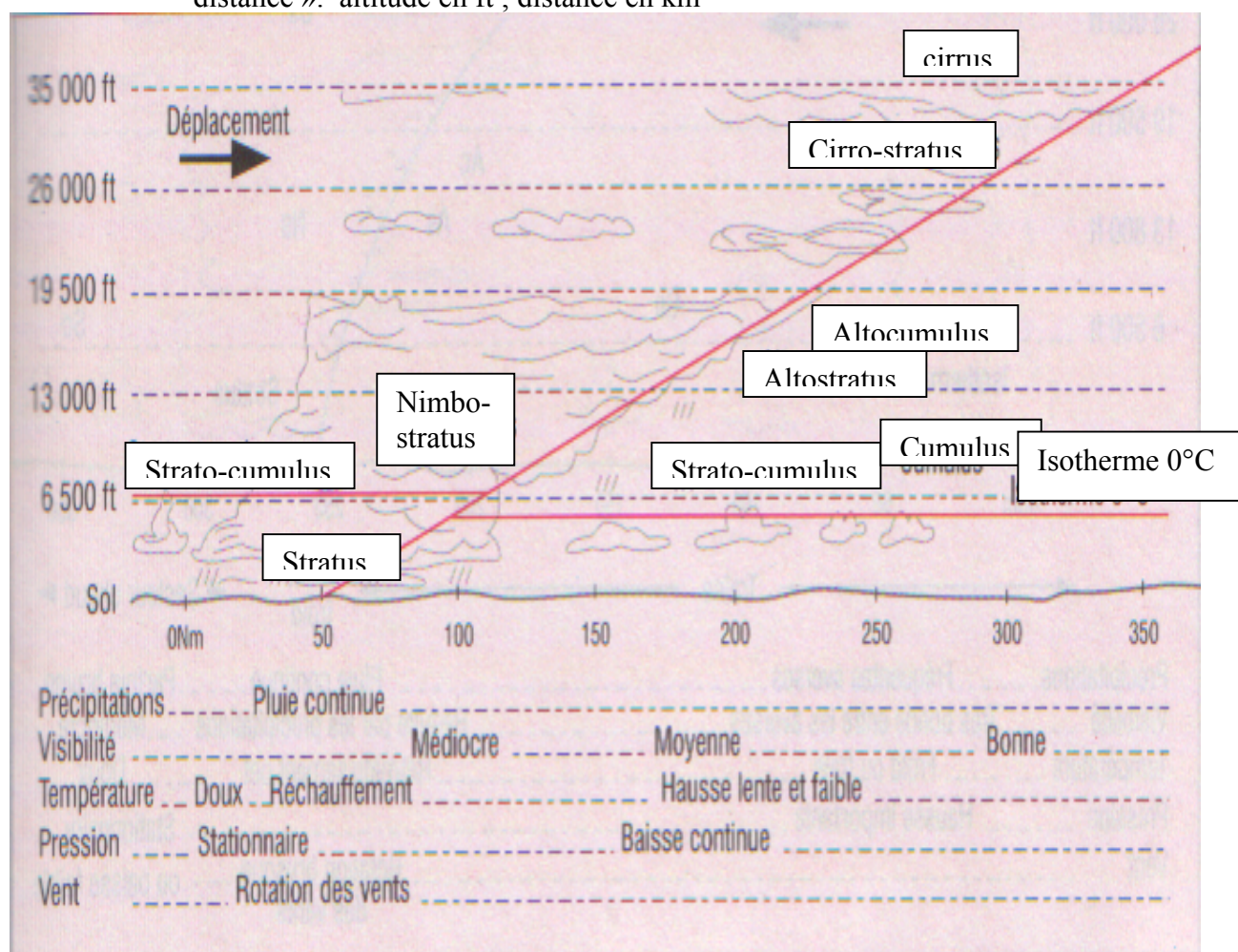
Dans le même temps, il glisse au-dessus de cet air froid. Il y a formation de nuages : la pente de la surface frontale chaude est toujours faible, inférieure à 5 %. Les nuages suivent la ligne de séparation air chaud/air froid.

Si vous volez vers l'aggravation, vous observez donc d'abord de nombreux cirrus. Puis le plafond s'abaisse. Après environ une heure de vol, les conditions s'aggravent franchement avec des plafonds bas. La poursuite du vol est le plus souvent compromise et un demi-tour ou un déroutement est à envisager.

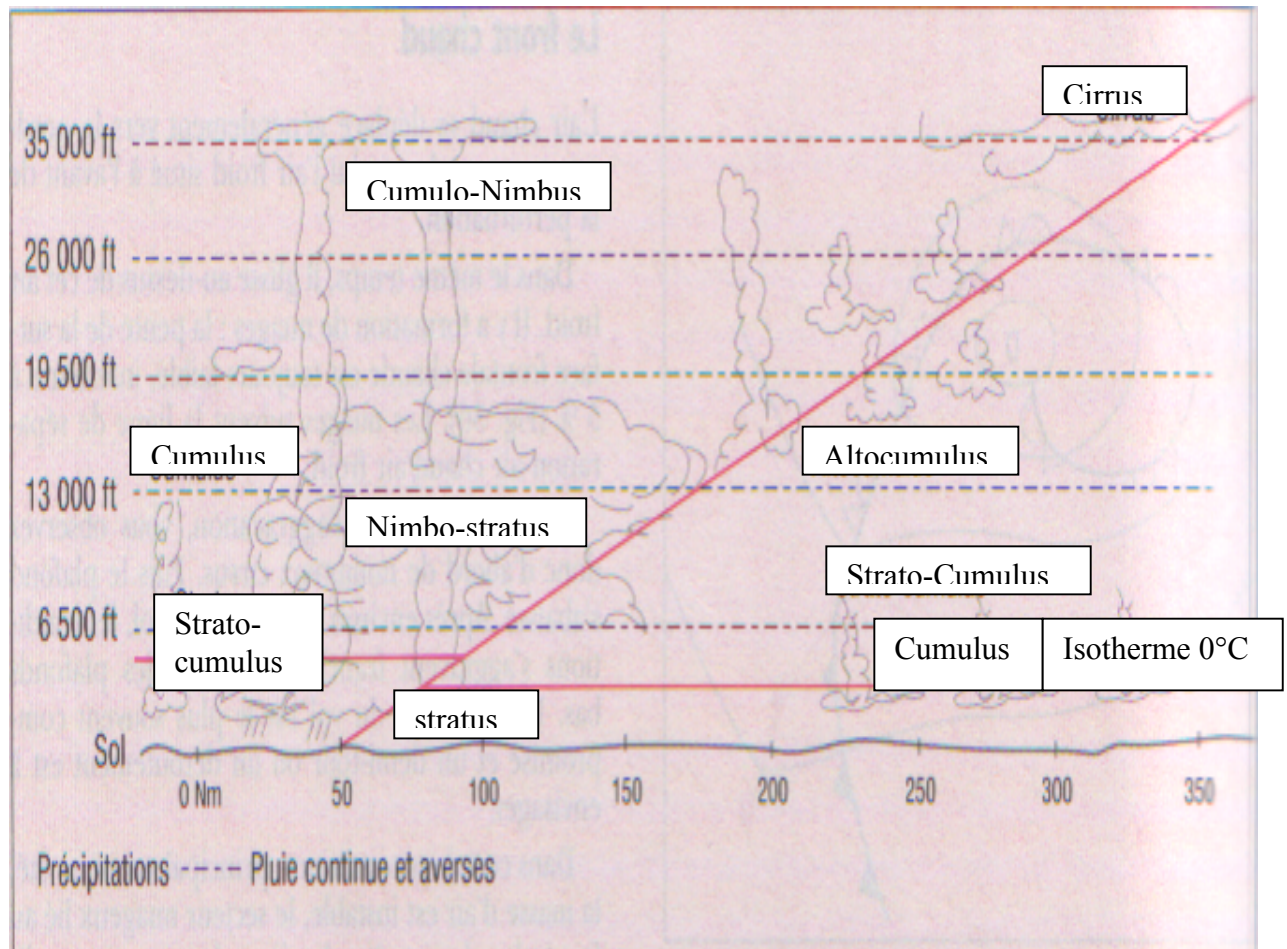
Dans certaines conditions, principalement en été, la masse d'air est instable, le secteur nuageux lié au front chaud peut être le siège de nuages cumuliformes (altocumulus pré-orageux, cumulo-nimbus) noyés dans les nuages d'autres genres et, par conséquent, difficiles à déceler.

Ce phénomène se caractérise en vol par des abaissements locaux importants du plafond (qui peut être de quelques centaines de pieds), les pluies prennent un caractère d'averses, il y a parfois de l'orage et il sera alors nécessaire d'interrompre le vol, par un déroutement ou un demi-tour.

**Remarque :** sur les schémas suivants, faites attention au rapport d'échelle « altitude / distance ». altitude en ft ; distance en km



Coupe verticale du front chaud stable



**Coupe verticale du front chaud instable**

### **Le secteur chaud**

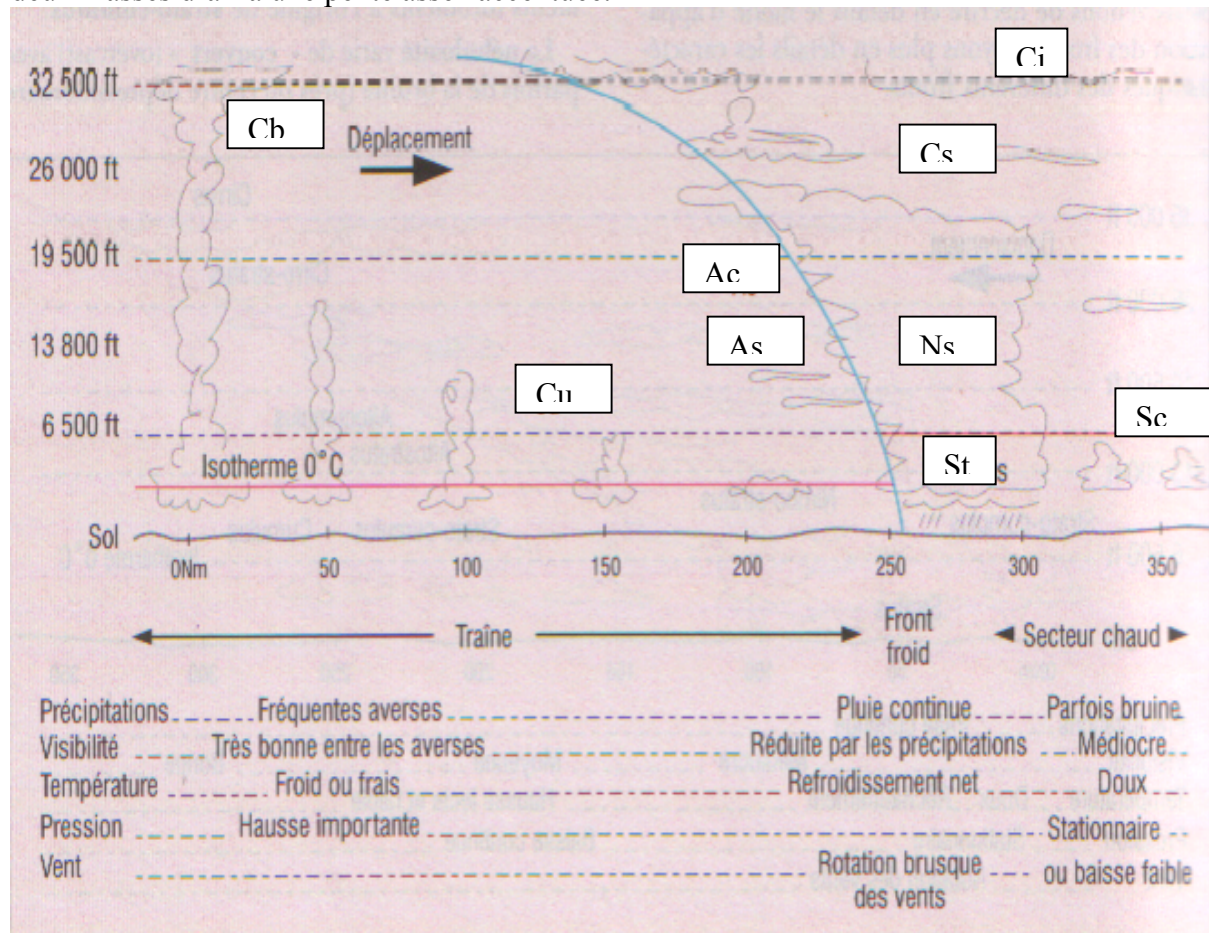
Cette partie de la perturbation présente une grande variabilité. Toutefois, elle est le siège des mouvements turbulents à l'origine de strato-cumulus.

La nébulosité varie de « couvert » (overcast) avec parfois de la bruine (près du centre dépressionnaire par exemple) à « fragmenté » (broken) ou « épars » en particulier (mais pas seulement) du (scattered) dans les zones peu actives. La visibilité météorologique est souvent médiocre (3 à 6 km), parfois mauvaise (inférieure à 3 km).

Il existe un cas particulier de situation génératrice de brouillard que nous étudierons ultérieurement. Le vol dans un secteur chaud peut être tout à fait envisageable, comme il peut ne pas l'être. prenez la décision adéquate pour chaque cas spécifique en fonction de l'étude du dossier de vol, et en particulier (mais pas seulement) du dossier météorologique.

## Le front froid

Il est lié à un soulèvement importance d'air chaud par de l'air froid. La limite entre les deux masses d'air a une pente assez accentuée.



**Coupe verticale du front froid stable**

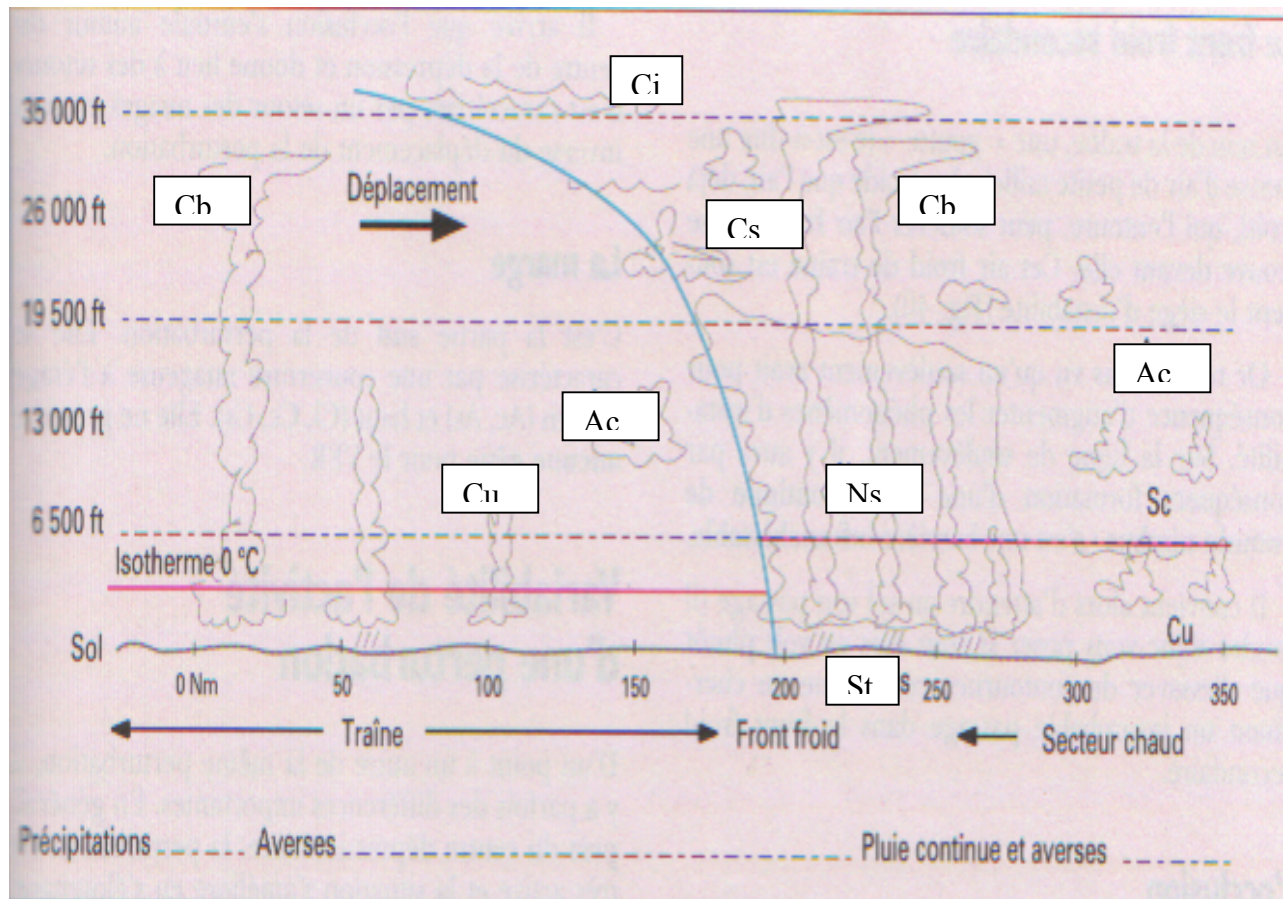
Si vous volez vers le front froid, de Strasbourg vers Paris par exemple, vous débuterez le vol dans un secteur chaud puis un abaissement rapide du plafond, des précipitations, un net refroidissement et une rotation des vents marquent le passage du front froid.

Toutefois, il y a une forte probabilité pour que vous ne puissiez pas franchir le front froid à cause principalement des plafonds bas.

Ensuite, deux scénarios sont possibles

- des stratus tardent à s'évacuer, ou
- la nébulosité et la visibilité s'améliorent très rapidement.

Le soulèvement de l'air chaud, en saturant l'air; peut faire apparaître des couches instables. Des nuages cumuliformes seront alors noyés dans la masse nuageuse. Dans ce cas, les précipitations continues se transformeront en averses temporaires . c'est un front froid instable.



Coupe verticale du front froid instable

En été, il peut générer des lignes quasi-continues d'orages violents. En hiver, l'isotherme 0 °C peut se trouver au sol ou près du sol. Les précipitations seront alors sous forme de neige.

Nous voyons qu'en plaine, il sera le plus souvent **très difficile** de maintenir les conditions de vol à vue dès qu'il existe le moindre relief, il est **impensable de franchir le front froid**.

## La traîne

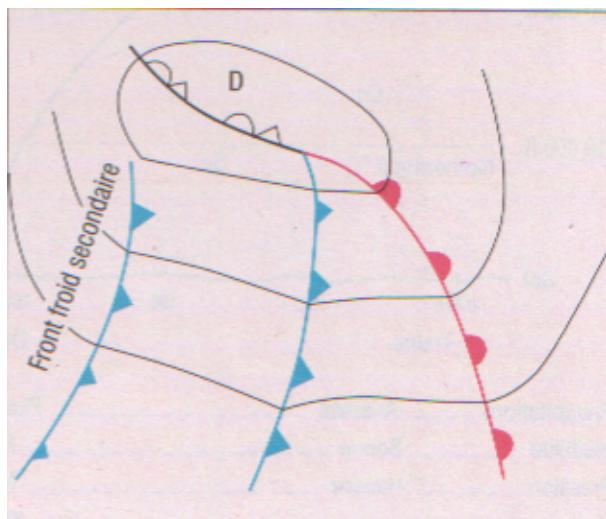
C'est la partie de la perturbation à l'arrière du front froid. Elle est caractérisée par des nuages instables cumuliformes, bien séparés les uns des autres.

Une traîne peu active se limitera par exemple à un peu moins de la moitié du ciel occupé par des cumulus d'une épaisseur de 1 500 pieds, mais une traîne active pourra être le siège de nombreux cumulo-nimbus (par exemple 5 individus visibles à l'œil autour de soi).

Ils donneront des averses (de pluie ou de neige, en fonction de l'altitude de l'isotherme 0 °C) et même des orages parfois accompagnés de grêle.

Si, dans le premier cas, voler est un réel plaisir dans le second cas, il faut contourner les cumulonimbus, ce qui allonge le temps de vol (prendre alors garde à la jauge de carburant et à la tombée de la nuit), et rend plus difficile le suivi de la route. Dans une traîne active, le VFR est donc sujet à **d'importantes difficultés**.

## Le front froid secondaire



le front froid est une barrière de cumulo-nimbus

Au sein de la traîne, une « goutte » (c'est-à-dire une masse d'air de petite taille) plus froide que l'air déjà froid, qui l'entoure, peut soulever l'air froid qui se trouve devant elle. Cet air froid de traîne est souvent le siège d'instabilité.

Or nous avons vu qu'un soulèvement avait pour conséquence d'augmenter les phénomènes d'instabilité. Sur la ligne de soulèvement, il y aura par conséquent formation d'une **ligne continue de cumulo-nimbus**: c'est une **barrière infranchissable**.

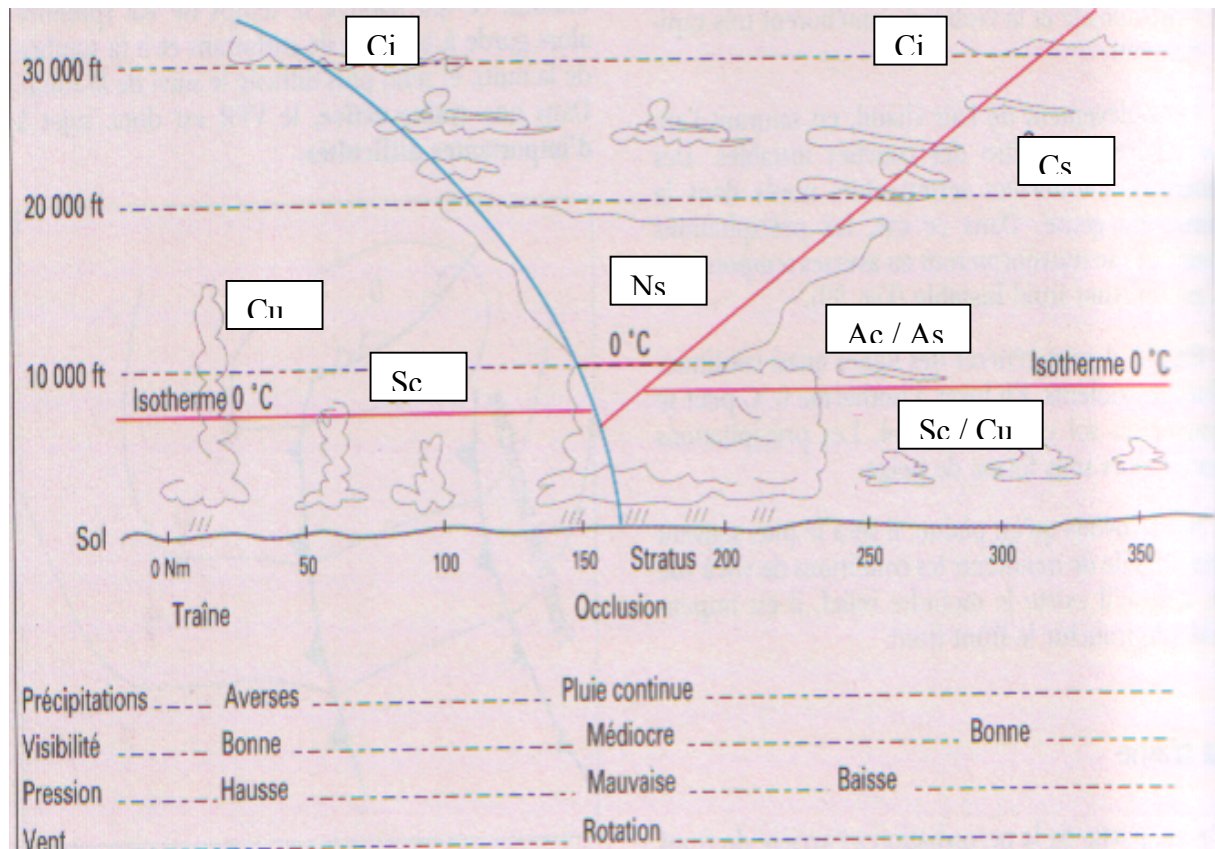
Il convient alors d'attendre au sol son passage (il faudra donc vous poser si vous êtes en vol) plutôt que d'essayer de contourner cette ligne en cherchant un improbable passage dans le front froid secondaire.

## L'occlusion

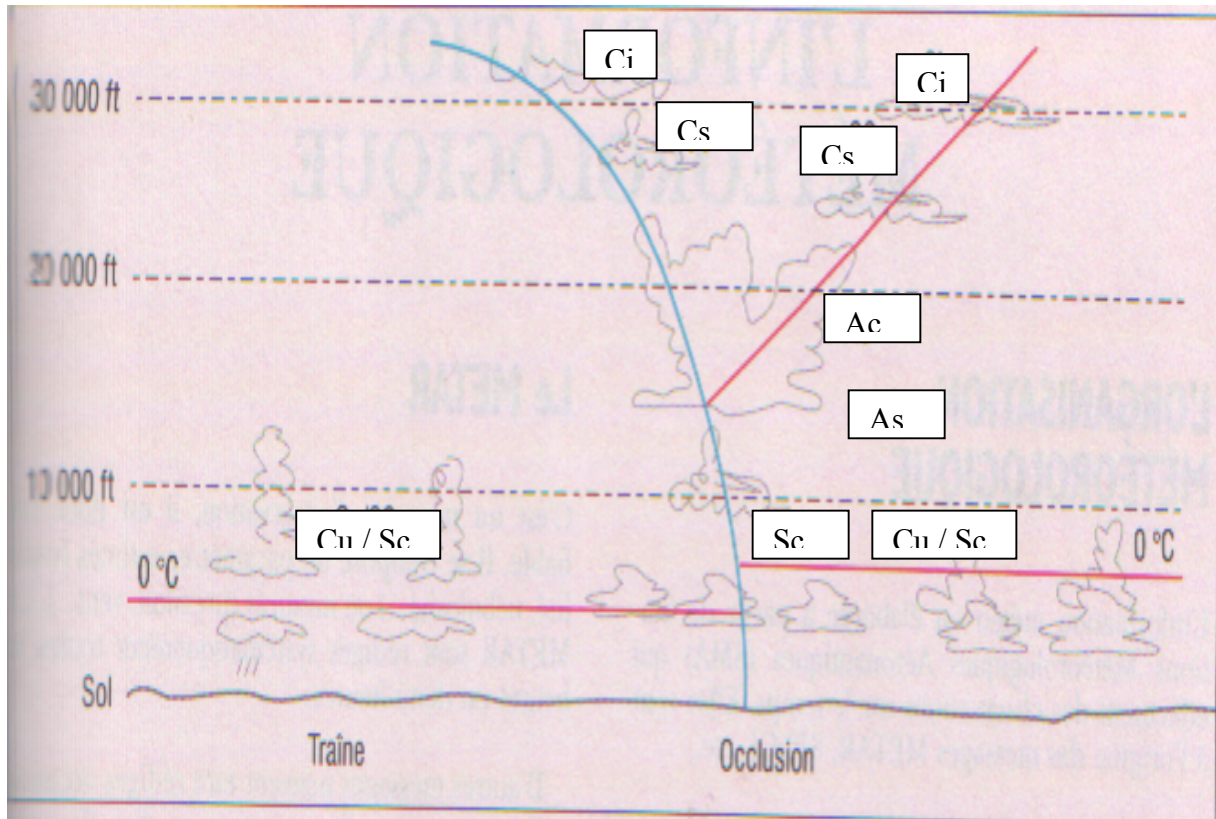
Lorsque le front froid rattrape le front chaud on parle d'occlusion.

La surface frontale matérialise une vallée d'air chaud en altitude, marquée par une masse d'air nuageuse souvent pluvieuse. A proximité du point triple (occlusion, front chaud, front froid) se trouvent généralement des plafonds bas et de la pluie, conditions peu propices à la pratique du vol VFR .

Par contre, au dernier stade de la perturbation, les conditions sont souvent gênantes : strato-cumulus et altocumulus par exemple . Il arrive que l'occlusion s'enroule au centre de la dépression et donne lieu à des retours d'est caractérisés par un retour des nuages en sens inverse du déplacement de la perturbation.



**Coupe verticale de l'occlusion active**



**Coupe de l'occlusion peu active**

## les nuages

Tout d'abord, quelques généralités sur les nuages :

Un nuage se caractérise par sa morphologie. Celle-ci dépend principalement

- de son **altitude qui** est comprise entre le sol et environ 36 000 pieds (la tropopause) aux alentours du 45° parallèle Nord (l'altitude de la tropopause dépend indirectement de la latitude du lieu).

La tranche d'altitudes dans laquelle le nuage prend place détermine la température et donc la composition du nuage : gouttelettes d'eau, cristaux de glace, ou les deux

- de l'état **de stabilité de l'atmosphère** dans lequel il s'est formé : en atmosphère stable, les nuages ont une forme allongée, un aspect flou, des contours diffus. Leur base est souvent mal définie. On parlera de nuage stable, leur dénomination comportera le mot "**strat**".

En atmosphère instable, le nuage présente des contours très nets, l'aspect d'un chou-fleur, ou de petites balles bien séparées les unes des autres. On parlera de nuage instable et leur dénomination comportera le mot **cumul**.

En fonction de ces critères, il est possible de dresser le tableau qui décrit les 10 genres de nuages et qui montre leur extension verticale moyenne et leur mode de formation. Ce tableau indique aussi les précipitations que l'on peut rencontrer sous un type de nuage.

Voici la liste et abréviations des différents types de nuages :

	Plafond	Nom	Abréviation	Stable/ Instable
Nuages élevés	>20000 ft	<b>Cirrus</b>	<b>Ci</b>	
		<b>Cirro-cumulus</b>	<b>Cc</b>	Instable
		<b>Cirro-stratus</b>	<b>Cs</b>	Stable
Nuages de moyenne altitude	>6000 ft <20000ft	<b>Alto-cumulus</b>	<b>Ac</b>	Instable
		<b>Altostratus</b>	<b>As</b>	Stable
Nuages bas	>6000 ft	<b>Strato-cumulus</b>	<b>Sc</b>	
		<b>Stratus</b>	<b>St</b>	Stable
		<b>Cumulus</b>	<b>Cu</b>	Instables
Nuages à grandes extension verticales	Epaisseur pouvant dépasser 40000 ft	<b>Nimbo-stratus</b>	<b>Ns</b>	Stable
		<b>Cumulo-nimbus</b>	<b>Cb</b>	Instable



**Description des différents nuages et des conditions de vols qu'ils entraînent**

- **Le CIRRUS (Ci)**

En forme de filaments, ils se déplacent généralement en bancs. Leur épaisseur est faible et ils ne cachent jamais complètement le soleil.



**cirrus**

- **Le CIRRO-CUMULUS (Cc)**

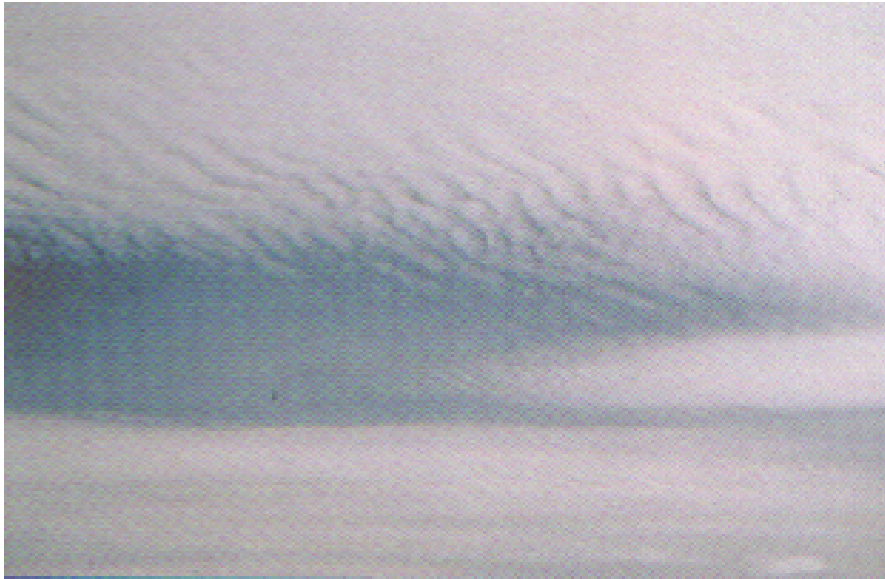
Ce sont des bancs, nappes ou couches de nuage blancs, sans ombre propre, composés de très petits éléments en forme de granules, rides,... Ce sont des nuages instables.



**cirro-cumulus**

- **Le CIRRO-STRATUS (Cs)**

Ils ont l'aspect de voiles nuageux transparents et blanchâtres assez uniformes. Ils créent fréquemment un phénomène de halo autour du soleil . ce sont des nuages stables.



**cirro-stratus**

- **L' ALTOCUMULUS (Ac)**

Ils peuvent être d'origine stable et se présentent alors sous forme de nappes, blancs ou couches de couleur grise ou blanche et forme des éléments en forme de galets, lamelles ou rouleaux.

Ils peuvent aussi être d'origine instable et présentent des bourgeonnements en forme de tours ou de flocons. Ils sont pré-orageux.



**alto-cumulus**

### **L' ALTOSTRATUS (As)**

Ce sont des nuages gris qui se présentent sous la forme de nappes étendues, d'aspect souvent uniforme, ne laissant que voir vaguement le soleil. Ils sont stables.



**alto-stratus**

- **Le STRATO CUMULUS (Sc)**

Ce sont des nuages de turbulence en bancs, nappes ou couches, gris ou blanchâtres, possédant presque toujours des parties plus épaisses et plus sombres.



**strato-cumulus**

- **Le STRATUS (St)**

Souvent très bas, ils ont l'aspect d'une couche nuageuse généralement grise, à base assez floue et uniforme. On dit souvent que les stratus sont semblables à un brouillard ne reposant pas sur le sol.

En été, dans les régions humides, il se forme souvent des stratus matinaux qui se dissipent en fin de matinée, lorsque l'échauffement du sol est suffisant.

Ce sont des nuages stables. Ils sont **dangereux pour l'aéronautique** (en vol à vue) car leur base peut être très basse (à 100 mètres du sol) et recouvrir le sommet de reliefs.



**stratus**

- **Le CUMULUS (Cu)**

Ce sont des nuages séparés, à contours bien délimités se développant verticalement en forme de chou-fleur. Les parties de ces nuages éclairés par le soleil sont d'un blanc éclatant, alors que leur base est souvent sombre et horizontale.

Les cumulus peuvent être d'épaisseur extrêmement variable, de quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres. Ce sont des nuages instables.

Le processus de formation des cumulus est le suivant : nous avons vu précédemment que l'échauffement du sol pouvait entraîner de l'instabilité dans les basses couches. Des mouvements convectifs ont lieu et peuvent entraîner la formation de nuages : ce sont des cumulus.

Si la tranche d'atmosphère instable est étendue, l'épaisseur des cumulus peut être très importante, comme pour le cumulus congestus (ou TCU) . Ils peuvent évoluer en cumulonimbus

Sous le nuage, il existe un courant ascendant et autour de lui des courants descendants, synonymes de turbulences, qui peuvent entraîner une gêne pour les passagers et le pilote.

Le cumulus est le plus souvent, un nuage d'évolution diurne, lié à l'échauffement du sol par le soleil. Le nuage prend naissance vers la fin de matinée, puis quand le soleil baisse sur

l'horizon, il se transforme en strato-cumulus. Ceux-ci disparaissent généralement en cours de nuit. Des grosses cellules cumuliformes peuvent parfois persister en cours de nuit.

Quelques photos de cumulus



**quelques cumulus**

- **Le NIMBO STRATUS (Ns)**

Ces un nuage de vastes dimensions horizontales et verticales. Du fait de sa grande épaisseur, sa base est très sombre. Il est souvent accompagné de strato-cumulus et de stratus.

Il est très souvent générateur de précipitations (pluie ou neige). C'est le nuage typique des longues journées pluvieuses. Il est stable.



**nimbo stratus**

- **Le CUMULO NIMBUS (Cb)**

C'est un nuage dense et puissant, à extension verticale considérable, en forme d'énorme tour. Sa partie supérieure présente fréquemment une forme d'enclume. Sa base est souvent doublée de nuages bas et déchiquetés.



**cumulo-nimbus**

Le cumulus congestus, cumulus de forte taille, est le stade précédant la formation du cumulo-nimbus.



**cumulus congestus**

Le cumulo-nimbus est un nuage générateur de grains et d'orages. Il est **très dangereux pour l'aéronautique**. C'est un nuage instable.

## Le vent

Nous allons voir dans cette partie le « pourquoi » et le « comment » du vent

### Vent et champ de pression

Le vent est un déplacement d'air directement associé aux variations du champ de pression atmosphérique.

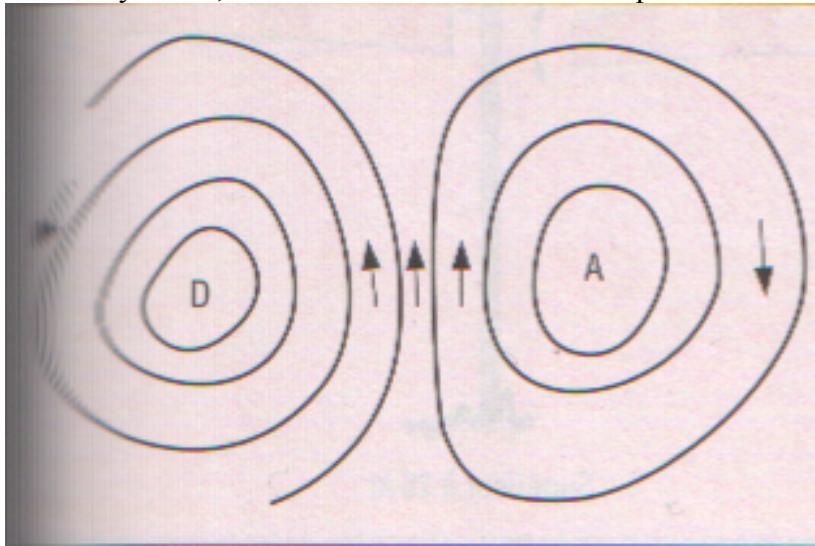
Souvent, nous nous représentons le vent comme étant un écoulement d'air dans le plan horizontal. Sachons qu'il existe aussi des vents à composante verticale, parfois appelés « ascendances » ou « descendances »

### Relation avec le champ de pression

Si la Terre était immobile, le vent se dirigerait directement des hautes pressions vers les basses pressions. Par suite de la rotation terrestre, il se produit **une déviation** des mouvements de l'air vers la droite dans l'hémisphère nord, et vers la gauche dans l'hémisphère sud.

La direction du vent devient alors sensiblement parallèle aux isobares.

Ainsi, dans l'hémisphère nord, le vent tourne dans le sens des aiguilles d'une montre autour des anticyclones, et en sens inverse autour des dépressions .



### rotation des pressions et dépressions dans l'hémisphère nord

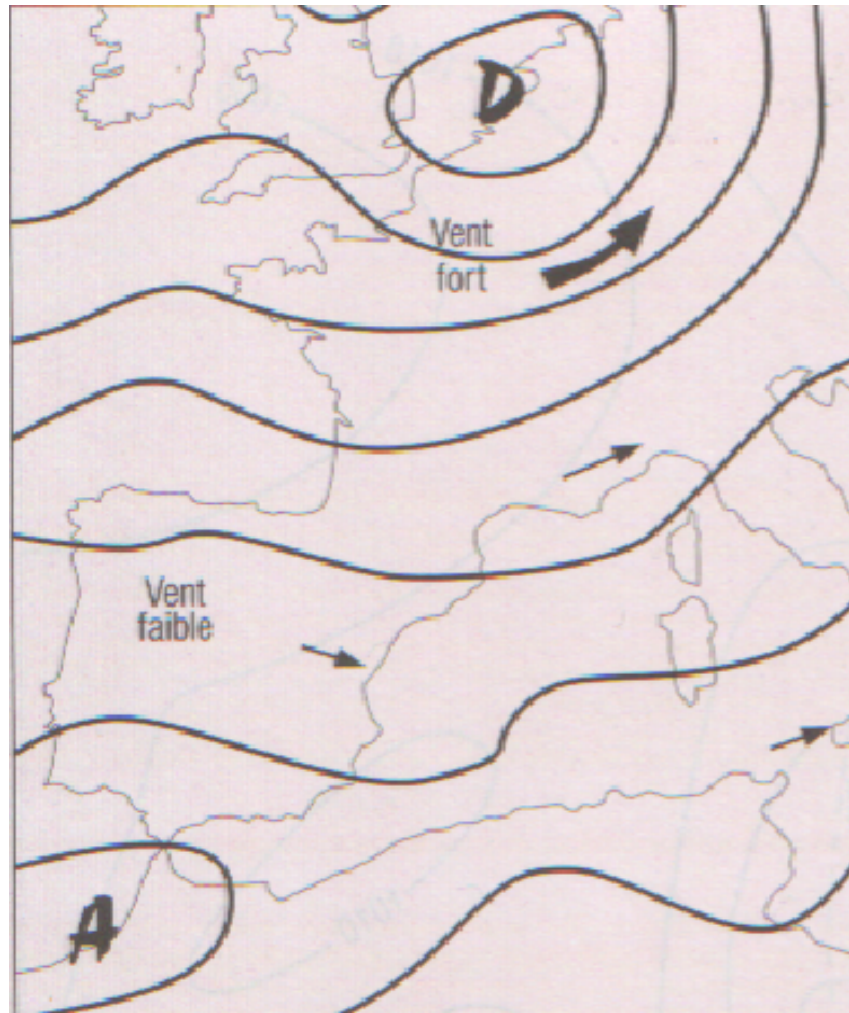
Dans l'hémisphère nord, un observateur qui se place face au vent a les basses pressions à sa droite et les hautes pressions à sa gauche.

Ce phénomène est inversé dans l'hémisphère sud, où le vent tourne autour des anticyclones dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.



Ce sont les différences de pression qui créent les forces mettant l'air en mouvement. Ces forces sont plus importantes **que**, sur une distance les variations de pression sont plus autrement dit que les isobares sont plus les unes des autres.

- La règle que nous retiendrons est :
  - **lignes isobares serrées** : vent fort,
  - **lignes isobares espacées** : vent faible.



## Vent de surface et vent du gradient

Le vent de surface, dont l'origine peut être variable (champ de pression, brise thermique, etc.), est un déplacement d'air dont la direction et la vitesse subissent l'influence du sol (relief, rugosité, etc.).

Le vent d'altitude dont l'origine est la différence de pression atmosphérique existant entre plusieurs lieux est appelé « vent du gradient ».

Le vent du gradient se caractérise par :

- son origine : le champ de pression,
- sa direction : parallèle aux lignes isobares (du fait de la force de Coriolis),
- sa vitesse : proportionnelle au resserrement des lignes isobares (lignes serrées : vent fort, lignes espacées:vent faible).

## Unité de mesure, direction et observation du vent

### Unité

L'unité internationale de la vitesse du vent est le m/s. En aéronautique, on utilise le **nœud**, noté **kt** pour « Knot» (en anglais). La correspondance entre le kt et le m/s est

$$1 \text{ kt} = 0.5 \text{ m/s} \text{ ou } 1 \text{ m/s} = 2 \text{ kt}$$

Notons que l'on utilise parfois improprement le terme « force » pour désigner la vitesse du vent. Retenons que le vent est un déplacement d'air, et qu'un déplacement est quantifié par une vitesse, et non une force.

### Direction du vent

C'est la direction **d'où vient** le vent. Elle est exprimée en degrés, et a pour référence le **nord géographique** dans les messages météo, le **nord magnétique** dans les messages transmis par un organisme de la circulation aérienne. L'angle est toujours mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre. La direction du vent a donc une valeur comprise entre 1° et 360°.

### Appareils de mesure

Deux ensembles différents d'appareils sont utilisés suivant que l'on détermine le vent en surface ou le vent en altitude.

- La direction du vent en surface est mesurée à l'aide d'une girouette, sa vitesse est déterminée à l'aide d'un **anémomètre**.
- Le vent en altitude est mesuré en direction et en vitesse grâce au suivi radar de la trajectoire de ballons sondes gonflés à l'hydrogène, équipés d'un réflecteur radar, et qui ont une vitesse ascensionnelle de l'ordre de 300 mètres/minute.

- Des images satellitaires sont utilisées pour avoir une idée approchée du vent sur les océans et les régions désertiques.

### Observation du vent

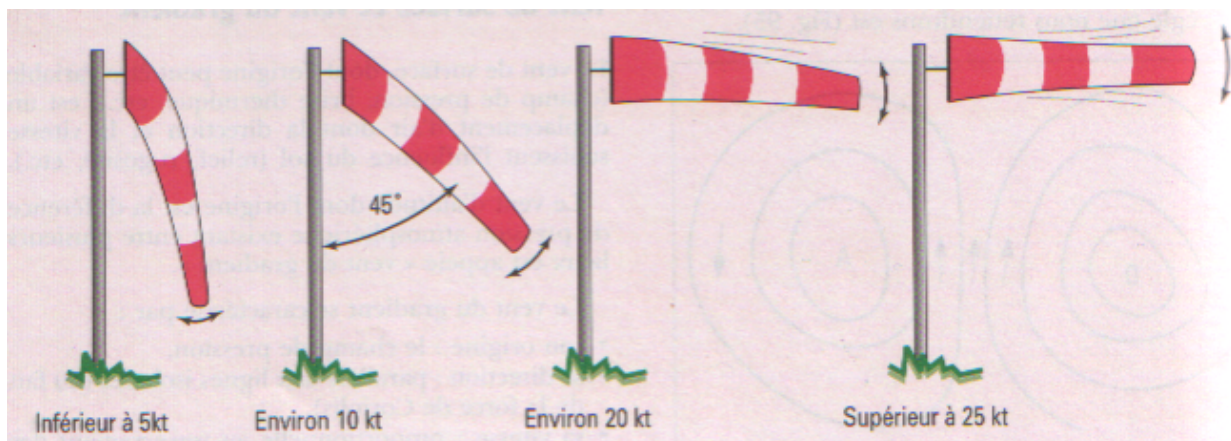
En l'air, l'observation de fumées de cheminées, de feux domestiques, etc. permettent une estimation de la direction du vent en surface et, très grossièrement, de sa vitesse. A la direction observée, il conviendra d'ajouter une quinzaine de degrés pour avoir le vent en altitude.

Attention en présence de relief le vent au sol et en altitude sont souvent très différents et l'extrapolation indiquée n'est plus valable.

#### Exemple :

On constate d'après l'observation d'une fumée au sol que la direction du vent (d'où vient le vent) est approximativement du 315°. Nous pouvons déduire que le vent en altitude (au-dessus de 1000 ft AGL est de l'ordre du 330°

Au sol, le déplacement plus ou moins rapide des nuages et l'observation de leur trajectoire donne une idée de la direction et de la vitesse du vent. Mais l'observation de la manche à air permet une estimation plus précise du vent en surface, en particulier pour la détermination de sa vitesse. Chaque bande, rouge ou blanche, symbolise environ 5 kt de vitesse.



**fonctionnement d'une manche à air**

## Les phénomènes dangereux pour l'aéronautique

### Le givrage

Le givrage est la formation plus ou moins rapide d'un dépôt de glace sur certaines parties de l'avion (cellule, entrées d'air moteur). Ce dépôt de glace :

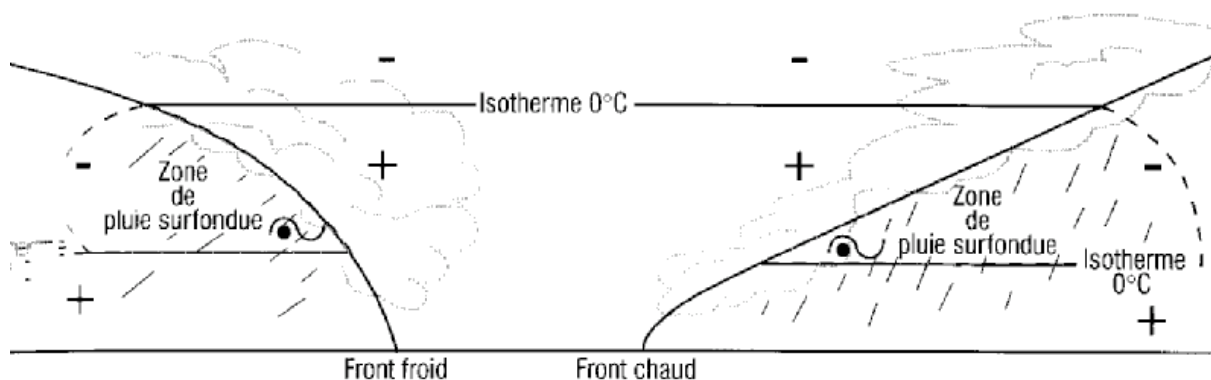
- Alourdit l'avion, parfois dans des proportions considérables
- Altère l'écoulement aérodynamique par modification de la forme du profil, altère donc les performances
- Peut bloquer les gouvernes
- Peut étouffer le moteur (givrage du carburateur)
- Suivant sa rapidité de formation et son apparence, on distingue trois sortes de givre.

Ces trois sortes de givres sont :

### Le verglas

Une masse d'air de température négative peut être observée au-dessus d'une masse d'air de température positive : c'est en effet le cas d'un côté et de l'autre d'un front (froid, par exemple).

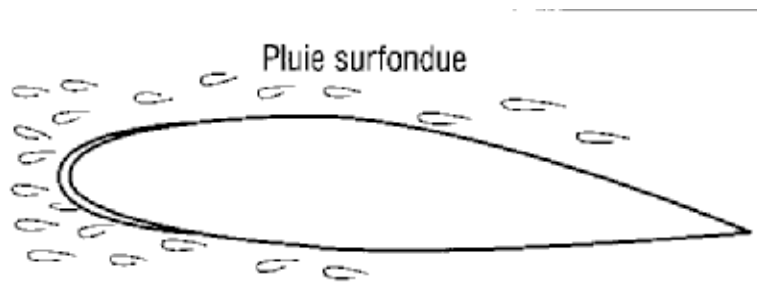
En amont du front (froid), l'air est chaud, l'isotherme 0°C est donc élevée. En aval, l'air est plus froid, l'isotherme 0°C est donc plus basse.




Dans la zone où les deux isothermes 0°C se chevauchent, les précipitations qui se produisent dans l'air chaud traversent la masse d'air de température inférieure à 0°C. Les gouttes de pluie, en traversant cet air froid, peuvent rester à l'état liquide bien que leur température soit inférieure à 0°C.

C'est le phénomène de **surfusion**. Cet état d'équilibre très précaire est rompu si on apporte à la goutte d'eau une très faible quantité d'énergie, sous la forme d'un choc par exemple. L'eau change d'état, et passe à l'état solide.

Ainsi, un avion qui traverse une zone de pluie surfondue apporte à toutes les gouttes d'eau qu'il touche assez d'énergie pour qu'elles passent à l'état solide : l'avion se couvre de glace en très peu de temps. C'est le **verglas**.

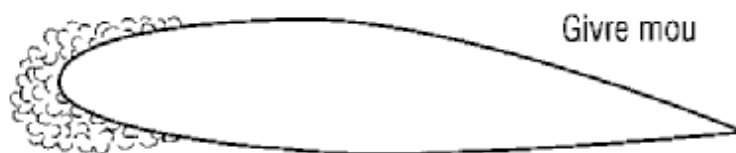


C'est le givrage **le plus dangereux** : il est très rapide et on ne s'y attend pas, si on n'est pas informé du passage d'un front, puisque l'on vole hors des nuages, dans une zone de pluie. Le risque de verglas est indiqué sur la carte TEMSI par le symbole noté  (pluie se congelant figure 34) lorsqu'il se produit au sol seulement (FZRA dans les METAR). Il est rarement signalé en altitude, car considéré comme accompagnant systématiquement tout front actif.

### Le givre mou

C'est une couche de glace opaque et friable. Son principe de formation est sensiblement le même que celui du verglas, mais l'eau liquide en surfusion est constituée par les gouttelettes constituant le nuage, beaucoup plus petites que les gouttes de pluie. Ainsi ce givrage est plus lent et ne se produit qu'en conditions de vol aux instruments.

En outre des bulles d'air sont emprisonnées au cours de la congélation ce qui explique son aspect opaque.



## La gelée blanche

Si un avion séjourne dans une masse d'air dont la température est inférieure à 0°C et s'il traverse ensuite une atmosphère chaude et humide, la vapeur d'eau peut se congeler par le phénomène de condensation solide (passage de l'état gazeux à l'état solide).

Ce type de givrage peut aussi se produire lorsque l'avion reste au sol en hiver. Il convient alors de soigneusement **retirer tout dépôt de glace, même léger, avant le départ.**

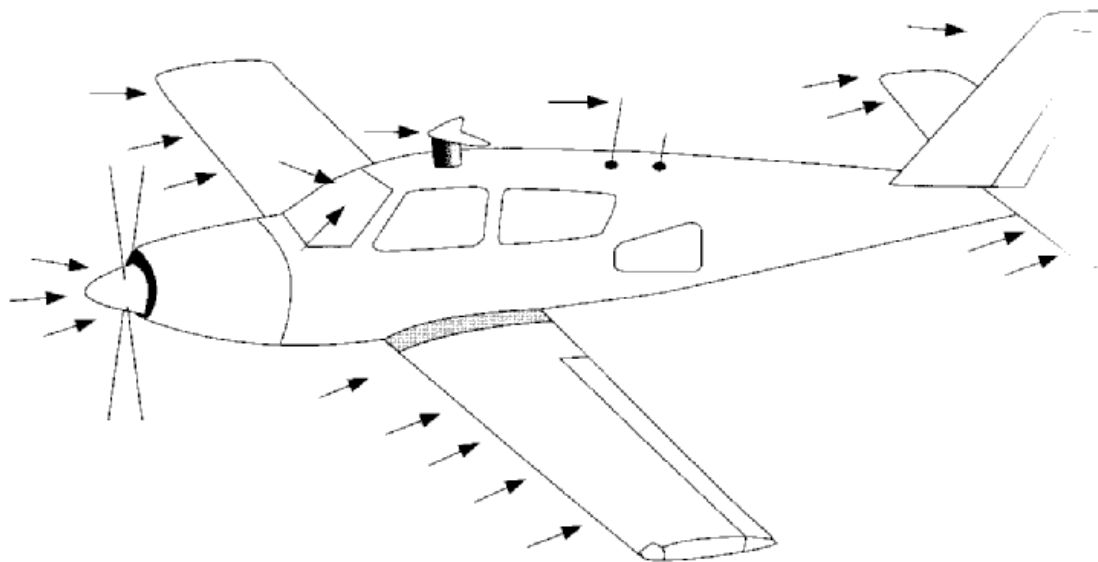
En effet, le dépôt de glace dégrade nettement les performances de l'avion surtout au décollage ou en montée (modification des qualités aérodynamiques de l'aile) et en outre peut favoriser l'apparition de verglas en cas de pluie surfondue.

## Où y a t il un risque de rencontrer du givrage ?

- Dans la plupart des nuages lorsque ceux-ci sont à une température négative et plus particulièrement dans les nuages instables. Ce risque ne concerne pas les pilotes volant en VFR
- En VFR, comme en IFR, dans de la pluie surfondue liée à un front.

## Quelles sont les parties de l'avion qui givrent le plus ?

Ce sont celles qui sont directement exposées au vent relatif .



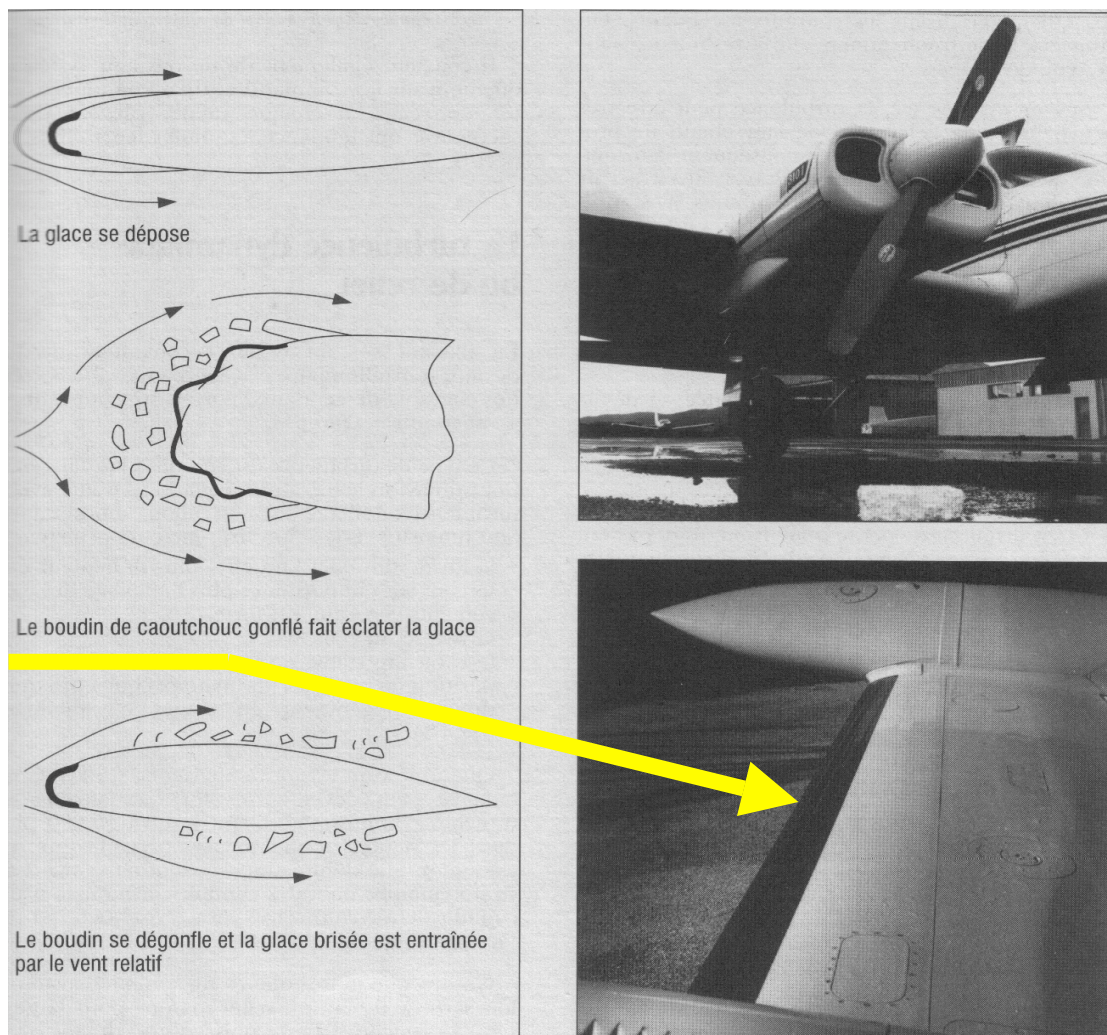
partie de l'avion exposées au givrage

Certains avions sont équipés de systèmes antigivrant ou dégivrant. Notons qu'un système **antigivrant** est un système qui est conçu pour **empêcher la formation** de givre, alors qu'un système **dégivrant** est conçu pour éliminer du givrage **déjà formé**.

La nuance est très importante car les deux systèmes s'utilisent complètement différemment. L'un est **préventif**, et il faudra l'actionner **avant** d'entrer en conditions givrantes ; l'autre est **curatif**, et il ne faudra l'utiliser qu'**après** que le givrage soit apparu sur la cellule.

Voici quelques exemples d'anti-givrage et de dégivrage :

- anti-givrage hélice : chauffage électrique ou écoulement d'alcool le long du pied de la pale.
- Dégivrage pare-brise : résistance électrique noyée dans le pare-brise (comparable au système antibuée des lunettes arrières d'automobiles).
- dégivrage des bords d'attaque des ailes, de l'empennage et de la dérive par récupération des gaz d'échappement, ou grâce à des boudins gonflable en caoutchouc qui permettent de faire éclater la glace.



## Le givrage carburateur

C'est finalement le givrage le plus fréquent en VFR, mais les conditions de son apparition sont radicalement différentes. En effet il peut survenir lors de températures atmosphériques largement positives.

Il s'agit d'un phénomène dangereux pour l'aviation légère : le processus de givrage à l'intérieur d'un carburateur peut obstruer complètement le conduit. D'admission du mélange air /essence, et provoquer l'arrêt du moteur. Il faut savoir qu'un grand nombre d'accidents se produisent à cause du givrage du carburateur.

### Comment se produit-il?

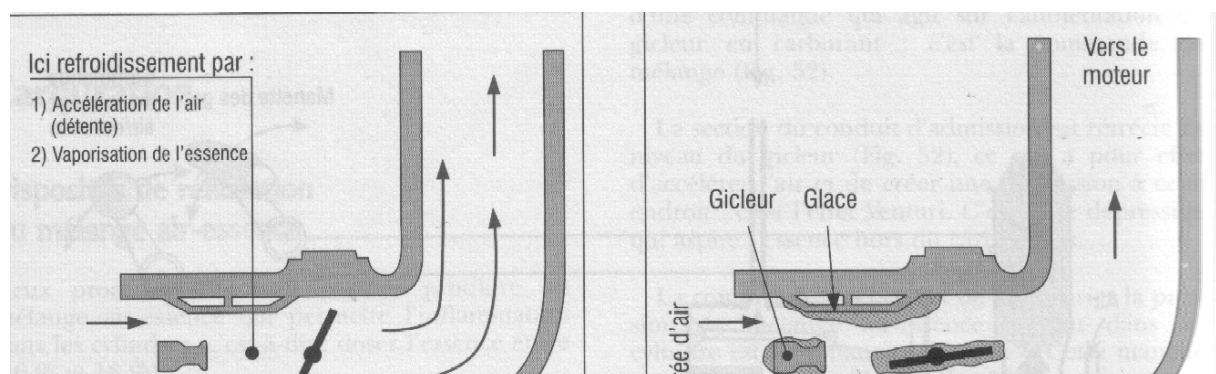
L'apparition de glace est due à l'action combinée

- de la détente (dépression) de l'air au niveau du papillon des gaz, qui provoque la condensation et le refroidissement de la vapeur d'eau qu'il contient
- de la vaporisation de l'essence qui crée un effet réfrigérant, comme l'éther si vous en mettez une goutte sur votre main. La sensation de froid sur la main est due à la vaporisation de l'éther. De même, la vaporisation de l'essence refroidit l'air ambiant.

Ces deux effets combinés peuvent refroidir de 20 °C l'air qui pénètre dans le moteur.

Le risque d'apparition du givrage est plus important lorsque la manette des gaz est sur « réduit »(papillon fermé) : car le laminage de l'air par le papillon, et donc la dépression, est plus important. Le refroidissement dû à la dépression dans le conduit est ainsi d'autant plus fort.

**le givrage du carburateur es dû à la combinaison de la détente de l'air et de la vaporisation de l'essence.**





**Les conditions propices à l'apparition de glace dans le carburateur sont**

- une température dans le conduit d'air du carburateur comprise entre 0°C et -15°C, la température la plus favorable à la formation de glace étant de -5°C. Il peut donc y avoir apparition du givrage carburateur par des températures extérieures comprises entre -5 °C et +20 °C
- une atmosphère humide. Attention : l'humidité peut être élevée même en ciel clair. Notons que les basses couches de l'atmosphère contiennent une plus grande quantité d'eau par litre d'air que les couches élevées, c'est donc là que le risque de givrage carburateur est le plus important.

Les signes avant-coureurs du givrage du carburateur sont différents suivant le type d'hélice un (à calage fixe ou variable).

Dans le cas d'une **hélice à calage fixe**, une légère baisse du régime moteur et de la vitesse indiquée sont les premiers signes du givrage. Si rien n'est fait, le moteur a des ratés et peut alors rapidement s'arrêter. Lorsque vous vous trouverez en condition de givrage du carburateur, vous **devez surveillez le tachymètre (compte-tours) et l'anémomètre** (indicateur de vitesse de l'avion, ou « badin »)

Si vous constatez une légère chute du régime moteur, avant de corriger à la manette des gaz ;posez-vous la question du givrage et dans le doute, commencer par essayer de réchauffer le carburateur.

Dans le cas d'une hélice à **calage variable**, c'est la pression d'admission qui chute d'abord (à cause de la diminution de la section du conduit d'air dans le carburateur). Le régulateur d'hélice maintient régime du moteur constant malgré la chute de puissance, donc on ne constate pas de chute de régime tout de suite.

La puissance diminuant (la puissance est liée à la pression d'admission), la vitesse indiquée va diminuer aussi, et le moteur peut, comme dans précédent cas, s'arrêter. Vous devez donc surveiller en premier lieu **l'indicateur de pression d'admission** dont sont équipés les avions à hélice à pas variable, et dans un deuxième temps l'anémomètre.

Pour éviter le givrage du carburateur, tous les avions (à carburateur) sont équipés d'un système de réchauffage d'air.

Pour plus d'informations, voir la partie technique propre au carburateur.

## LA TURBULENCE

On appelle turbulence l'écoulement non laminaire de l'air. Ce phénomène a principalement deux origines : une origine thermique et une origine dynamique.

### La turbulence thermique

Lorsque le sol s'échauffe sous l'effet d'une forte insolation, les couches d'air à son contact deviennent instables et des mouvements ascendants, compensés par des mouvements descendants, entraînent la formation de tourbillons qui rendent turbulente toute cette partie de l'atmosphère. C'est le phénomène de convection.

Cette turbulence peut s'étendre verticalement sur plusieurs milliers de mètres.

Le plus souvent, on assiste à l'éclosion de cumulus qui matérialisent les courants ascendants. On trouvera donc fréquemment de la turbulence sous ce type de nuages.

Si **l'air est très sec**, la turbulence peut être très active sans que l'élévation de l'air chaud ne provoque sa condensation, et par conséquent la formation de nuages. Nous pourrions donc trouver de l'air turbulent même lorsqu'aucun cumulus n'est présent, **dans le cas où l'air est très sec**. On dit alors qu'il y a des « thermiques purs »

La turbulence thermique, liée à l'échauffement des couches inférieures de l'atmosphère au contact du sol, subit des variations quotidiennes très sensibles.

Par beau temps, en début de matinée, et dès la disparition de la brume matinale, la pellicule d'air immédiatement voisine du sol devient instable. Elle devient le siège d'un « bouillonnement » provenant de mouvements verticaux à faible échelle.

Ces tourbillons de petite dimension, ils dépassent rarement quelques centaines de pieds de diamètre, font subir à l'avion des secousses comparables au passage à grande vitesse d'une voiture sur un ralentisseur rendant le vol chaotique.

En début d'après-midi, l'insolation atteint son maximum. Cependant, en des points voisins de la surface du sol, on relève des températures très différentes dues à la nature du revêtement : calcaire, cultures, forêts... L'air s'échauffe donc très inégalement au contact des différentes parties du sol et les contrastes thermiques libèrent des ascendances intermittentes ou prolongées.

Ces ascendances sont, bien entendu, compensées par des descendances au-dessus des surfaces relativement moins chaudes. Tous ces mouvements créent des turbulences dites (le « basses couches » aux heures de meilleur ensoleillement.

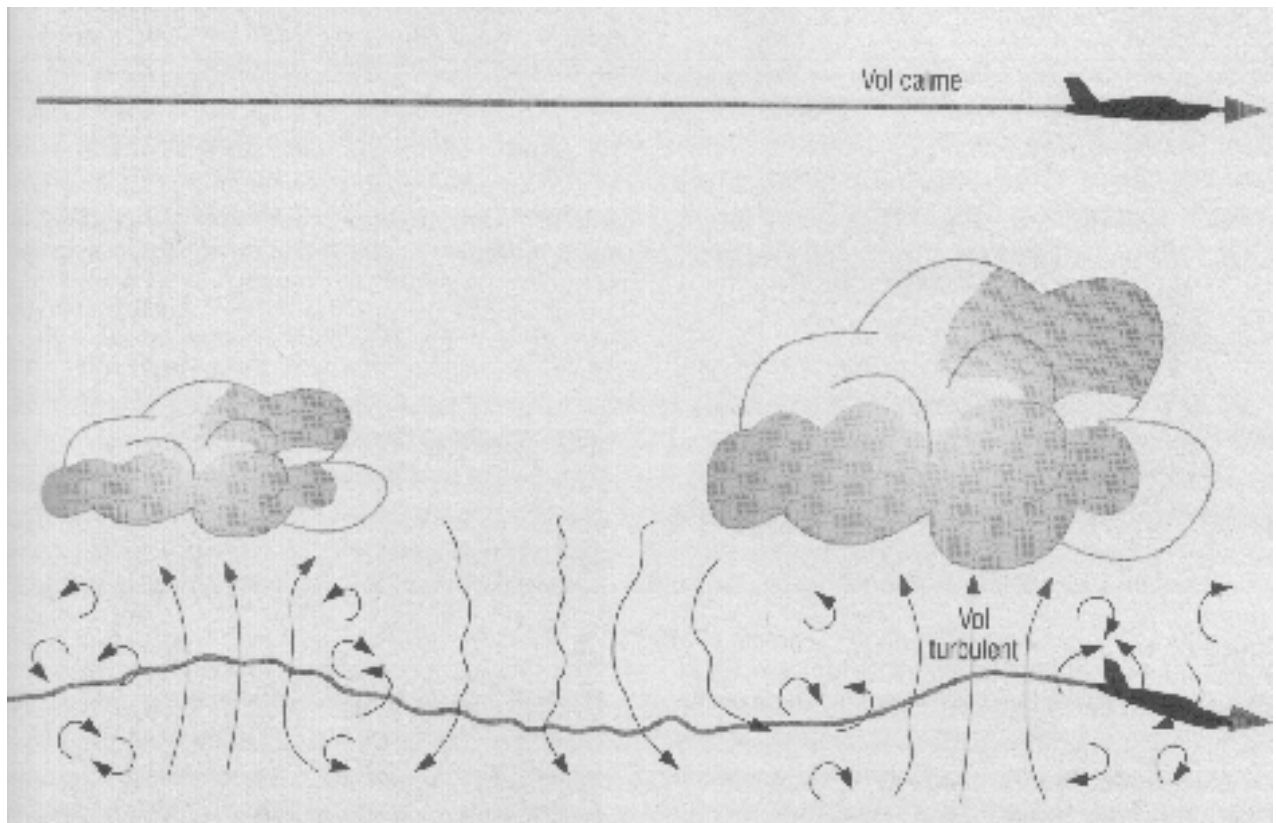
En fin d'après-midi, la turbulence thermique s'atténue pour disparaître complètement au crépuscule.

*Retenons que la turbulence thermique :*

- *dépend de l'insolation, de la nature du sol et du degré d'instabilité de l'air,*
- *est synonyme d'inconfort pour vos passagers et pour vous-même,*
- *entraîne souvent une diminution de la vitesse propre de l'avion et une imprécision des indications fournies par les instruments de bord.*

*Il y a donc lieu de l'éviter dans la mesure du possible, en volant:*

- *au-dessus des cumulus,*
- *au-dessus des thermiques purs*



### **vol en conditions turbulentes.**

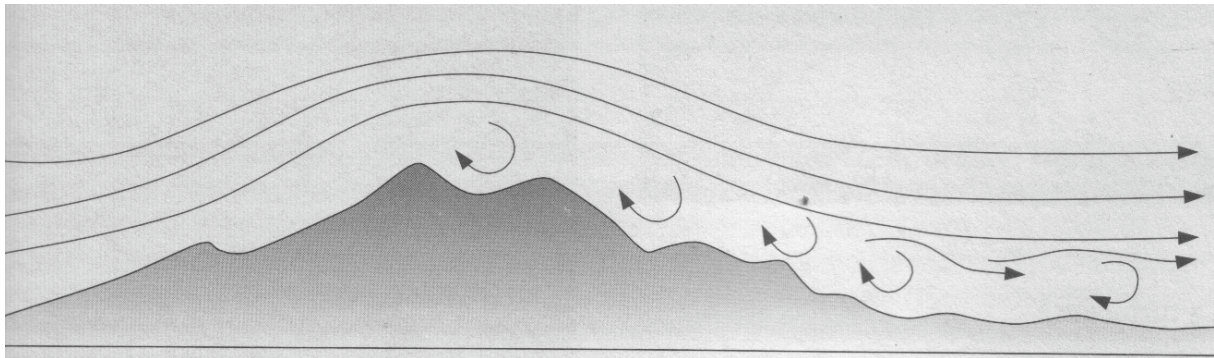
*Au cas où il n'est pas possible d'éviter la turbulence, rappelons que l'avion qui pénètre dans une rafale verticale subit un facteur de charge d'autant plus grand que la vitesse de la rafale est élevée (c'est-à-dire que la turbulence est forte), l'avion va plus vite.*

*La conduite à tenir est donc de réduire la vitesse en dessous de la VNO (velocity normal operating), en respectant, si elle est indiquée; celle recommandée dans le manuel de vol section limitation*

Il convient également de ne pas agir systématiquement sur les commandes. Il faut en tout cas éviter de réagir à chaque rafale, car les rafales successives ont tendance à annuler leurs effets respectifs.

## La turbulence dynamique ou de relief

En passant sur un relief, l'écoulement de l'air devient tourbillonnaire et génère en aval des crêtes, des courants descendants, parfois très puissants ou « **rabattants** » .



**la turbulence dynamique.**

Ce type de turbulence est l'un des plus dangereux pour un avion léger, à part égale sans doute avec la turbulence de sillage que nous allons aborder après. Son intensité varie selon trois facteurs principaux

- la forme du relief : en effet plus sa hauteur et sa largeur sont importantes plus l'intensité des mouvements verticaux est forte,
- la vitesse du vent,
- le caractère stable de l'atmosphère favorise l'apparition de systèmes ondulatoires qui à proximité du sol dégénèrent en rotors ou **rabattants** .

Quand le vent est fort (supérieur à 25 kt), la turbulence peut devenir très forte et affecter des tranches d'atmosphère allant jusqu'à 10000 pieds dans les régions montagneuses (massif alpin, par exemple). Elle donne alors souvent naissance à des strato-cumulus ou à des cumulus surmontés d'altocumulus lenticulaires, très caractéristique, qui permettent d'identifier et de localiser la turbulence.

Notons que la turbulence dynamique existe parfois sans qu'il y ait un relief marqué pour la générer : la couche d'air la plus voisine du sol est, la plupart du temps, le siège de mouvements tourbillonnaires. Cette agitation est due au sol dont l'influence se manifeste sous un double aspect :

- par la nature de son revêtement plus ou moins rugueux,
- par son relief, plus ou moins accidenté.

## L'orage

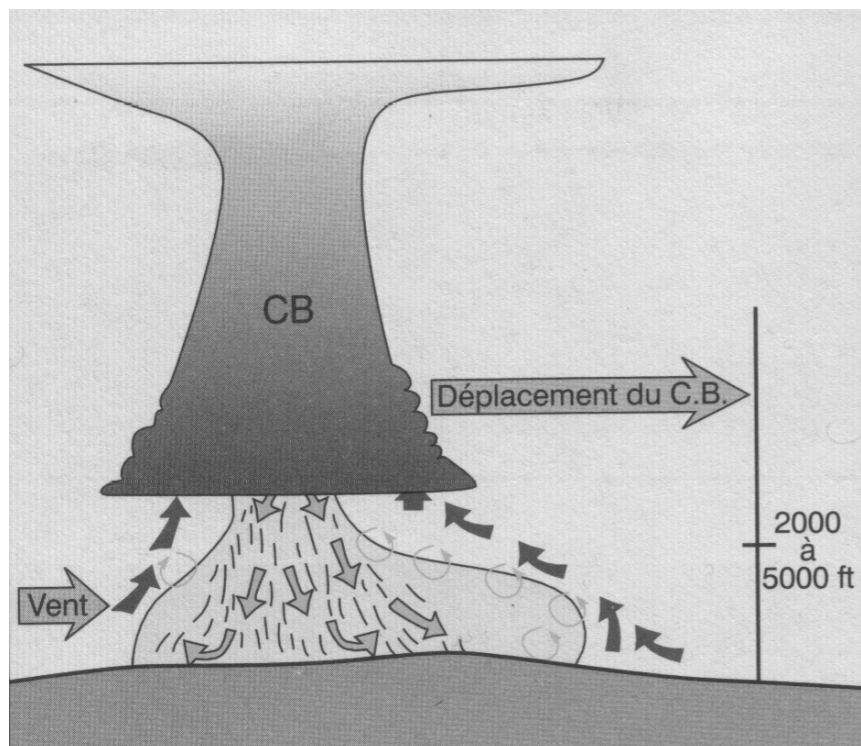
L'orage et la grêle sont nécessairement associés à un type de nuage, le cumulo-nimbus (Cb). Nous nous intéressons au Cb déjà formé et aux dangers qu'il représente.

### Manifestations dangereuses liées au cumulo-nimbus. Vent, rafales et micro-rafales

Le vent sous un Cb est **très irrégulier**, en direction (variations de 180° possibles) et en vitesse (variations pouvant dépasser 30 à 40 kt), générateur de fortes rafales. Cela représente un danger très important pendant les phases de décollage et d'atterrissage : le **cisaillement de vent**, responsable de nombreux accidents en aviation générale et en transport public, que nous étudierons dans les techniques de pilotage.

Le cisaillement peut en effet causer une perte totale du contrôle de l'aéronef, si on aborde la zone à la vitesse standard d'approche.

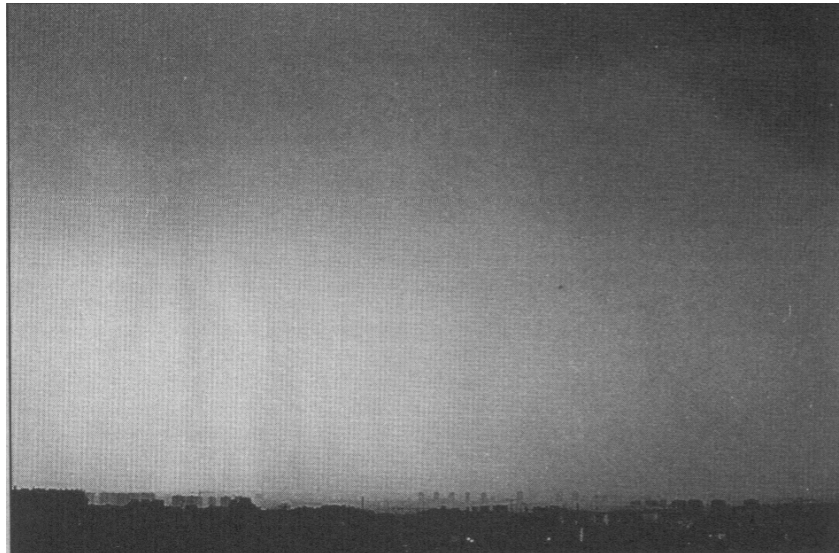
Il faut donc attendre que le cumulo-nimbus se soit éloigné de l'aérodrome pour entreprendre le départ ou l'atterrissage. Ne perdons pas de vue que des micro-rafales peuvent prendre forme jusqu'à 50 km aux alentours d'un Cb très actif. Il est parfois sage de **rejoindre l'aérodrome de dégagement** en cas d'orage important, plutôt que d'attendre.



vent, rafale et micro-rafale

### Le grain

C'est un coup de vent très violent, annonciateur de l'approche d'un cumulo-nimbus, et accompagné d'averses. Il précède en général le Cb de quelques minutes. L'atterrissage peut donc être risqué avant l'arrivée prochaine d'un Cb sur un aérodrome.



**grain avec averse (partie claire)**

### **La turbulence**

Elle est directement liée aux courants ascendants et descendants voisins et aux fortes rafales de vent.

Elle est souvent très violente et peut se jusqu'à 20 km autour du Cb. Il est donc important de contourner largement le nuage

### **La pluie**

Elle est souvent d'une extrême violence sous les nuages très actifs. Elle réduit la visibilité centaines de mètres parfois : le vol VFR n'est plus possible. Les précipitations liées aux Cb peuvent être de la neige, la visibilité en vol est alors quasiment nulle. Ne jamais s'y aventurer en VFR.

### **La grêle**

C'est un phénomène peu fréquent mais très dangereux. La plupart du temps, la taille des grêlons est telle qu'ils n'endommagent pas la cellule de l'avion (grésil), mais il arrive parfois qu'un avion soit totalement inutilisable après un passage de courte durée dans une averse de grêle importante.

Il est impossible de connaître à l'avance la taille des grêlons. Le mieux est de contourner systématiquement les noyaux orageux les plus actifs.

## **La foudre**

Elle ne touche qu'exceptionnellement les avions. Elle n'est pas directement dangereuse pour les occupants d'avions métalliques qui risquent seulement d'être temporairement aveuglés ou assourdis. Elle peut, par contre, endommager définitivement les moyens radio. Il est ainsi recommandé d'éteindre ceux qui ne sont pas essentiels à proximité d'orages.

Dans quelques cas, heureusement rares, la foudre a occasionné des dégâts majeurs à la structure de l'avion.

## **Situations météorologiques propices à la présence de cumulo-nimbus**

La trame active, avec des vents en altitude d'ouest ou de nord-ouest, en hiver ou au printemps (giboulées de mars) peut donner des orages le soir. Les cumulo-nimbus sont bien isolés et peuvent être contournés sans difficulté.

Le front froid secondaire est une barrière de cumulo-nimbus infranchissable. Il est situé dans la traîne.

Le Cb noyé dans la couche frontale n'est repérable que par un abaissement local du plafond et une couleur plus sombre, ainsi qu'une recrudescence des précipitations. Il est dangereux car difficilement repérable.

Le Cb d'été : par évolution diurne, l'orage éclate l'après-midi et se poursuit en soirée. Il est fréquent dans les régions méditerranéennes. Ses dimensions sont énormes.

Dans tous ces cas, le relief augmente l'activité du cumulo-nimbus. Il faut donc éviter les massifs lorsque l'on se trouve dans des conditions favorable à l'apparition de tels nuages.

## **Vol en présence de cumulo-nimbus**

Il est impossible de passer au-dessus d'un cumulo-nimbus en VFR, ce nuage ayant le plus souvent un sommet situé au-dessus de 25 000 pieds.

Le passage sous le nuage est très dangereux (plafond bas, visibilité très faible, présence de rafales, etc.) on risque d'être pris dans des courants ascendants sans pouvoir descendre (même en piquant) et monter à 5 000 pieds/ minute jusqu'à des altitudes élevées. La turbulence très forte peut faire dépasser les limites de résistance structurale de l'avion.

Le contournement doit se faire à une distance suffisante (10 NM), pour éviter de rencontrer de fortes turbulences.

## LES PHÉNOMÈNES RÉDUISANT LA VISIBILITÉ

La visibilité est la distance maximale jusqu'à laquelle il est possible d'identifier un objet à l'œil nu.

La visibilité horizontale est estimée par le météorologiste et évaluée en mètres ou kilomètres. En fait, le pilote est intéressé par la visibilité en vol c'est-à-dire la visibilité oblique du haut vers le bas : elle est souvent moins bonne que la visibilité horizontale. Malheureusement, le météorologiste n'a pas de moyens pour la mesurer.

Il faut donc se contenter de la visibilité horizontale et en déduire une estimation de la visibilité oblique, en diminuant *a priori* la valeur communiquée, notamment face au soleil.

Les phénomènes réduisant la visibilité sont les précipitations, la brume, le brouillard et la brume sèche. Les stratus (St) peuvent diminuer la visibilité oblique.

### Les précipitations

La pluie (RA) modérée ou forte (+ RA) peut réduire la visibilité jusqu'à 400 mètres, voire moins. Ces précipitations sont rencontrées dans les conditions suivantes

**Pluie associée à des nimbo-stratus (Ns)** dans un front actif. Ce cas est assez fréquent en hiver et peut durer plusieurs heures.

**Averses (SH) dans un front, qui aggravent alors** temporairement les conditions, médiocres par ailleurs.

**Averses dans une traîne : les réductions** de visibilité ne durent que quelques dizaines de minutes, il sera alors possible de les contourner et se trouver dans des conditions excellentes.

**La neige (SN), quand elle est très faible, réduit** immédiatement la visibilité à 2 ou 3 kilomètres. Une averse de neige (+ SN) la réduit à **quelques mètres** : cette forme de précipitation **interdit le vol en VFR**.

**La brume (Cz)** ne réduit pas la visibilité par sa présence mais est souvent associée à des situations à brume ou à brouillard (secteur chaud de perturbation).

### La brume (BR)

Elle est constituée de poussières diffusantes et de gouttelettes d'eau en suspension dans l'air. Par définition, il y a de la brume si la visibilité est supérieure ou égale à 1 km, et inférieure à 5 km. Ce phénomène peut donc dans certains cas **interdire le VFR**.

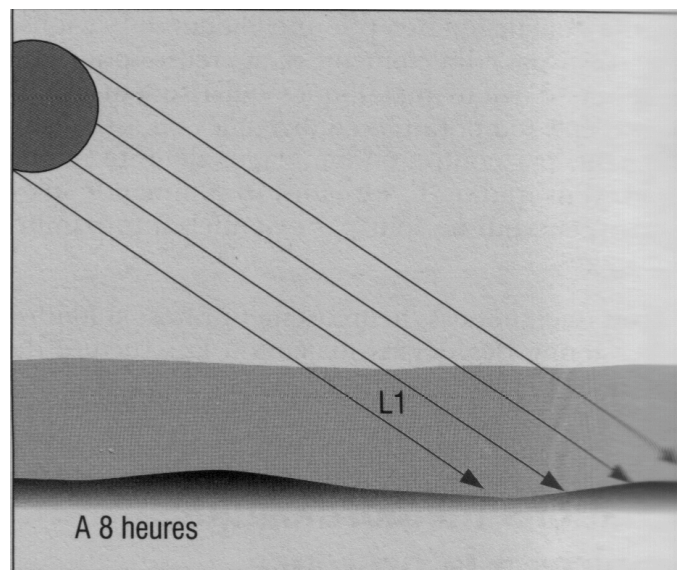


La brume peut apparaître dans deux types de situations

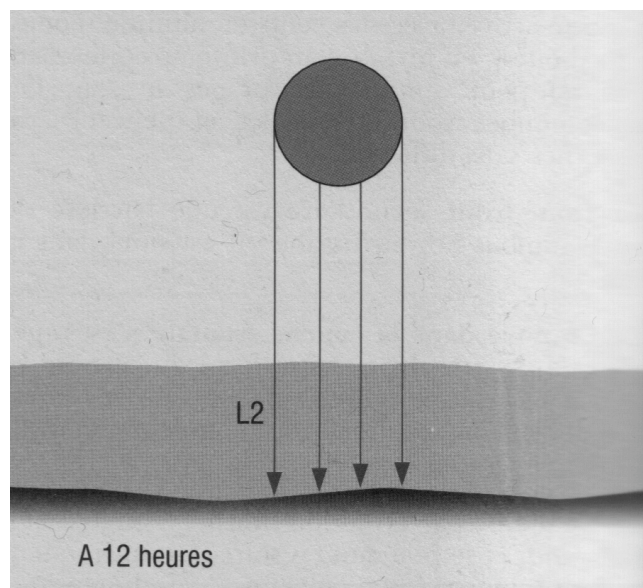
- anticyclone ou dorsale,
- secteur chaud avec couche nuageuse. Dans ce cas, la visibilité ne change guère en cours de journée tant que le front froid ne passe pas.

En conditions anticycloniques, par contre, le matin la nébulosité est généralement faible. Une amélioration est obtenue grâce à l'échauffement par le soleil (rapide en été, beaucoup plus lent en hiver). Un autre phénomène vient apporter une amélioration diurne

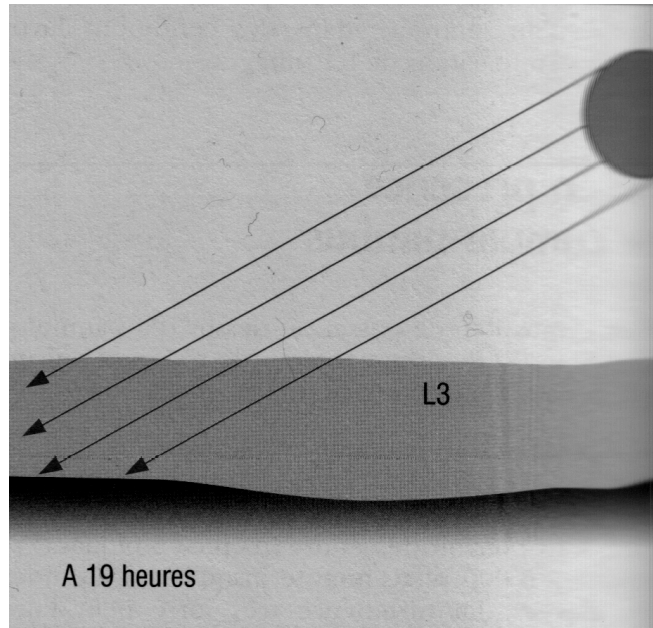
- Le matin, les rayons du soleil, bas sur l'horizon, doivent traverser une distance  $L_1$  et rencontrent un grand nombre de particules diffusantes : la visibilité est mauvaise.



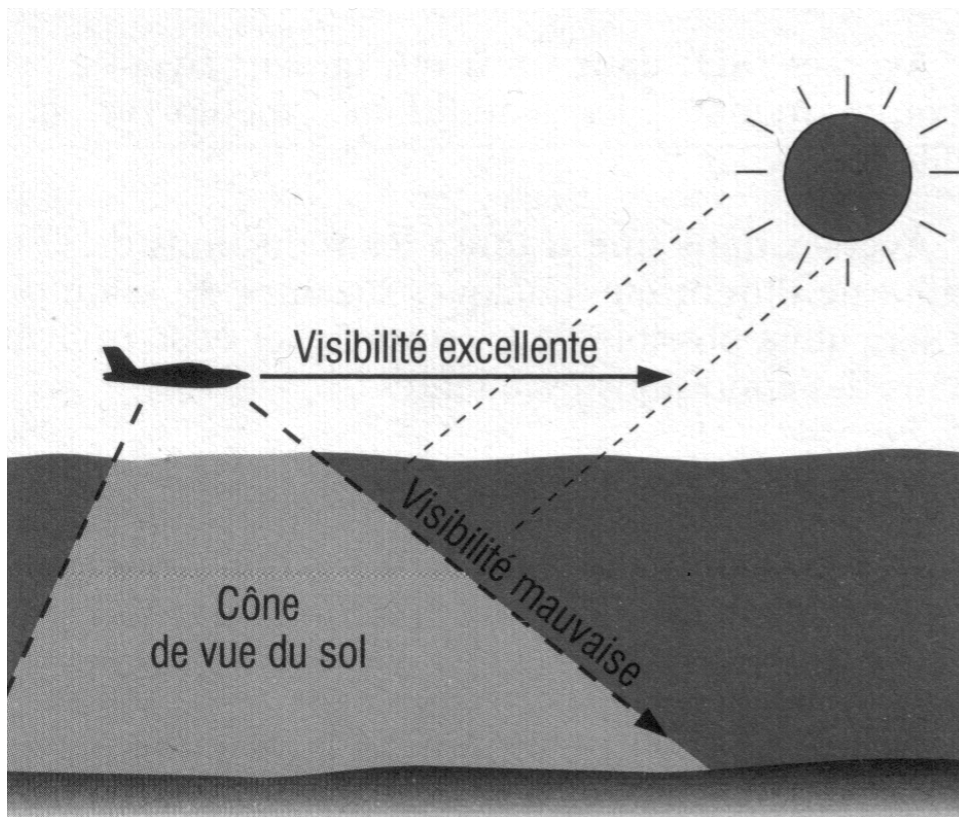
- L'après-midi, le soleil est haut, il traverse une distance plus faible  $L_2$  de brume, donc peu de particules diffusantes la visibilité s'améliore.



- Le soir, la visibilité se détériore à nouveau car le soleil baisse sur l'horizon. Il traverse une distance  $L_3$  de brume.

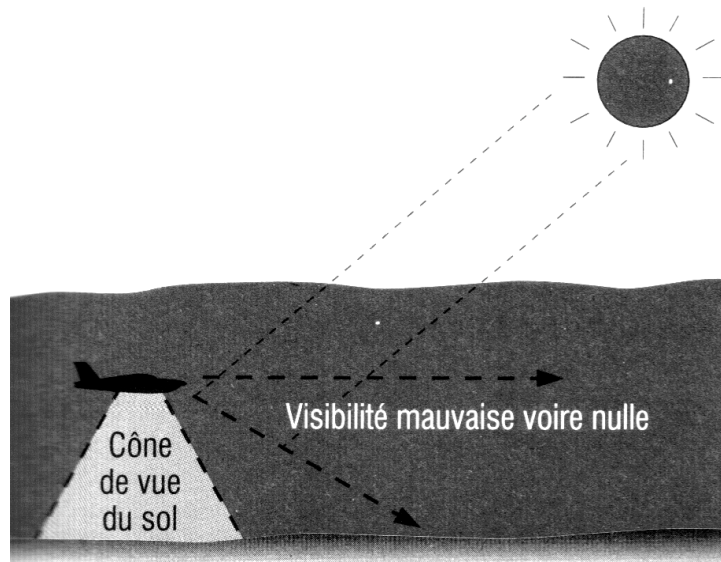


En conditions anticycloniques, la brume (comme le brouillard d'ailleurs) est limitée aux basses couches (jusqu'à 2 000 à 3 000 pieds). On remarque une inversion de température, matérialisée par une barre gris sale. Au-dessus de celle-ci, la visibilité horizontale est généralement bonne (jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres).



La visibilité vers le sol est mauvaise, surtout face soleil qui se réfléchit dans la brume. On ne voit alors le sol que dans un **cône plus ou moins large** sous l'avion.

Le vol dans la brume est difficile et pénible car les visibilitées obliques ou horizontales sont toutes mauvaises, surtout face au soleil. Il peut arriver de ne voir le sol que dans un cône très étroit sous l'avion .



Il est donc recommandé de voler au-dessus de la brume, en utilisant en priorité des moyens de radio navigation.

### Le brouillard (FG)

Par définition, on dit qu'il y a brouillard quand la visibilité est inférieure à 1 km. D'après leur mode de formation on distingue plusieurs types de brouillard.

#### Le brouillard de rayonnement

Sous nos climats, c'est le plus fréquent. Les conditions propices à sa formation sont :

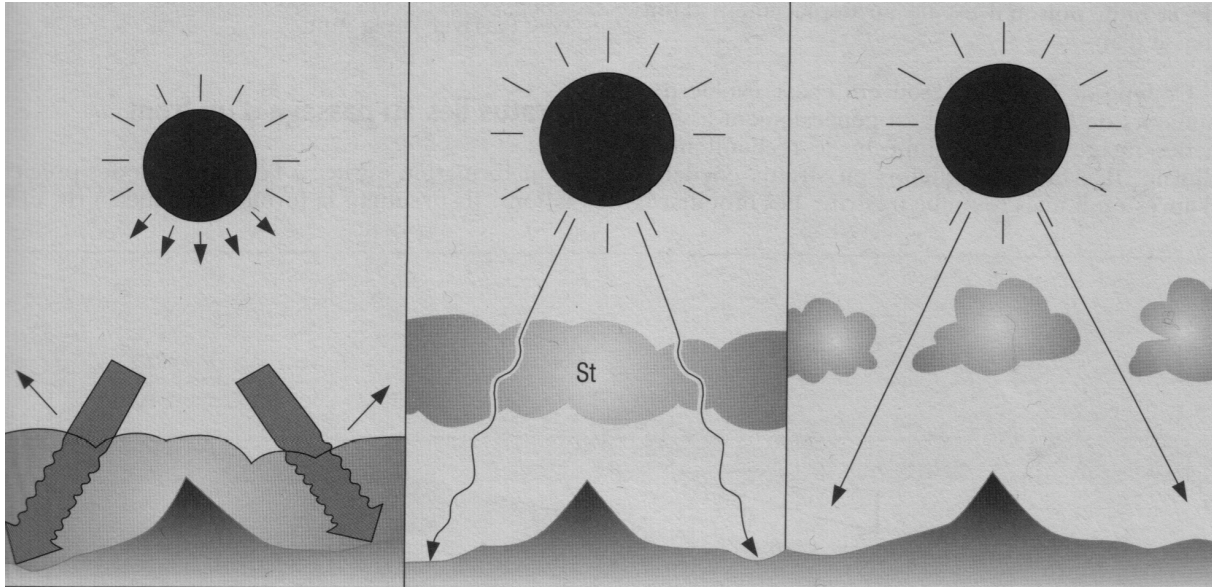
- vent faible,
- ciel dégagé,
- forte humidité relative (température voisine du point de rosée).

Ces conditions sont réunies en présence d'un anticyclone ou d'une dorsale. Le soir, la température peut s'abaisser fortement (4°C en une heure au coucher du soleil) par rayonnement du sol vers l'atmosphère.

La température peut atteindre la température du point de rosée : il y a saturation, le brouillard se forme et s'épaissit progressivement. Il peut atteindre 3 000 pieds d'épaisseur.

Le brouillard de rayonnement peut se former après le coucher du soleil, mais c'est au moment du minimum de température (une ou deux heures après le lever du soleil) qu'il est le plus dense. Ensuite, avec l'échauffement solaire, le brouillard va diminuer et se dissiper.

Dans de nombreux cas, il se dissipe près du sol pour former une couche de stratus.



En terrain accidenté, le brouillard occupe surtout le fond des vallées dans lesquelles l'air froid, plus lourd, s'écoule par pesanteur. Le brouillard peut donc être dissipé sur l'aérodrome mais pas encore dans les vallées humides ou les zones forestières. Il est conseillé d'attendre d'avoir un écart d'environ 3 °C entre la température et le point de l'osée pour être assuré d'une amélioration suffisante pour le vol.

Attention, la formation de brouillard de rayonnement peut concerner au même moment, une zone très étendue. C'est donc une situation dont vous ne pouvez vous échapper par un simple demi-tour. Surveillez en vol, en écoutant les fréquences radio appropriées, l'évolution de l'écart entre la température et le point de rosée.

Lorsque le météorologiste utilise le terme «conditions anticycloniques », il entend : brouillard nocturne et matinal se dissipant pour aboutir à un ciel clair ou peu nuageux par cumulus peu développés.

## Le brouillard d'advection

Il apparaît dans les conditions suivantes

- vent faible et régulier,
- arrivée d'une masse d'air chaude et humide sur un sol froid. L'air se refroidit au contact de cette surface entraînant la condensation de la vapeur d'eau. Ces conditions sont réunies dans la partie sud de certains secteurs chauds de perturbations d'ouest ou nord-ouest d'hiver, quand les pressions sont élevées.

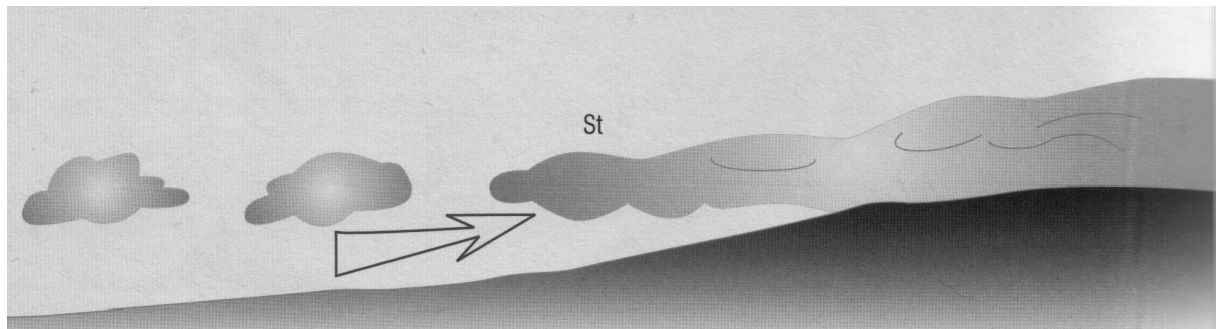
La nappe de brouillard occupe une surface au sol considérable (plusieurs milliers de kilomètres carrés) et il faut attendre le passage du front froid donc un changement total de situation pour que le brouillard disparaisse. Cette situation **peut bloquer le VFR** pour une journée, voire plus.

Contrairement au brouillard de rayonnement qui se forme surtout la nuit et se dissipe le matin, le brouillard d'advection peut envahir un aéroport, ou le quitter, à n'importe quel moment du jour ou de la nuit, puisqu'il est lié au déplacement d'une masse d'air.

Ce type de brouillard, souvent épais, évolue peu au cours de la journée. Il est généralement associé à des nuages (Sc) qui empêche le réchauffement diurne. Il évolue quelquefois en stratus en début d'après-midi mais retombe très vite. Les brouillards côtiers sont un cas particulier de brouillard d'advection.

## Le brouillard de pente

On peut le rencontrer en toutes saisons régions montagneuses. Une masse d'air humide qui s'élève le long d'une pente se refroidit atteindre la saturation.



le brouillard de pente

## La brume sèche

Elle est due à un grand nombre de particules diffusantes en suspension dans l'air. Vous ne le trouverez qu'exceptionnellement en France, mais parfois près des centres industriels en Allemagne ou dans les régions sèches d'Afrique.

## Le stratus (St)

C'est un nuage très dangereux pour l'aéronautique. Il convient donc d'en faire une étude particulière.

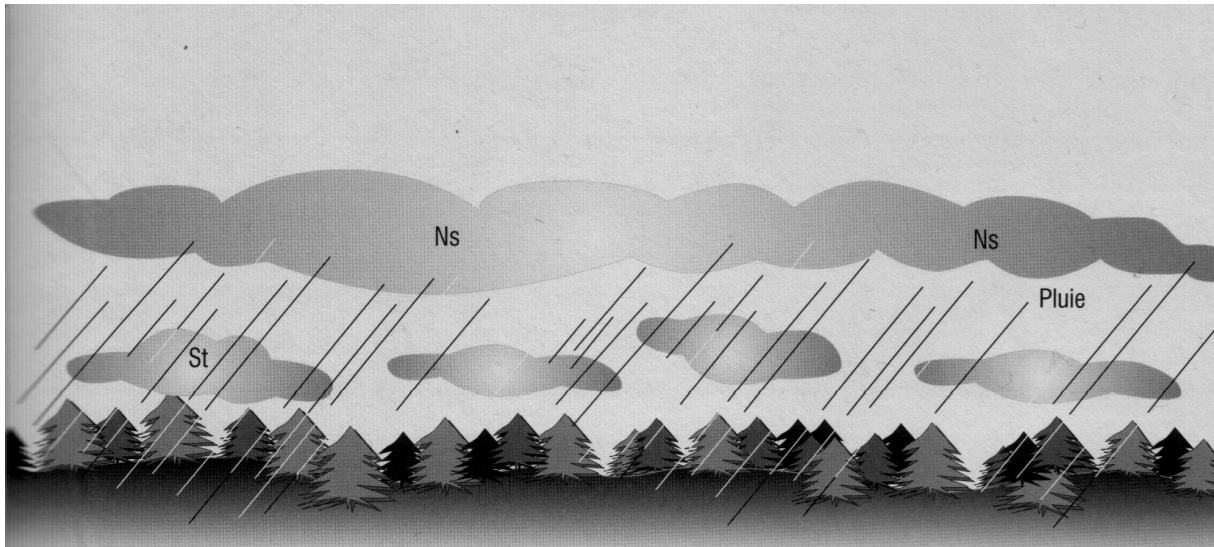
### Quand rencontre t on le stratus?

Dans la phase de dissipation des brouillard (généralement de rayonnement) par échauffement diurne.

Si l'échauffement est suffisant (printemps et été), le stratus se dissipe en cours de matinée. Il est suivi d'un ciel clair dans lequel on peut trouver de petits cumulus épars. En hiver et en automne, les stratus peuvent persister toute la journée, surtout si une couverture nuageuse supérieure vient empêcher le réchauffement. En soirée, le brouillard se reforme avec l'arrivée de la nuit.

### Stratus liés au passage d'un front

Leur formation est liée à l'évaporation des précipitations. Ils prennent la forme de paquets gris, défilant rapidement très près du sol (200 pieds). Ils se déplacent avec le front et s'évacuent avec lui. Le VFR est **bien entendu totalement impossible**.



**Dans les secteurs chauds** en hiver, les mouvements turbulents des basses couches peuvent entraîner la formation de stratus. Ils ont alors une grande étendue géographique et une forte nébulosité. Ils sont associés à de la brume ou parfois à du brouillard.

Leur déplacement est lié à celui de la perturbation. il faut généralement attendre le front froid pour les voir disparaître. Ils sont très voisins des brouillards d'advection.

**En début de traîne**, une masse d'air froid arrive sur le sol chaud et humide, l'évaporation entraîne localement la formation de stratus qui ne durent généralement pas. Le vent et la convection les éloignent. La traîne (cumulus, bonne visibilité) s'établit.

Vous rencontrerez ces stratus dans certaines régions propices et humides (Nivernais, par exemple). Notez que dans de nombreux cas la pression remonte vite dans la traîne, il s'agit d'une dorsale. et le matin suivant, du brouillard de rayonnement se forme.

Les conditions de brouillard et de stratus ne se présentent pas dans tous les cas de perturbations (brouillard de secteur chaud, ou stratus) ou de conditions anticycloniques (brouillard de rayonnement). Les conditions locales (hydrologie, relief, géologie...) ont une grande importance, mais il faut compter aussi avec les paramètres du moment (pression, vent, etc.).

C'est au prévisionniste d'analyser chaque critère et d'en déduire le risque de brouillard ou de stratus. Leur présence, observée ou prévue, est décrite, dans les METAR et les TAF et ce sera à vous de décider.

### **Vol en présence de stratus**

Les stratus liés à des perturbations empêchent totalement le VFR.

Si vous rencontrez des stratus provenant de la dissipation du brouillard de rayonnement, il ne faut pas vous engager sous cette couche, surtout en terrain vallonné car ils peuvent accrocher le relief. Le demi-tour dans une vallée peut être problématique : **il faut rebrousser chemin suffisamment tôt.**

Pour se garder une certaine marge de manœuvre, il ne faut pas débiter son vol dès l'amélioration des conditions météorologiques sur l'aérodrome mais attendre, par exemple, un écart de 2 à 3 degrés entre la température et le point de rosée qui confirmera l'amélioration.

### ***SOLUTION***

***DÉCIDER DE NE PAS DÉCOLLER OU DE NE PAS POURSUIVRE LE VOL PAR MAUVAISE VISIBILITÉ ET A BASSE HAUTEUR.***

## **L'ORGANISATION MÉTÉOROLOGIQUE**

L'information météo est élaborée à partir de Stations Météorologiques Aéronautiques (SMA) qui effectuent des observations sur le temps. Elles sont à l'origine des messages METAR, SPECI, etc.

Ces observations sont utilisées par les Centres Météorologiques Aéronautiques (CMA) pour établir des prévisions, diffusées par les messages TAF, CAFOR, SIGMET, les cartes TEMS1, les cartes en altitudes, etc.

En France, les SMA et les CMA sont généralement co-implantés et constituent, regroupés avec d'autres services, un Centre Départemental de la Météorologie (CDM).

Météo France a mis en place un système automatisé de répondeurs destinés à fournir les prévisions météorologiques pour un voyage aérien. Le pilote doit en priorité faire appel à l'un des systèmes mis à sa disposition. Toutefois, si un doute subsiste ou s'il veut obtenir des précisions, il peut avoir des compléments verbaux d'information en recueillant son dossier de vol au CDM, ou bien en téléphonant au 08 36 70 12 15 (N° d'appel identique pour toute la France).

## **LE DOSSIER DE VOL**

### **L'exposé verbal**

Il doit décrire la situation générale. Il comprend une analyse de flux en altitude, une description frontale, et les conditions prévues pour la durée du vol. Vous devez donc préciser clairement votre trajet et vos heures de départ et d'arrivée.

La qualité de la prévision est d'autant plus fiable que l'échéance est courte. Si vous êtes amené à retarder votre départ, renouvelez votre demande d'information peu avant votre nouvelle heure de départ.

Cet exposé s'appuie sur des messages d'observations et de prévisions, ainsi que de cartes décrivant le temps prévu en surface et en altitude.

### **Le METAR**

C'est un message d'observation, il est donc très fiable. Il se compose de paramètres estimés (visibilité, nébulosité...) ou mesurés (pression METAR sont rédigés systématiquement toutes les heures ou demi-heures).

D'autres messages peuvent être rédigés occasionnellement en cas d'aggravation ou d'amélioration des conditions météorologiques. Ce sont les messages SPECI.



Il est nécessaire de connaître parfaitement le vocabulaire de ces messages pour une bonne exploitation des renseignements.

### Exemple 1

<b>LFOP</b>	<b>03 0800Z</b>	<b>32004KT</b>	<b>CAVOK</b>	<b>10/10</b>	<b>Q1015</b>
Rouen	Date+heure de l'observation en UTC	Vent en surface	Ceiling and visibilit OK	températures	Pression

*LFOP: indicateur d'emplacement OACI*

*0800Z : jour + heure de l'observation en heures minutes UTC, suivi de la lettre Z (pour Zoulou)*

*32004KT: signifie un vent en surface du 320° (direction d'où vient le vent), de vitesse 04 nœud (moyenne sur 10 minutes).*

*CAVOK: signifie que toutes les conditions ci-de' simultanément réunies*

- *visibilité horizontale en surface supérieure ou égale à 10 km*
- *pas de nuage en dessous de 1500 (ou plus selon les conditions géographiques local ou MSA)*
- *pas de cumulo-nimbus*
- *pas de précipitations, ni orages, ni tempêtes de sable ou de poussière, ni brouillards minces, ni chasse-poussière, chasse-sable ou chasse-neige basse.*

*S'il n'y a pas de nuages, mais que CAVOK pas utilisable (visibilité inférieure à 10 km par exemple) on utilisera l'abréviation : SKC*

*10/10: température et point de rosée, en degrés Celsius précédés d'un « M » si négatifs*

*Q1015 : pression QNH en hPa, précédé de la lettre Q.*

**Exemple 2**

Si l'une des conditions du CAVOK n'est pas rempli, chaque élément est développé :

LFBA	1000Z	18010G20KT	3500	RA	0VC023	03/M01	Q1015
Agen	Heure	Vent	Visibilité	Temps présent	Nuages	Températures	GNH

Successivement on trouve les groupes suivants :

**18010G20KT** : le vent vient du 180°, vitesse 10kt avec rafales (G pour Gusting= rafale) à 20 kt.

Lorsque la différence entre la vitesse moyenne et la vitesse maximale est supérieur à 10 kt pendant l'observation, les deux valeurs sont indiquées.

**3500** : c'est la visibilité horizontale minimale sur le tour d'horizon mesurée en mètres ; si elle est supérieur à 10 km, elle est noté 9999.

**RA** : les phénomènes caractéristiques, tels que pluie, brouillard etc. Les abréviations utilisées sont regroupées dans le tableau,

METEO France		OBSERVATION		METAR / SPECI	
Temps significatifs					
QUALIFICATIF		PHENOMENES METEOROLOGIQUES			
Intensité ou proximité	Descripteur	Précipitations	Obscurcissement	Autres phénomènes	
1	2	3	4	5	
- Faible	<b>MI</b> Mince <b>PR</b> Partiel	<b>DZ</b> Bruine	<b>BR</b> Brume	<b>PO</b> tourbillons de poussière/ sable caractérisés	
modéré (pas de symbole)	<b>BC</b> Bancs <b>DR</b> Chasse- poussière / sable /neige basse	<b>RA</b> Pluie <b>SN</b> Neige	<b>FG</b> Brouillard <b>FU</b> Fumée	<b>SQ</b> Grains <b>FC</b> trombe(s) terrestre ou marine	
+ Forte		<b>SG</b> Neige en grain	<b>VA</b> Cendres volcaniques		
<b>VC</b> au voisinage	<b>BL</b> Chasse- poussière / sable /neige élevée <b>SH</b> Averse(s) <b>TS</b> Orage <b>FZ</b> Surfondue	<b>IC</b> Poudrin de glace <b>PE</b> Granules de glace <b>GR</b> Grêle <b>GS</b> Grésil et/ou neige roulée	<b>DU</b> poussière généralisée <b>SA</b> Sable <b>HZ</b> Brume sèche	<b>SS</b> Tempête de sable <b>DS</b> Tempête de poussière	

En cas de précipitations mêlées, les deux symboles sont accolés, dans un même groupe.  
Les groupes W'W' sont codés en respectant l'ordre des colonnes 1,2,3,4 et 5

tableau récapitulatif des codes du temps significatif

- OVC023 :** les nuages, ce groupe donne les indication sur :
- le nébulosité :
    - FEW** = peu 1 à 2/8
    - SCT** = épars 3 à 4/8, peu nuageux
    - BKN** = fragmenté 5 à 7/8, nuageux
    - OVC** = couvert 8/8, très nuageux
    - NSC** = pas de nuages en dessous de 1500m ni de Cb
  - la hauteur de la base des nuages : exprimée en centaine de pieds par rapport à l'aérodrome (dans notre ex, 2300ft)
  - le genre des nuages dans deux cas particuliers : présence de Cb, ou de TCU (Tower-cumulus ou cumulus congestus)

**03/M01 :** température (03°C) et point de rosée ( -01°C)

**Q1015 :** pression QNH en hPa

### Exemple 3

```

LFPO 270600Z  VRBO2KT 0600SW  6000E R07/0800N  R25/P1500  PRFG
OVCOO6
  a      b          c      d      e      f          g      h      i

10/10  01020 NOSIG =
  j      k      I

```

- a: Indicateur OACI de l'aérodrome LFPO: PARIS ORLY
- b: Jour heure UTC de l'observation 270600Z : le 27 du mois en cours à 06 h 00 UTC
- c: Vent VRB: direction variable  
 02: vitesse moyenne du vent observé au cours des 10 minutes précédant le moment de l'observation : 02 KT  
 KT: nœud, KMH : kilomètre/heure, MPS: mètre/seconde
- d: Visibilité horizontale en surface O600SW : 600 m dans la direction SUD-OUEST.
- e: Visibilité horizontale maximale en surface 6000E: 6km dans la direction EST.

Ce groupe est rajouté si la visibilité minimale est inférieure à 1 500 m dans une direction et supérieure à 5 000 m dans une autre direction.

- f: Portée visuelle de piste R07/0800N : RVR (Portée Visuelle de Piste) 800 m sur le seuil de piste 07, sans changement.

On précise la variation de la RVR lorsque celle-ci varie de 100 m ou plus pendant les 10 minutes qui précèdent l'observation. U : IJP, D : DOWN et N : pas de variation significative de la RVR.

- g: Portée visuelle de piste R25/P1 500: RVR supérieure à 1 500 m sur le seuil de piste 25.

- h : Temps présent significatif (voir fiche 3) PRFG : brouillard partiel (une grande partie de l'aérodrome est couverte alors que le reste est dégagé).
- i: Nébulosité et hauteur des nuages OVCOO6 : 8 octas (8ème), base 180 m (600 ft).
- j: Température/point de rosée 10/10 : température +10 °C, point de rosée +10 °C.
- k: Pression QNH 01020: 1020 hPa.
- l : Prévion de tendance NOSIG : pas de changement significatif prévu dans les 2 heures à venir.

RVR: Portée Visuelle de Piste: Runway Visual Range

### Message SPECI

Pour des variations importantes dans certains groupes constituant le message METAR, vent, visibilité, RVR, plafond, nébulosité des nuages bas et phénomènes significatifs, un message SPECI est établi. Il reprend les règles de rédaction du METAR et se termine par un groupe Mx (aggravation) et Bx (amélioration).

x est l'indicateur du phénomène (chiffre de 0 à 9) dont la variation fait l'objet du SPECI.

Mw <sub>2</sub> , Bw <sub>2</sub>	Utilisé uniquement en France et dans le SPECI M (aggravation), B (amélioration) W <sub>2</sub> indicateur du phénomène faisant l'objet principal du SPECI.		
W <sub>2</sub>	Phénomène	W <sub>2</sub>	Phénomène
0	Vitesse maximale du vent	5, 6	Non utilisé
1	Direction et/ou vitesse moyenne du vent	7	Tempête de poussière chasse-neige
2	Visibilité	8	Orage
3	Nuages bas	9	Grains ou trombe
4	Précipitations		

### Exemple de SPECI

LFBA	1000Z	18010 G20KT	3500	RA	0VC023	03/M01	Q1015	M1
Agen	Heure	Vent	Visibilité	Temps présent	Nuages	Températures	GNH	dégradation

### Tendance de la prévision d'atterrissage (TEND)

C'est un message de prévision toujours précédé d'un METAR ou d'un SPECI, valable pour les deux heures qui suivent l'observation. Il décrit des changements significatifs concernant le vent, la visibilité, tout phénomène important (orage, glaçante, grêle...), le plafond ou la nébulosité (tableau figure 53).

La tendance est annoncée par l'un des codes suivants :

Exemples de tendances que l'on peut trouver à la suite d'un METAR ou d'un SPECI

<b>TEMPO 3000 =</b>	la visibilité sera de 3 000 m selon la tendance TEMPO
<b>BECMG OVCOI2 =</b>	couvert à 1200 ft selon la tendance BECMG
<b>BECMG 2000 BKNOIO =</b>	la tendance s'applique au plafond et à la visibilité.
<b>BECMG ATI 130 BKNOIO =</b>	la tendance s'applique, à partir de 11 h 30 UTC, au plafond. Le changement s'amorcera au cours d'une période de 30 minutes débutant à 1130 UTC.
<b>BECMG FM 0630 35030KT=</b>	à partir de 0630 UTC le vent s'établira progressivement au 350 pour une vitesse de 30 K7T

voici quatre exemples de METAR, dont les trois derniers sont suivis d'un groupement « tendance »

**LFBS 0900Z 02010KT CAVOK 03/M00 Q 1020**

Pas de message tendance.

**LFLN 0600Z 32008KT 1200 R33/0300D BCFG OVCOO6 06/06 Q1017 TEMPO 0600**

Temporairement la visibilité descendra à 600 m.

**LFTW 0730Z 08008KT 2500 BR BKNOO8 07/06 Q 1020 NOSIG**

Pas d'évolution significative prévue dans les deux heures qui suivent l'heure d'observation.

**SFRN I000Z 22002KT 8000 SCTO13 SCTO30 BKN045 06/04 Q1017 RERA BECMG AT 1100 220 I5KT CAVOK**

progressivement, dès 11 heures la vitesse du vent augmentera jusqu'à I5KT et les conditions s'amélioreront pour devenir CAVOK.

## Le SIGMET

Le sigmet est un avis de phénomène dangereux. Il est rédigé par les services météo spécialisés, sur le plan régional ou national. Il peut intéresser le vol en condition VFR quand il informe de la présence de cumulo-nimbus, d'orages ou de lignes d'orages forts, de givrage fort, de forte grêle d'ondes orographiques marquées ou de turbulences fortes.

LFBB	SIGMET	I	VALABLE 121500/121900	LFBD	FRQTS
région	message	N°	date et heures de validité	Centre rédacteur	indication et description
OBS	FIR BORDEAUX	8LW320	MOV NE 10 KT		INTSF
observation	région concernée	localisation	déplacement		évolution

**SIGMET I VALABLE 121500/121900:**

*premier message SIGMET de la journée valable le 12 du mois de 15 h 00 à 19 h 00 UTC.*

**FRQ TS OBS FIR BORDEAUX BLW320:**

*orages fréquents observés et prévus dans la FIR Bordeaux en dessous du niveau FL320.*

**MOVNE IOKT:**

*se déplaçant vers le nord-est à une vitesse moyenne de 10 KT*

**INTSF:**

*phénomène dont l'intensité augmente.*

Le SIGMET est un message qui comporte (cf. exemple) quatre parties majeures

la présentation du message avec la date et les heures de validité, l'identification du centre rédacteur du SIGMET est un message qui comporte (cf. exemple) quatre parties majeures

- 1er. la présentation du message avec la date et les heures de validité, l'identification du centre rédacteur du message,
- 2e. la description du phénomène observé (OBS) ou seulement prévu (FCST) ; voir le tableau 1 récapitulatif des phénomènes pouvant faire l'objet d'un message SIGMET:

**codes utilisés dans les SIGMET**

<b>OBSC TS</b>	Orages obscurcis
<b>EMBD TS</b>	Orages noyés dans des couches nuages
<b>FRQ TS</b>	Orages
<b>LSQ TS</b>	Orages lignes de grains
<b>HVYGR</b>	Fortes grêle
<b>TC + nom</b>	Cyclone tropical
<b>SEV TURB</b>	Turbulence forte
<b>SEV ICE</b>	Givrage fort
<b>FZRA</b>	Pluie se congelant
<b>SEV MTW</b>	Onde orographique forte
<b>HVY DS</b>	Tempête de poussière forte
<b>HVY SS</b>	Tempête de sable forte

La localisation se fait à l'aide de repères géographiques importants (villes, fleuves, montagnes, ...), après avoir précisé la région d'information concernée par le phénomène (UIR ou FIR)

- 3e. le déplacement du phénomène (MOV) ou son caractère stationnaire (STNR).
- 4e. l'évolution du phénomène, si son intensité augmente (INTSF) ou diminue (VKN) ou reste inchangée (NC).

Si le temps doit subir des variations aéronautiquement significatives au cours des 9 ou 18 heures de validité, le TAF est constitué de plusieurs parties, chacune décrivant une évolution du temps. Les codes employés pour les TAF et les METAR sont presque identiques, seule la mise en forme change.

### Le TAF

C'est un message de prévision. Il décrit le temps prévu sur l'aérodrome pour une durée de 9 heures (TAF court) ou de 18 heures (TAF long). Toutes les trois heures un nouveau TAF réactualise les prévisions précédentes. Ils sont disponibles une heure auparavant, ainsi le TAF valable de 0900UTC jusqu'à 1800UTC est écrit dès 0800UTC.

#### *Exemple 1*

<b>LFBL</b>	<b>140500Z</b>	<b>0615</b>	<b>34006KT</b>	<b>CAVOK</b>
Limoges	Date/heures de rédaction	Validité	Vent	

#### **140500Z:**

message rédigé le 14, à 5 heures UTC.

#### **0615:**

valable de 0600 à 1500 heures UTC. Ce message est un TAF court (validité de 9 heures).



**Exemple 2**

<b>LFQQ</b>	<b>I80800Z</b>	<b>0312</b>	<b>26010KT 6000 OVC030</b>	<b>BECMG 0810</b>	<b>9999 BKNO26</b>
Lille	Rédaction	Validité	Conditions 03 et 08 h UTC	Variations et heures	Nouvelles conditions météo

**26010KT 6000 OVC030:**

la succession des groupes, vent, visibilité (ou visibilités multiples), temps présent, nuages est identique au message METAR.

A noter l'utilisation de deux abréviations supplémentaires utilisées pour le temps présent et les nuages :

- **NSW** : pas de temps significatif prévu,
- **NSC** : pas de nuages en dessous de 1500 m ni de Cb, s'utilise, par exemple, lorsque la visibilité est inférieure à 10 km (CAVOK ou SKG, non applicables).

**BECMG 0810:**

évolution progressive à partir de 8 jusqu'à 10 heures UTC. Les conditions seront 6000 OVC030 jusqu'à 8 heures UTC et deviendront « 9999 BKNO26 à partir de 10 heures UTC.

On ne précise que les conditions qui varient par exemple, le vent restera du 260 10KT de 03 à 12 heures UTC, puisqu'il n'est pas inclus dans le changement.

**Exemple 3**

<b>LFMN</b>	<b>250800Z</b>	<b>0018</b>	<b>32010 KT 9999 SCT023CB BKN030TCU</b>
Nice	Rédaction	Validité	Conditions météo dominantes

<b>TEMPO</b>	<b>SHRA BKNO26TCU</b>	<b>PROB30</b>	<b>TEMPO 1418</b>
Variation	Conditions intermittentes	Risque	Variation et heures

**26025G40KT 3000 TSGRRA BKN016CB**

Conditions possibles

**TEMPO** : n'est pas accompagné d'un groupe horaire, il faut donc se reporter au groupe horaire précédant soit 0018 UTC TAF long valable 18 heures.

**PROB 30** : ce terme est utilisé dans les TAF pour indiquer les risques de voir les conditions décrites plus loin se réaliser, **PROB 30** est un risque fort, **PROB 40** un risque très fort. On trouve aussi le groupe **PROB TEMPO**,

Entre 14 et 18 heures UTC il y aura temporairement les conditions suivantes : vent du 260° à 25 kt et rafales à 40 kt, visibilité 3 000 mètres, orages avec grêle et pluie, cumulo-nimbus.

#### Exemple 4

<b>LFRB</b>	<b>110800Z 0918 0000KT 2800 BR OVC006 OVC100</b>	<b>BECMG 10128000</b>
Brest	conditions avant le changement	changement

<b>NSW SKC</b>	<b>FM143000 / 15Z CAVOK</b>
(suite)	changement à 14 h 30

**OVC006 OVC 100** : contrairement au message MET4R (uniquement message d'observation), même si la couche nuageuse la plus basse est soudée (OVC) on indique, dans les TAF les couches supérieures lorsqu'elles existent.

**BECMG 1012** : entre 10 heures et 12 heures UTC l'évolution concernera le plafond et la visibilité.

**NSW SKC** : BR est remplacé par des conditions non significatives (NSW). **SKC** : ciel clair

**FM1430 00 / 15Z CAVOK** à 14h30 les conditions devraient être CAVOK et il est prévu qu'à partir de 15h00 UTC, la température soit de 0°C. 00/15Z est un groupe facultatif situé immédiatement après le groupe d'évolution (FM, BECMG, TEMPO ou PROB).

Dans les messages TAF on n'utilise pas le groupe NOSIG, seul FM, BECMG, TEMPO, PROB TEMPO sont employés.

#### Exemples de TAF à transcrire:

*LFLY 080800Z 0918 VRB03KT 6000 BKNO2O OVCJOO BECMG 1013 9999 BKN033 BKN100 BECMG 1317 18010KT 9999 SCTO4O BKNIOO*

*LFRK 310500Z 1524 24008KT 9999 OVC025 TEMPO 6000 DZ BKNOO5 BKNO2O*

*LFOT 010500Z 0615 210V30005KT 4000NW OVC006 BKN050 PROB30 TEMPO 0608 2000 BR OVC003 BECMG 0912 30012KT 6000 OVC020 OVC050 TEMPO 1215 2500 +RA OVC005 OV050*

## La carte TEMSI

C'est une carte prévue, décrivant la situation météorologique et destinée à l'utilisation aéronautique. La carte est tracée environ 6 heures avant la validité. Elle est valable pour une heure donnée, c'est-à-dire qu'il faut éventuellement l'interpréter si l'heure du vol ne correspond pas. On diffuse une carte toutes les 3 heures (06 UTC, 09 UTC, 12 UTC...).

## Les informations disponibles sur une carte TEMSI EUROC et TEMSI France

- 1 Date et heure de validité.
- 2 Centre de pression (H : anticyclone L dépression) avec l'indication de la valeur du centre de pression et du déplacement, noté par une flèche et une vitesse en kt. Sur notre exemple un anticyclone à 1046 hPa est stationnaire.

**SLW** indique un déplacement lent, **STNR** indique un état stationnaire.

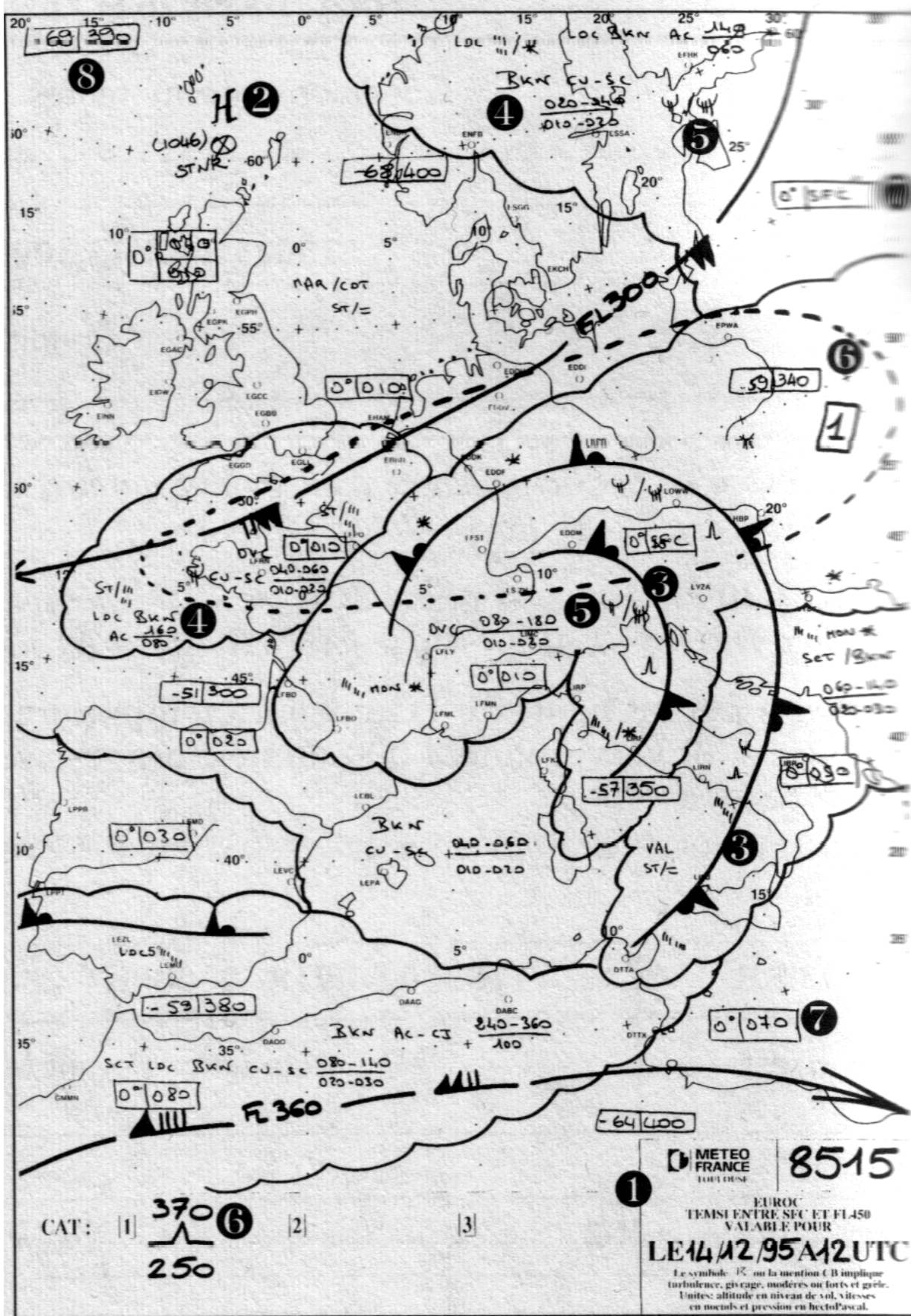
- 3 Position des fronts en surface avec indication du déplacement voir les symboles utilisés.
- 4 Limite de temps significatif marquée par une ligne festonnée avec à l'intérieur l'indication des **nuages associés (AC, CU, NS...)**, de la **nébulosité (SKC, SCT, BKN, OVC)**, des **indications morphologiques (LYR, EMBD...)**, niveau de la base et du sommet des nuages.

On interprète **SCT LOC BKN CU SC 020/030 -080/140** par **épars et localement fragmenté par cumulus et strato-cumulus** dont la base varie entre les niveaux 020 à 030 et le sommet entre les niveaux 080 et 140.

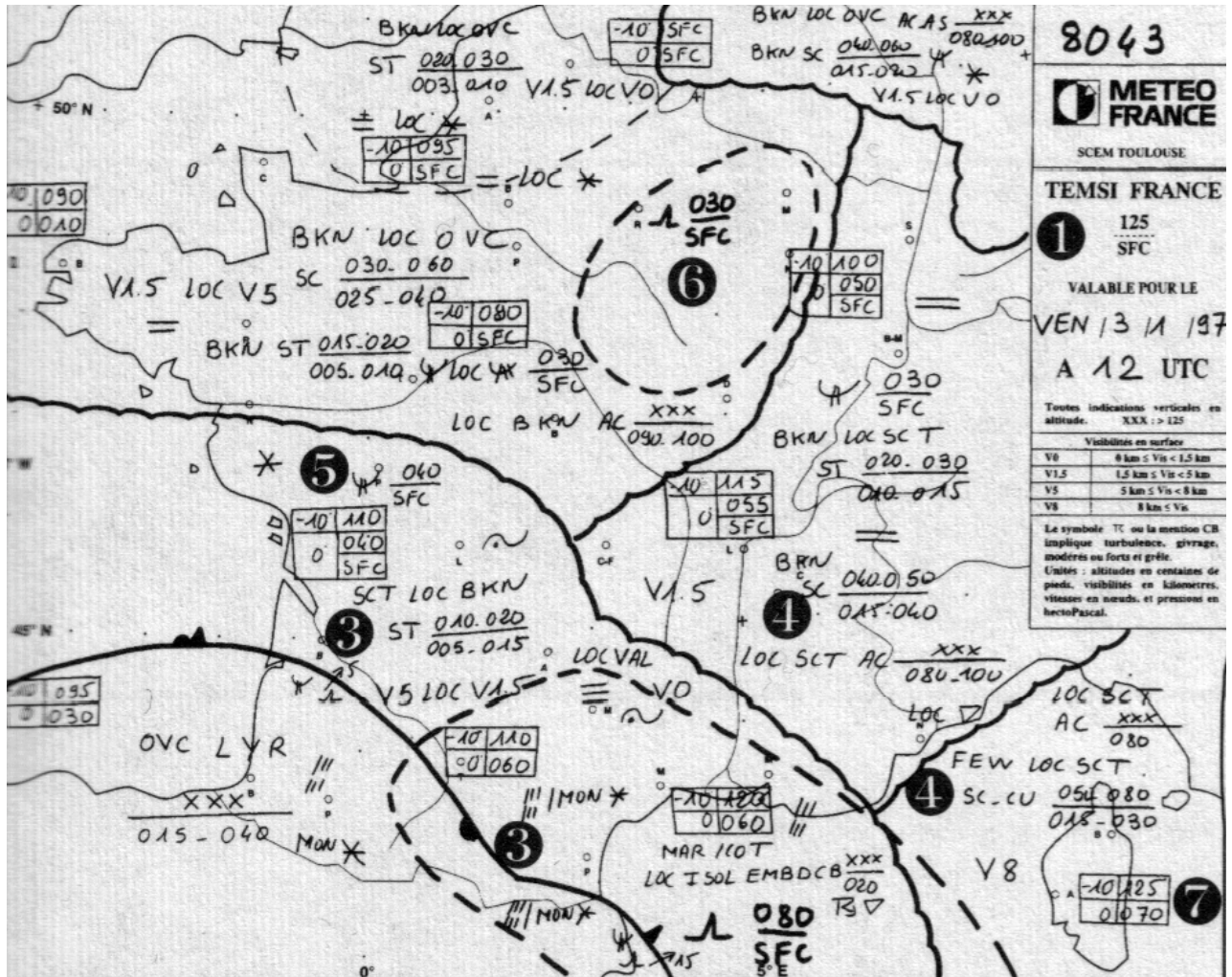
**FRQ ST 005-010 / xxx** signifie « **stratus fréquents** » dont la base varie entre **500 ou 1000 ft** par rapport à la surface 1013 hPa et dont le sommet est indéterminé .

- 5 Temps significatifs (givrage, turbulence, averses...), avec les symboles les représentation et une indication sur l'intensité.
- 6 Turbulence en air clair **TAC** (ou **CAT** en anglais). C'est un phénomène de haute altitude qui n'intéresse pas les vols VFR.
- 7 Niveau de l'isotherme zéro degré et de l'isotherme  $-10^{\circ}\text{C}$ .
- 8 Température et niveau de la tropopause (n'intéresse pas les vols VFR).
























Il est à noter que toutes les indications de niveaux (base et sommet des nuages, isotherme  $0^{\circ}\text{C}$ ...), sont données par rapport à la référence 1013,25 hPa sur la carte TEMSI EUROC et doivent donc être converties en altitude en fonction du QNH pour une meilleure exploitation de l'information (position des nuages par rapport au relief). On peut obtenir des confirmations avec les hauteurs données par les messages TAF et METAR qui se réfèrent à l'altitude de l'aérodrome.



Carte TEMSI "EUROC"




Carte TEMSEI FRANCE simplifiée, éditée par Météo France, destinée aux pilotes privés sur la zone France (l'altitude de référence est celle de la mer)

METEO FRANCE		CARTES DE PRÉVISION DU TEMPS SIGNIFICATIF		TEMSI
SYMBOLES DU TEMPS SIGNIFICATIF			LOCALISATION	
	Pluie (Rain)		Brume sèche de grande étendue (Widespread haze)	COT : sur la côte
	Bruine (Drizzle)		Turbulence modérée (Moderate turbulence)	LAN : à l'intérieur des terres
	Pluie se congelant (Freezing rain)		Turbulence forte (Severe turbulence)	LOC : localement
	Neige* (Snow)		Turbulence en atmosphère claire (Clear air turbulence)	MAR : en mer
	Averse* (Shower)	CAT	Turbulence en atmosphère claire (Clear air turbulence)	MÔN : au-dessus des montagnes
	Grêle (Hail)		Ligne de grains forts (Severe line squall)	SFC : en surface
	Givrage faible* (Light icing)		Orage (Thunderstorm)	VAL : dans les vallées
	Givrage modéré (Moderate icing)		Ondes orographiques (mountain waves) - MTW	CIT : à proximité ou au-dessus des villes importantes
	Givrage fort (Severe icing)		Cyclone tropical (Tropical cyclone)	
	Brume de grande étendue (Widespread mist)		Chasse-neige élevée de grande étendue (Widespread blowing snow)	
	Brouillard étendu* (Widespread fog)			
	Fumée de grande étendue (Widespread smoke)			
	Forte brume de sable ou de poussière (Severe sand or dust haze)			
	Tempête de sable ou de poussière de grande étendue (Widespread sandstorm or duststorm)			

\* Ces symboles ne sont pas utilisés pour les vols à haute altitude





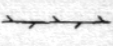

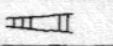





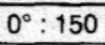

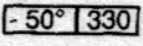


ABRÉVIATIONS UTILISÉES POUR EXPRIMER LA QUANTITÉ DE NUAGES	
<b>CUMULONIMBUS</b> <b>ISOL</b> : Cb isolés <b>OCNL</b> : CB bien séparés <b>FRQ</b> : CB peu ou pas séparés <b>EMBD</b> : CB noyés dans des couches de nuages	<b>AUTRES NUAGES</b> <b>SKC</b> : ciel clair (0 octa) <b>FEW</b> : peu (1 à 2 octas) <b>SCT</b> : épars (3 à 4 octas) <b>BKN</b> : fragmenté (5 à 7 octas) <b>OVC</b> : couvert (8 octas) <b>LYR</b> : en couches

**NUAGES**

- La base et le sommet des nuages et des phénomènes sont donnés en niveaux de vol, le signe xxx indique que la base (ou le sommet) est en dehors de la tranche de l'espace aérien du TEMSI.  
- La mention Cb ou le symbole , doivent être interprétés comme englobant tous les phénomènes météorologiques normalement associés aux cumulonimbus ou aux nuages (Ψ, Λ, Δ...).

*Extrait de l'Aide-mémoire pour une meilleure compréhension de l'information météorologique codée à destination de l'aéronautique, de Météo France.*

les deux pages TEMSI (aide mémoire)

	<b>METEO FRANCE</b>	<b>CARTES DE PRÉVISION DU TEMPS SIGNIFICATIF</b>	<b>TEMSI</b>
<b>REPRÉSENTATION DES FRONTS, DES ZONES DE CONVERGENCE ET DES SYSTÈMES ISOBARIQUES</b>			
	front froid (en surface)		front quasi stationnaire (en surface)
	front chaud (en surface)		ligne de convergence
	projection en surface du front occlus		zone de convergence intertropicale
<p> <b>25</b> : Le chiffre donne la vitesse prévue du déplacement (en nœuds)   La flèche indique la direction prévue du déplacement  <b>SLW</b> : Déplacement lent  <b>STNR</b> : Stationnaire  <b>L</b> : Centre de basse pression  <b>H</b> : Centre de haute pression                      Avec indication de la pression au centre en hectopascals (hPa)                 </p>			
<b>DÉLIMITATION DES ZONES</b>			
	Ligne festonnée : limite des zones de temps significatif		
	Ligne épaisse discontinue : limite des zones de Turbulence en Air Clair		
	NB : un chiffre entouré d'un carré peut renvoyer à une légende indiquant les caractéristiques de la zone de CAT (turbulence en air clair).		
<b>AXES DE JET</b>			
	FL340	axe d'un courant jet avec indications sur le vent maximal (nœuds) (voir plus loin la signification des barbules et des fanions) et son niveau. La double barre indique des changements de niveau de 3 000 pieds au maximum et/ou des changements de vitesse du vent de 20 nœuds	
<b>ISOTHERME 0°, TROPOPAUSE</b>			
	Altitude en niveau de vol de l'isotherme 0 °C		
	Altitude en niveau de vol de la tropopause : sur certaines cartes nationales, on pourra aussi noter la représentation  température et niveau de la tropopause		
	: Altitude maximale de la tropopause		
	: Altitude minimale de la tropopause		
<p>Extrait de l'Aide-mémoire pour une meilleure compréhension de l'information météorologique codée à destination de l'aéronautique, de Météo France.</p>			

## La carte des vents et des températures prévues

Ces cartes fournissent les indications de vents et températures prévus à différents niveaux de pression (dans notre exemple 850 hPa). Il y a quatre cartes par jour, à 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, et 18 UTC. Elles sont établies par ordinateurs en fin de nuit pour l'ensemble de la journée qui suit.

Trois niveaux intéressent plus particulièrement les VFR, 950, 850 et 700 hPa soient respectivement 2 000 ft, 5 000 ft et 10 000 ft. Etudions les informations contenues dans ces cartes.





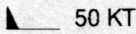


- 1 Niveau considéré 850 hPa. Date et heure de validité, cette carte est valable à 12 heures UTC.
- 2 Centre de pression (H : anticyclone ; L : dépression).
- 3 Température inscrite dans un cercle. Si elle est précédée du signe + **elle est positive, sinon elle est négative**. Sur notre exemple au niveau 850 hPa, à la verticale de Marseille, la température est de + 6°C.

Pour estimer la température à un niveau peu différent de 700 hPa, utiliser la variation verticale de température standard soit 2 °C par 1000 ft.

Pour connaître la température en un lieu où elle n'est pas indiquée, une interpolation est nécessaire. Par exemple, on estime à la verticale de Toulouse une température de - 5 °C, interpolée entre Marseille (-4°C) et San Sebastian (-6°C)

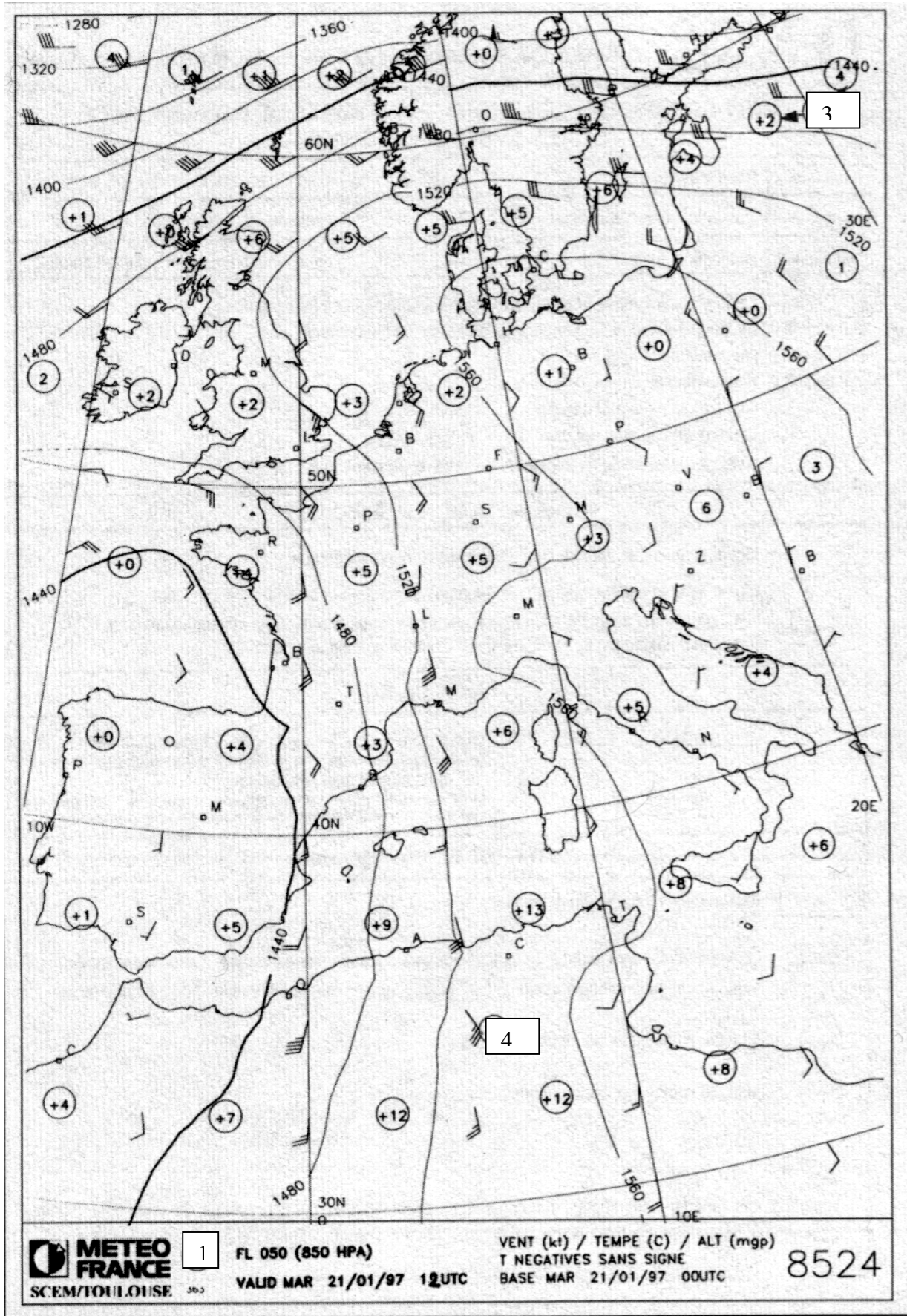
- 4 Le vent : pour la lecture du symbole voir le tableau suivant. Par exemple, à Brest le vent souffle du 030° pour 30 kt. Les **isohypes** s'interprètent de la même façon que les isobares :
  - Dans l'hémisphère nord, le vent tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, autour des anticyclones et dans le sens inverse autour des dépressions ( information déjà décrite précédemment)
  - Lignes isohypes serrées : vent fort ; lignes isohypes espacées : vent faible. (déjà vue également)
  - Le vent est tangent aux isohypes.

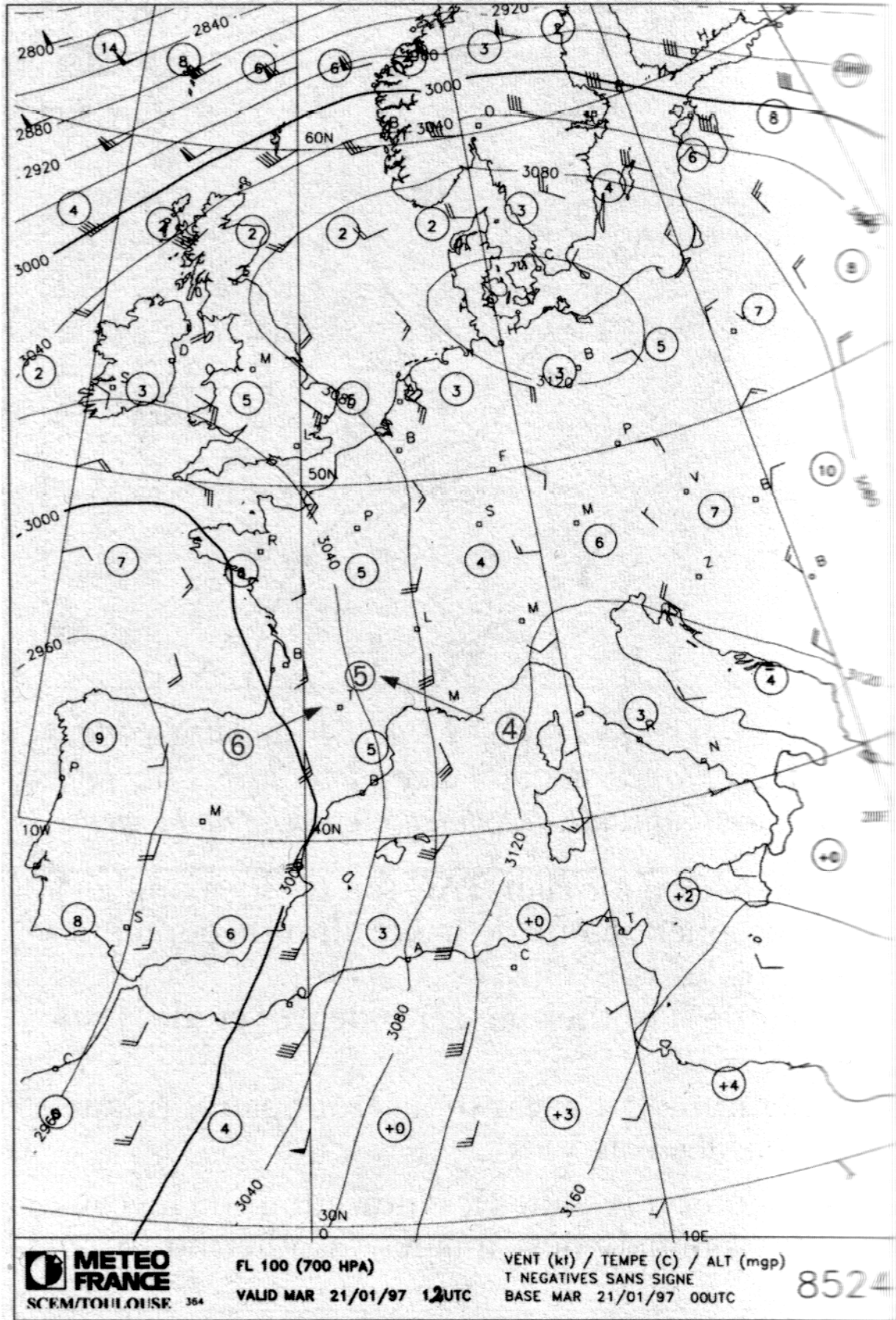
Sur les cartes prévues à 950, 850 et 700 hPa, deux isohypes sont séparées de 40 mètres.

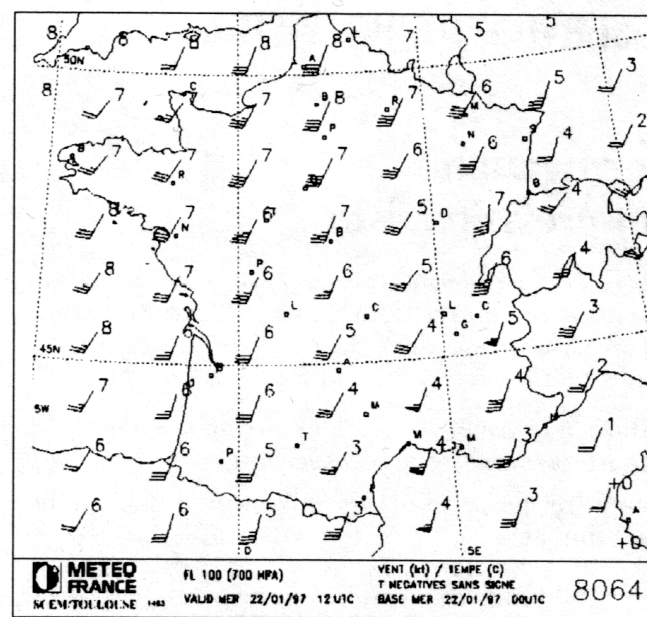
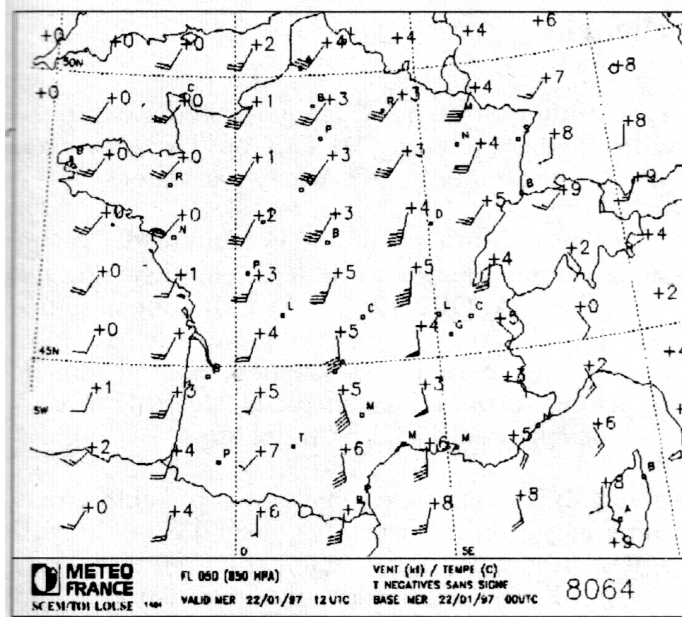
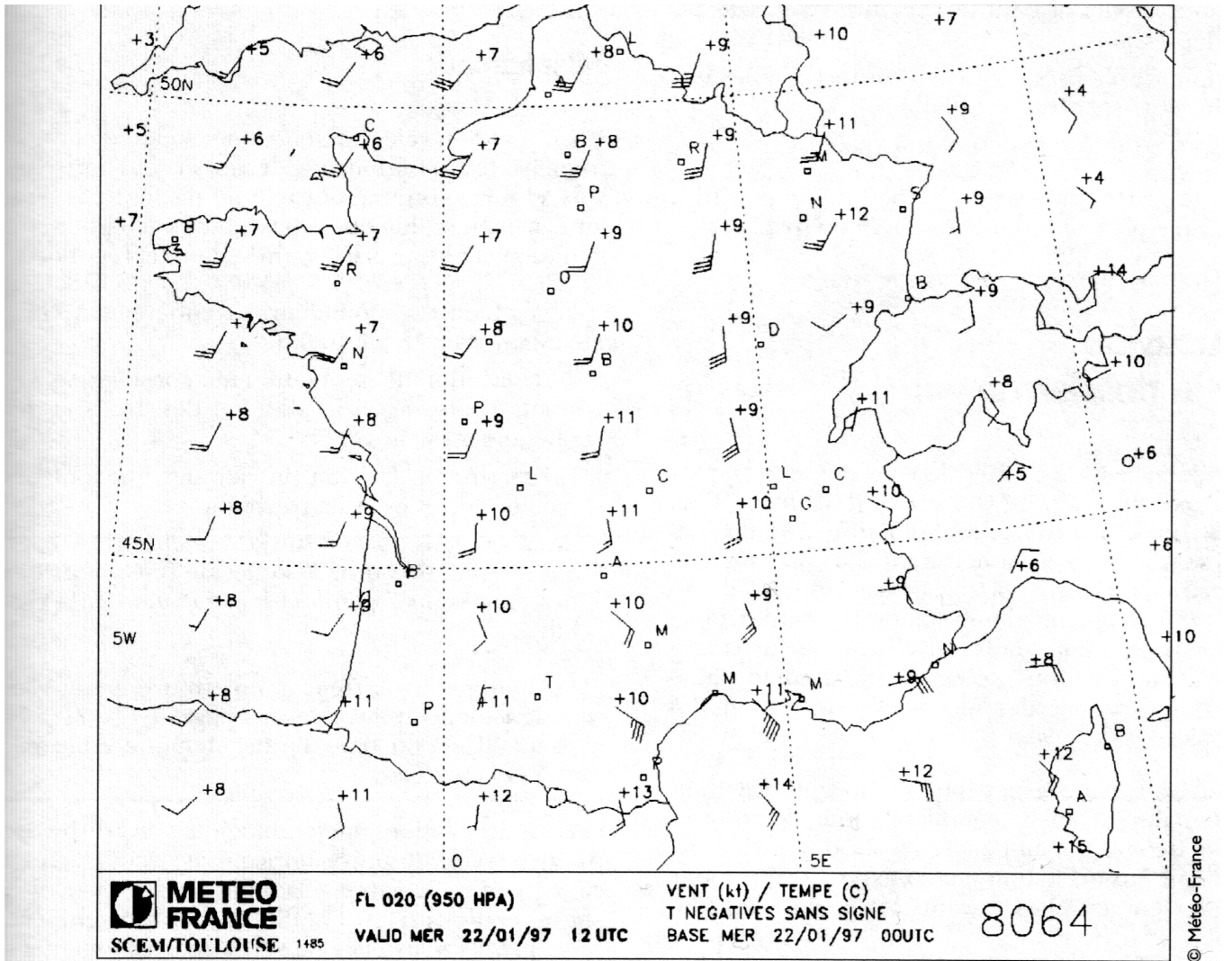
 METEO FRANCE		<b>CARTES DES VENTS ET TEMPÉRATURES EN ALTITUDE</b>	
L : Centre d'un système de basse altitude		H : Centre d'un système de haute altitude	
LIGNES CONTINUES (— 1480) : isohypes cotées en mètres géopotentiels et sur certaines cartes			
LE VENT EST REPRÉSENTÉ PAR UN SYSTÈME DE FLÈCHES, BARBULES ET FANIONS 			
Les flèches indiquent la direction du vent et le nombre de barbules donne sa vitesse			
 10 KT	 5 KT	 50 KT	Calme o
 Température en °C (positive) (le cercle peut être omis)		 Température en °C (négative) (le cercle peut être omis)	

symboles et codes utilisés dans les cartes des vents et températures en altitude









## **PROTECTION TÉLÉPHONIQUE PAR UN SERVICE DE PREVISION**

### **Interrogation d'un prévisionniste**

Nous nous ramenons dans ce cas à l'exposé verbal d'un prévisionniste déjà décrit dans le dossier de vol les mêmes recommandations s'imposent.

- indiquer le trajet, les escales prévues, l'heure de départ et d'arrivée avec précision
- connaître le vocabulaire météorologique (thalweg, dorsale...).

Pour une bonne compréhension vous devez aussi avoir une carte de France sur laquelle vous positionnerez les zones aéronautiquement gênantes (fronts, orages, stratus...). Vous devez aussi pouvoir prendre des notes. Ce service est accessible par un numéro de téléphone figurant dans la partie GEN 71 à 76 de l'atlas VAC.

## **LES REPONDEURS AUTOMATIQUES**

### **Téléphoniques**

Par répondeur téléphonique, un système d'enregistrement des prévisions est destiné à renseigner les vols VFR. Si votre aérodrome ne dispose d'un bureau météorologique, vous pouvez téléphoner à la station la plus proche équipée d'un tel répondeur.

Le bulletin du répondeur est entièrement commenté en clair. Il comprend :

- la description de la situation météorologique l'évolution prévue, la localisation des fronts et des phénomènes dangereux
- la description de l'état du ciel, des phénomènes météorologiques et leur évolution
- des prévisions portant sur le vent en surface et en altitude, le niveau de l'isotherme 0 °C, le niveau des nuages, leur genre et leur nébulosité. La visibilité.

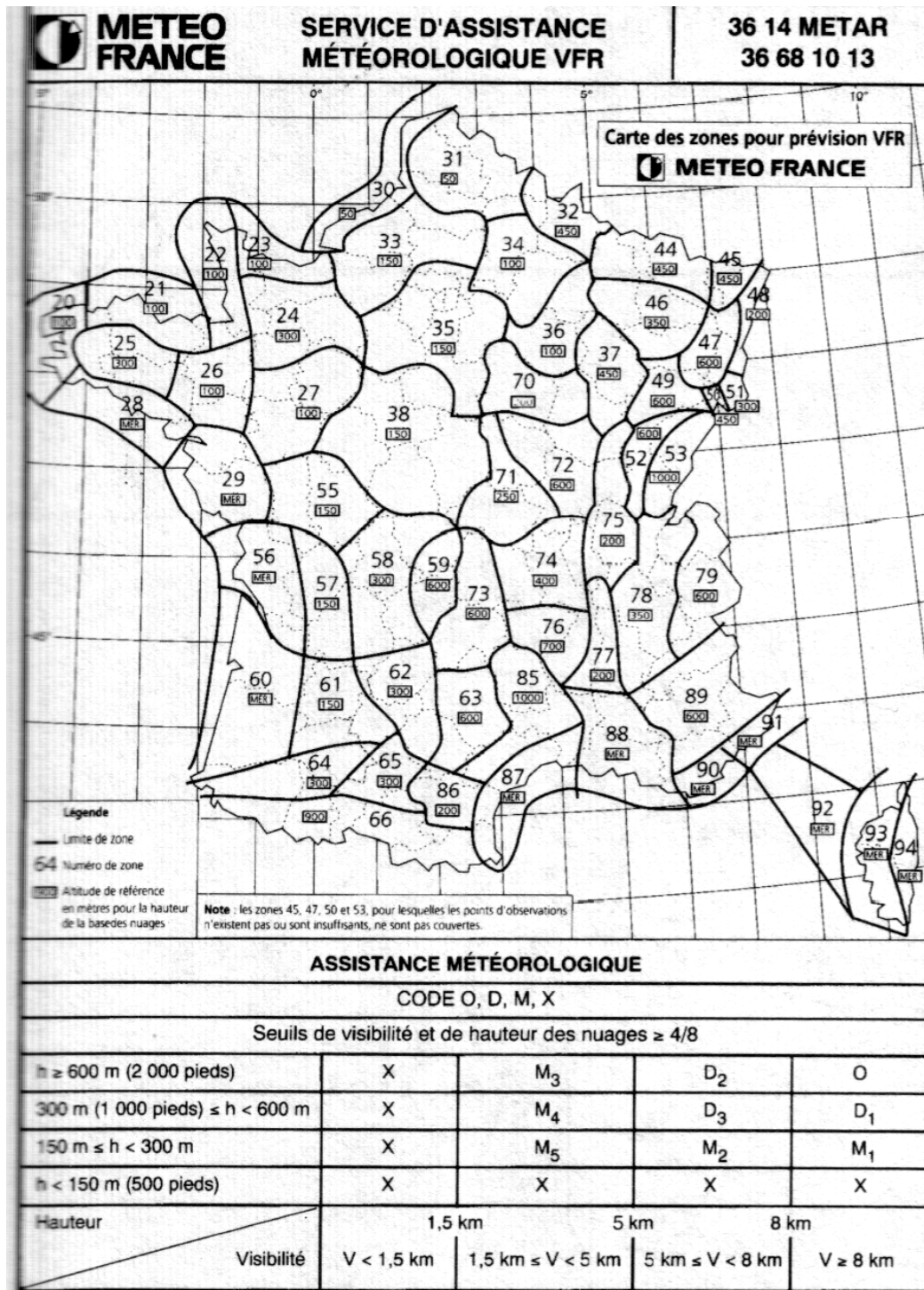
Pour utiliser ce système, vous trouverez tous les renseignements utiles dans les pages GEN -de l'atlas VAC ou dans l'Aide Mémoire édité par METEO-FRANCE.

Dans les stations météorologiques ne disposant pas de service de prévision, vous avez aussi accès à ce type d'information. De plus, vous consulter des cartes TEMSI, de vent et températures prévus mais elles ne seront pas commentées et nécessiteront donc une parfaite connaissances des codes, des symboles etc.

## **MINITEL**

Par Minitel, vous pouvez aussi obtenir des prévisions et des messages METAR ou TAF. Les prévisions sont données par zone ou par trajet.

Les prévisions de visibilité et hauteur des nuages sur les zones VFR sont données selon le code O, D, M, X (ou GAFOR). Les zones VFR sont désignés par des numéros. Le numéro d'appel du Minitel, le code et les numéros des zones figurent sur des imprimés disponibles auprès de Météo-France, ou dans les pages GEN 71 à 76 des atlas VAC



Extrait de l'Aide-mémoire pour une meilleure compréhension de l'information météorologique codée à destination de l'aéronautique, de Météo France.

L'accès à ce service est également possible sur certains aérodromes (liste en page GEN74 des atlas VAC), grâce à des bornes télématiques utilisées pour la consultation de l'information aéronautique ou de la transmission des plans de vol.

Les bulletins par téléphone ou Minitel ont une validité de 6 heures. Trois bulletins l'hiver, et quatre l'été, sont enregistrés à 06 h UTC (05 h UTC l'été), 09 h UTC, 12 h UTC et 15 h UTC en été. Lord d'un voyage aérien, la prévision doit être notée sur un imprimé spécifique disponible dans les stations météorologiques. Cet imprimé doit être emporté en vol.

## TELECOPIEUR

Par télécopieur; le répondeur AEROFAX permet d'obtenir un dossier comprenant une carte TEMSE, trois cartes (le vent et températures aux niveaux de vol 020, 050 et 100 et une sélection de METAR et de TAF sur la France entière.

Quelle que soit la manière dont vous vous êtes procuré la prévision météorologique pour votre voyage, la documentation que vous avez constituée est la preuve, en cas de contrôle d'un service officiel, que vous avez effectué l'action préliminaire au vol exigée par les Règles de l'Air. Vous devez en outre vérifier que la prévision couvre la durée et le trajet entier du vol.

***Exemple de prévisions visibilité/hauteur des nuages par Minitel (code GAFOR, O, D, M, X):***

*85/94 O/D2 LOC TEMPO D3 RA/SHRA MON X LOC SHSN ISOL TEMPO 0915 CB/TS*

### ***Interprétation***

*85 / 94 0 D2 : conditions dans les zones 85 et 94 ; h > 600 m, visibilité > 5000 m.*

*LOC TEMPO D3 RA/SHRA : localement et temporairement la hauteur des nuages pourra descendre à 300 m à cause de la pluie ou des averses.*

*MON X LOC SHSN: en montagne, des averses de neige rendront localement le VFR impossible.*

*ISOL TEMPO 0915 CB/TS: isolément et temporairement entre 09 h UTC et 15 h UTC, vous pourrez rencontrer des cumulo-nimbus et des orages, infranchissables en VFR.*

**LES INFORMATIONS ACCESSIBLES EN VOL**

Pendant le vol, vous pourrez être amenés à actualiser les informations météorologiques dont vous disposez.

Vous avez plusieurs possibilités :

**Le message VOLMET**

C'est un message en clair; donnant des informations sur la situation météorologique de la zone survolée en diffusant les METAR des principaux aérodromes.

Les fréquences des VOLMET sont données dans la partie GEN de l'atlas VAC.

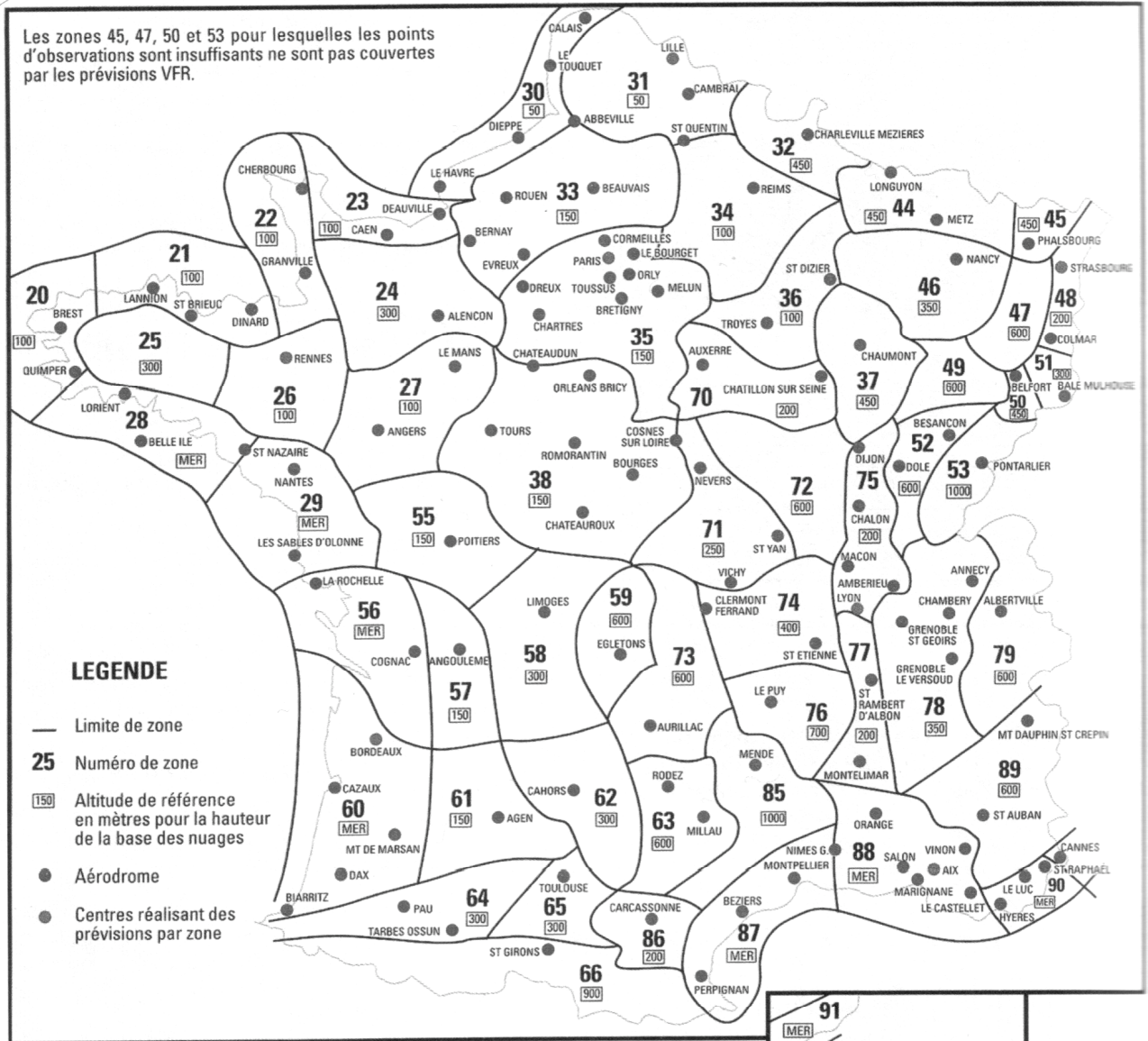
**Le message ATIS**

C'est un message enregistré en clair; radiodiffusé (fréquence disponible sur les cartes VAC, contenant des informations météorologiques d'aérodrome (vent, plafond, visibilité, température, QNH et QFE, état des pistes, etc.

La fréquence des ATIS ainsi que leur numéro d'appel téléphonique (lorsqu'un tel accès est possible) sont publiés sur les cartes VAC.

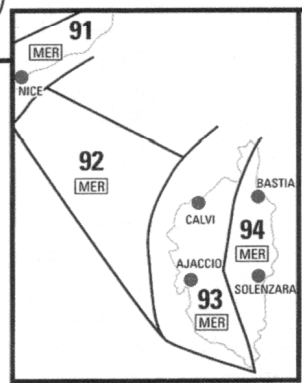
**Le service d'information de vol**

Ce service peut être rendu par tout organisme de la circulation aérienne, et à ce titre vous pouvez obtenir les derniers renseignements météorologiques notamment pour les aérodromes de destination ou de déroutement. Il est cependant préférable d'utiliser les fréquences ATIS ou VOLMET si cela s'avère possible.



**VOLMET (FR)**

PARIS	125.15	METAR de Bâle - Beauvais - Brest - Lille - LYON Satolas - Nantes - PARIS CDG - PARIS Orly - Reims - Strasbourg - Tours.
MARSEILLE	128.6	METAR de Ajaccio - Bastia - Lille - LYON Satolas - Marseille - Montpellier - Nice - Nîmes - PARIS CDG - PARIS Orly - Toulouse.
BORDEAUX	127.0	METAR de Biarritz - Bordeaux - Lille - Marseille - Nice - Pau - PARIS Orly - PARIS CDG - Tarbes - Toulouse - Tours.



cartes de zones pour prévisions VFR