



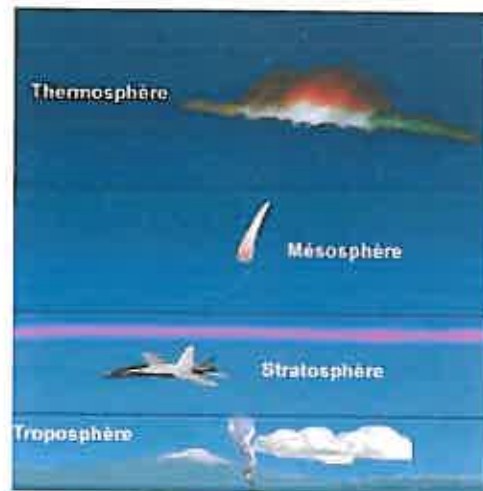
**Définition** : enveloppe gazeuse qui entoure la terre, sur quelques centaines de kilomètres.

## **Répartition verticale** :

Le gaz se raréfie avec l'altitude.

99% de la masse totale de l'atmosphère se trouve entre 0 et 30 km d'altitude.

L'atmosphère est subdivisée en plusieurs couches qui ont pour nom troposphère, stratosphère, mésosphère et thermosphère.



## **Composition** :

- Air sec (99.97%) :
  - azote 78%
  - oxygène 21%
  - argon 1%
  - ozone entre 15 et 45 km
- Vapeur d'eau
- Poussières

## **Description** :

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

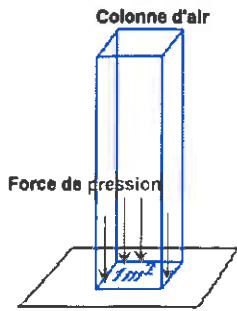
- la température (voir fiche météo n°2)
- la pression (voir fiche météo n°3)
- l'humidité (voir fiche météo n°4)
- le vent (voir fiche météo n°7)

## **Atmosphère standard** :

Pour les besoins de l'aéronautique, il a été nécessaire de "figer" l'atmosphère en une atmosphère moyenne, dite standard.

Cela permet entre autres de décrire les performances des aéronefs et de les localiser dans le plan vertical.

Au niveau de la mer, température  $_{std} = 15^{\circ}\text{C}$   
pression  $_{std} = 1013.25 \text{ hPa}$

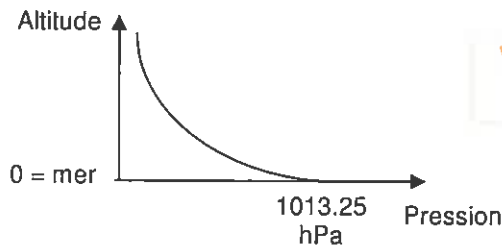


**Def :** poids de la colonne d'air s'étendant jusqu'à la limite supérieure de l'atmosphère, au dessus de la surface de section de base unité.

L'unité de mesure est le Pascal. Cependant, en météorologie, on utilise préférentiellement l'hectopascal (1 hPa = 100 Pa).

**Variations de pression**

Lorsque l'on s'élève dans l'atmosphère, on a de moins en moins de molécules d'air au dessus de soi : la pression est maximum au sol et elle diminue avec l'altitude.



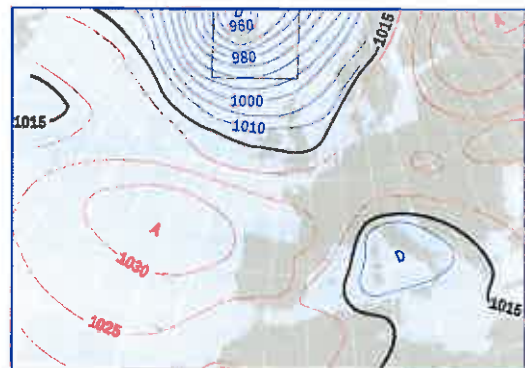
Variation de pression :  
1 hPa / 28 ft

**Champs de pression**

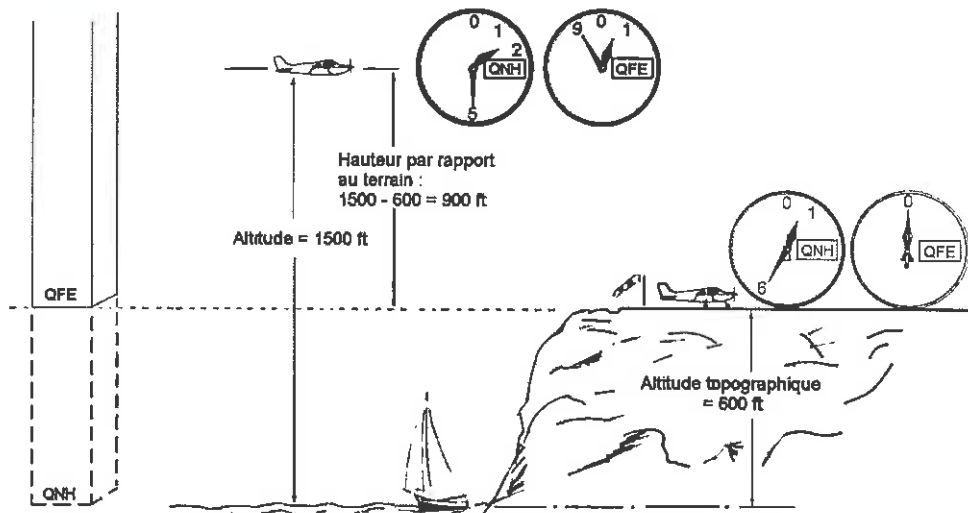
**Anticyclone :** zone de hautes pressions (symbole A ou H)

**Dépression :** zone de basses pressions (symbole D ou L)

**Isobare :** ligne reliant les points d'égale pression



**Calages altimétriques**



- QFE : Pression atmosphérique au niveau de l'aérodrome.  
Le calage QFE donne la **hauteur** entre l'aérodrome et l'avion.
- QNH : Pression atmosphérique au niveau de la mer.  
Le calage QNH donne l'**altitude** de l'avion par rapport à la mer.
- 1013 : Pression atmosphérique standard au niveau de la mer.  
Le calage 1013 est utilisé pour voler en **niveau de vol**.

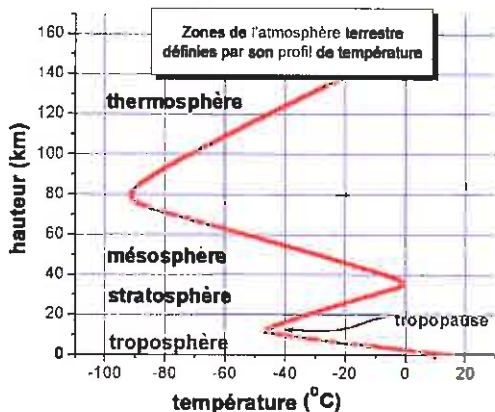


**Def :** quantité qui caractérise la sensation de chaleur ou de froid.

En France, la mesure des températures est réalisée suivant l'échelle Celsius notée °C.

## Variations de température

Dans la troposphère, c'est à dire du sol jusqu'à environ 11 km d'altitude, la température décroît quand l'altitude augmente, jusqu'à  $-56.5^{\circ}\text{C}$ .



Variation de température  
(troposphère) :  
2°C / 1000 ft  
soit 6.5°C / 1000 m

## Echanges thermiques

### Rayonnement

Tout corps chaud transmet son énergie par rayonnement dans la gamme des infrarouges.

Le rayonnement solaire, bien qu'une partie soit absorbée par la couche d'ozone et par la troposphère, demeure assez intense pour réchauffer considérablement la surface de la terre. Ainsi réchauffée, la terre rediffuse sa chaleur par rayonnement à l'air situé dans les basses couches.

### Conduction

La conduction est un phénomène qui tend à répartir la chaleur dans un corps.

La chaleur des parties chaudes d'un objet se répand graduellement vers les parties froides.

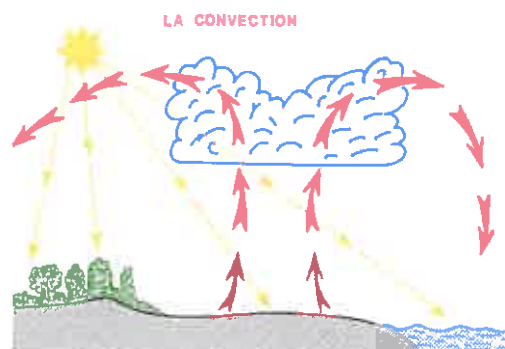
La transmission de la chaleur dépend du matériau : l'air et le sol terrestre sec sont des mauvais conducteurs, l'eau est un bon conducteur.

### Convection

Nécessitant un mouvement, la convection ne s'applique qu'aux gaz et aux liquides.

Si une partie d'un gaz (ou d'un liquide) est chauffée, sa densité diminue et le volume chauffé monte. Il doit donc être remplacé par un volume égal venant des couches voisines plus froides.

Il s'établit ainsi des courants verticaux ascendants et descendants appelés courants de convection.



L'eau dans l'atmosphère peut exister sous trois formes :

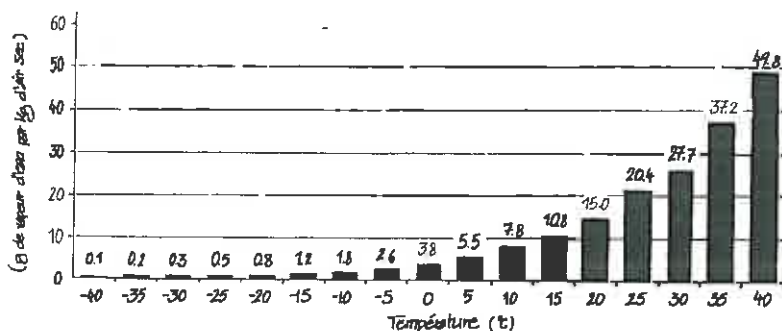
- solide
- liquide
- gaz

## Quelques définitions

### Vapeur d'eau

C'est l'eau à l'état gazeux contenue dans l'air.

La quantité de vapeur d'eau dont l'air peut se charger augmente avec la température.



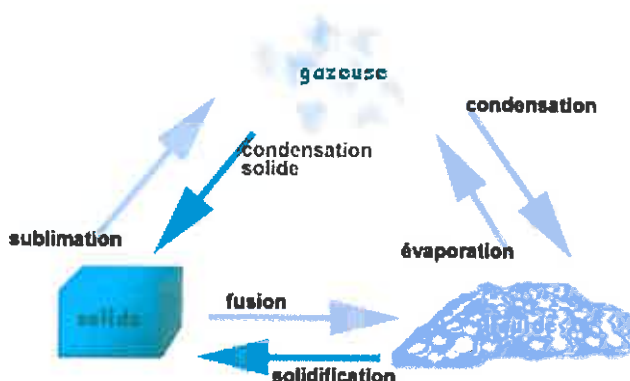
**Humidité** quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air

**Humidité relative** =  $\frac{\text{vapeur d'eau réelle}}{\text{vapeur d'eau maximum}}$

Lorsque l'humidité relative atteint 100%, on se trouve à l'état de **saturation**.

**Point de rosée** température à laquelle doit être refroidit l'air pour que l'humidité relative atteigne 100%.

## Changements d'état



### Condensation / évaporation

Lorsque la température de l'air baisse au-delà du point de rosée, la condensation intervient. De fines gouttelettes d'eau se forment autour de noyaux de condensation en suspension dans l'air (poussières diverses). Le phénomène inverse est l'évaporation.

### Solidification / fusion

L'eau refroidie en dessous de 0°C se solidifie (neige, glace). Inversement, il y a fusion.

### Surfusion

Dans l'atmosphère, les gouttelettes d'eau restent souvent liquides à des températures inférieures à 0°C. Elles sont en état de surfusion. Le phénomène est courant dans le brouillard et les nuages où l'on observe des gouttelettes d'eau surfondues jusqu'à des températures de -40°C.

**Def :** ensemble visible de minuscules particules d'eau liquide et/ou de cristaux de glace en suspension dans l'atmosphère.

## Formation

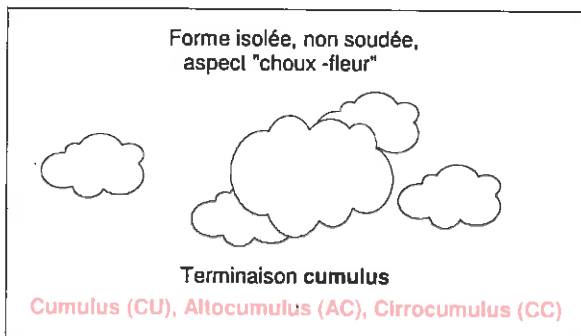
Les nuages se forment par refroidissement de l'air ascendant. Lorsque la température diminue, la quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir l'air diminue, donc l'humidité relative augmente. Lorsque l'humidité relative atteint 100%, la condensation apparaît autour de minuscules particules solides.

## Répartition verticale

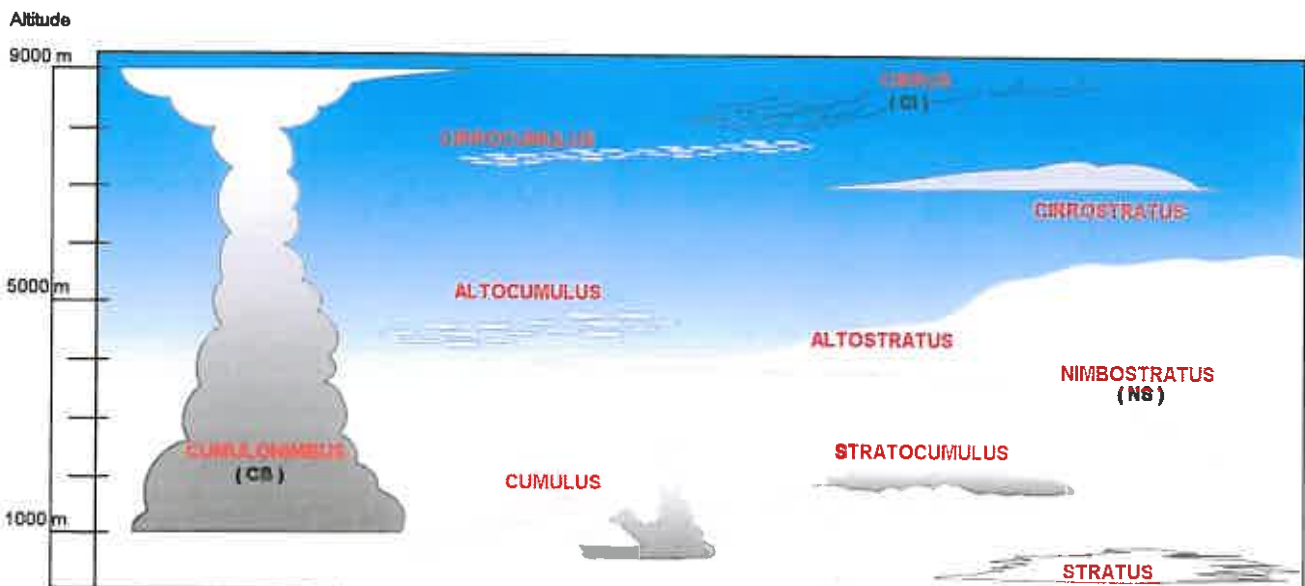
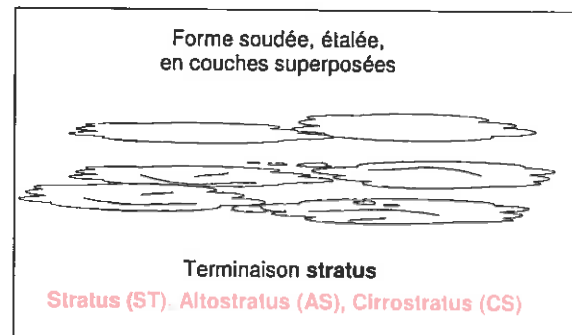
- Les nuages dont la base est approximativement située **au dessus de 6 km** de hauteur sont constitués de cristaux de glace : préfixe "**cirro**"
- Les nuages dont la base est approximativement située **entre 2 et 6 km** de hauteur sont constitués de cristaux de glace et de gouttelettes d'eau liquide : préfixe "**alto**"
- Les nuages dont la base est approximativement située **entre le sol et 2 km** de hauteur sont constitués d'eau liquide : **pas de préfixe**
- Certains nuages peuvent présenter une grande extension verticale. Ce sont les nuages caractéristiques des précipitations et du mauvais temps : préfixe ou terminaison "**nimbus**"

## Classification

### NUAGES CUMULIFORMES



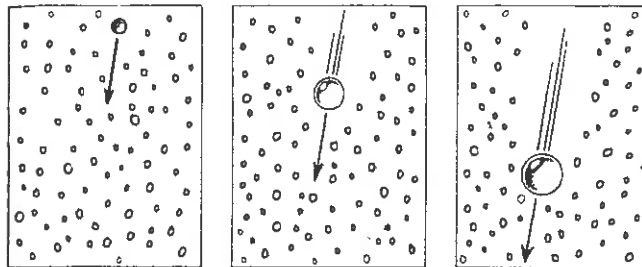
### NUAGES STRATIFORMES



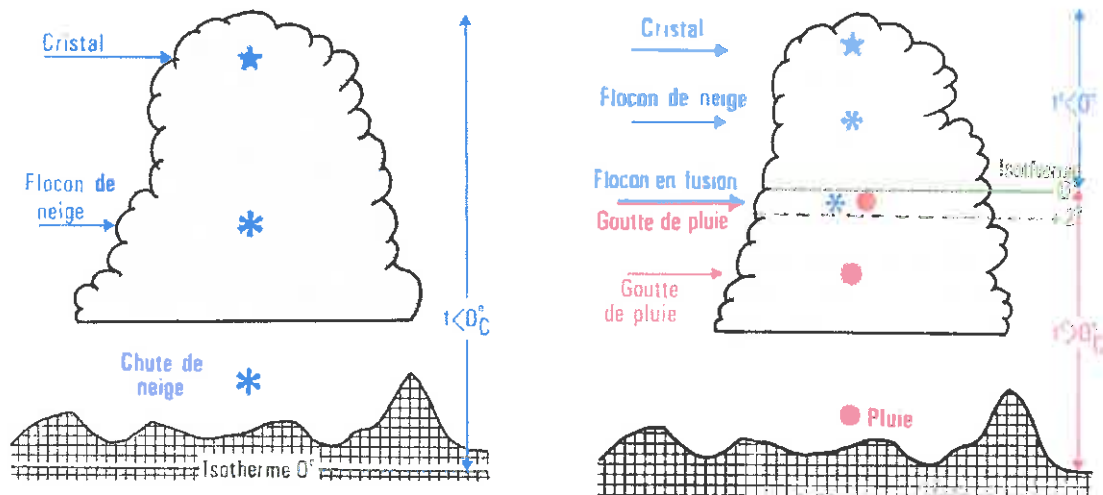
**Def :** ensemble de particules d'eau liquide et/ou solide tombant d'un nuage.

## Formation

Dans la partie du nuage où la température est négative coexistent cristaux de glace et gouttelettes d'eau surfondues. Par transfert de vapeur d'eau et par choc, les éléments constitutifs du nuage grossissent et, sous l'effet de leur poids, ils précipitent.



Toute précipitation commence presque toujours par un flocon de neige. Si ce flocon, en tombant, arrive dans une couche où la température est supérieure à 0°C, il se transforme en une goutte de pluie.



## Nature

**La bruine :** très fines gouttelettes d'eau d'un diamètre inférieur à 0.5 mm, très rapprochées les unes des autres, et provenant de nuages bas à extension horizontale (stratus, stratocumulus) et du brouillard.

**La pluie :** gouttelettes de plus grandes dimensions que la bruine provenant de nuages plus épais et de plus grande étendue (altostratus, nimbostratus).

**La neige :** cristaux de glace dont la plupart sont ramifiés, parfois étoilés. Pour des températures comprises entre 0° et -10°, les cristaux sont agglomérés en flocons dont le diamètre est compris entre 0.5 et 2.5 cm. Même origine que la pluie.

**La grêle :** globules de glace de dimensions importantes allant de quelques mm à quelques cm de diamètre, provenant de nuages instables à forte extension verticale (cumulonimbus).

**Les averses :** précipitations brutales, intenses, très localisées et de courte durée. Elles proviennent de nuages instables à forte extension verticale. On distingue les averses de : pluie, neige, grêle.

**Def :** Le vent est l'air en mouvement horizontal.

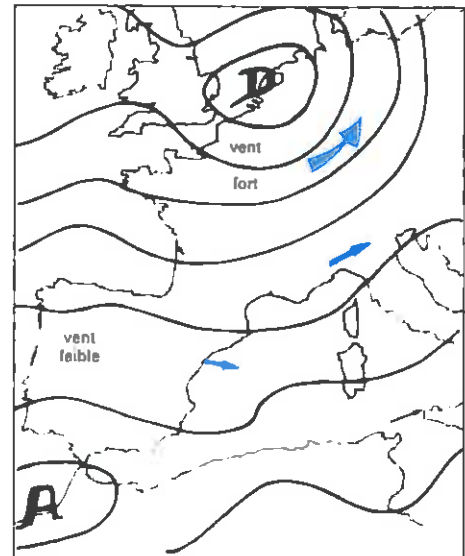
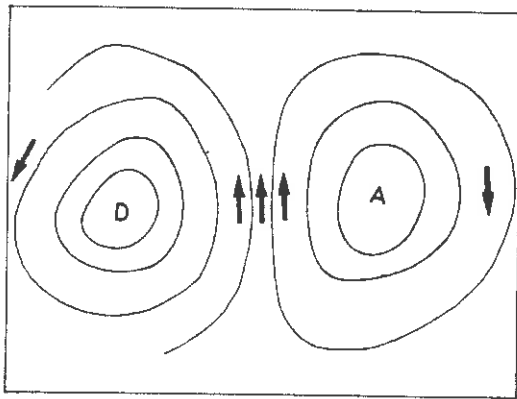
Si la terre était immobile, le vent se dirigerait directement des hautes pressions vers les basses pressions, mais par suite de la rotation de la terre, il se produit une déviation des mouvements de l'air vers la droite dans l'hémisphère nord.

La **direction** du vent devient alors sensiblement **parallèle aux isobares** (lignes d'égale pression).

## Vent et champ de pression

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.

Dans l'hémisphère sud, ces circulations sont inversées.

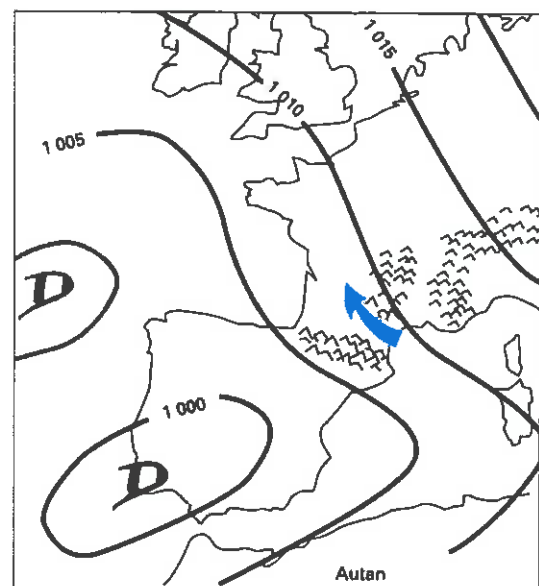
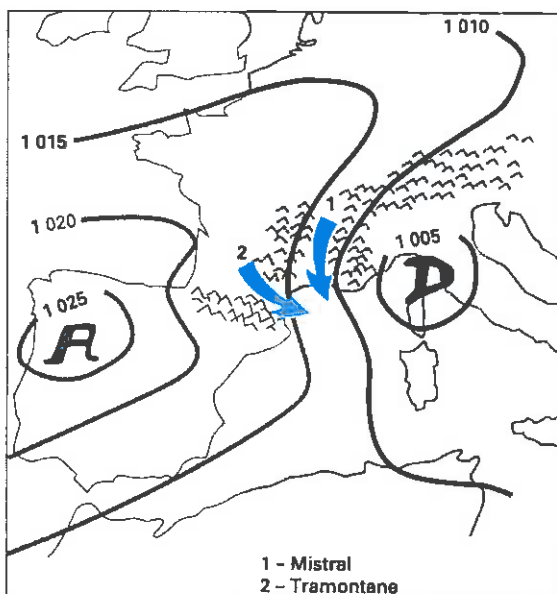


La **force** du vent est proportionnelle à l'**espacement des lignes isobares**.

*Lignes isobares serrées : vent fort*

*Lignes isobares espacées : vent faible*

## Les vents dominants en France

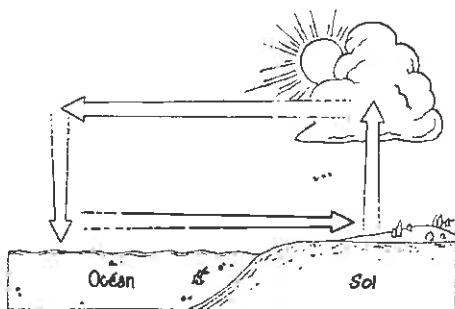


**Def :** Vent local régulier qui s'établit près des lacs, de la mer, des montagnes et dans les vallées.

Il est provoqué par les différences de température entre les masses d'air dans les basses couches de la troposphère et suit un cycle jour / nuit.

## Les brises en régions côtières

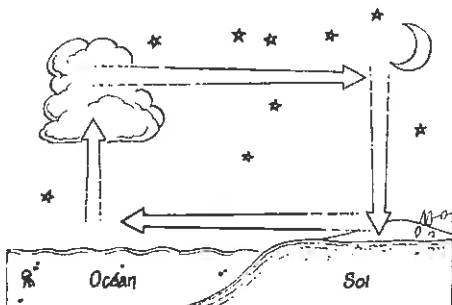
La variation de la température de l'eau étant plus faible et moins rapide que celle de la surface de la terre :



### La brise de mer

**De jour**, sous l'effet du rayonnement solaire, la surface de la terre se réchauffe *plus vite* que la masse d'eau. L'air au contact du sol s'élève en faisant place à une *dépression* qui "aspire" l'air plus froid situé au-dessus de la mer.

C'est la brise de mer, orientée de la mer vers la terre.

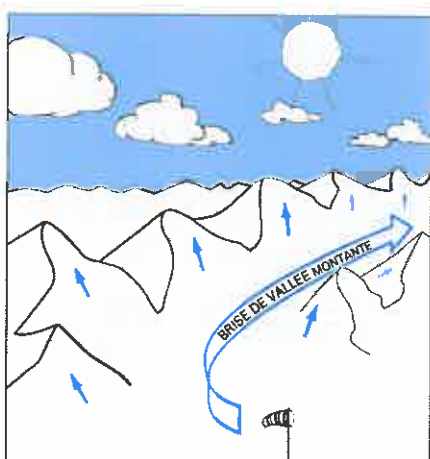


### La brise de terre

**De nuit**, la masse d'air en contact avec le sol se refroidit plus rapidement que celle en contact avec la mer et le phénomène inverse se produit.

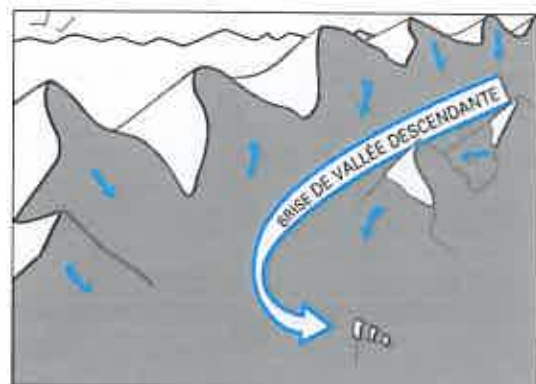
C'est la brise de terre, orientée de la terre vers la mer.

## Les brises en régions montagneuses



### La brise de pente et de vallée montante

**De jour**, l'air au contact des pentes ensoleillées s'échauffe et s'élève le long des pentes. Pour compenser l'air ainsi emprunté au fond de la vallée, un vent s'établit, dirigé vers l'amont.



### La brise de pente et de vallée descendante

**De nuit**, on assiste aux effets inverses : l'air en contact avec les sommets se refroidit et s'écoule le long des pentes. Par accumulation au fond de la vallée, l'air froid s'écoule ensuite vers l'aval, en suivant la vallée.



## Masses d'air

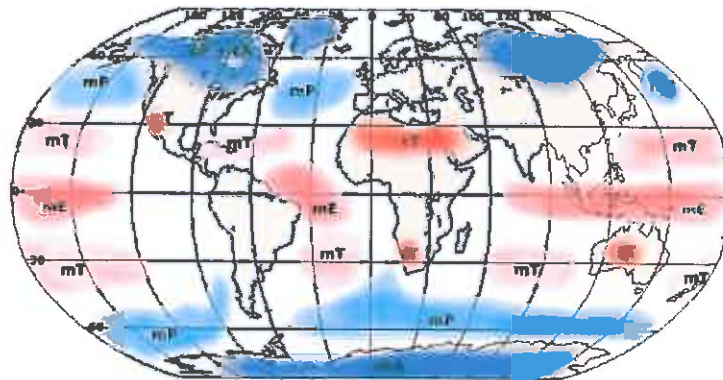
**Def** : grande étendue d'air dans laquelle la température et l'humidité varient peu.

Certaines régions du globe ont des propriétés de température et d'humidité uniformes au sol. Les masses d'air surmontant ces régions acquièrent ces mêmes propriétés. Les masses d'air se déplacent alors selon les principes de la circulation atmosphérique générale : l'air froid tend à s'écouler vers l'équateur alors que l'air chaud se dirige vers les pôles. Elles subissent des modifications au fur et à mesure de leur passage au-dessus de régions ayant d'autres caractéristiques.

Les masses d'air sont classées selon deux caractéristiques :

- **la température** :
  - Très chaude* : masse d'air **équatoriale** (E)
  - Chaude* : masse d'air **tropicale** (T)
  - Froide* : masse d'air **polaire** (P)
  - Très froide* : masse d'air **arctique** (A)
- **l'humidité** :
  - Sèche* : masse d'air **continentale** (c)
  - Humide* : masse d'air **maritime** (m)

Plusieurs combinaisons sont donc possibles pour former les masses d'air.



## Les masses d'air en Europe

Plusieurs masses d'air peuvent atteindre l'Europe et y apporter un temps caractéristique :

### **Air polaire maritime :**

Temps à nuages cumuliformes et averses.

### **Air polaire continental :**

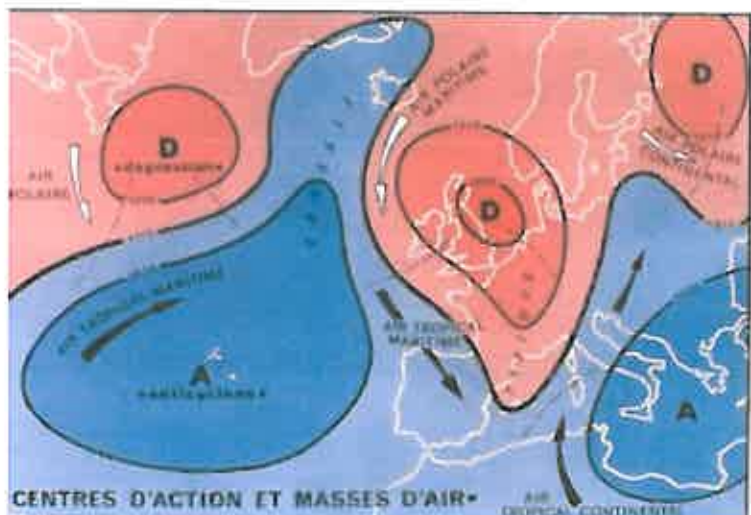
Temps clair et sec, avec occasionnellement des stratus ou stratocumulus.

### **Air tropical maritime :**

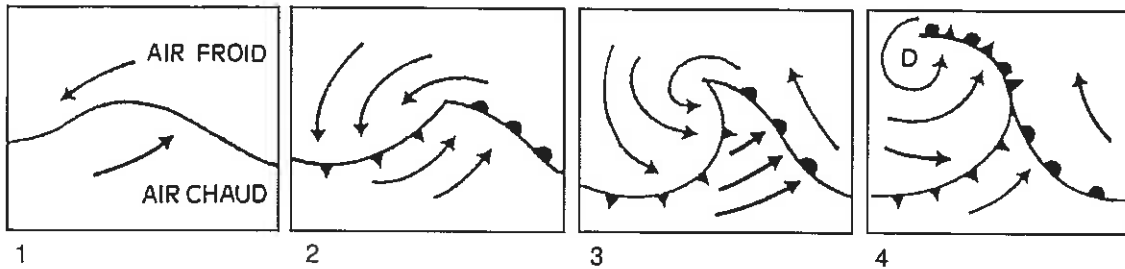
Temps à brumes, brouillards ou nuages stratiformes bas.




### **Air tropical continental :**

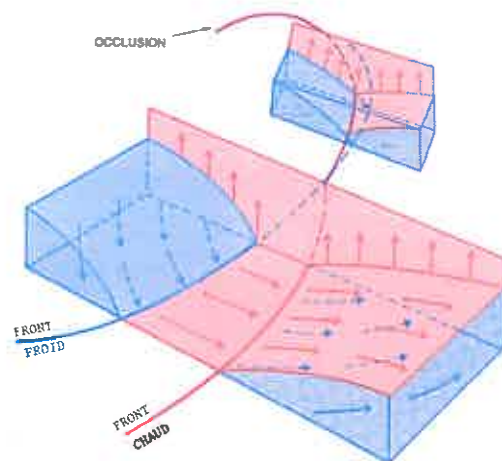
Temps provoquant souvent des orages sur les reliefs.



**Formation d'une perturbation**



1. Le **front** est la surface de séparation entre la masse d'air froide et la masse d'air chaude. Le front se déforme sous l'influence de l'air froid et de l'air chaud qui tendent à poursuivre leur chemin, vers le sud pour le 1<sup>er</sup>, vers le nord pour le 2<sup>nd</sup>.
2. L'ondulation du front détermine deux limites :
  -  Le **front chaud** : l'air chaud repousse l'air froid devant lui et passe au dessus.
  -  Le **front froid** : l'air froid postérieur pousse l'air chaud devant lui et au dessus de lui.
3. Après constitution de la perturbation, le front froid se déplace plus vite que le front chaud.
4.  L'**occlusion** se produit lorsque le front froid rattrape le front chaud, le rejetant en altitude.



**Nuages associés aux fronts**



**Brume** =

Suspension dans l'atmosphère de microscopiques gouttelettes d'eau, réduisant la visibilité entre 1 km et 5 km.

**Brouillard** ≡

Suspension dans l'atmosphère de petites gouttelettes d'eau ou cristaux de glace, réduisant la visibilité à moins de 1 km.

Le brouillard se forme principalement par refroidissement d'une masse d'air humide. Le refroidissement conduit à la saturation puis à la condensation.



**Def** : dépôt de glace opaque ou transparent

Ψ givrage faible

ΨΨ givrage modéré

ΨΨΨ givrage fort

## Formation du givrage en vol

Les nuages et les brouillards sont constitués de particules d'eau liquides et/ou solides. Entre 0°C et -15°C, le phénomène de surfusion (eau liquide à température négative) est relativement généralisé.

Un avion traversant un nuage dans cette gamme de températures va rencontrer des milliards de gouttelettes surfondues. Sous l'effet du choc contre les parois exposées au vent relatif (nez, bord d'attaque des ailes, entrée d'air des réacteurs...), l'état de surfusion va cesser brusquement et l'eau liquide va se transformer en glace.

## Conséquences

Le givrage est un phénomène dangereux pour l'aéronautique, ayant les conséquences suivantes :

- alourdissement de l'avion
- déformation des profils aérodynamiques → diminution de la portance et augmentation de la traînée
- obstruction des capteurs et mise hors service des instruments correspondants
- blocage de commandes
- baisse de puissance moteur
- givrage des vitres interdisant la visibilité à l'extérieur

## Prévention

**Au sol** : dégivrage de l'avion avant son départ



**En vol** : anticipation du phénomène par mise en marche des systèmes antigivrage de certaines parties de l'avion.



La carte TEMSI est une carte schématique du temps significatif prévu, où ne sont portés que les phénomènes importants et les masses nuageuses. Elle est produite toutes les 3 heures.

**Signification des symboles :**

- Pluie
- Bruine
- Neige
- Averse
- Grêle
- Givrage
- Brume
- Brouillard
- Turbulence
- CAT Turbulence en air clair
- Orage
- Courant jet

- Front froid en surface
- Front chaud en surface
- Front occlus en surface
- |    |     |
|----|-----|
| 0° | 150 |
|----|-----|

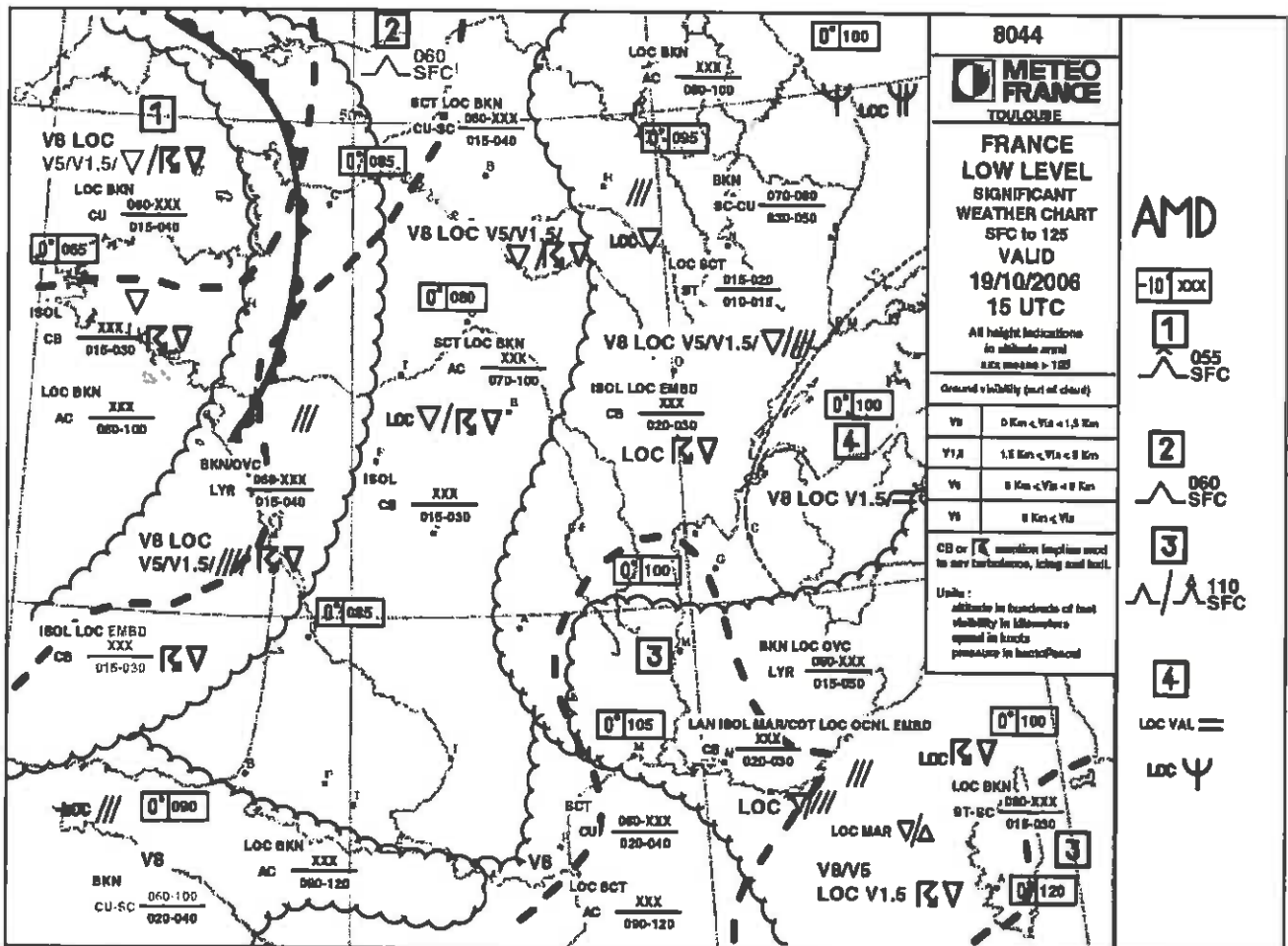
 Niveau de l'isotherme 0°
- |      |     |
|------|-----|
| -50° | 330 |
|------|-----|

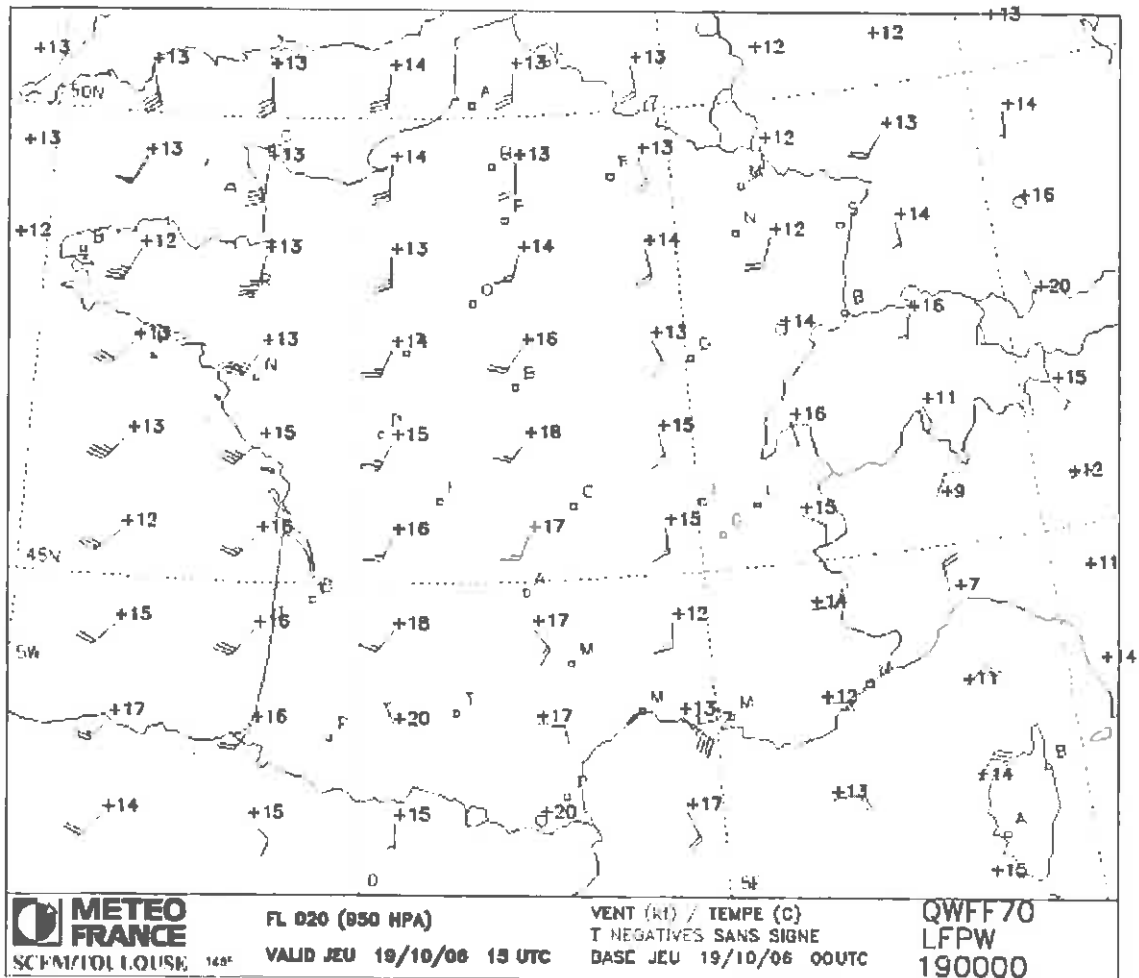
 Température et niveau de la tropopause

**Nébulosité**

(fraction du ciel occultée par les nuages) :

- SKC (sky clear) : ciel clair (0/8)
- SCT (scattered) : épars (1 à 4/8)
- BKN (broken) : fragmenté (5 à 7/8)
- OVC (overcast) : couvert (8/8)

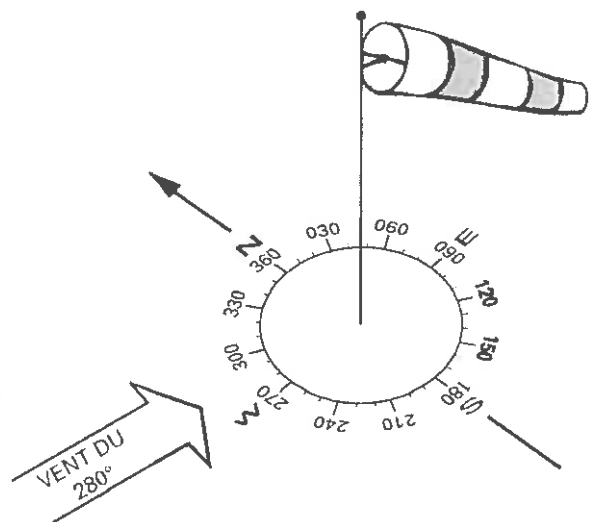
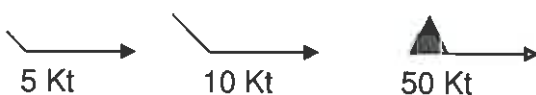




Ces cartes fournissent les indications de vent et température prévus à différents niveaux de pression (ici 950 hPa).  
Il y a 4 cartes par jour : à 00h TU, à 06h TU, à 12h TU et à 18h TU.

La **température** est inscrite avec un signe + si elle est positive, sans signe si elle est négative.

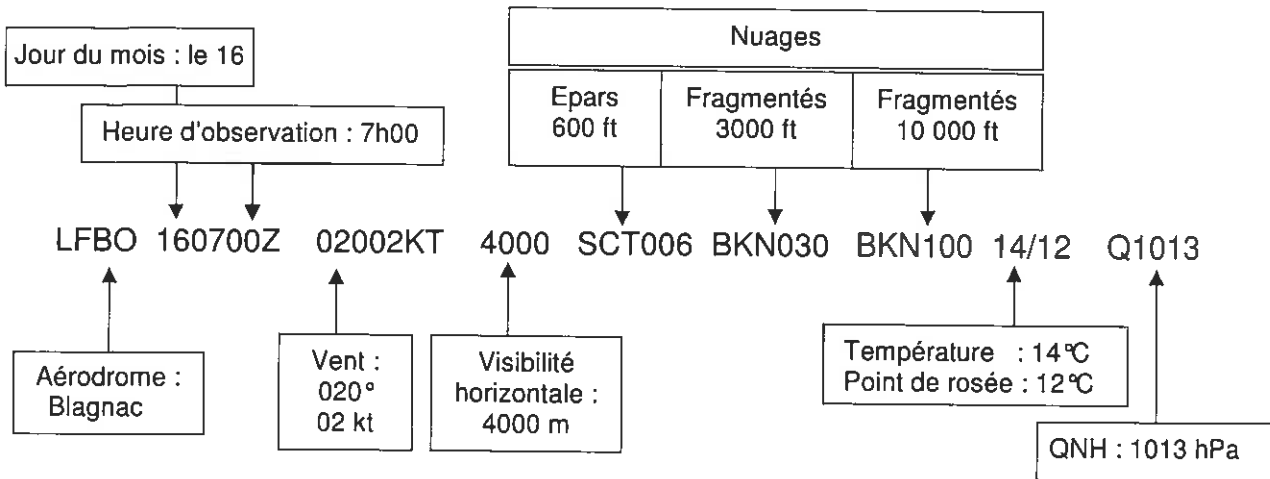
Le **vent** est représenté par un système de flèches, barbules et fanions.  
Les flèches indiquent la **direction d'où vient le vent** et le nombre de barbules donne sa vitesse.





**METAR**

Le METAR est un message d' **Observation** du temps sur un aéroport.



**TAF**

Le TAF est un message de **Prévision** du temps sur un aéroport.

