

DÉFINITION DE LA TEMPÉRATURE

C'est le niveau énergétique de molécules agitées et précipitées les unes contre les autres.

ÉCHELLES DE TEMPÉRATURES

	Echelle CELCIUS	Echelle KELVIN	Echelle FAHRENHEIT
Ebullition de l'eau	100°C	373°K	212°F
	80°	353°	
	60°	333°	
	40°	313°	
	20°	293°	
Point triple de l'eau (liquide, gazeux, solide)	0°C	273°K	32°F
	- 20°	253°	
	- 40°	233°	
	- 60°	213°	
	- 80°	193°	
	-100°	173°	
	-120°	153°	
	-140°	133°	
	-160°	113°	
	-180°	93°	
	-200°	73°	
	-220°	53°	
	-240°	33°	
	-260°	20°	
ZÉRO ABSOLU (absence de chaleur)	- 273°C	0°K	

$$T^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32$$

$$T^{\circ}\text{K} = 273,15 + T^{\circ}\text{C}$$

QUANTITÉ DE CHALEUR CONTENUE DANS UN CORPS

C'est la quantité d'énergie absorbée par un corps porté à température. Cette quantité dépend :

- de la température du corps : la quantité de chaleur est proportionnelle à la température
- de la nature du matériau : un kilogramme d'eau contient plus de chaleur qu'un kilogramme d'air à la même température.

ECHANGES THERMIQUES

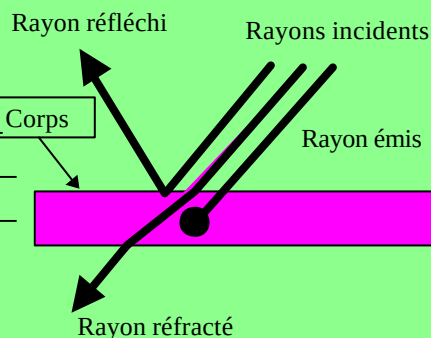
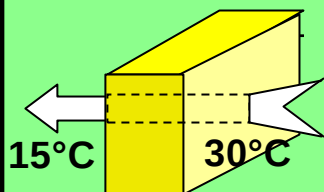
A/ PAR RAYONNEMENT :

transformation en quantité de chaleur, des rayons de lumière visibles ou invisibles et absorbés par un corps

Tout corps chaud ($T^{\circ} > 0^{\circ}\text{K}$) émet un rayonnement visible ou invisible

RAYONNEMENT SOLAIRE :

Ultraviolets 1 à 3% du rayonnement	Rayons visibles	Infrarouges 1 à 3% du rayonnement
---------------------------------------	-----------------	--------------------------------------

B/ PAR CONDUCTION *transfert de la chaleur de molécules en molécules, d'un point d'un corps à un autre point sans déplacement de particule.*

L'échange de chaleur :

- est proportionnel à la différence de température entre les deux points du corps
- dépend du matériau : l'air est un mauvais conducteur de la chaleur
l'eau est un bon conducteur de la chaleur

C/ PAR CONVECTION : la convection se traduit par les échanges thermiques au sein d'un liquide ou d'un gaz par déplacement de particules (par exemple le vent). Ce phénomène tend à augmenter l'échange thermique par conduction en maintenant une différence de température entre les corps en contact.



MESURE DE LA TEMPÉRATURE

La mesure de la température s'effectue avec un **thermomètre à alcool**. Le principe consiste à mesurer le volume d'alcool qui varie (dilatation ou rétraction) en fonction de la quantité d'énergie calorifique qu'il absorbe. Le thermomètre ne mesure donc en fait que sa propre température, et, pour que cette dernière corresponde à celle de l'air ambiant, la mesure doit s'effectuer à l'abri des convections (vent, courants d'air) et rayonnements (lampe, soleil...)

Thermomètre à maxima : indique la température maximale à laquelle a été porté le thermomètre

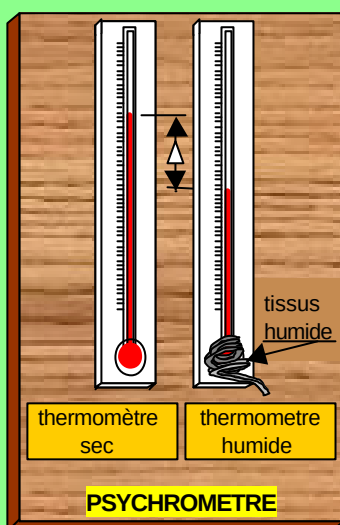
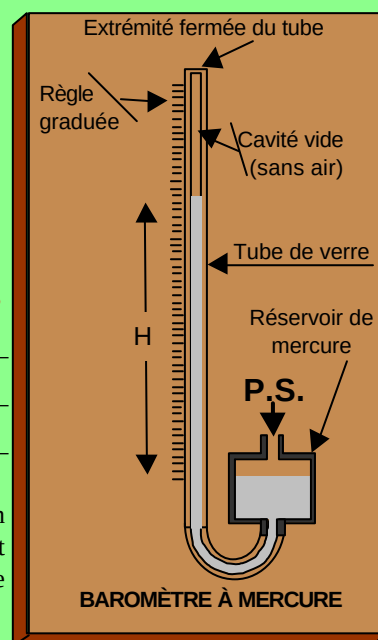
Thermomètre à minima : indique la température à laquelle a été porté le thermomètre

Thermomètre à maxima et minima : indique les températures maximale et minimale atteintes

MESURE DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

La pression atmosphérique est la pression statique "Ps" exercée par la masse de la colonne d'air pesante sur une surface horizontale. Cette pression est égale à celle exercée par une colonne de mercure de hauteur "h" d'un **manomètre en "U" appelé baromètre à mercure**.

La pression peut également se mesurer par une **capsule anéroïde** (même principe que l'altimètre). L'unité de mesure est l'hectopascal (symbole : hPa)



MESURE DE L'HUMIDITÉ RELATIVE

On appelle humidité relative ou degré hygrométrique (HR%) :

la proportion entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air et la quantité maximale que peut contenir ce même volume d'air.

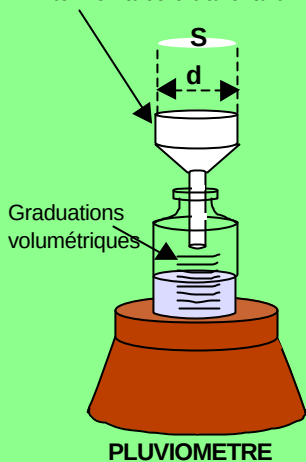
Hygromètre à cheveux : appareil de mesure dans lequel un faisceau de cheveux se raccourci par sécheresse ou s'allongeant par humidité. Sous l'effet des variations de longueur de ce cheveu, une aiguille déplace devant un écran gradué.

Psychromètre : ensemble de deux thermomètres dont l'un est humidifié. La différence entre les températures des deux thermomètres permet de calculer le degré hygrométrique

L'ABRI MÉTÉOROLOGIQUE

Il permet de mettre à l'abri du vent et des rayons solaires, les instruments de mesure de pression, température et hygrométrie. D'une hauteur de **1,50 m** environ, on l'installe sur un sol non réfléchissant et à l'écart de toute construction artificielle ou d'arbre.

Entonnoir à bord tranchant



$S = \text{section} = 400 \text{ cm}^2 \text{ mini}$
Hauteur = volume / section

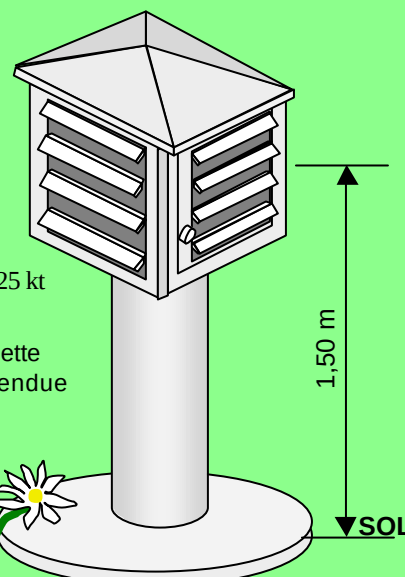
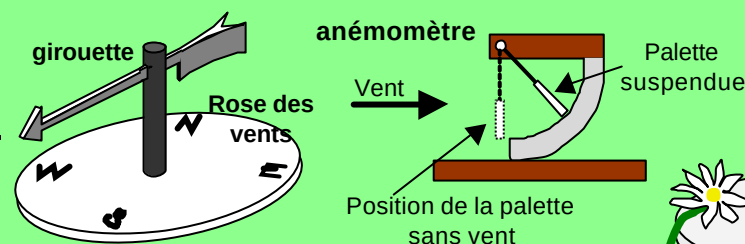
Matière : faiblement conductrice de la chaleur (bois, plastique)
Couleur : blanche pour éviter l'absorption des rayonnements
Conception : libre circulation de l'air mais abrite du vent
Porte : orientée au nord pour éviter les perturbations de mesure lors des lectures

MESURE DES PARAMÈTRES DU VENT

Girouette : elle donne la direction d'où vient le vent par rapport aux 4 points cardinaux

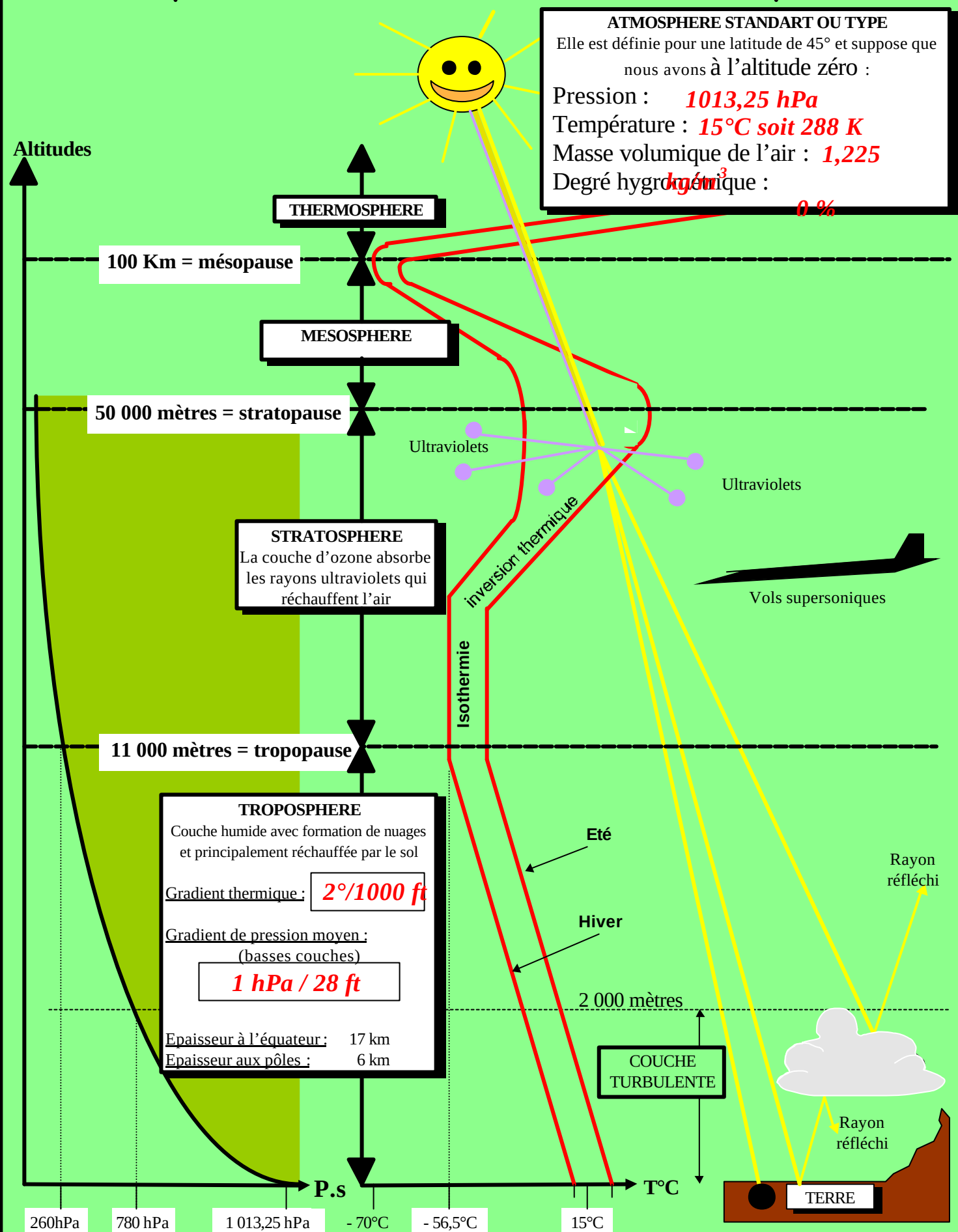
Anémomètre : il donne la vitesse du vent en noeuds (kt)

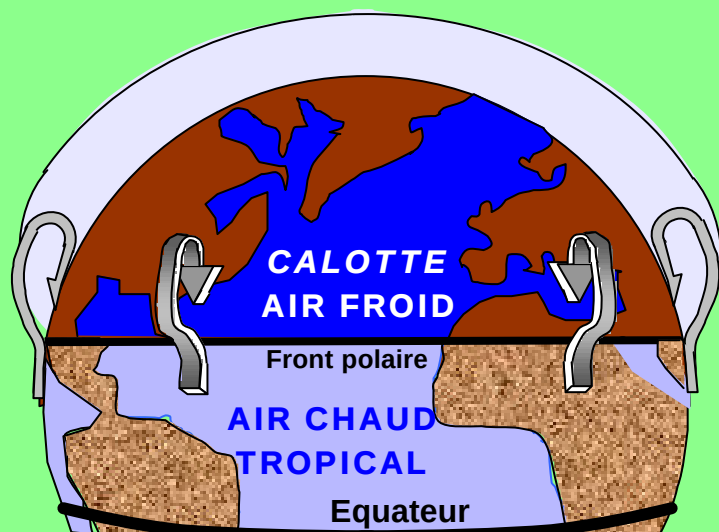
exemple de désignation d'un vent venant du 020° à 25 kt : 020/25 kt



LES INSTRUMENTS ENREGISTREURS :

ils permettent d'enregistrer les valeurs mesurées sur une période de temps (Barographe, thermographe.....)





Les masses d'air en basses altitudes sont chauffées différemment en fonction :

- Latitude
- Saisons

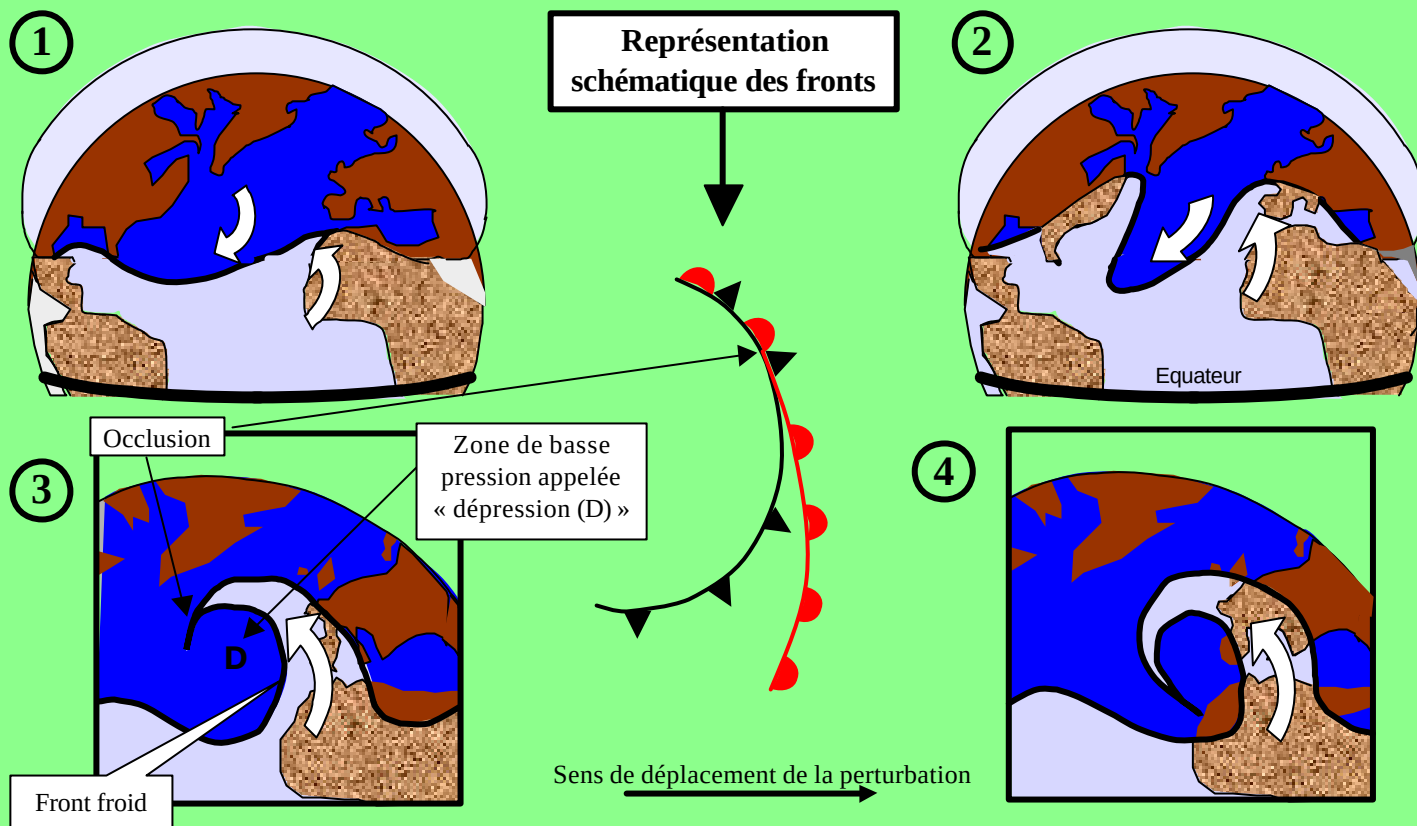
On appelle masse d'air froid, une masse d'air dont la température est plus froide que celle de la masse d'air avec laquelle est juxtaposée.

On appelle masse d'air chaud, une masse d'air dont la température est plus chaude que celle de la masse d'air avec laquelle est juxtaposée.

On appelle front :

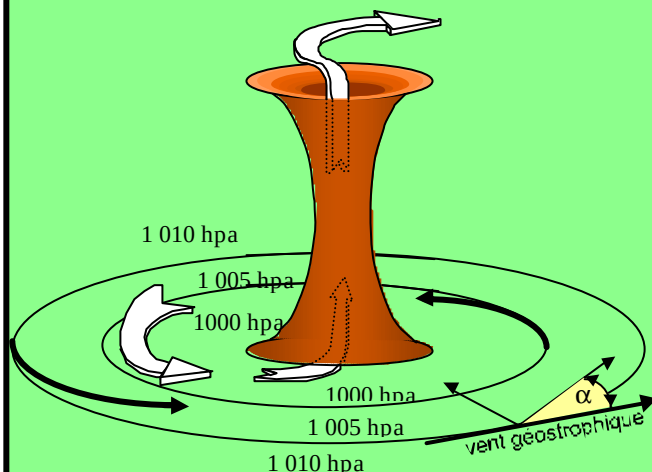
la surface séparant deux masses d'air de températures différentes

Ces différences de températures, associées à des phénomènes liés à la rotation de la terre, sont à l'origine de mouvements de convection à l'échelle de la planète. C'est ainsi que les masses d'air se déplacent d' Ouest en Est aux latitudes tempérées et d' Est en Ouest aux régions équatoriales et polaires. On constate également que les masses d'air chaude s'élèvent au dessus des masses d'air froide par lesquelles elles sont soulevées. C'est ainsi que l'on assiste à la naissance d'une perturbation :



On appelle « front froid » la surface séparant une masse d'air chaud de la masse d'air froid quelle précède

On appelle front chaud la surface séparant une masse d'air froid de la masse d'air chaud qu'elle précède



On appelle "vent" le **déplacement horizontal** d'une masse d'air

Par réduction de pression au niveau de la mer on distingue les champs horizontaux de hautes pressions (pressions supérieures à 1013 hPa) appelés anticyclones et champs dépressionnaires (pressions inférieures à 1013 hPa). ces champs sont représentés par des lignes d'égale pression appelée "lignes isobares".

Les différences de "potentiels pressions" sont à l'origine d'une force perpendiculaire aux isobares et ayant pour effet de conduire la masse d'air suivant cet axe. En réalité, le déplacement de la masse d'air (vent) est dépendante de son frottement sur le sol et de la rotation de la terre.

Pratiquement, l'on retiendra que le vent se déplace parallèlement aux **isobares** (lignes d'égale pression) avec une tendance à converger vers le centre de la dépression (angle α) :

1/ Dans l'hémisphère NORD :

- Autour d'un anticyclone "A", les vents tournent dans le sens **des aiguilles d'une montre**
- Autour d'une dépression "D", les vents tournent en sens **inverse des aiguilles d'une montre**

2/ dans l'hémisphère sud , le sens de ces circulations sont **Inversées**

3/ La force du vent est proportionnelle au **Gradient de pression** (cet à dire au resserrement des lignes isobares)

LES VENTS DOMINANTS EN FRANCE

La situation la plus fréquente se caractérise par une dépression au nord-ouest de l'Islande et un anticyclone aux alentours des Açores. Les vents seront donc plus généralement de type Ouest/Est avec des déviations dues au relief (montagnes)

Le "Mistral" :

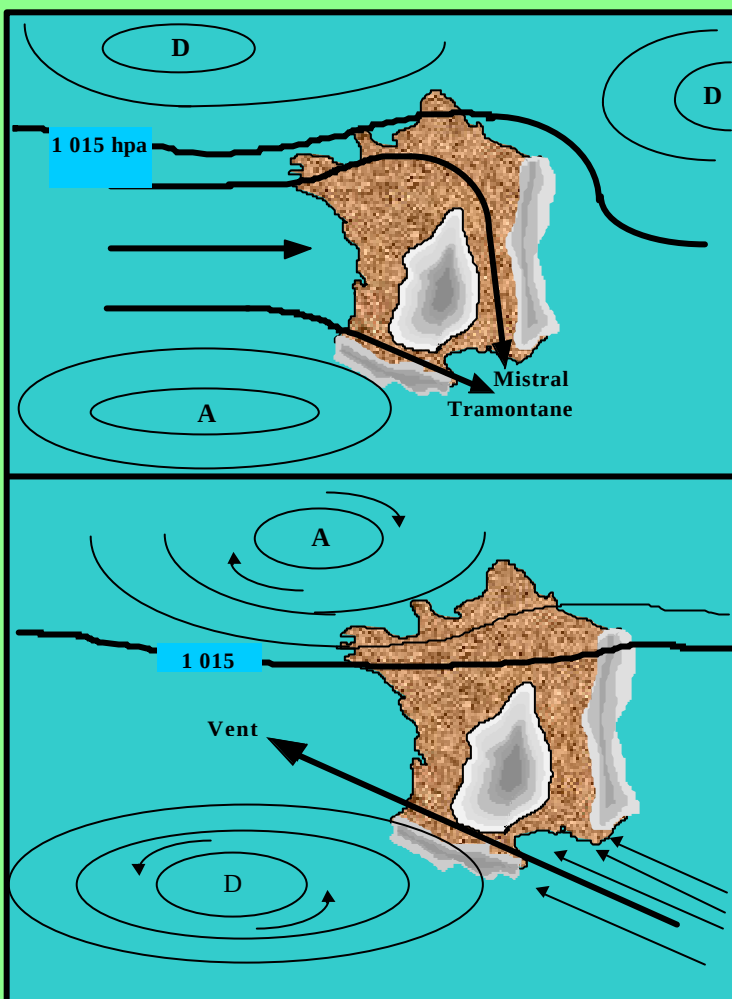
vent violent venant du **nord**. Il peut dépasser 100 km/h et être ressenti jusqu'à 3000 m d'altitude environ. Sa force est particulièrement intense au niveau de l'étranglement entre les **Alpes et le Massif Central**

La "Tramontane" :

vent orienté du **Nord-Ouest** vers le **Sud-Est**, elle prend naissance dans les mêmes conditions que le mistral.

LES VENTS D'AUTANT

Ils prennent naissance pour une **situation inverse** à celle favorisant le Mistral et la Tramontane. Ils sont orientés du **Sud-Est vers le Nord-Ouest**



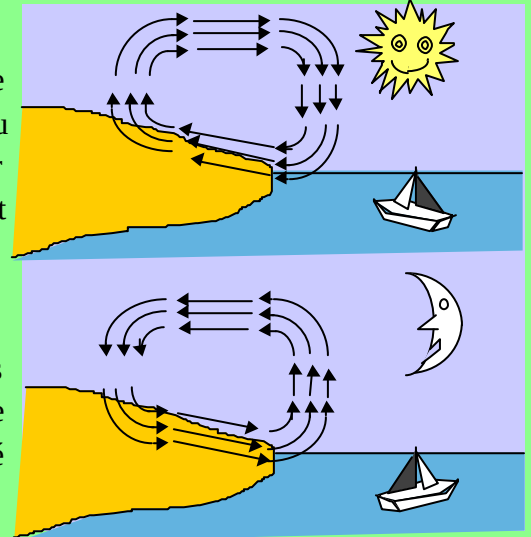
Les brises sont des vents d'origine thermique, indépendants de la circulation générale de l'atmosphère et intéressant les basses couches de la troposphère.

LES BRISES HORIZONTALES

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

DE JOUR ———→ 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. Le vent au sol ou brise de mer est donc orienté de la mer vers la terre



DE NUIT ———→ 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. On assiste à l'effet inverse à la brise de terre, c'est à dire à un vent au sol ou brise de terre orienté de la terre vers la mer

LES BRISES EN RÉGIONS MONTAGNEUSES

DE JOUR

1) BRISE DE PENTE MONTANTE

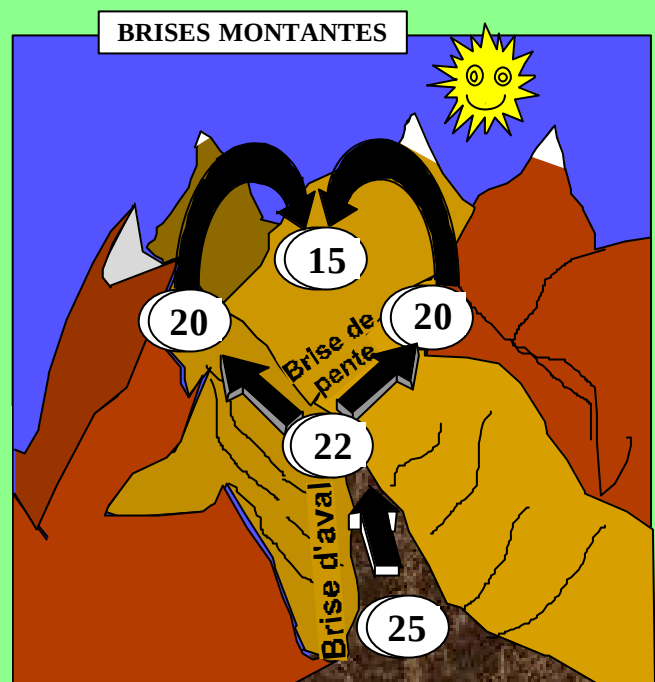
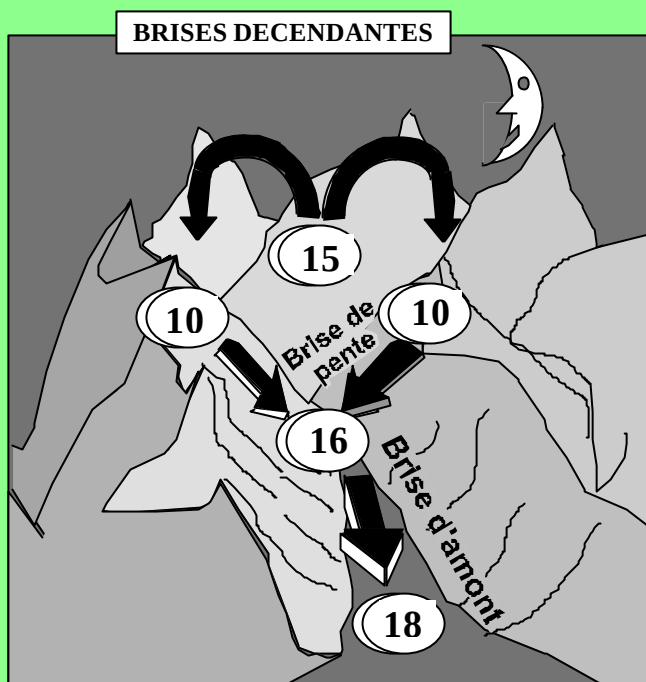
L'air au contact des pentes ensoleillées s'échauffe plus que l'air situé à même altitude au dessus de la vallée. L'air chaud s'élève le long de la pente (brise montante) tandis que l'air au dessus de la vallée s'effondre.

1) BRISE D'AVAL

L'air au fond de la vallée étant plus chaud remonte vers l'amont; c'est la brise de vallée montante ou brise d'Aval

DE NUIT

On assiste aux effets inverses : l'air refroidi s'écoule le long de la pente (brise de pente descendante) et alimente la brise de vallée descente appelée brise d'amont



EQUATION DES GAZ PARFAITS

L'air a la propriété de répondre à la loi des gaz parfaits qui s'écrit :

$$P.V = R.T$$

avec P = pression, V = volume, T = température, R = constante

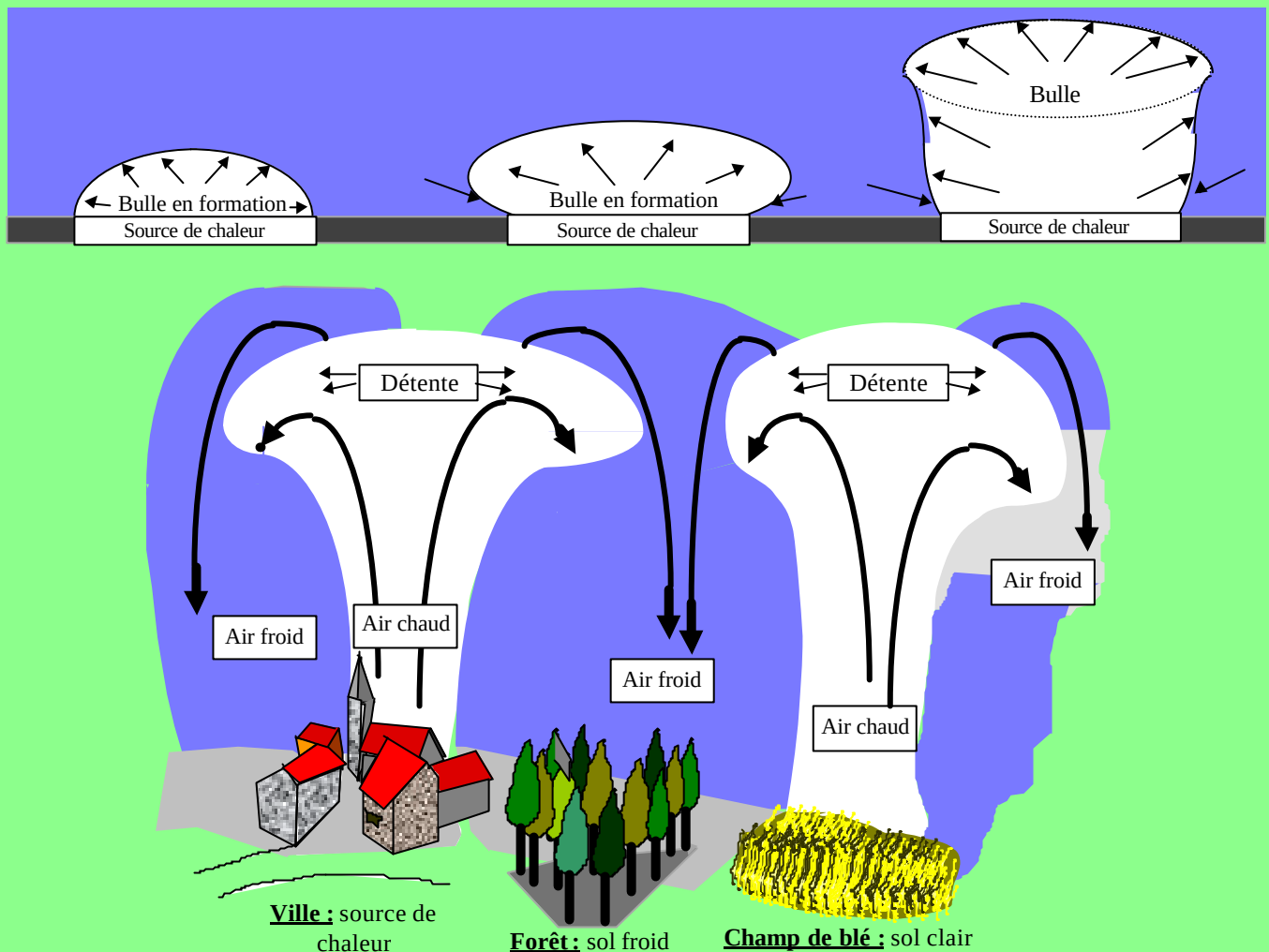
La conservation de cette égalité se traduit par :

- 1/ la **compression** (augmentation de pression) **provoque** l'échauffement du gaz (air)
- 2/ la **détente** (diminution de la pression) **provoque** refroidissement du gaz (air)

Ces variations thermiques sont à l'origine de mouvements verticaux de masses d'air, mouvements que l'on appelle ascendance. On constate :

La masse d'air la plus chaude monte. Son déplacement s'appelle ascendance thermique

La masse d'air la plus froide descends



Lorsque l'air chaud monte, la pression diminue, et par conséquent l'air se refroidit

Ce refroidissement est appelé : refroidissement adiabatique car il s'effectue sans échange de chaleur avec une autre masse d'air .

A l'inverse, lorsque l'air froid descend, il se réchauffe. Ce réchauffement est appelé réchauffement adiabatique car il s'effectue sans échange de chaleur avec une autre masse d'air .

Ils sont le résultat d'une condensation de l'humidité par refroidissement. Ce refroidissement peut se réaliser suivant 3 modes :

- par échanges thermiques : rayonnement solaire et échange avec une autre surface
- par mélange de 2 masses d'air : rencontre turbulente entre deux masses d'air de Températures différentes
- par détente de la masse d'air : transformations adiabatiques par variation de pression

Ils se définissent comme : nappes de fines gouttelettes en suspension dans l'air et en contact avec le sol. On dit qu'il y a brouillard lorsque la visibilité horizontale est inférieure à 1 km et brume lorsque la visibilité horizontale est comprise entre 1 et 2 km

BRUME SÈCHE

Formée de particules solides microscopiques en suspension dans l'air (poussières, sel, fumées....), l'humidité relative ne dépassant pas 60%

BRUME HUMIDE

Visibilité horizontale entre 1 et 2 km Formée de fines gouttelettes d'eau, il se produit par de fortes humidités relatives proches de 100 %

BRUME SECHE

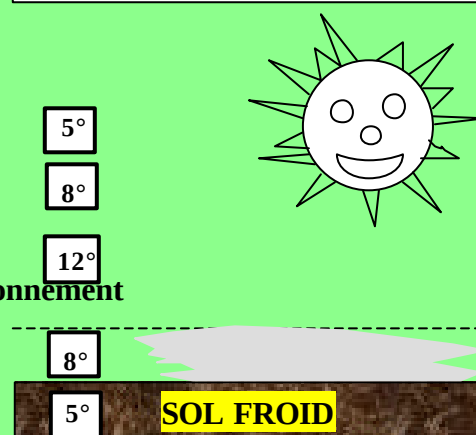
Campagne 0,05 à 0,15 mg/m³
Grandes villes 0,40 à 0,75 mg/m³
Bassins industriels 3,00 à 100,00 mg/m³

BROUILLARD DE RAYONNEMENT

Phénomène local apparaissant en situation anticyclonique. il se produit par ciel clair (sans nuages), généralement de nuit et par vent calme de 2 à 5 kt. Il est dû au refroidissement de l'air (sans apport d'humidité) en contact avec un sol plus froid. Son épaisseur peut varier de 1 à 100 m, généralement de 50 à 100m. De jour, si le sol ne se réchauffe pas suffisamment il peut persister toute la journée. Inversement, il peut naître qu'en fin de nuit (aux températures les plus basses) et ne persister que jusqu'en tout début de matinée.

Evolution journalière du brouillard de rayonnement

Il apparaît le soir par refroidissement de l'air
Il se dissipe en journée par réchauffement de l'air



BROUILLARD D'ADVECTION

il est dû au refroidissement d'une masse d'air humide en mouvement (vent de 5 à 15 kt) passant sur une surface de sol plus froid (Masse d'air tropical se déplaçant vers de plus hautes latitudes). Il peut se produire par vent fort (5 à 15 kt) de nuit comme de jour et son épaisseur atteint 100 à 300 mètres. Il peut persister plusieurs jours sans variation diurne

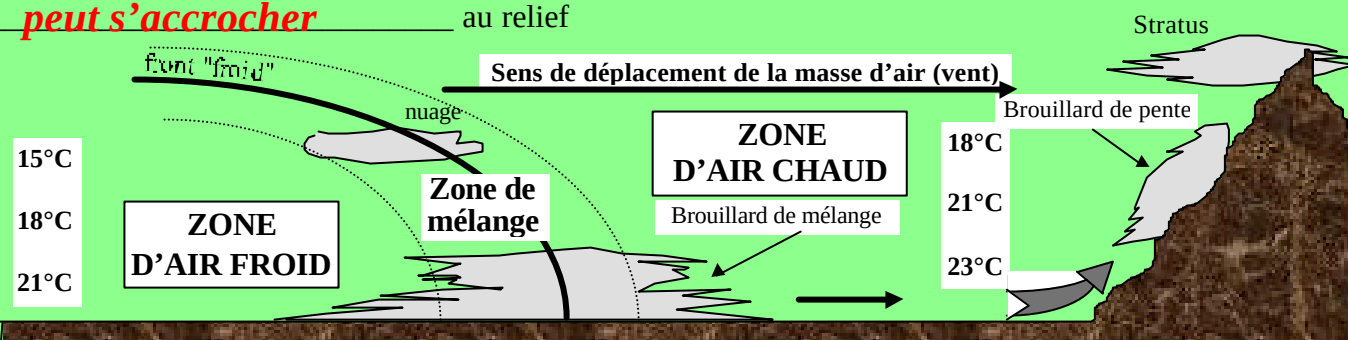
BROUILLARD DE MÉLANGE

Il est dû au mélange de deux masses d'air de température différentes et non saturées mais d'humidités relatives importantes. Il se forme dans la zone de mélange située de part et d'autre de la surface de contact (front) des deux masses d'air.

BROUILLARD DE PENTE

Il se forme dans une masse d'air calme humide et qui remonte la pente d'un terrain. Cette masse d'air se refroidit adiabatiquement, ce qui conduit à la condensation.

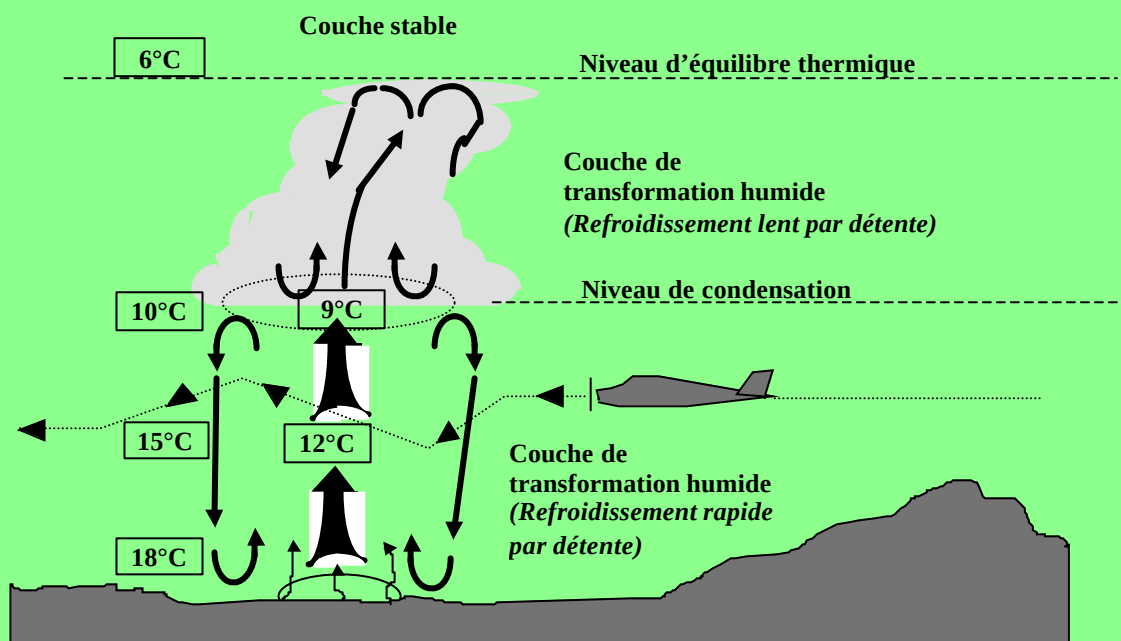
Ce brouillard peut évoluer en un nuage appelé stratus. Il est dangereux pour l'aéronautique car il peut s'accrocher au relief



Les nuages cumuliformes ou nuages de la famille des cumulus, sont des nuages de caractère instable et à développement vertical. Ils se forment par condensation de l'humidité de l'air lors d'un refroidissement adiabatique obtenu par élévation d'une masse d'air selon 3 modes possibles :

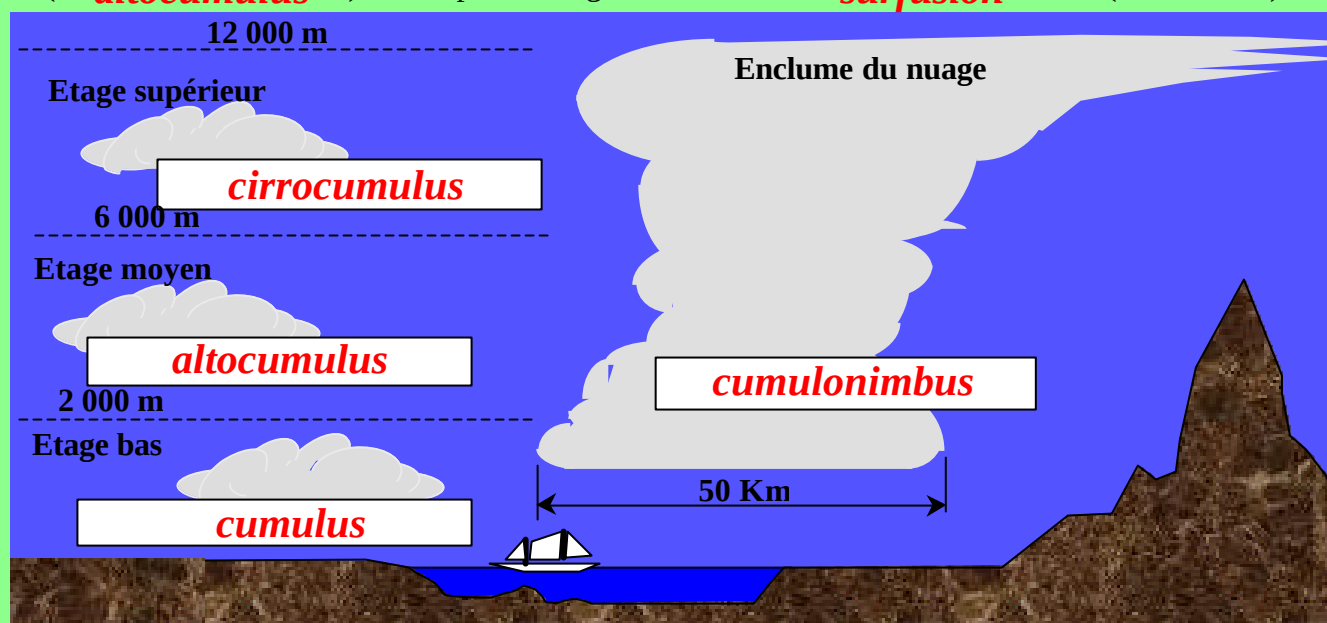
- ascendances thermiques convection verticale d'air chaud se refroidissant
- ascendance orographique contournement vertical du relief par la masse d'air en mouvement (vent)
- ascendance synoptique soulèvement d'une masse d'air chaud par une masse d'air froid se glissant en dessous

Stabilité et instabilité : les mouvements verticaux représentent des turbulences pouvant être dangereuses pour l'aviation. Le sommet du nuage correspond à l'altitude à laquelle cessent les mouvements verticaux.



Classification des nuages cumuliformes : ils se classent suivant leur Altitude et extension verticale

Les nuages de l'étage bas (cumulus) se composent de gouttelettes d'eau tandis que ceux de l'étage supérieur (cirrocumulus) se composent de cristaux de glace en suspension. Les nuages de l'étage moyen (altocumulus) se composent de gouttelettes en surfusion (état instable)

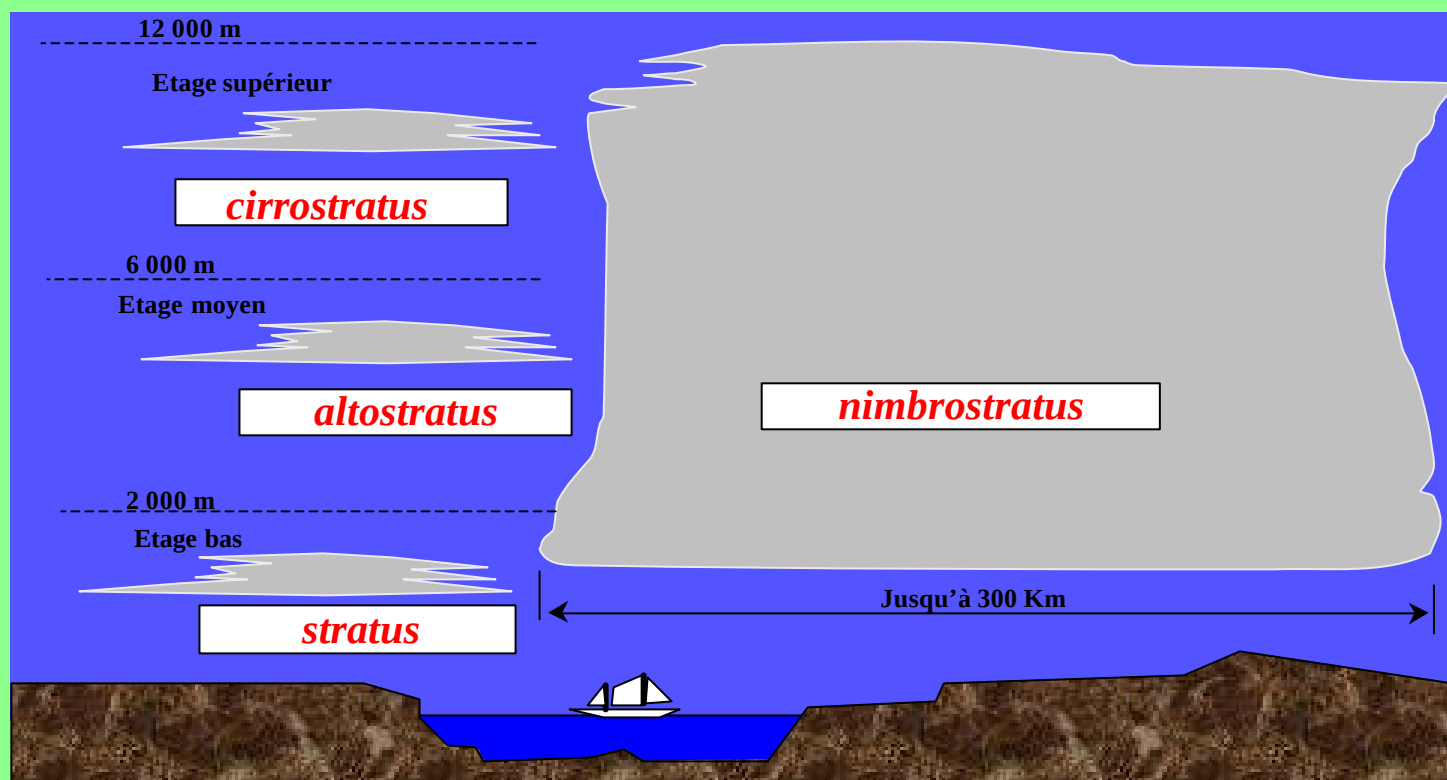


Les nuages stratiformes ou nuages de la famille des stratus, sont des nuages filandreux de caractère stable et à développement horizontal. Ils se forment par condensation de l'humidité de l'air lors du refroidissement d'une masse d'air selon 3 modes possibles :

- échanges thermiques par rayonnement solaire ou par conduction
- échanges thermiques par mélange de deux masses d'air
- faible ascendance synoptique ou orographique soulèvement de la masse d'air par une masse d'air plus froide ou contournement vertical d'obstacle

Classification des nuages stratiformes : ils se classent suivant leur altitude et extension horizontale

Les nuages de l'étage bas (stratus) se composent de fines gouttelettes d'eau tandis que ceux de l'étage supérieur (cirrostratus) se composent de cristaux de glace en suspension. Les nuages de l'étage moyen (altostratus) se composent de gouttelettes en surfusion (état intermédiaire)



LES CIRRUS



Les cirrus sont des nuages hauts altitude (5 à 11 km). Ils sont donc exclusivement constitués de cristaux de glace et se présentent sous le forme de surfaces minces et de filaments sinueux.

Leur formation est rapide et ils sont souvent annonciateurs de l'approche d'un front chaud ou d'une tempête.

DÉFINITION

Hydrométéores composés d'éléments d'un diamètre égal ou supérieur à 100 microns. Cette dimension correspond à une masse de 1/1 000 000 de gramme, masse suffisante et nécessaire pour que la particule puisse acquérir une vitesse de chute propre au cours de laquelle elle se développera en collectant les particules en suspension dans les étages inférieurs, jusqu'à parfois atteindre 4 à 5 cm.

PRÉCIPITATIONS PROVENANT DE NUAGES A EXTENSION HORIZONTALE

La bruine : Chute de très fines gouttelettes d'un diamètre inférieur à 0,5 mm et provenant de nuages bas à extension horizontale (nuages stratiformes). genre stratus et strato-cumulus). Ce type de précipitation occasionne une faible visibilité persistante dans les basses couches sur plusieurs dizaines de Km. On l'appelle communément la "crasse"

La pluie : De plus grande intensité que la bruine, les gouttelettes de 3 à 4 millimètres proviennent de nuages plus épais et de plus grande étendue. du genre altostratus et nimbrostratus.

La pluie surfondue : Pluie de même origine que la précédente, mais dont les gouttelettes sont portées à température négative. Ces gouttelettes, à l'état instable de surfusion, se cristalliseront au contact d'une surface (avion ou surface du sol) donnant un dépôt rapide d'une couche de verglas.

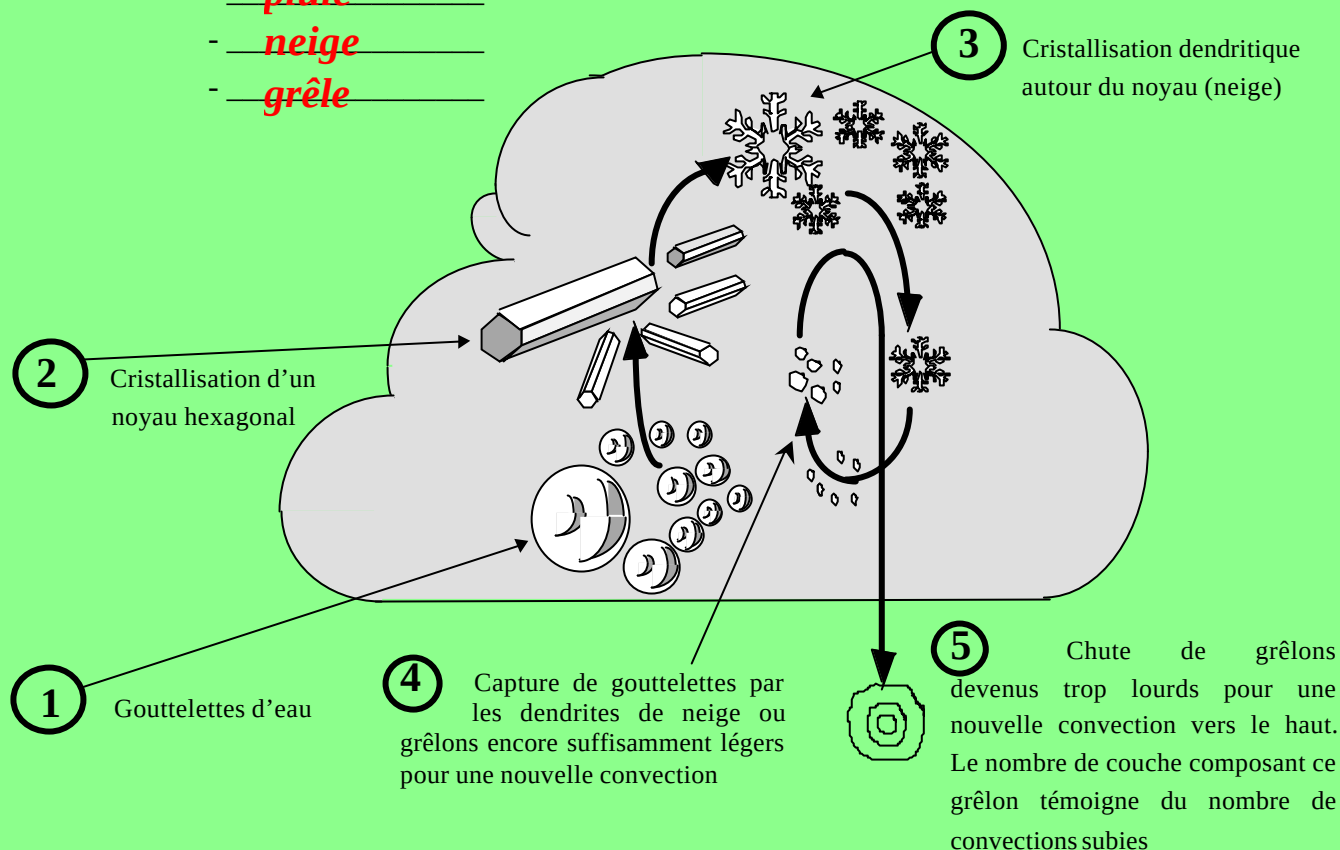
La neige : Troisième stade de la pluie, mêmes nuages et mêmes localisations, elle se caractérise par une température négative ayant provoqué la cristallisation des gouttelettes

PRÉCIPITATIONS PROVENANT DE NUAGES A EXTENSION VERTICALE

La grêle : Elle provient de nuages instables comme le cumulonimbus ou le cumulus à forte extension verticale d'au moins 5 000 mètres

Les averses : Ce sont des précipitations brutales, intenses, très localisées et de courte durée. Elles proviennent de nuages instables et de très forte extension verticale. On distingue les averses de :

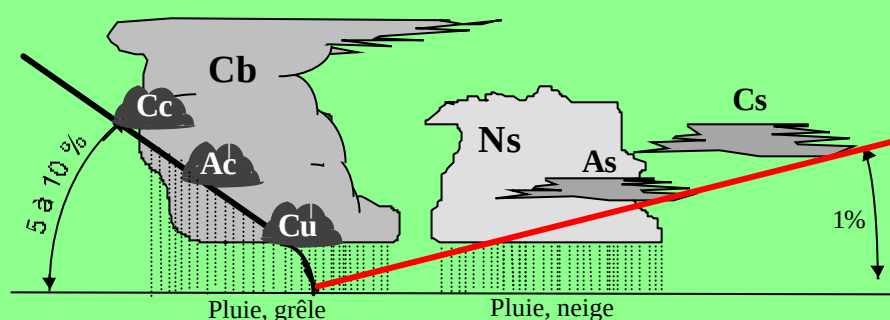
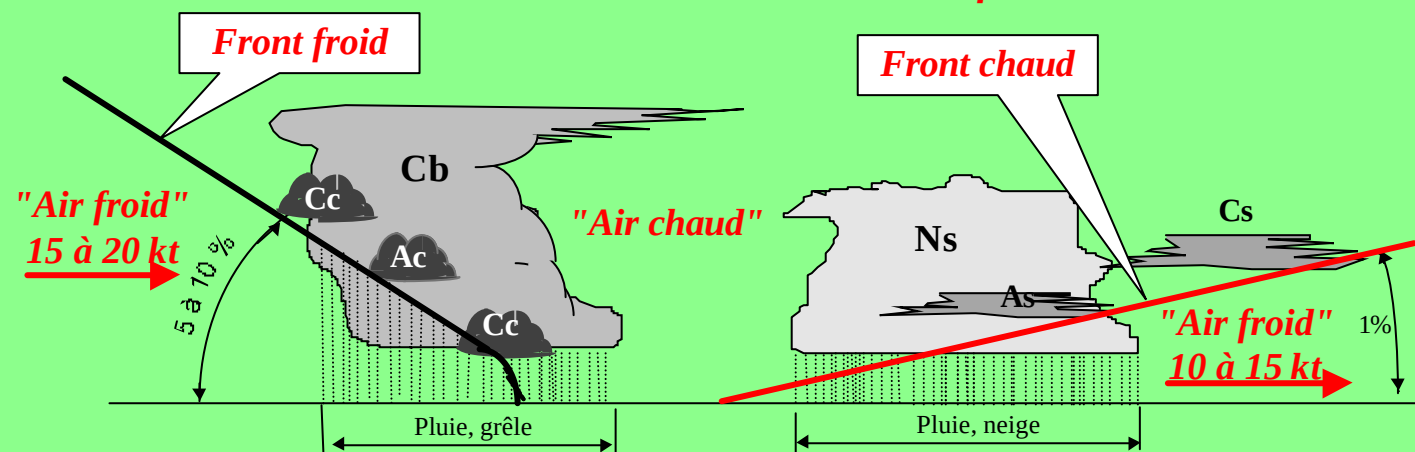
- pluie
- neige
- grêle



Le front froid présente une pente plus importante que celle du front chaud :

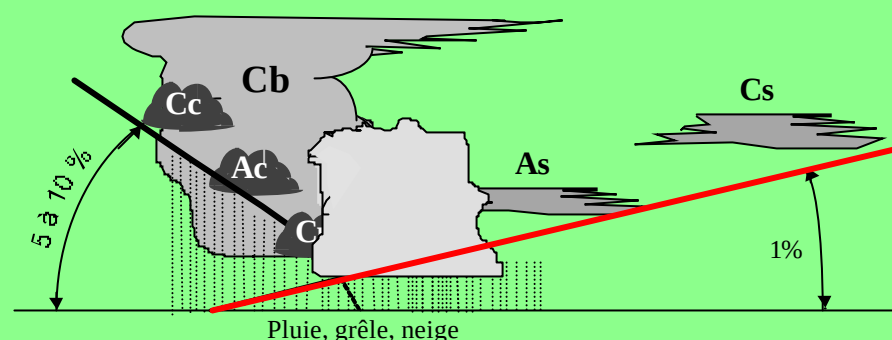
Les nuages associés au front froid seront des nuages à fort développement vertical et par conséquent de caractère instable et de la famille des cumuliformes

Les nuages associés au front chaud seront des nuages à fort développement horizontal et par conséquent de caractère stable et de la famille des stratifformes



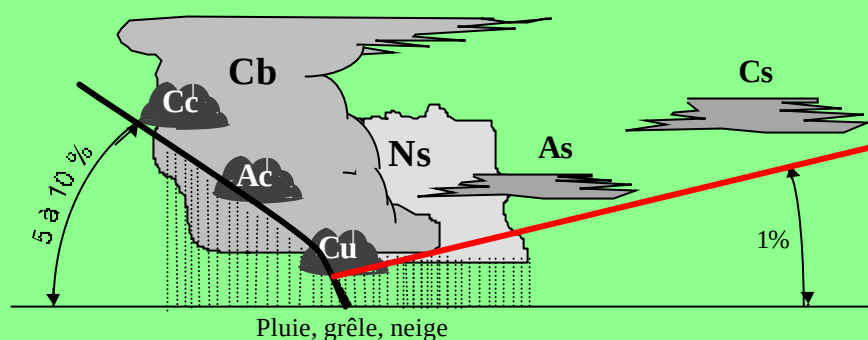
**FRONT OCCLUS
avec occlusion au sol**

Vu du sol, les nuages associés seront à la fois ceux de front froid et ceux de front chaud.



**FRONT OCCLUS
D'ALTITUDE
à caractère de front chaud**

Les nuages associés seront ceux associés aux deux types de fronts mais avec une prédominance des nuages de front chaud



**FRONT OCCLUS
D'ALTITUDE
à caractère de front froid**

Les nuages sont encore de type front froid et front chaud mais avec prédominance de front froid

DÉFINITIONS RELATIVES A UN OBSTACLE NATUREL :

- On appelle versant "au vent", le versant orienté vers le vent
- On appelle versant "sous le vent", le versant à l'abri du vent

MÉCANISME AÉROLOGIQUE**DU COTE PENTE AU VENT :**

la masse d'air remonte la pente et se refroidit adiabatiquement. Si cet air est humide, cela se traduit par la formation de nuages orographiques qui s'accrochent au relief

DU COTE PENTE SOUS LE VENT :**TROU DE FOEHN :**

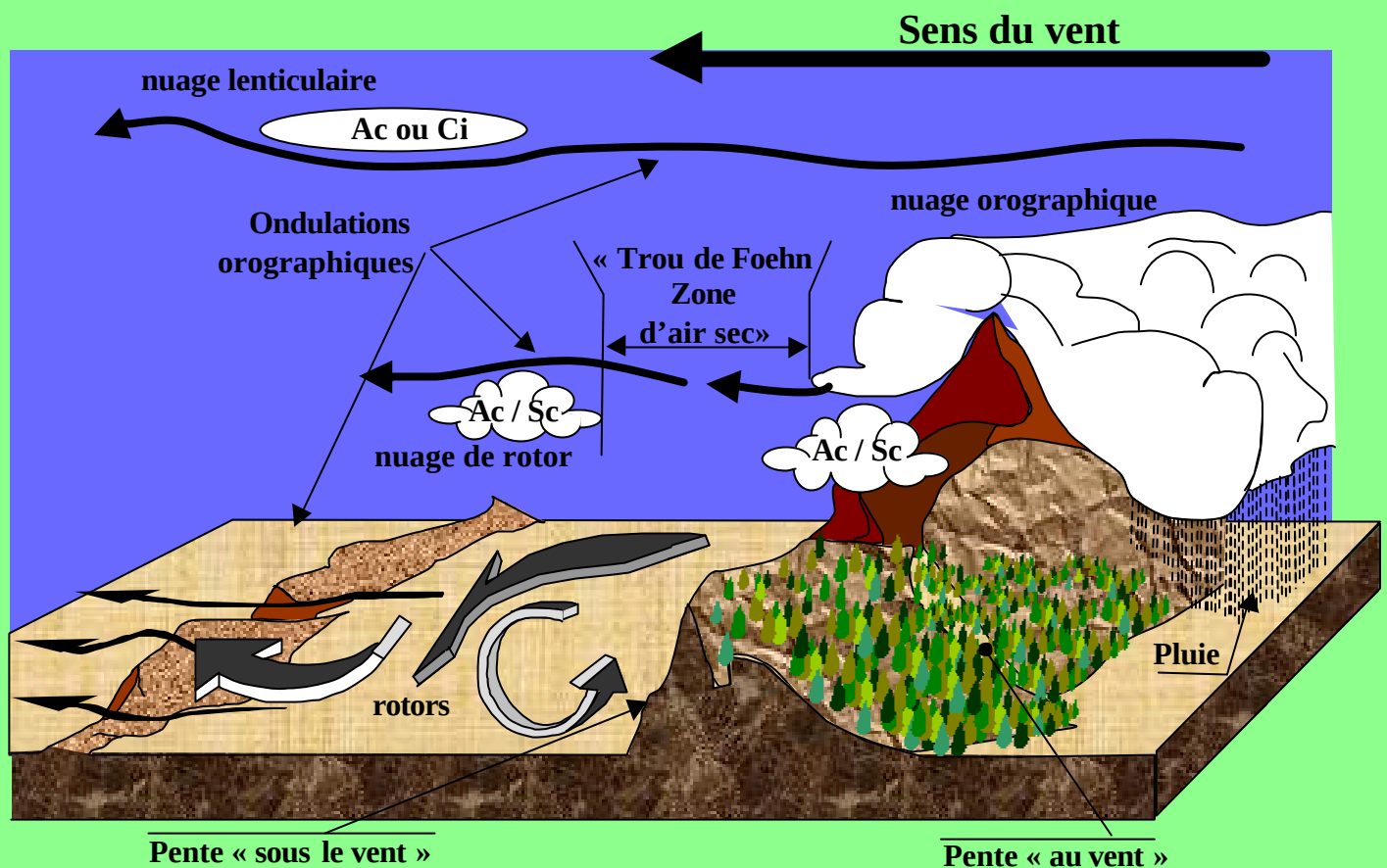
après l'obstacle, la masse d'air redescends et se réchauffe adiabatiquement faisant place à une zone de ciel clair (effet de Foehn).

TURBULENCES :

La zone de pente sous le vent est le siège de tourbillons à axes horizontaux et appelés rotors, mouvements verticaux qui peuvent atteindre jusqu'à 8 m/s. Ces turbulences peuvent se remarquer par la présence de nuages de type Cumulus fractus.

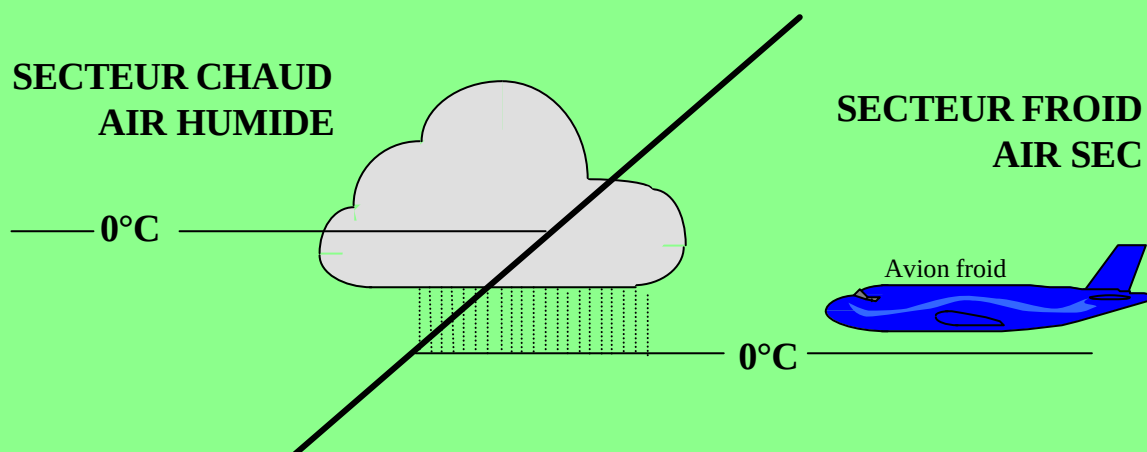
ONDULATIONS :

Plus loin et plus haut, parfois même jusqu'à la tropopause, les rotors font progressivement place aux ondulations qui s'estompent avec l'éloignement. Ces ondulations se signalent souvent par des nuages lenticulaires de type altocumulus ou cirrus.



LE GIVRAGE

- 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 correspondant
- blocage de commandes
- Réduction du rendement hélice et apparition de vibrations dangereuses
- Baisse de puissance moteur
- Givrage des vitres interdisant la visibilité à l'extérieur

**LES FONTS ACTIFS**

- Perturbations violentes dangereuses pour la structure
- appareil sensible en roulis et tangage
- Risque de rencontre avec des orages orographiques
- Risque de givrage
- atterrissage délicat

CUMULONIMBUS et ORAGES

Orages d'origines thermiques, orographiques ou frontaux.

Cumulonimbus visibles ou cachés dans la masse de nuages.

- Perturbations convectives dangereuses pour la structure et le contrôle du vol :
Rafales verticales rendant l'avion instable en roulis et tangage
Rafales au sol rendant l'atterrissage impossible sans risques de retournement
- Foudroiement de l'appareil (rare), et éblouissement du pilote
- Dérèglement du compas magnétique
- mise hors service des appareils de radio et radionavigation
- Grêle pouvant détériorer l'appareil
- risque de givrage

NUAGES BAS

Stratus et nuages orographiques pouvant s'accrocher au relief

BRUMES ET BROUILLARDS

Il réduit considérablement la visibilité et sa formation peut être soudaine