

COURS THÉORIQUES PPL



PRINCIPES DE MÉTÉOROLOGIE





- LA TEMPÉRATURE
- THERMODYNAMIQUE ET APPLICATIONS
- L'HUMIDITÉ DE L'AIR
- POINT DE ROSÉE ET DE CONDENSATION
- LA PRESSION ATMOSPHERIQUE
- LES CHAMPS DE PRESSION
- LES VENTS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES
- STABILITÉ ET INSTABILITÉ
- NUAGES ET PRÉCIPITATIONS
- BRUME ET BROUILLARDS
- LA VISIBILITÉ ET LES CONDITIONS VMC
- LES MASSES D'AIR
- FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS
- LE GIVRAGE ET SES CONSÉQUENCES
- NORMES DE VISIBILITÉ



PROPRIÉTÉS DE L'ATMOSPHÈRE

La terre est entourée d'une atmosphère gazeuse structurée en couches successives.

➤ **La troposphère** est délimitée par la tropopause (enveloppe virtuelle de la terre). Sa caractéristique réside dans la diminution quasi linéaire de la température avec l'altitude (- 6,5° par 1000 m soit - 2° par 1000 ft). A signaler qu'elle est le siège de l'essentiel des phénomènes météorologiques, des nuages et des précipitations .

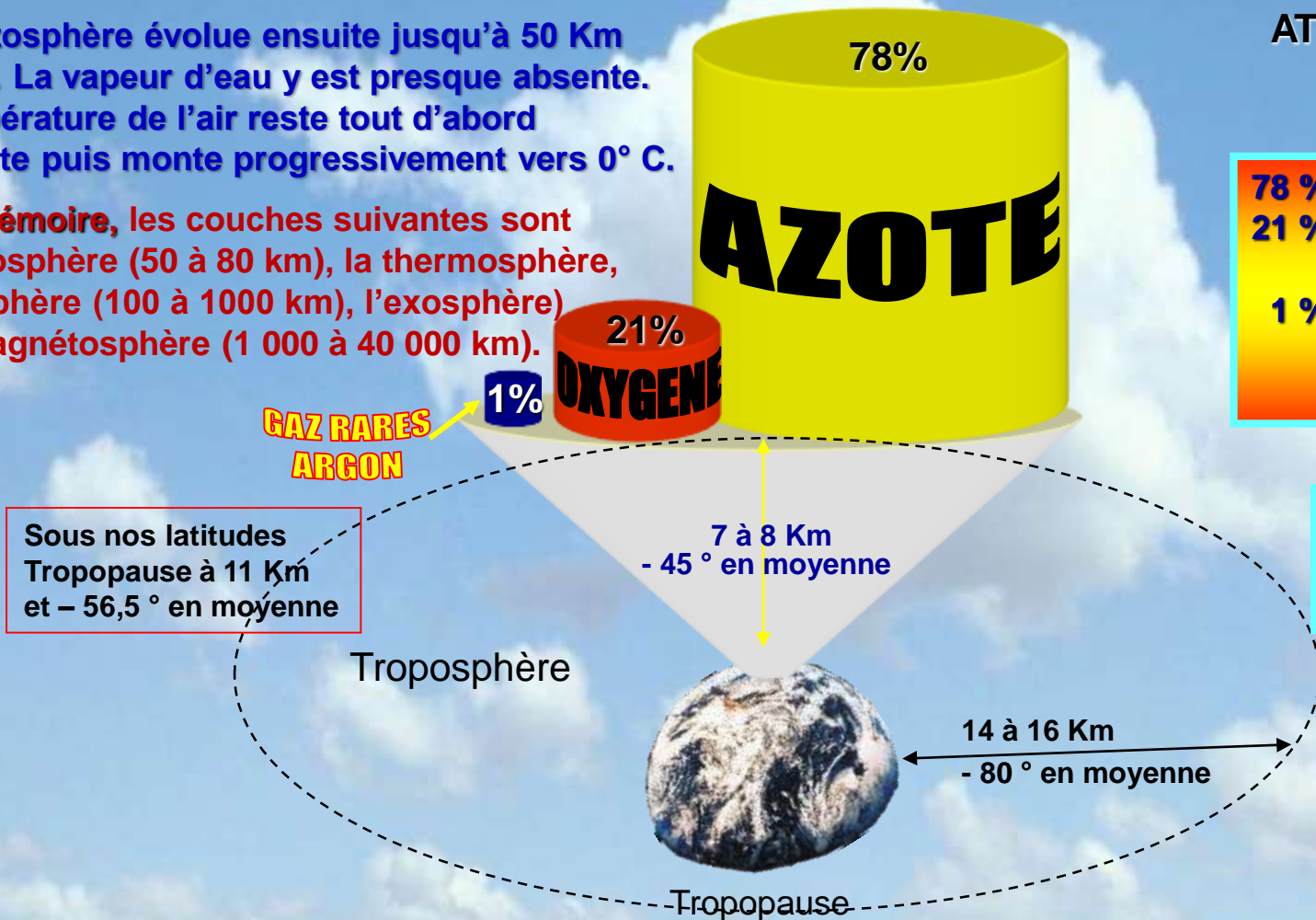
➤ **La stratosphère** évolue ensuite jusqu'à 50 Km environ. La vapeur d'eau y est presque absente. La température de l'air reste tout d'abord constante puis monte progressivement vers 0° C.

➤ **Pour mémoire, les couches suivantes** sont la mésosphère (50 à 80 km), la thermosphère, l'ionosphère (100 à 1000 km), l'exosphère) et la magnétosphère (1 000 à 40 000 km).

ATMOSPHÈRE
=
AIR

78 % Azote.
21 % Oxygène.
1 % Argon,
Dioxyde
de carbone
et gaz rares.

+
Vapeur d'eau
Particules
(poussières)



Sous nos latitudes
Tropopause à 11 Km
et - 56,5 ° en moyenne

Troposphère

7 à 8 Km
- 45 ° en moyenne

14 à 16 Km
- 80 ° en moyenne

Tropopause



PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : LA TEMPÉRATURE

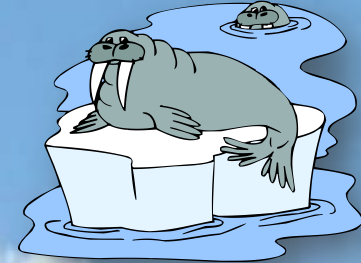
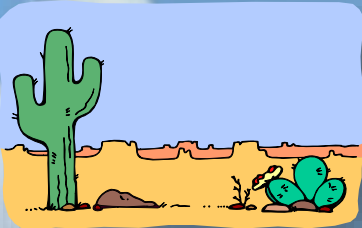
Elle se traduit par la sensation de chaud ou de froid.
Elle s'exprime en degrés Celsius (°C) en France.

L'unité internationale est le degré Kelvin (°K)

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

Dans les pays anglo-saxons, la température est exprimée en degrés Fahrenheit (°F)

$$T^{\circ}\text{F} = (T^{\circ}\text{C} \cdot 1,8) + 32 \quad T^{\circ}\text{C} = (T^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$$



CORRESPONDANCE	Zéro absolu	Glace fondante	Eau bouillante
Echelle Celsius	- 273° C	0° C	+ 100° C
Echelle Kelvin	0° K	273° K	373° K
Echelle Fahrenheit	- 459° F	+ 32° F	+ 212 ° F

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : LA TEMPÉRATURE

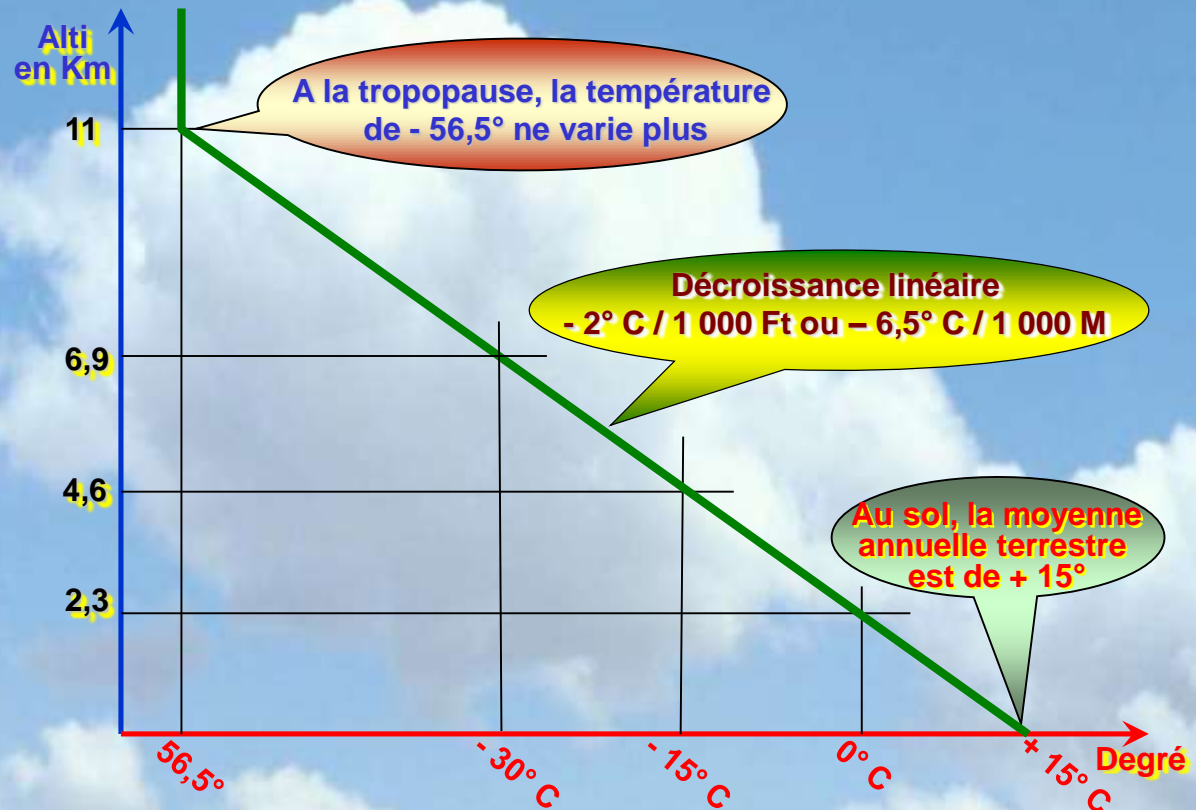
CARACTÉRISTIQUE DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR AVEC L'ALTITUDE DU SOL A LA TROPOPAUSE (conditions atmosphère standard)

DÉCROISSANCE LINÉAIRE

2 ° C par 1 000 Ft
soit
6,5° C par 1 000 M
du sol à la tropopause.
Au-delà stabilisation
température à - 56,5° C

TEMPÉRATURE STANDARD

- 45°	30 000 Ft
- 25°	20 000 Ft
- 5°	10 000 Ft
+ 5°	5 000 Ft
+15°	au sol



L'air est un très mauvais conducteur de la température.
Des masses d'air de températures différentes échangent difficilement leurs calories.

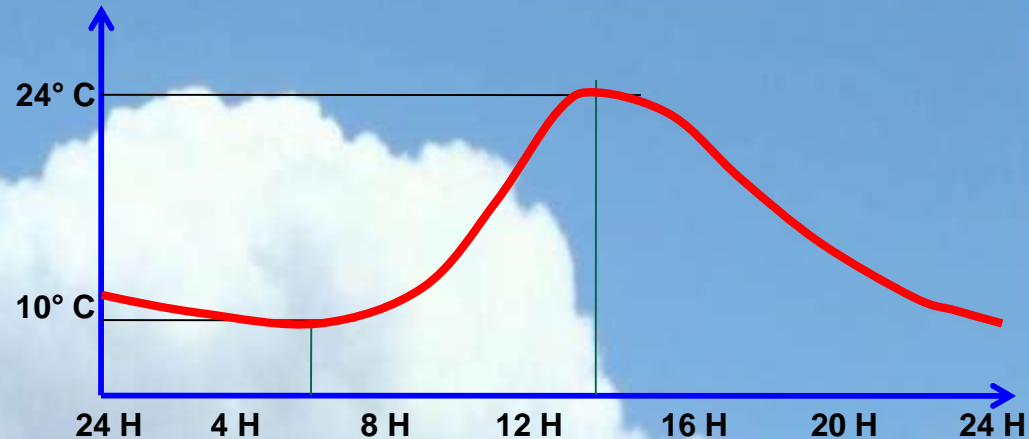
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : LA TEMPÉRATURE

ÉVOLUTIONS DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR

Variations diurnes

Lever du soleil à 5 H 00
Température la plus basse : 6 H 00

Soleil au zénith à 12 H 00
Température la plus haute : 14 H 00

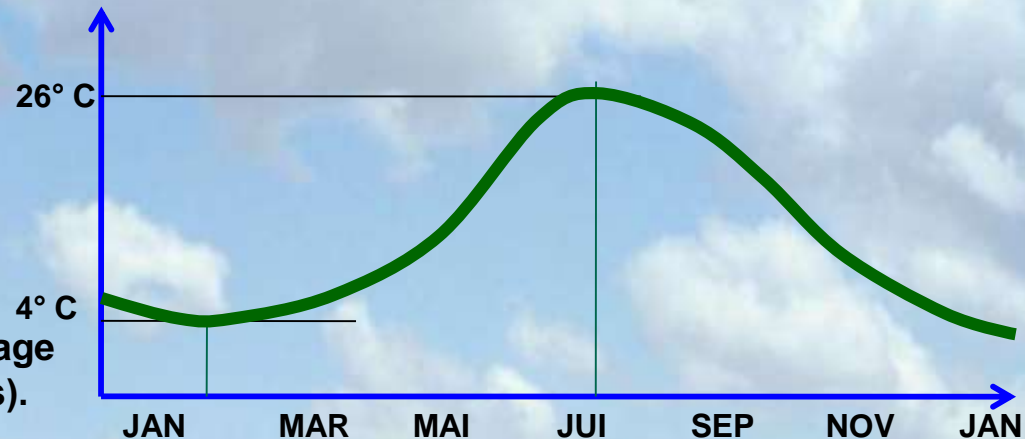


La température la plus basse est constatée environ une heure après l'heure du lever du soleil ;
La température maxi de la journée intervient environ deux heures après l'heure du soleil au zénith.

Variations annuelles

Sur un cycle annuel, la température varie en fonction des saisons d'une manière Répétitive et quasi uniforme.

Sous nos latitudes, le maxi est atteint à la mi-juillet et le mini vers la mi-janvier (décalage d'environ un mois par rapport aux solstices).



PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : LA TEMPÉRATURE

Variations dues aux échanges thermiques : LA THERMODYNAMIQUE

Ces échanges conditionnent :

- la pression atmosphérique ;
- la température ;
- les types de nuages ;
- les précipitations ;
- les vents en altitude et en surface.

CONDUCTION

CONVECTION

**QUATRE TYPES
D'ÉCHANGE THERMIQUE**

RAYONNEMENT

ADVECTION

THERMODYNAMIQUE : LA CONDUCTION

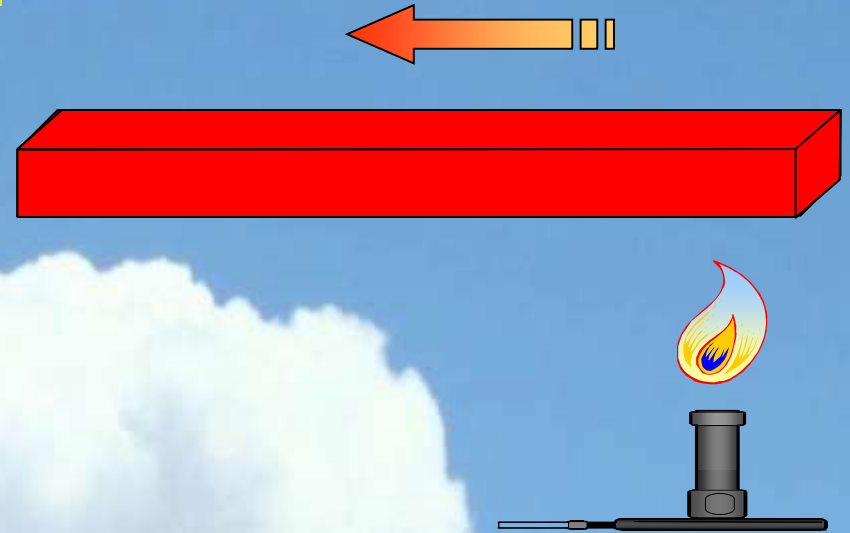
Ce phénomène de transmission de chaleur intervient dès que deux éléments de températures différentes entrent en contact.

Du point de contact, cette augmentation de température se diffuse progressivement à l'ensemble de cet élément jusqu'à l'équilibre de température dans celui-ci.

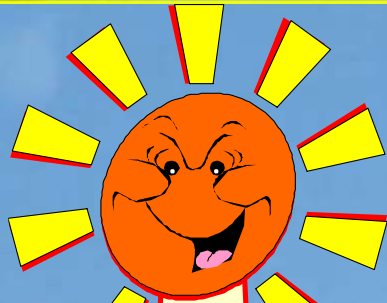
Les éléments réagissent très différemment au changement de température :

- les bons conducteurs (métaux, roches, ...) s'échauffent très rapidement et en profondeur ;
- les mauvais conducteurs (air, polystyrène, bois, ...) s'échauffent difficilement et principalement qu'en surface.

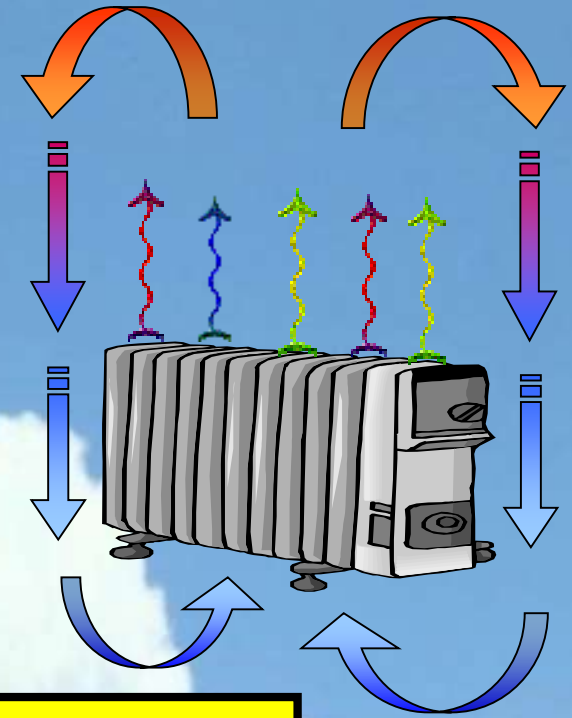
Pour l'air, la conduction s'opèrera donc sur de faibles épaisseurs, au contact des parties chaudes du sol, des routes, des murs, ...



THERMODYNAMIQUE : LA CONVECTION



Basée sur la modification de la masse volumique de tout fluide soumis à un changement de température, la convection indique une notion de mouvement du fluide transportant ainsi de la chaleur d'un point à un autre.



Que cet échauffement de l'air soit provoqué par un radiateur ou par le soleil, le résultat est identique et met en mouvement une masse d'air chauffée par le sol, lui-même réchauffé par le soleil et son rayonnement.

Ce phénomène joue un rôle prépondérant en météorologie par la mise en circulation des masses d'air et la formation des nuages et des précipitations.



LE RAYONNEMENT THERMIQUE

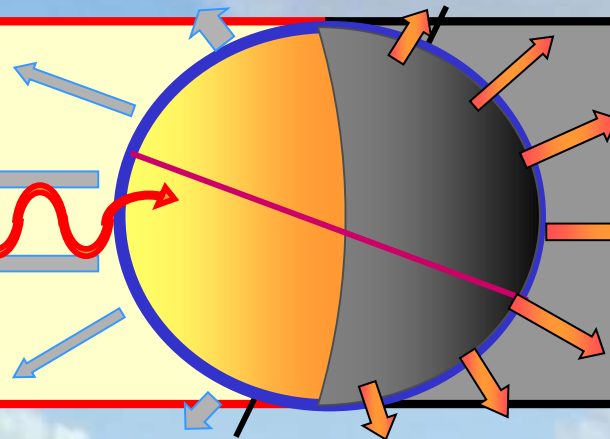
C'est la transmission de la chaleur...



...sans support matériel...

...mais sous forme d'ondes électromagnétiques, comme la lumière ou les ondes radioélectriques.

La partie éclairée de la terre absorbe une bonne partie du rayonnement solaire qui lui parvient. Une grande partie de ce rayonnement est absorbé par l'air qui se réchauffe.

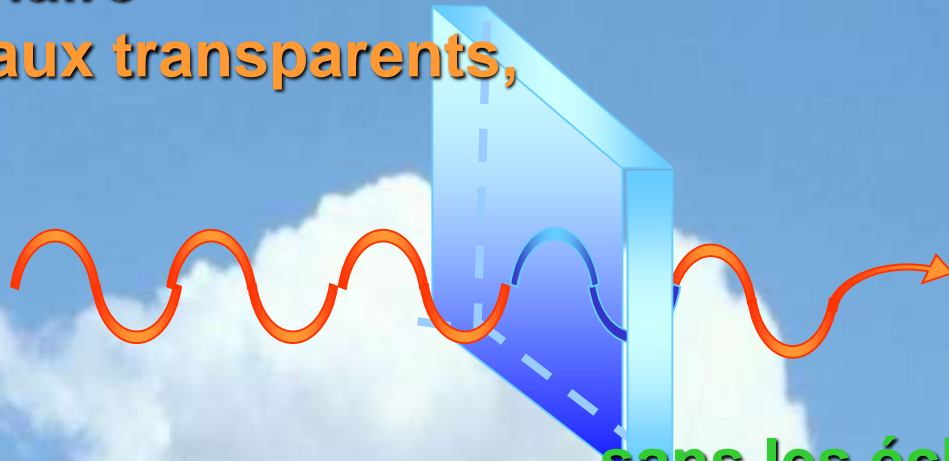


La nuit, le sol, non éclairé, mais plus chaud que l'atmosphère, rayonne à son tour.

Ce rayonnement réchauffera l'air environnant jusqu'à équilibre des températures

LE RAYONNEMENT THERMIQUE

Le rayonnement solaire traverse les matériaux transparents,



sans les échauffer de façon importante.

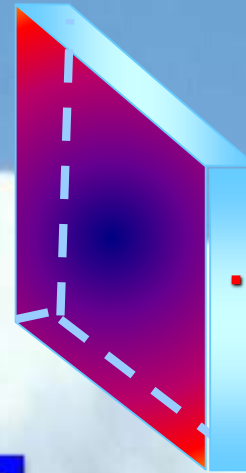
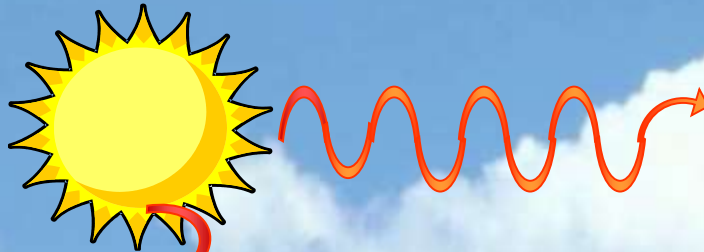
L'air,

**relativement transparent
au rayonnement solaire direct,
le traverse sans l'échauffer de
façon importante.**

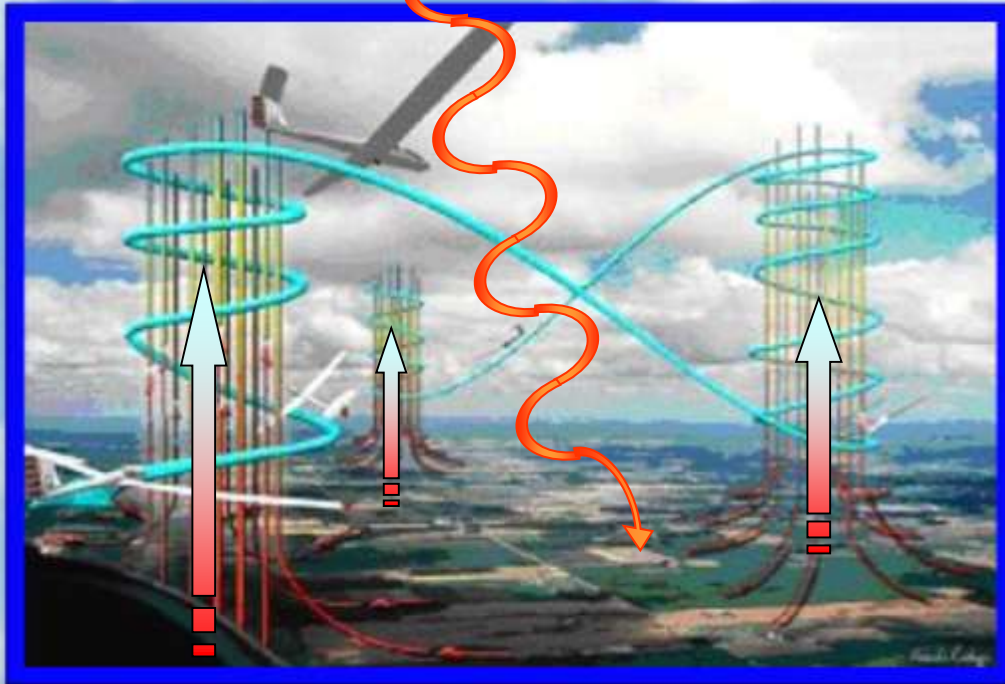


LE RAYONNEMENT THERMIQUE

Le rayonnement solaire est fortement absorbé...

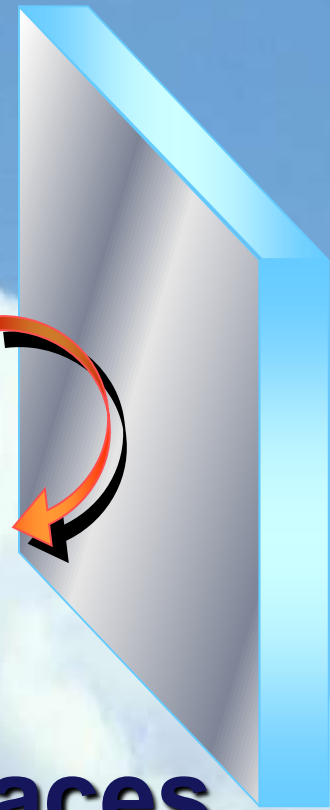
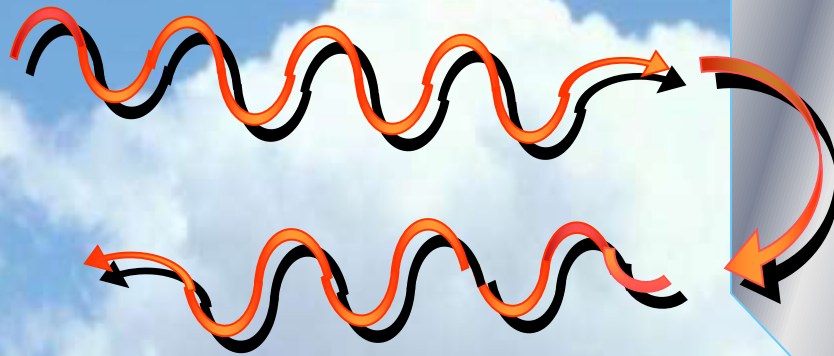


... par les matériaux sombres qui alors s'échauffent.



La terre réchauffée inégalement suivant son aspect et ses couleurs emmagasine de l'énergie et la renvoie par conduction et par rayonnement thermique.

LE RAYONNEMENT THERMIQUE



**Il se réfléchit sur les surfaces
claires ou glacées**

(effet miroir habituellement appelé « albédo »).

LE RAYONNEMENT THERMIQUE

Les effets des radiations solaires dépendent :

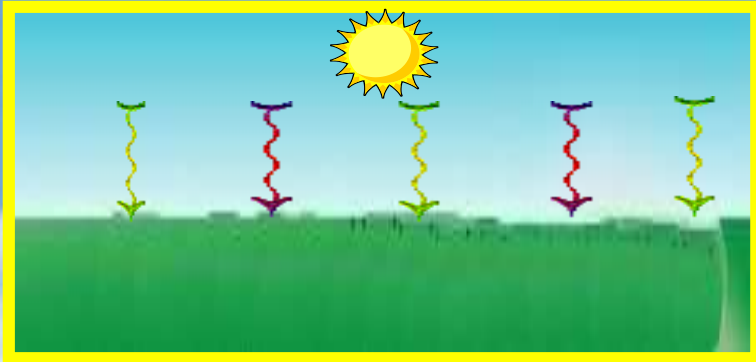
- de leur couleur,
- de leur état de surface,
- de la nature des matériaux,
- de l'incidence du rayonnement.



EFFETS RADIATIFS et DIVERSITÉS DES MATÉRIAUX
(absorbants, parfois réfléchissants et parfois transparents)
constituent une des dynamiques variables
des masses d'air traversées en vol.

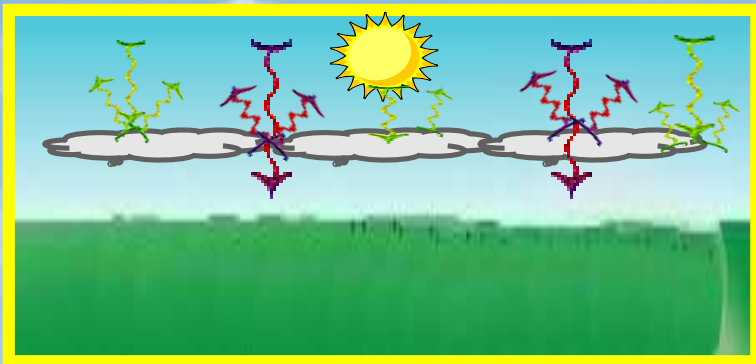
LE RAYONNEMENT THERMIQUE

Incidence ciel clair de jour



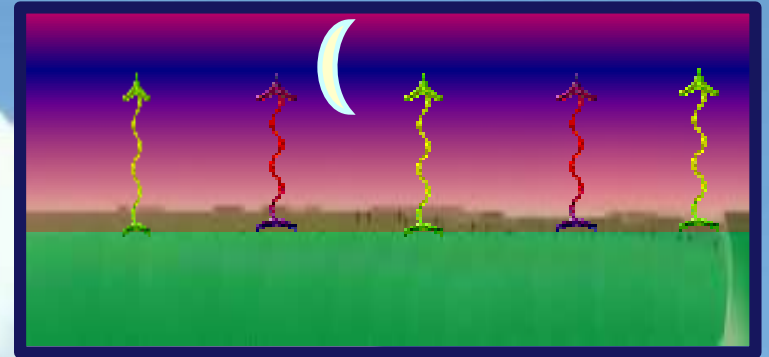
Température plus élevée
(rayonnement solaire intégral
et direct sur le sol)

Incidence ciel couvert de jour



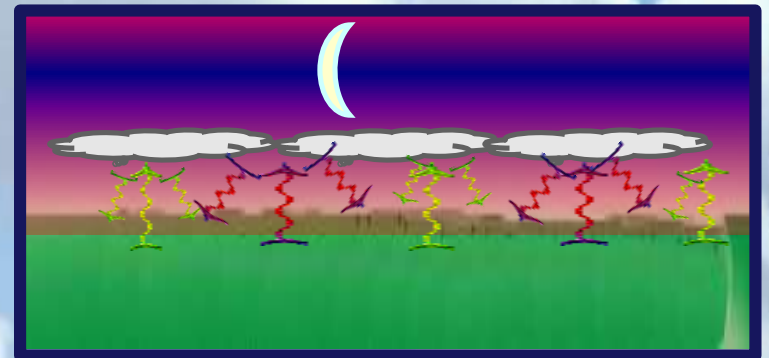
Température moins élevée
(filtre atténuateur du rayonnement
par couverture nuageuse)

Incidence ciel clair de nuit



Température moins élevée
(rayonnement du sol
dans l'ensemble de l'atmosphère)

Incidence ciel couvert de nuit



Température plus élevée
(rayonnement thermique du sol
maintenu dans les basses couches
par couverture nuageuse)

THERMODYNAMIQUE : L'ADVECTION

Masse d'air chaud et humide transportée dynamiquement par le vent au-dessus d'une surface plus froide.



Refroidit alors par sa base (conduction), cette masse d'air peut donner lieu à la création de brouillards, d'entrées d'air maritime ..., si elle atteint la température du point de rosée.

LE POINT DE ROSÉE

Température à partir de laquelle une particule d'air refroidie à pression constante atteint la saturation en humidité, donc se condense.

A l'approche de la température du point de rosée, on observe d'abord de la brume, puis du brouillard et enfin la condensation de l'humidité contenue dans la masse d'air.

Cela peut se produire au cours du refroidissement nocturne ou au petit matin (rosée ou brouillards).

Peu de différence entre la température du sol et la température du point de rosée est un indice d'attention pour le pilote, surtout en soirée, (refroidissement donc saturation de l'air et risque de mauvaise visibilité à venir par brume puis brouillard,).

Visi = 8 km



P = 1013

T = 15° C Td = 8°

Visi = 1200 m



P = 1013

T = 10° C Td = 8°

Visi = 400 m

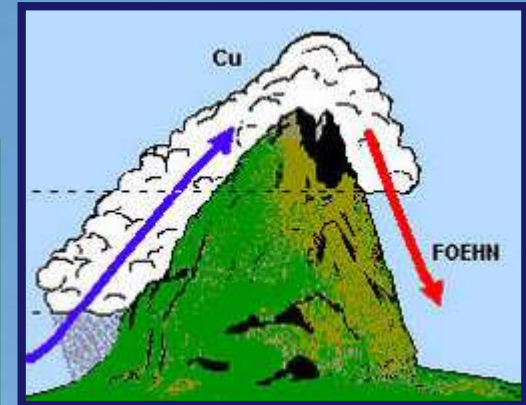


P = 1013

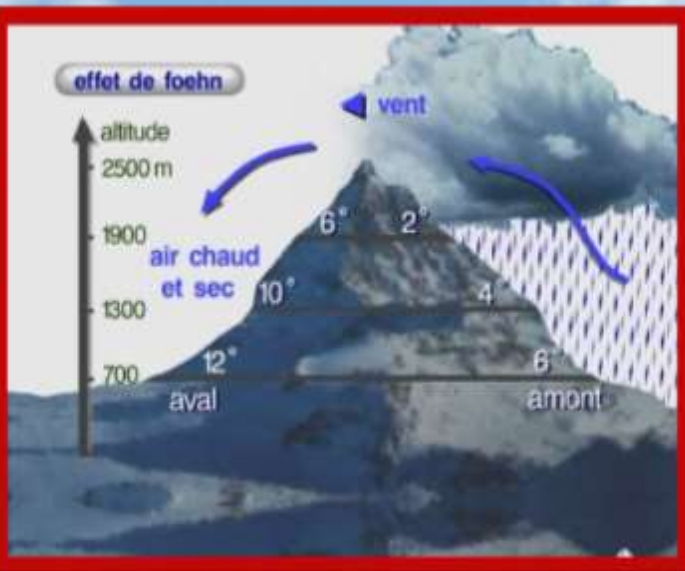
T = 9° C Td = 8°

LE POINT DE CONDENSATION

Température à partir de laquelle une particule d'air refroidie par pression décroissante (masse d'air poussée le long d'un relief) atteint la saturation en humidité, donc se condense (nuages, effet de Foëhn).



Particularité : Lors de la condensation, l'eau cède de la chaleur à l'air dans lequel elle était dissoute. Le gradient de température change alors et **le gradient en air humide est de 0,5 °C pour 100 m** (ne pas confondre avec le gradient de température de l'atmosphère standard : 0,65° C par 100 m).



EFFET de FOËHN

Phénomène du au passage d'une masse d'air sur un relief. Il est marqué par les effets suivants sous le vent du relief :

- une élévation de la base des nuages,
- une hausse de la température et
- une diminution de l'humidité relative.

Conséquences

- ❖ Forte nébulosité et précipitations au vent du relief ;
- ❖ Ciel clair, air chaud et sec côté sous le vent du relief.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : L'HUMIDITÉ

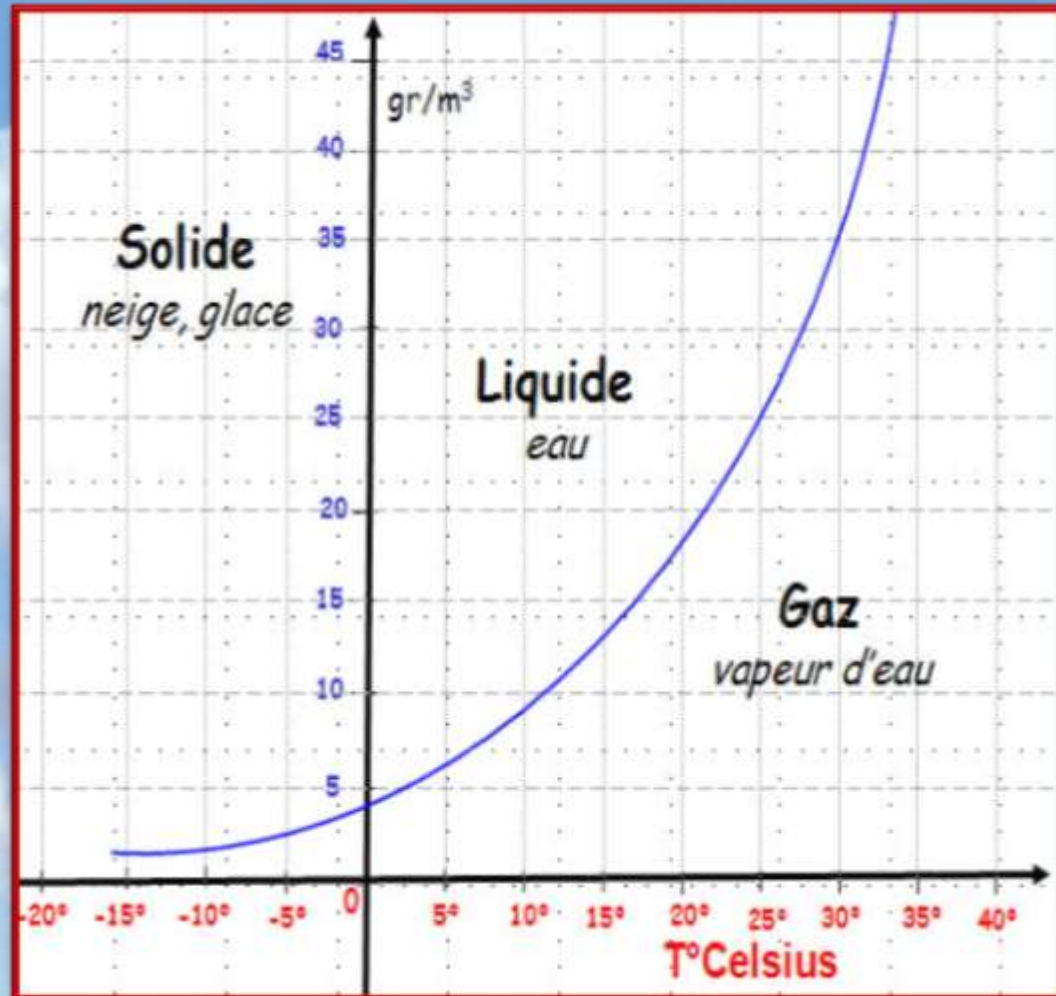
L'HUMIDITÉ DANS TOUS SES ÉTATS

L'humidité est présente dans l'atmosphère sous trois états :

- Solide (glace, neige, grésil, ...)
- Liquide (son état naturel) ;
- Vapeur d'eau contenue dans l'air.

Un volume d'air ne peut contenir qu'une certaine quantité d'eau en suspension dans des limites établies de pression et de température.

La « courbe de vapeur saturante » indique la quantité maxima de vapeur d'eau que peut contenir un m^3 d'air en fonction de la température. Au-delà, la masse d'air est saturée et la vapeur d'eau se condense en liquide.



PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : L'HUMIDITÉ

DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE

Pression barométrique : 1013 hpa

Air à 12 °C saturé avec 8.7 g/m³ d'eau

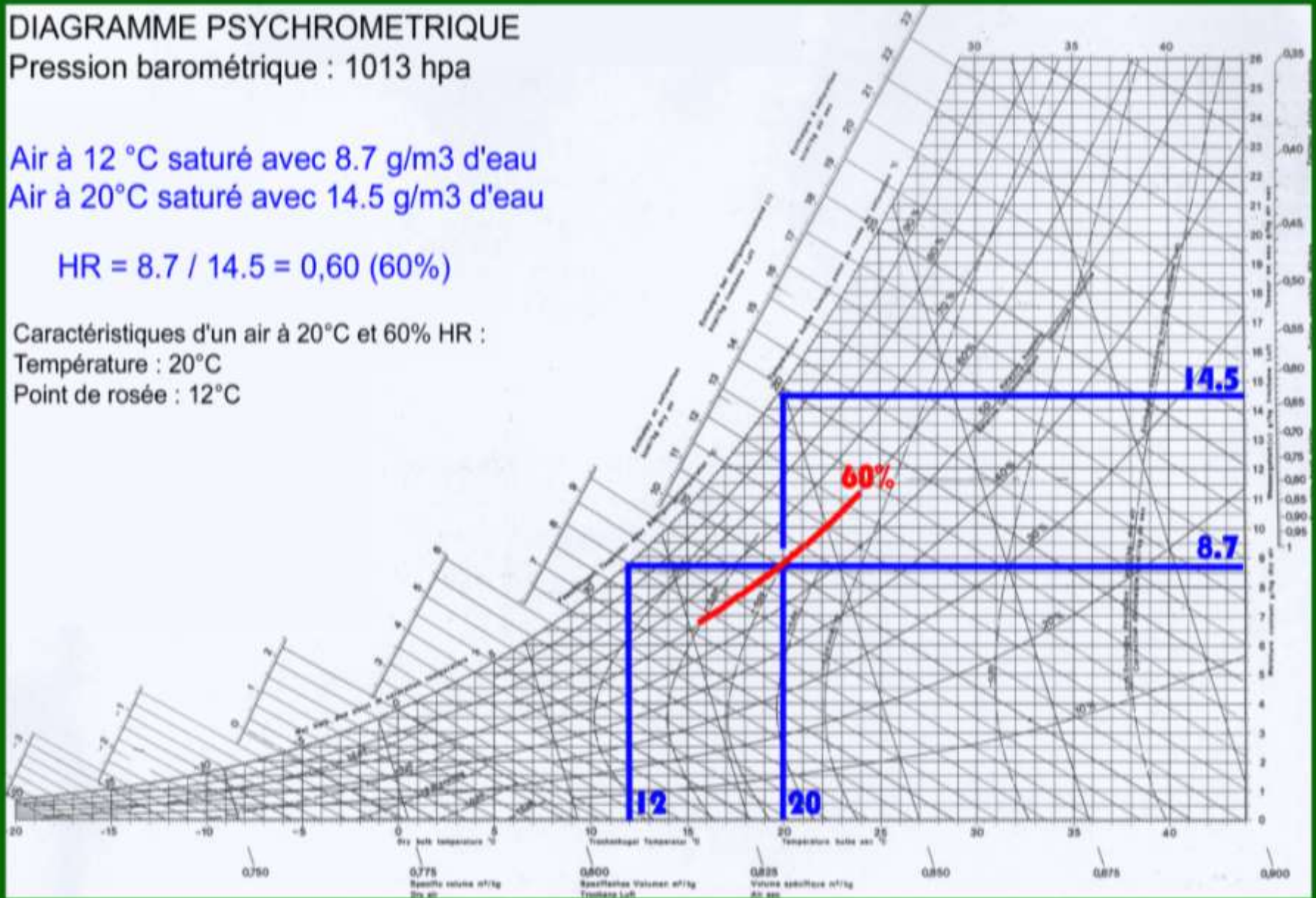
Air à 20°C saturé avec 14.5 g/m³ d'eau

$$HR = 8.7 / 14.5 = 0,60 \text{ (60\%)}$$

Caractéristiques d'un air à 20°C et 60% HR :

Température : 20°C

Point de rosée : 12°C



PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : L'HUMIDITÉ

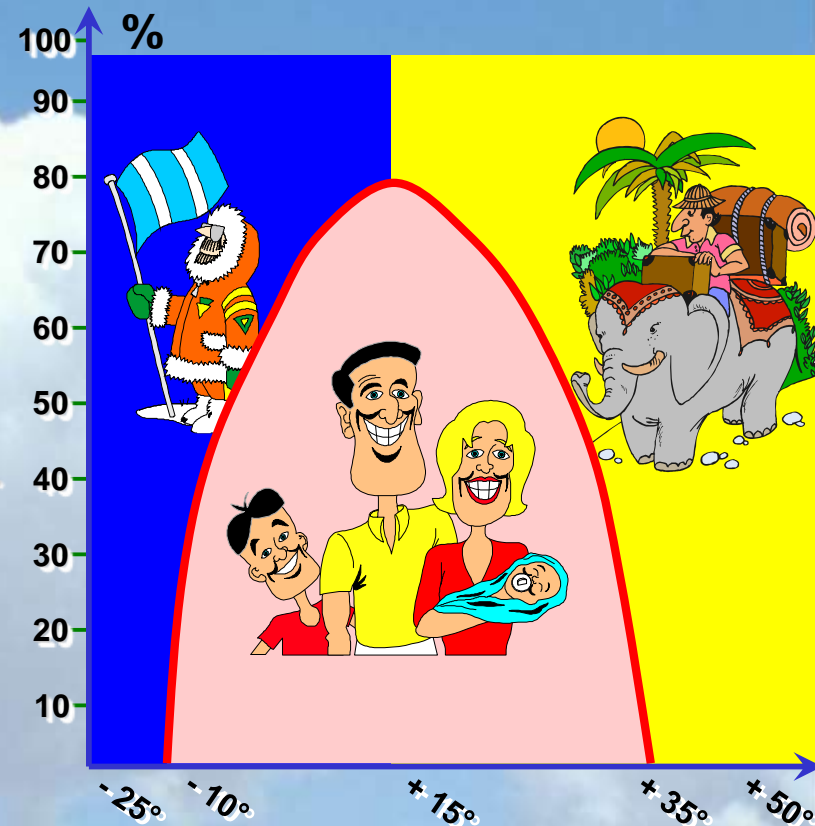
ASSÈCHEMENT DE L'ATMOSPHÈRE AVEC L'ALTITUDE

Humidité absolue : quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air

- ☞ La masse de l'unité de volume d'air diminue avec l'altitude (pression - détente)
- ☞ Donc la quantité de vapeur d'eau par unité de volume diminue également.

Humidité relative : pourcentage de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par rapport à la quantité maximale de vapeur d'eau dans l'air

- ☞ L'humidité relative joue un rôle majeur dans la prévision et l'explication des phénomènes météorologiques ainsi que dans les sensations physiologiques d'humidité ou de sécheresse.
- ☞ La notion de confort correspond à une humidité relative par rapport à une température.



Courbe Sensation de confort
(Humidité relative et température)

L'HUMIDITÉ RELATIVE S'EXPRIME EN POURCENTAGE DE L'ÉTAT D'ÉLOIGNEMENT DE LA SATURATION

LES CHANGEMENTS D'ÉTAT DE L'EAU

VAPORISATION

Passage de l'état liquide à l'état gazeux par

- élévation de température ou
- baisse de pression.

CONDENSATION

Passage de l'état gazeux à l'état liquide par

- baisse de la température ou
- élévation de pression.

CONGÉLATION

Passage de l'état liquide à l'état solide par

- abaissement de sa température.

FUSION

Passage de l'état solide à l'état liquide par

- élévation de température.

Les quatre transformations ci-dessus s'effectuent progressivement

SUBLIMATION

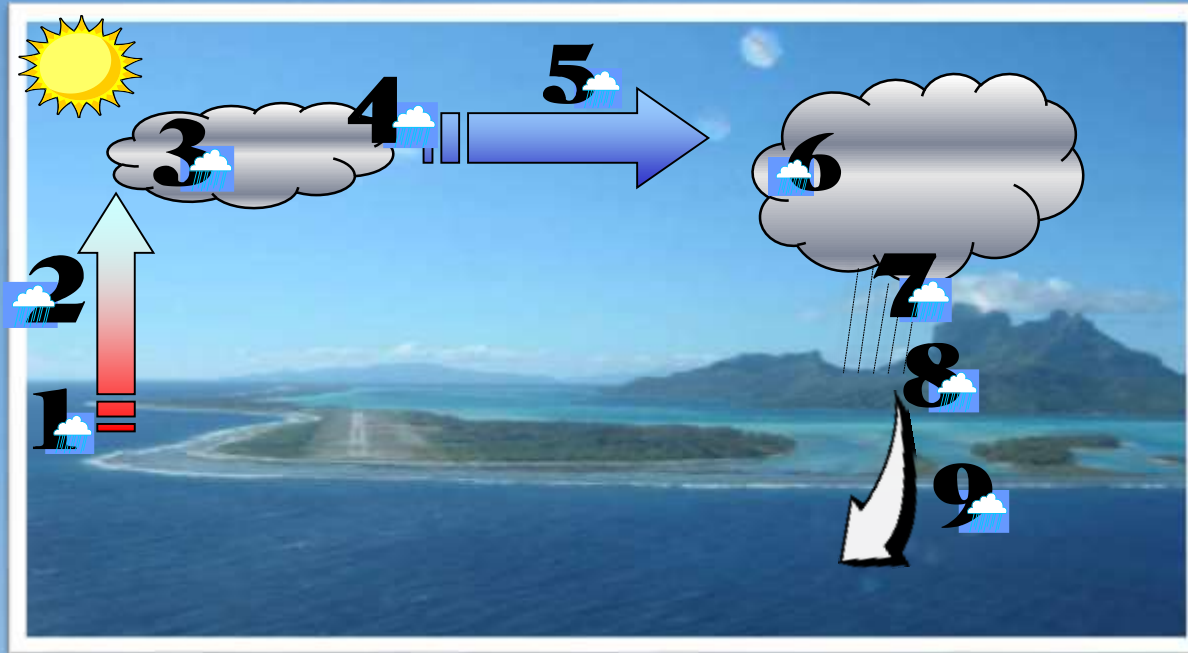
Passage de l'état solide à l'état gazeux
Sans passer par l'état liquide
(cas particulier).

SURFUSION

Passage de l'état liquide à l'état solide avec
retard par rapport à la température
conventionnelle (eau à - 4° C par exemple).

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : L'HUMIDITÉ

LE CYCLE DE L'EAU



4 - Dilution nuageuse (évaporation)

3 - Condensation

5 - Transport horizontal par le vent

6 - Condensation

2 - Convection

7 - Précipitations

1 - Évaporation

9 - Retour à la source

8 - Ruissellement

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : LA MASSE VOLUMIQUE

❖ MASSE VOLUMIQUE

Les basses couches supportent l'ensemble des molécules qui prennent appui sur elles. Plus on se rapproche du sol, plus on est soumis à une masse importante.

De plus, compte tenu des propriétés de compressibilité de l'air, on dénombrera donc dans un même volume, un nombre de moles plus important au sol qu'en altitude.

La masse volumique de l'air diminue avec l'altitude.

Alti en Ft	0	5 000	10 000	15 000	20 000	30 000
Masse volu	1,225	1,055	0,904	0,770	0,652	0,458

La masse volumique de l'air au sol et à 15° C est de 1,225 Kg par m³ .

L'air, soumis à des changements de température, subit comme tout fluide, liquide ou solide une dilatation de ses molécules constituantes.

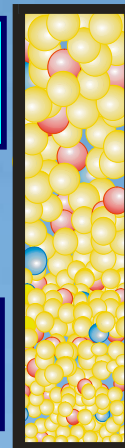
Pour un volume unitaire donné, on dénombrera donc un nombre de molécules différent fonction de la température ambiante et par conséquent de masses différentes.

La masse volumique de l'air diminue avec la température

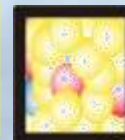
Tempé en °C	0	15	20	25	30	35
Masse volu	1,293	1,225	1,20	1,18	1,16	1,15

532 000 / unité
de volume
à 6 000 m

1 million / unité
de volume
au sol



Volume
molécules
à 30°C



Volume
molécules
à 0°C



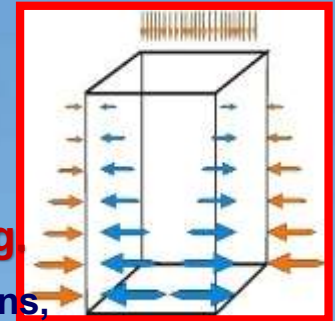
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : LA PRESSION

❖ PRESSION

La masse de l'air, soumise à l'attraction terrestre ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) représente une force. Celle-ci répartie sur une surface unitaire déterminée exerce une pression sur toutes ses faces.

L'unité de pression est l'hectopascal (hPa), en pays anglosaxon on utilise également le pouce de mercure (In Hg). $1 \text{ hPa} = 29,92 \text{ InHg}$.

Au niveau de la mer, la force moyenne exercée par l'air est de 101300 Newtons, ($10\,220 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$) soit une pression de 103 000 Pascals (1 013 hPa).



Compte tenu de la charge supportée par les couches d'air inférieures et de la compressibilité de l'air, la décroissance de pression n'est pas linéaire avec l'altitude mais est plus importante dans ces basses couches.

ALTITUDE EN Ft	0 à 10000	10000 à 20000	20000 à 30000	30000 à 40000	40000 à 50000	50000 à 60000
PRESSION En hPa	1013 697	697 466	466 301	301 188	188 117	117 056
Pour 10000 ft	316 hPa	231 hPa	165 hPa	113 hPa	071 hPa	061 hPa
Nbre de Ft Par hPa	31,6 ft / hPa	43,3 ft / hPa	60,6 ft / hPa	88,5 ft / hPa	140 ft / hPa	164 ft/hPa

**POUR LES BASSES COUCHES (0 à 3000 ft),
DIMINUTION DE 1 hPa TOUS LES 28 ft ou 8,5 m.**

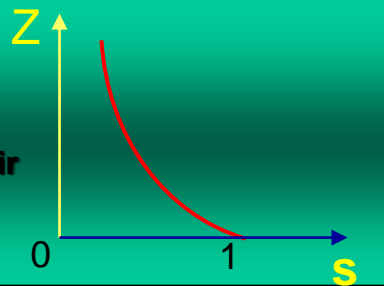
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE L'AIR : LA PRESSION

❖ DENSITÉ

Rapport de la masse volumique à une altitude donnée par la masse volumique au sol.

Altitude en Ft	0	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000	20 000	30 000
Densité	1	0,9428	0,8637	0,8359	0,7860	0,7385	0,5328	0,3741

Courbe de décroissance de la densité de l'air avec l'altitude

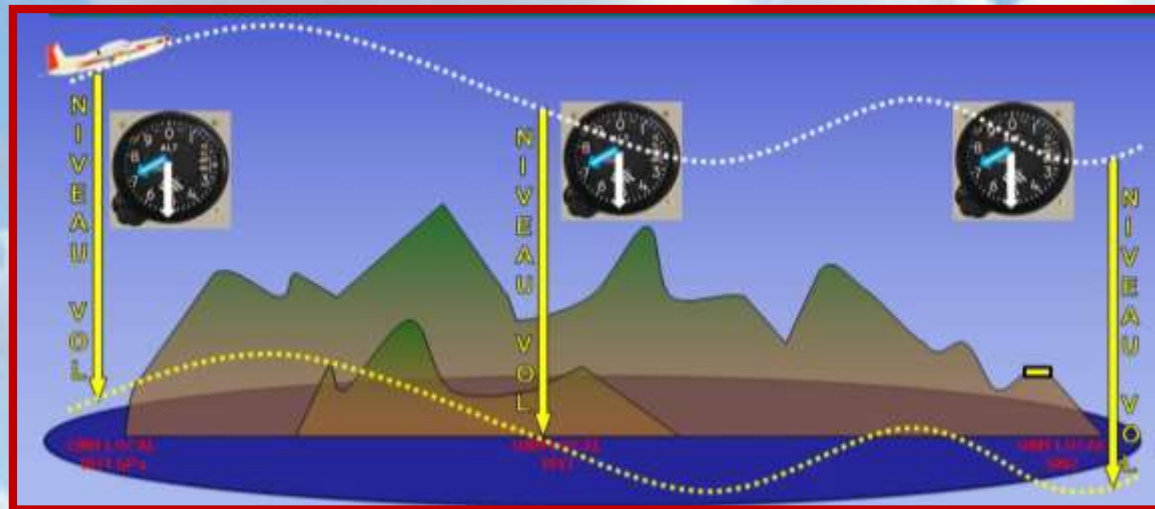


Formule empirique du calcul de la densité de l'air à une altitude donnée en km.

$$S = \frac{20 - Z}{20 + Z}$$

❖ VARIATION DE LA PRESSION

La pression atmosphérique sert de référence altimétrique en cours de voyage. Elle varie au cours de la journée en local et en tous lieux. Le pilote doit donc adapter ses références altimétriques en fonction de ses objectifs (local, voyage en basse ou haute altitude.



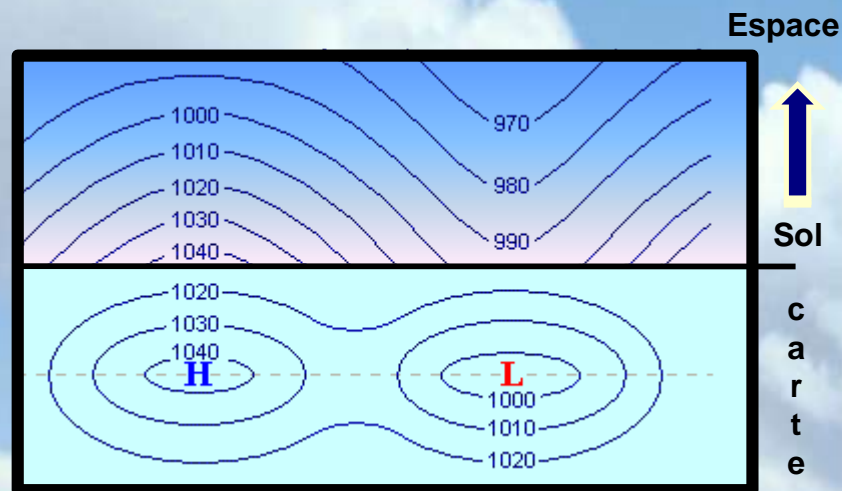
CARTE DES ISOBARES

Les cartes des isobares représentent tous les points de même pression atmosphérique à une altitude déterminée.

Concrètement, le tracé des isobares débute aux environs d'un centre de pression (anticyclone ou dépression). Les isobares donnent une représentation graphique du champ de pression.

L'intersection des surfaces isobares avec le plan horizontal choisi, le sol par exemple, forme des lignes d'égale pression : les lignes isobares.

La coupe verticale présentée ci-contre donne une idée de la configuration des différentes surfaces isobares qui présentent des dômes (H = hautes pressions) et des creux (L = basses pressions).



Valeurs extrêmes de pression atmosphérique relevée (valeurs corrigées de l'altitude au niveau de la mer) :

- en Sibérie, le record de pression maximum a été de 1083,8 hPa (anticyclone sibérien) ;
- dans le Pacifique, le record de pression minimum était de 867 hPa au cœur d'un cyclone tropical.

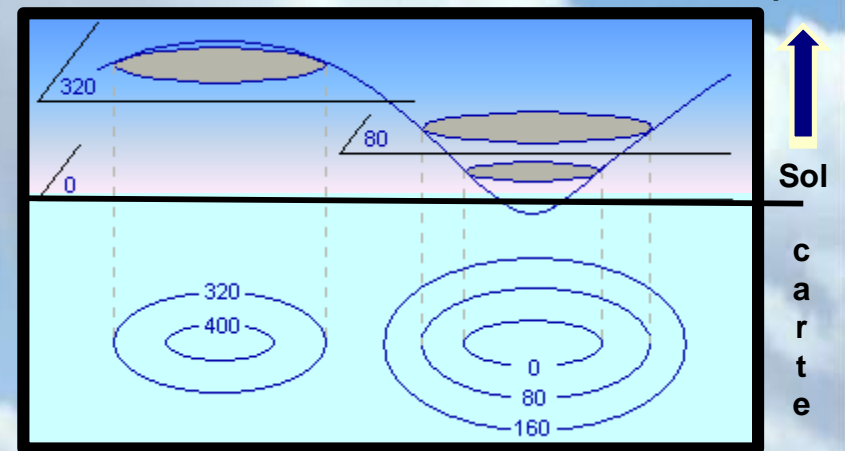
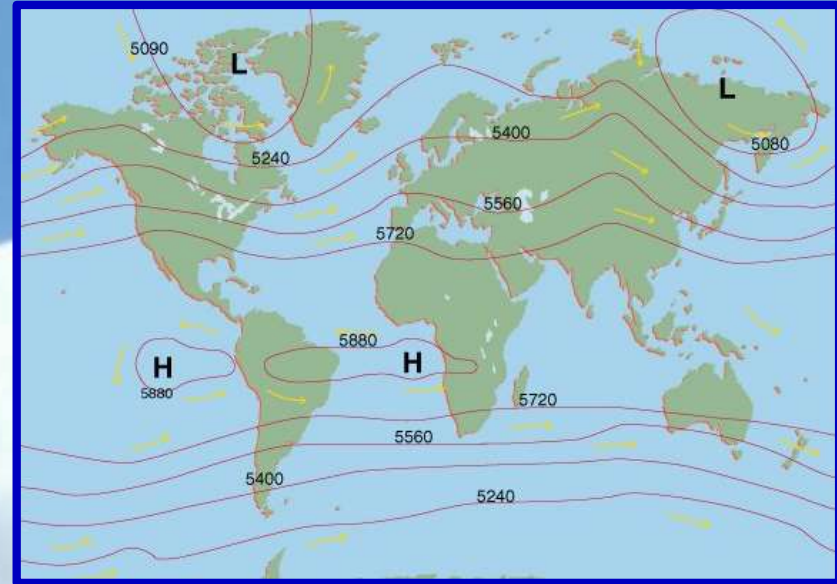
CARTE DES ISOHYPSES

Elles sont composées de lignes réunissant à un instant donné les points de même altitude géopotentielle (m_{gp}) présentant une même valeur de pression.

Les cartes des isohypses les plus courantes prennent comme références les altitudes de 1500 m (environ 4800 ft et 850 hPa), de 3000 m (environ 9900 ft et 700 hPa) de 5500 m (environ 18200 ft et 500 hPa) et de 7000 m (environ 28000 ft et 300 hPa).

Exemple : la pression 1000 hPa est à l'altitude notée 0. Une première ligne reliant tous les points 1000 hPa au sol est tracée (ligne 0).

Si nous souhaitons voir tous les 80 m par exemple ou se trouve la surface de pression 1000 hPa, il suffit de projeter la position de ces points de la surface 1000 mbar sur la carte d'altitude 0 m. Nous obtenons ainsi une représentation de la surface 1000 mbar (par ses courbes de niveau).



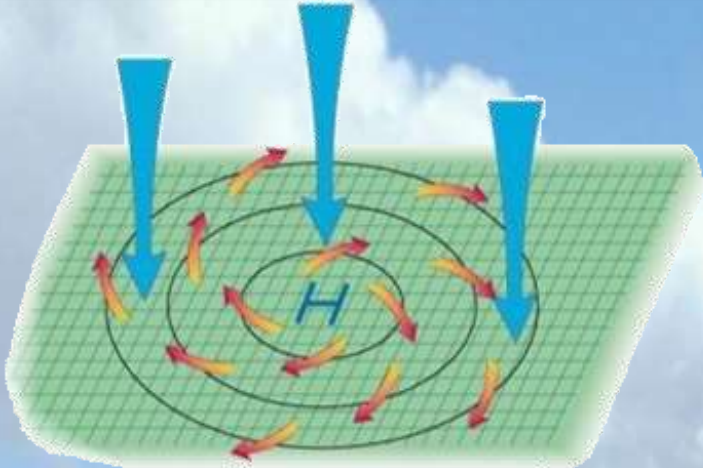
Ces courbes de niveau, également appelés isohypses, peuvent être utilisées pour n'importe quelle surface isobare. Elle donne en tous lieux, l'altitude de la surface isobarique considérée.

ZONE DE HAUTES PRESSIONS (H) ANTICYCLONE (A)

Un anticyclone est une zone où s'établit une pression qui se renforce en son centre par affaissement (subsidence) de la masse d'air vers le sol.
Selon la loi de Buys Ballot, les vents, autour d'un anticyclone, tournent dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord, (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Sud).



A nos latitudes tempérées, la présence d'un anticyclone s'accompagne généralement d'un beau temps stable, d'où ne sont pas exclus cependant les orages en été, ni les brouillards et nuages bas en hiver.



Dans les basses couches, le profil de température est souvent modifié et entraîne une plus grande stabilité de l'air, mais avec des visibilités réduites (atmosphère laiteuse).

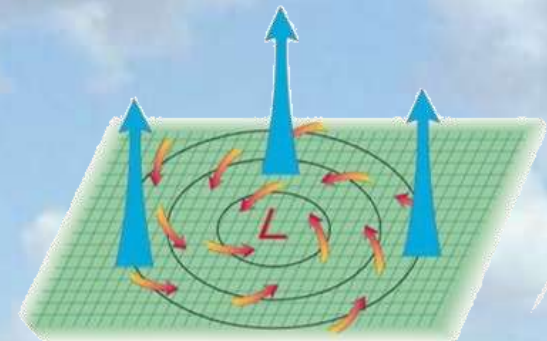
ZONE DE BASSES PRESSIONS (L) DÉPRESSION (D)

Une zone cyclonique ou dépression est un secteur où la pression se creuse et diminue en son centre par élévation de l'air en mouvement de spirale.

A nos latitudes tempérées, la présence d'une dépression s'accompagne généralement de temps instable, d'orages ou de perturbations associées à du mauvais temps.

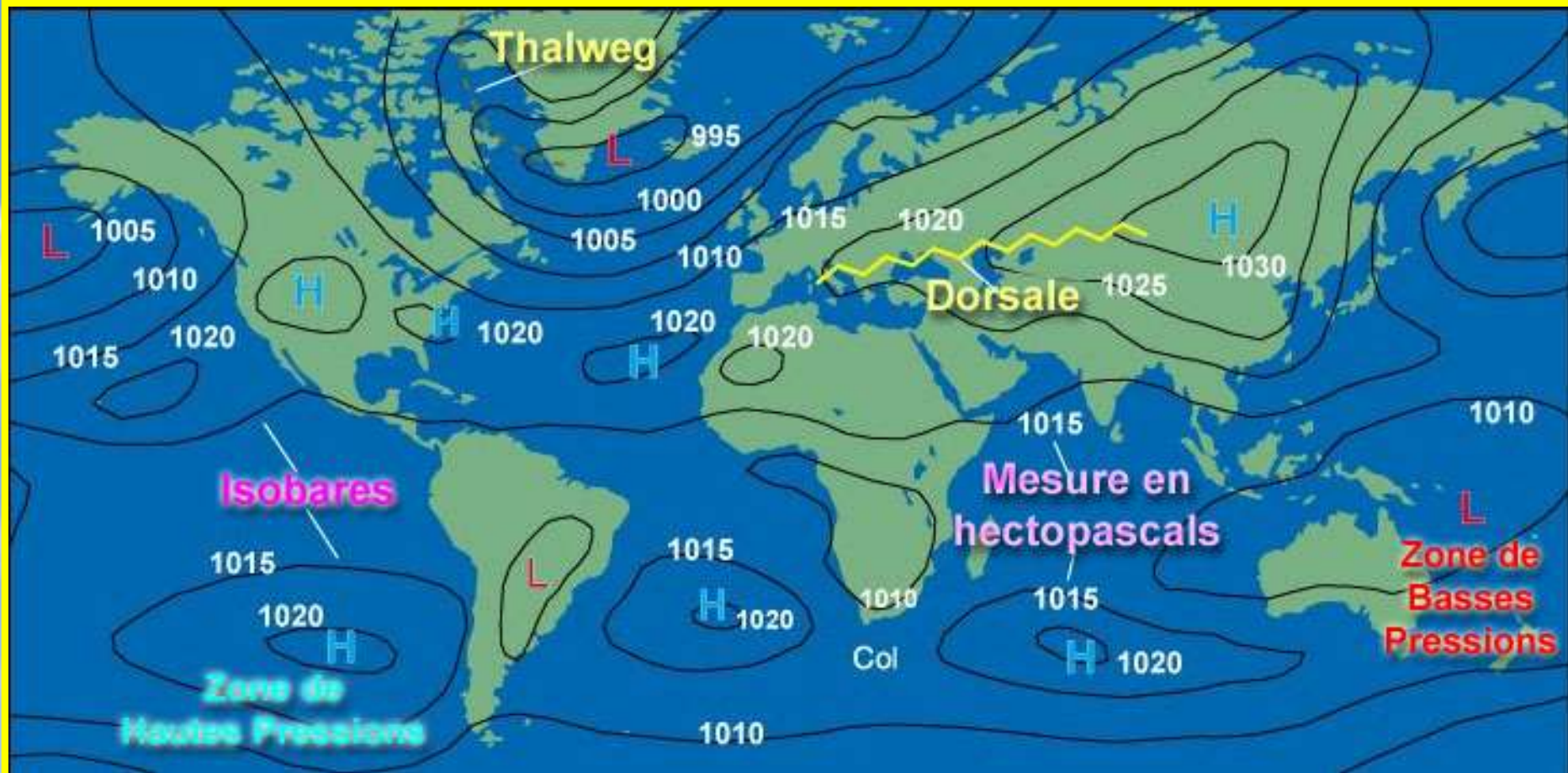
Selon la règle de Buys Ballot, les vents, autour d'une **dépression**, tournent dans le **sens inverse des aiguilles d'une montre** dans l'hémisphère Nord (dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Sud).

Leurs forces y sont d'autant plus élevées que les lignes isobares sont plus resserrées.



CARTE DES ISOBARES

Les variations de température, les mouvements de l'atmosphère et la rotation de la terre engendrent des pressions différentes à la surface du globe et des situations météorologiques spécifiques.



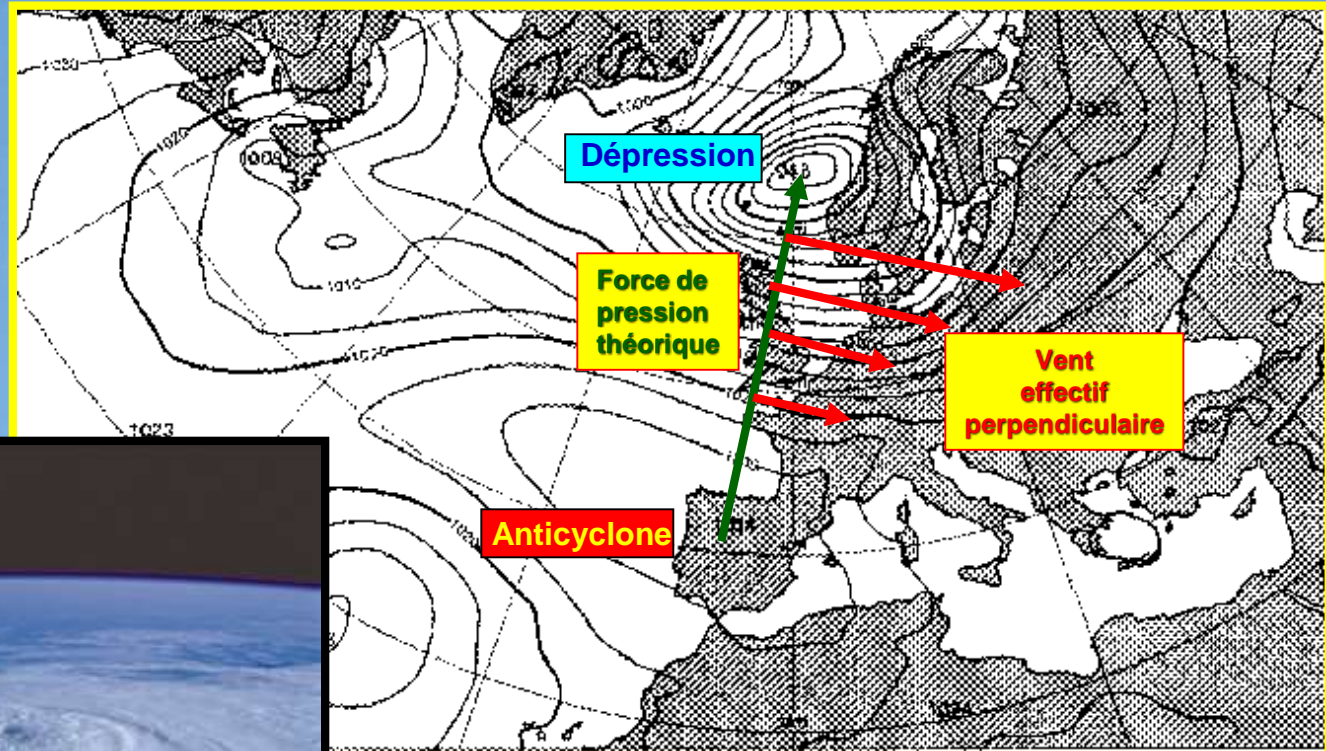
Au niveau de la mer, ces isobares déterminent les champs horizontaux de pression. Cette représentation permet une première approche de la connaissance des circulations d'air.

LEXIQUE DES TERMES MÉTÉOROLOGIQUES LIÉS AUX CARTES ISOBARIQUES

Vocabulaire météo	Abrév. F	Abrév UK	Signification Cartes d'isobares	Signification Cartes d'isohypses
DÉPRESSION	D	L	Centre d'une zone où la pression atmosphérique est la plus basse.	Centre d'une zone où l'altitude de la surface de pression de référence est la plus basse.
ANTICYCLONE	A	H	Centre d'une zone où la pression atmosphérique est plus élevée que partout alentour.	Centre d'une zone où l'altitude de la surface de référence est plus élevée que partout alentour.
COL			Zones situées entre des dépressions ou anticyclones et marquant une inversion de sens d'évolution de la pression. Les vents y sont relativement calmes et de direction variable. Le temps est également variable.	
THALWEG			Axe, issu d'une dépression, joignant une « vallée » de basses pressions. Les isobares y ont une forme de V plus ou moins prononcé. De part et d'autre du thalweg, la pression est plus forte que le long de l'axe.	
DORSALE			Axe joignant une « crête » de hautes pressions. De part et d'autre de la dorsale, la pression est plus faible que le long de l'axe.	
MARAI BAROMETRIQUE			Zone où la pression varie faiblement sur une surface géographique importante, et de manière plus ou moins désordonnée.	

ISOBARES ET VENTS

Les différences de pression à la surface du globe provoquent bien évidemment le déplacement de masses d'air, les hautes pressions tendant à combler les basses pressions.



Vue satellite d'une dépression

En réalité, la rotation de la terre va dévier ce déplacement d'air vers la droite dans l'hémisphère nord (inversement au sud) et orienter cette force de pression parallèlement aux lignes isobares

Ce vent, réorienté par la force de Coriolis, est :
• d'autant plus élevé que les lignes isobares sont serrés
• plus faible dans les basses couches (frottement).

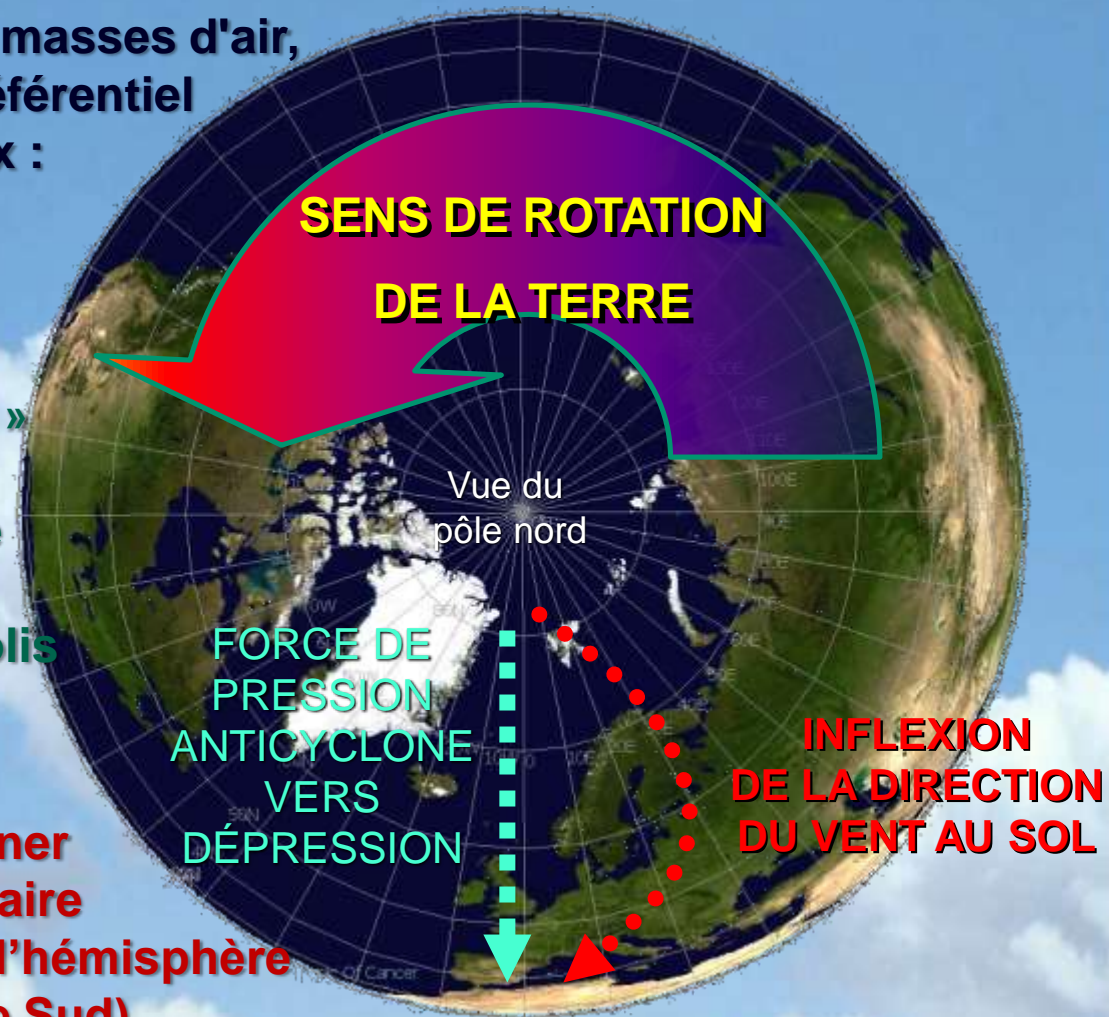
PRINCIPE DES FORCES DE CORIOLIS

Dans l'étude du mouvement des masses d'air, les forces en présence dans le référentiel terrestre sont au nombre de deux :

- la force de Coriolis et
- la force de pression.

L'air, s'il était soumis à la seule force de pression, « descendrait » en ligne droite de l'anticyclone vers la dépression. Mais dès que l'air est mis en mouvement, il s'y applique une force de Coriolis dirigée vers la droite qui dévie la trajectoire des masses d'air.

Celles-ci ont tendance à contourner la dépression dans le sens contraire des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord (inverse dans l'hémisphère Sud).



Mémoire

Anticyclone = Hautes pressions, sens de rotation Horaire des masses d'air
Dépression = le vent tourne en sens anti-horaire.

REPRÉSENTATION DU VENT

Deux caractéristiques définissent le vent :

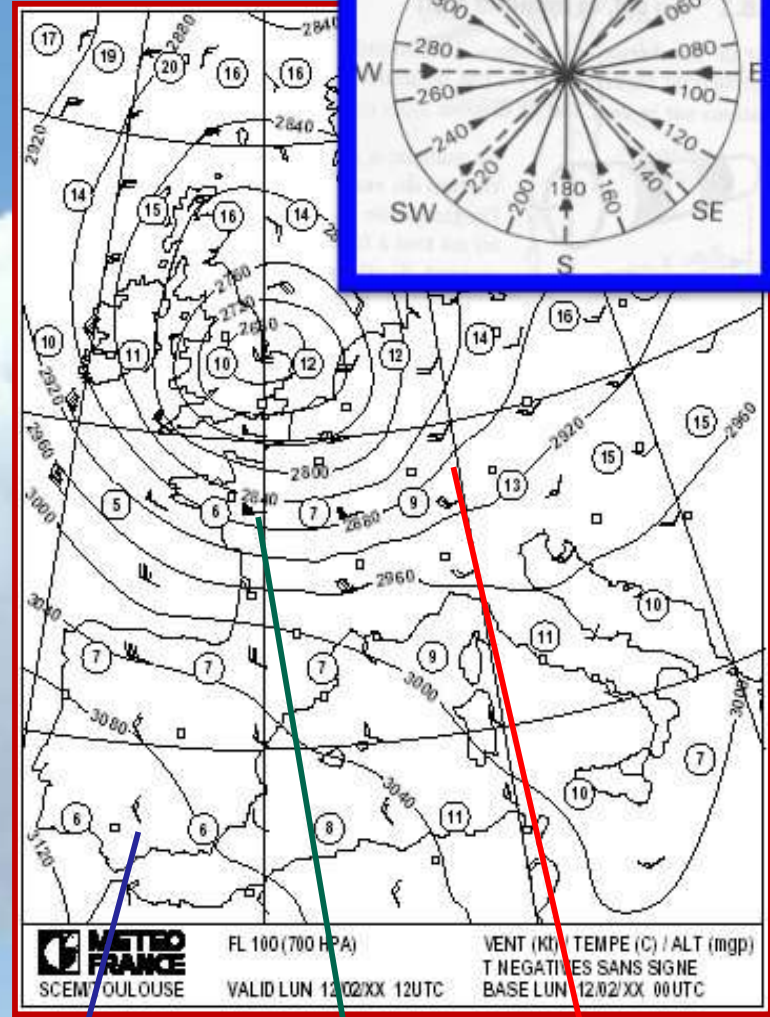
- la direction d'où il vient (de 000° à 360° par rapport au Nord géographique pour Météo France ou par rapport au Nord magnétique dans les messages de décollage et d'atterrissage émis par les Services de la Circulation Aérienne) ;
- la vitesse exprimée en m/s, Kt ou km/h.

1 m/s = 2 Kt = 4 km/h

La direction est notée par une flèche dont la pointe est absente et dont la penne indique la vitesse :

- un triangle = 50 Kt ;
- une barbule = 10 Kt et
- une mini-barbule = 5 Kt.

Vent venant du 120° avec une vitesse de 75 Kt
(Vw = 120°/75)



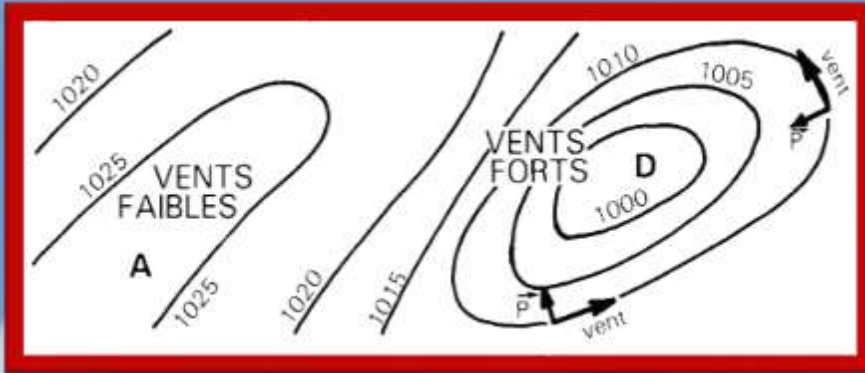
Vw = 350°/15 Kt

Vw = 260°/50 Kt

Vw = 200°/ 20 Kt

MÉTÉO FRANCE FL 100 (700 HPA) VENT (Kt) / TEMPE (C) / ALT (mcp)
 SCEM T OULOUSE VALID LUN 12/02/XX 12UTC T NEGATIVES SANS SIGNE
 BASE LUN 12/02/XX 00UTC

ISOBARES ET VENTS



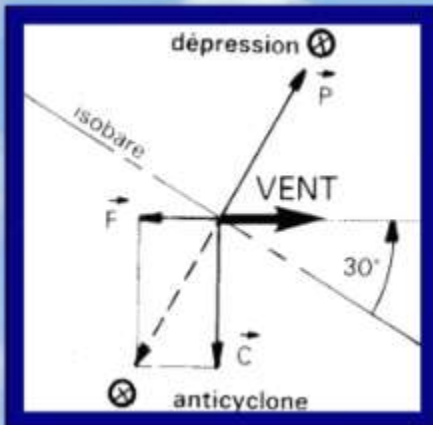
Si les ISOBARES (ou les isohypses) sont serrés les unes contre les autres, la vitesse du vent est élevée.

Si les ISOBARES sont éloignés les unes des autres, la vitesse du vent est faible.

La nature et le profil du sol fait naître une force de frottement qui modifie la vitesse et la direction du vent.

Elle est maximale au sol et diminue au fur et à mesure que l'altitude augmente.

On peut considérer cette variation comme négligeable à partir de 1.500 m.



PARTICULARITÉS DU VENT AU SOL

La force de frottement est maximale et diminue ainsi la vitesse du vent constatée en altitude (1000 à 1500 m) d'environ 5 Kt.

L'augmentation de pression avec la diminution d'altitude alliée à la force de Coriolis a pour effet de modifier la direction du vent en altitude d'environ 30° vers la gauche dans les très basses couches.

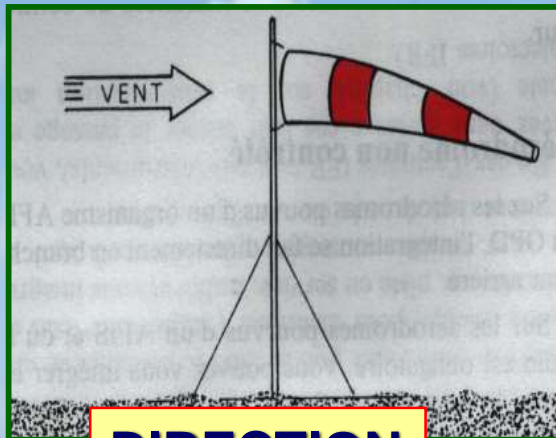
Application : Si vent au sol constaté ou signalé $V_w = 240^\circ / 10 \text{ Kt}$; vers 3000 ft il aura pour valeurs $V_w = 270^\circ / 15 \text{ Kt}$.

IMPORTANCE DE LA CONNAISSANCE DU VENT

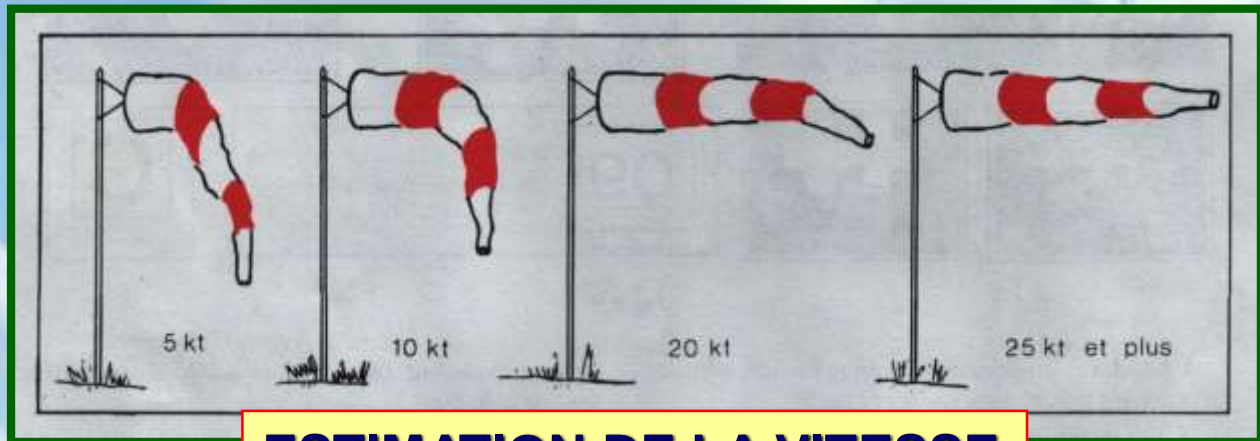
LES AVIONS COMME LES PILOTES ONT DES LIMITATIONS, que ce soit pour la vitesse maxi de vent autorisée pour l'avion ou les capacités du pilote pour gérer la conduite de celui-ci **AVEC DU VENT DE TRAVERS** au décollage et à l'atterrissage...

Les services de météorologie aéronautique fournissent donc ces informations via les services de la circulation aérienne.

Si aucune information possible, le pilote peut quand même estimer la direction (piste à utiliser) et la vitesse du vent (limitations) par l'observation de la manche à air.

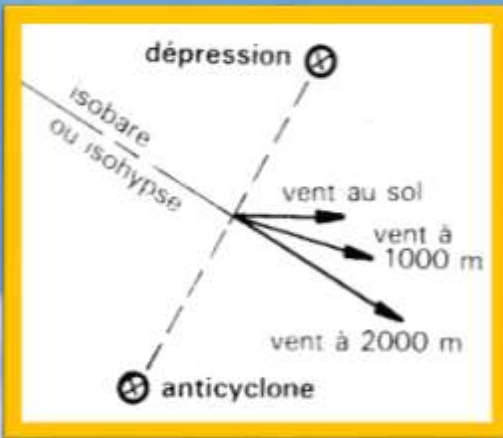


DIRECTION



ESTIMATION DE LA VITESSE

ISOBARES ET VENTS



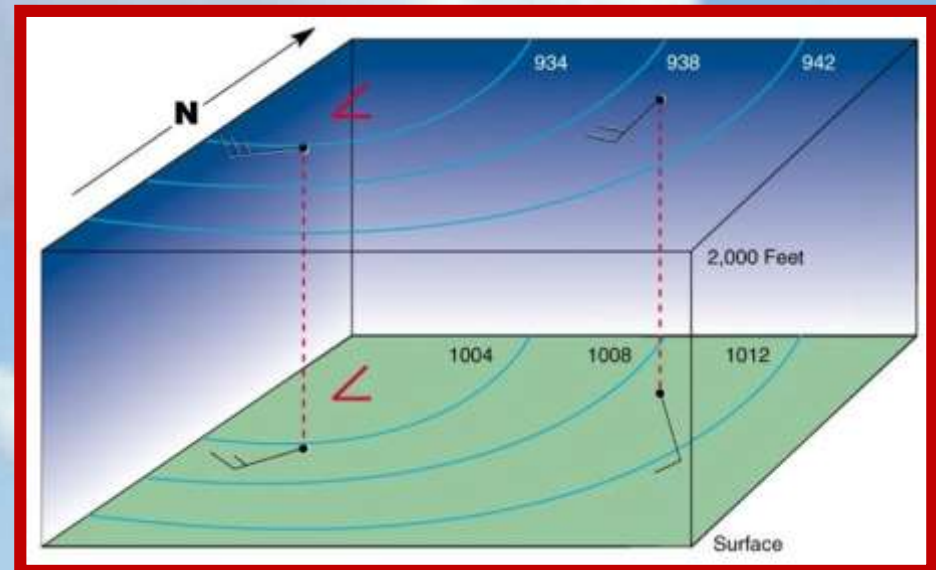
VENT EN ALTITUDE

La force de frottement diminue progressivement. On s'aperçoit qu'au fur et à mesure que l'altitude augmente, le vent devient de plus en plus parallèle aux isobares et que sa vitesse augmente.

RÉALITE DU VENT

Le champ de pression n'est jamais constant, aussi bien au sol qu'en altitude.

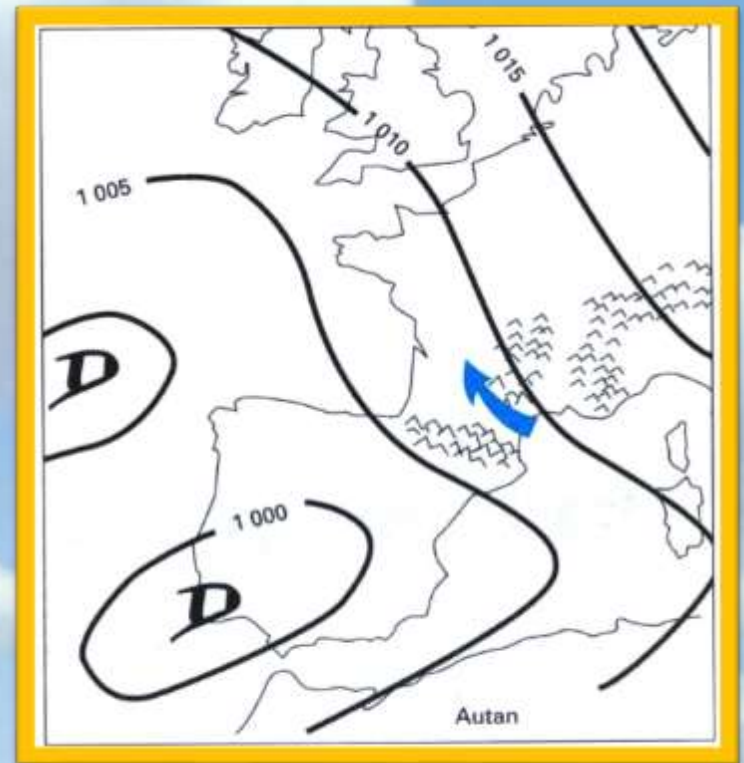
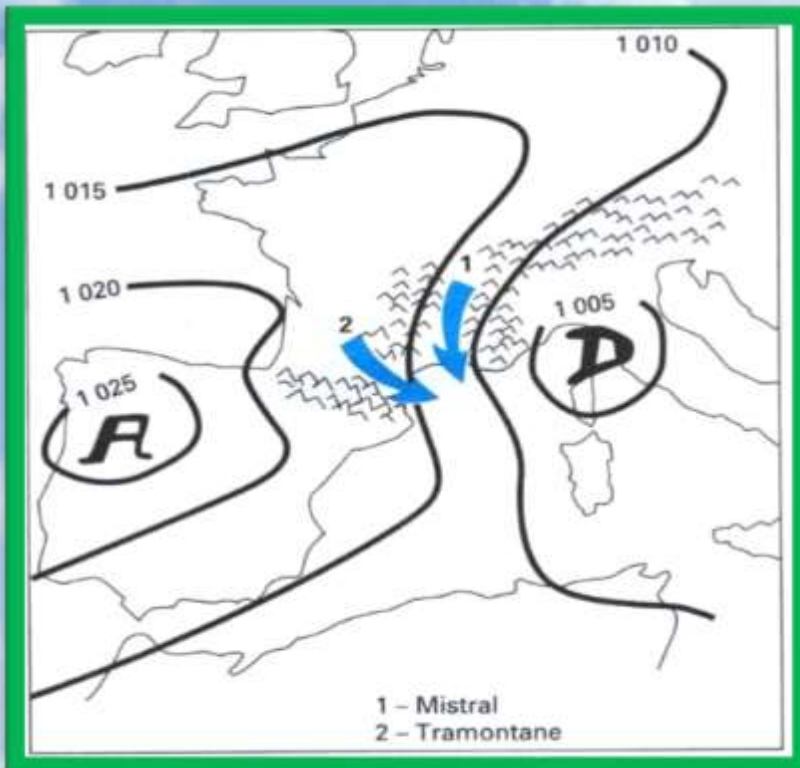
Lorsqu'une dépression est observée au sol en un point, son centre est rarement au même endroit en altitude. En conséquent on ne peut appliquer qu'**empiriquement** ces principes d'évaluation du **vent en altitude** à partir d'un vent au sol.



LES VENTS DE VALLÉE À GRANDE ÉCHELLE

En France, il existe trois cas de vents forts canalisés par le relief sur de grandes distances, deux de composante nord et un du secteur sud-est :

- Dans la vallée du Rhône : **le mistral** (1), vent du nord froid et turbulent.
- Entre les Pyrénées et le Massif central, **la tramontane** (2), vent du nord-ouest dans le secteur de Toulouse à Carcassonne.
- De Carcassonne à Toulouse lorsque le vent vient de la Méditerranée et s'engouffre alors du sud-est vers le nord-ouest, on l'appelle **le vent d'Autan**.



VENTS LOCAUX D'ORIGINE THERMIQUE

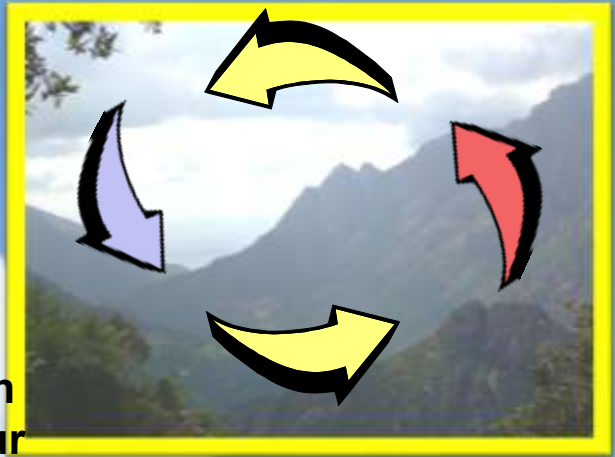


Brise de mer



Réchauffement du sol (mer ou pente) par le soleil l'air en contact s'échauffe et donc s'élève. Il est remplacé par l'installation d'une autre masse d'air alentour

LA BRISE.



Brise de pente montante



Brise de terre



Refroidissement du sol (terre ou pente) la nuit, l'air en contact refroidit. L'air en contact avec la mer ou la vallée, plus chaud s'élève. Il est remplacé par l'installation

LA BRISE.



Brise de pente descendante

VENTS LOCAUX D'ORIGINE DYNAMIQUE ET CONSÉQUENCES



Attention en montagne à la direction du vent par rapport au relief :
ASCENDANCE si vent AU RELIEF ;
RABBATTANT si RELIEF SOUS le vent.

BRISE DE VALLÉE

Les étranglements dus aux montagnes sont similaires aux trompes de Venturi.

Conséquences :

- Forte accélération de la masse d'air dans les vallées (Mistral, Autan, ...) et
- Diminution de la pression statique.



EFFETS DU VENT SUR LES MASSES D'AIR FACE AU RELIEF

LOI DE LA MÉCANIQUE DES FLUIDES

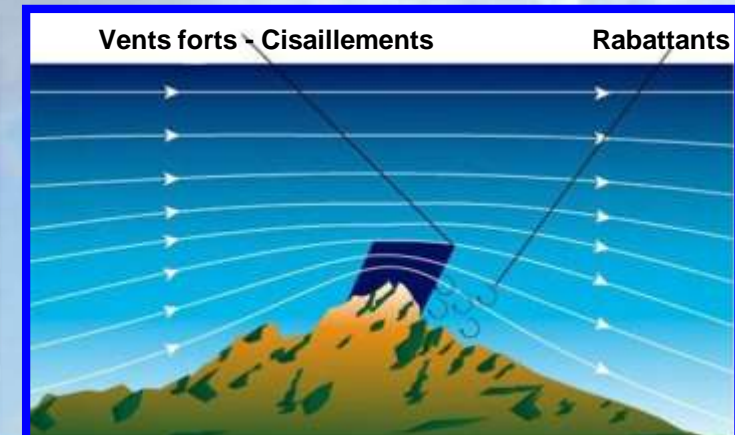
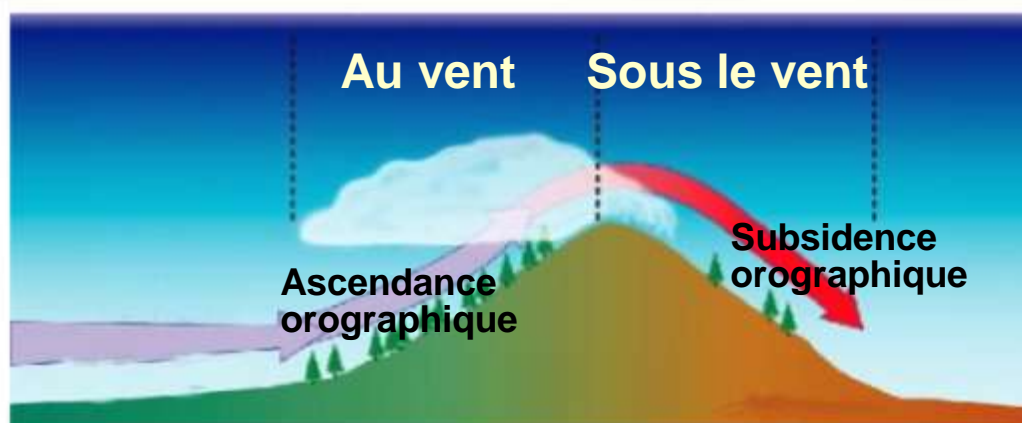
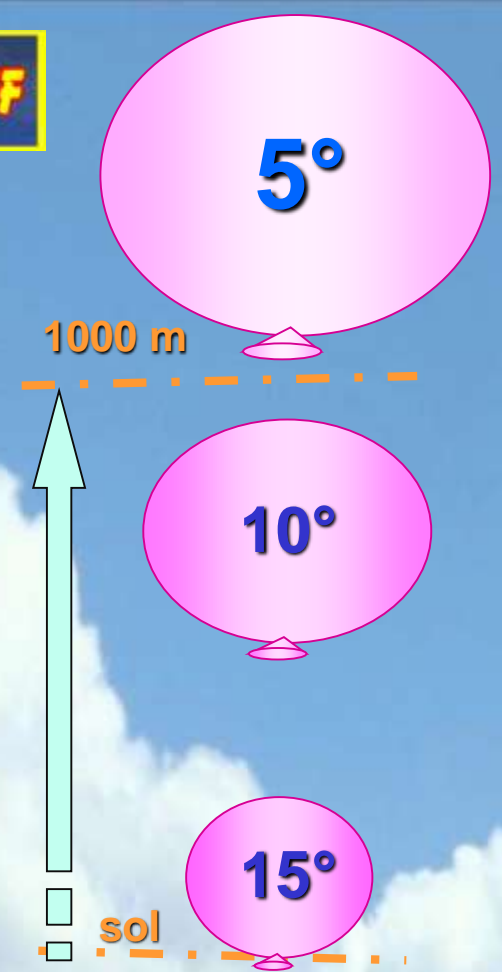
Une masse d'air soumise à des changements de pression subit des modifications de sa température.

Si diminution de pression, la masse d'air se refroidit
c'est le phénomène de DÉTENTE .

Si augmentation de pression, la masse d'air se réchauffe
c'est le phénomène de COMPRESSION.

DEUX CONSÉQUENCES :

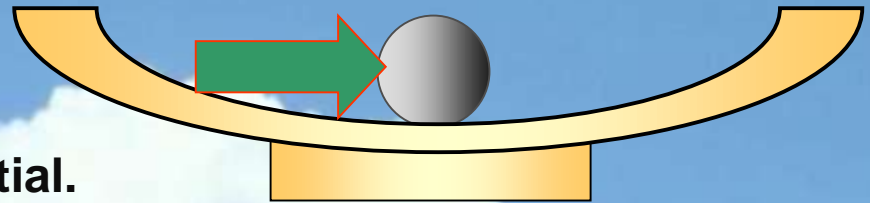
- Face à un relief, le vent pousse l'air le long de la pente, l'élève et donc il se refroidit. Chargé d'humidité intégrée à cet air, la création d'un nuage au vent est prévisible ;
- La surpression au-dessus du relief crée des turbulences au vent et des rabattants sous le vent.



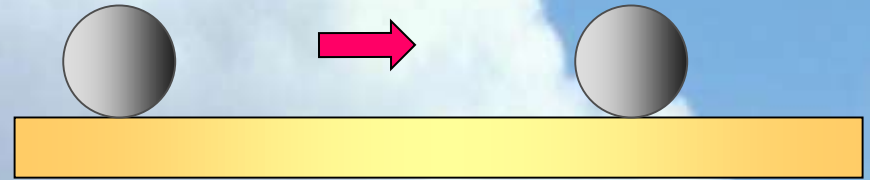
STABILITÉ ET INSTABILITÉ

En Physique, trois états d'équilibre sont possibles

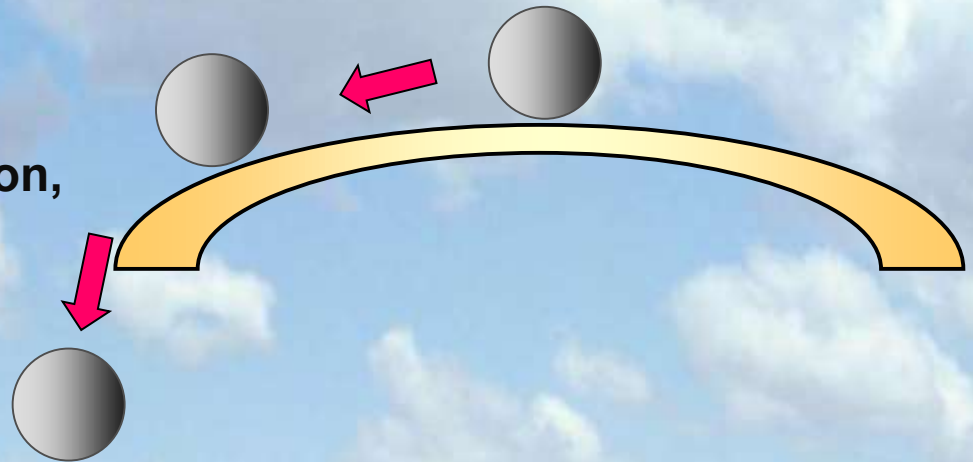
L'équilibre est dit stable
lorsque l'objet, écarté de sa position,
finit par revenir à son emplacement initial.



L'équilibre est dit indifférent
lorsque l'objet, écarté de sa position,
reste à son nouvel emplacement.



L'équilibre est dit instable
lorsque l'objet, écarté de sa position,
tend à s'en écarter encore plus



STABILITÉ VERTICALE DE L'ATMOSPHÈRE

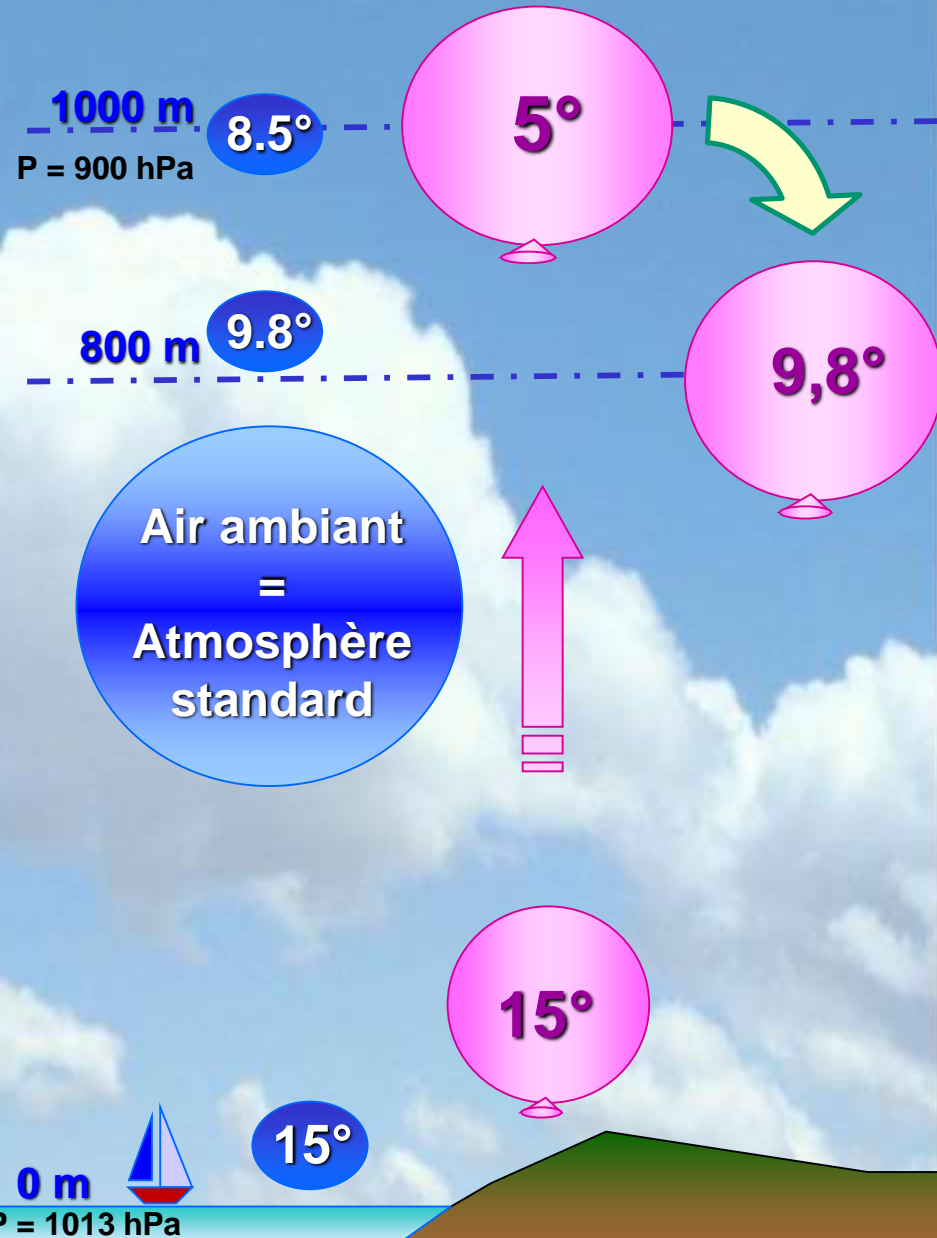
La masse d'air est dite stable lorsque, l'ascension d'une particule d'air, soit :

- par effet thermique (conduction de chaleur par effet de sol) ;
- par effet orographique (poussée du vent sur le relief) ;

tend à la faire revenir d'elle-même dans un environnement de même température.

La particule plus froide (+ 5°), donc plus lourde que l'air environnant, va redescendre à un niveau où sa température sera égale à celle de l'air environnant.

En air stable non saturé, perte de 1° C par 100 m. Pas de brassage d'air donc pas de turbulence. Possibilité de brume sèche et (ou) de nuages plats stratiformes.



INSTABILITÉ VERTICALE DE L'ATMOSPHÈRE

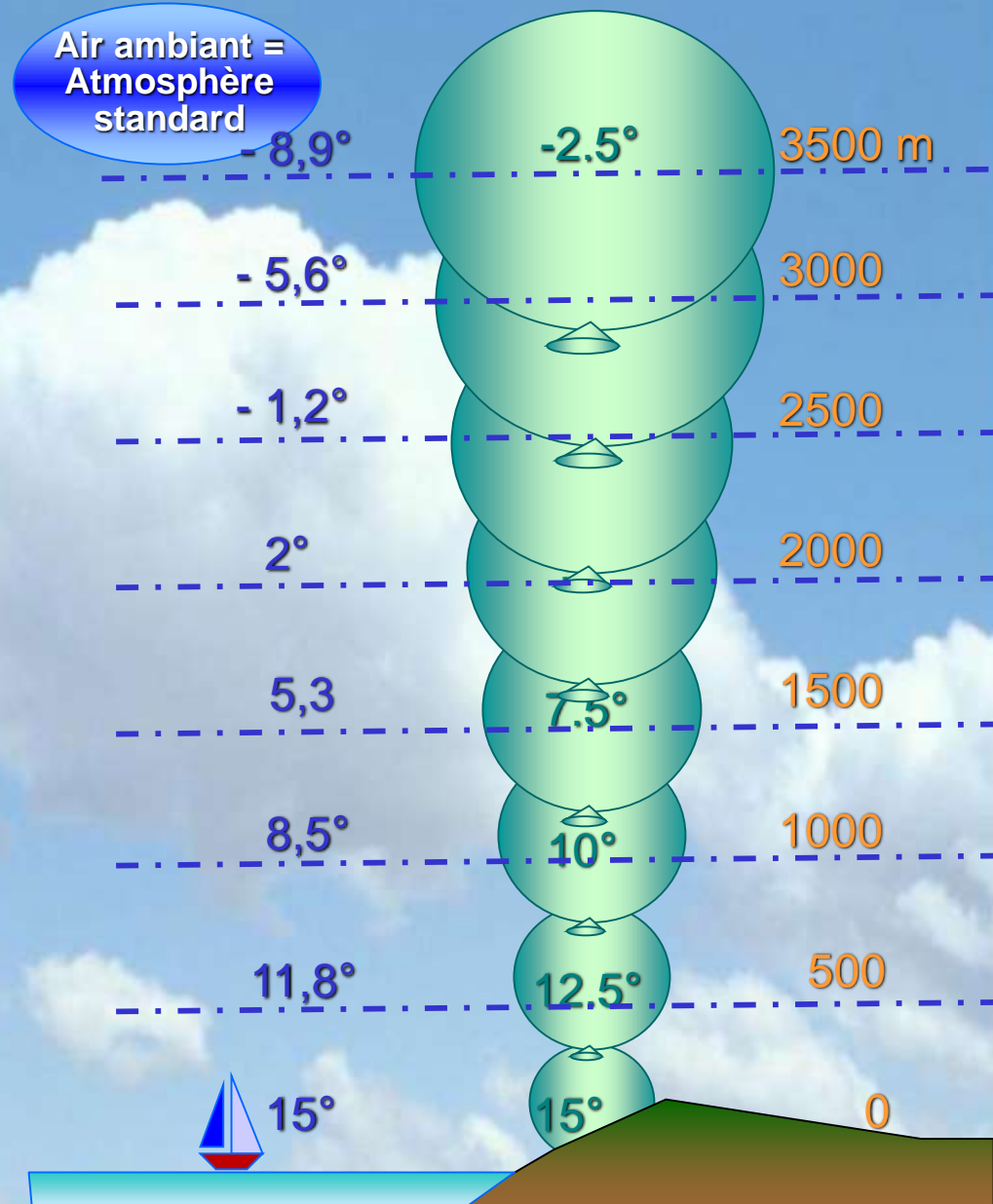
Si l'ascension d'une particule d'air provoque sa saturation en humidité, on constate :

- une condensation de vapeur ;
- une libération de chaleur latente (chaleur de condensation).

Bilan thermique avec air saturé :

- - 1° C / 100 m dû à la détente par diminution de la pression ;
 - + 0,5° C / 100 m dû à la libération de chaleur par condensation ;
- soit une **perte de - 0,5° C / 100 m.**

Les particules en ascension ont donc toujours une température supérieure à l'air environnant. Celles-ci, plus chaudes donc plus légères restent en ascension et provoquent **brassage de l'atmosphère, turbulences et création de nuages cumuliformes.**

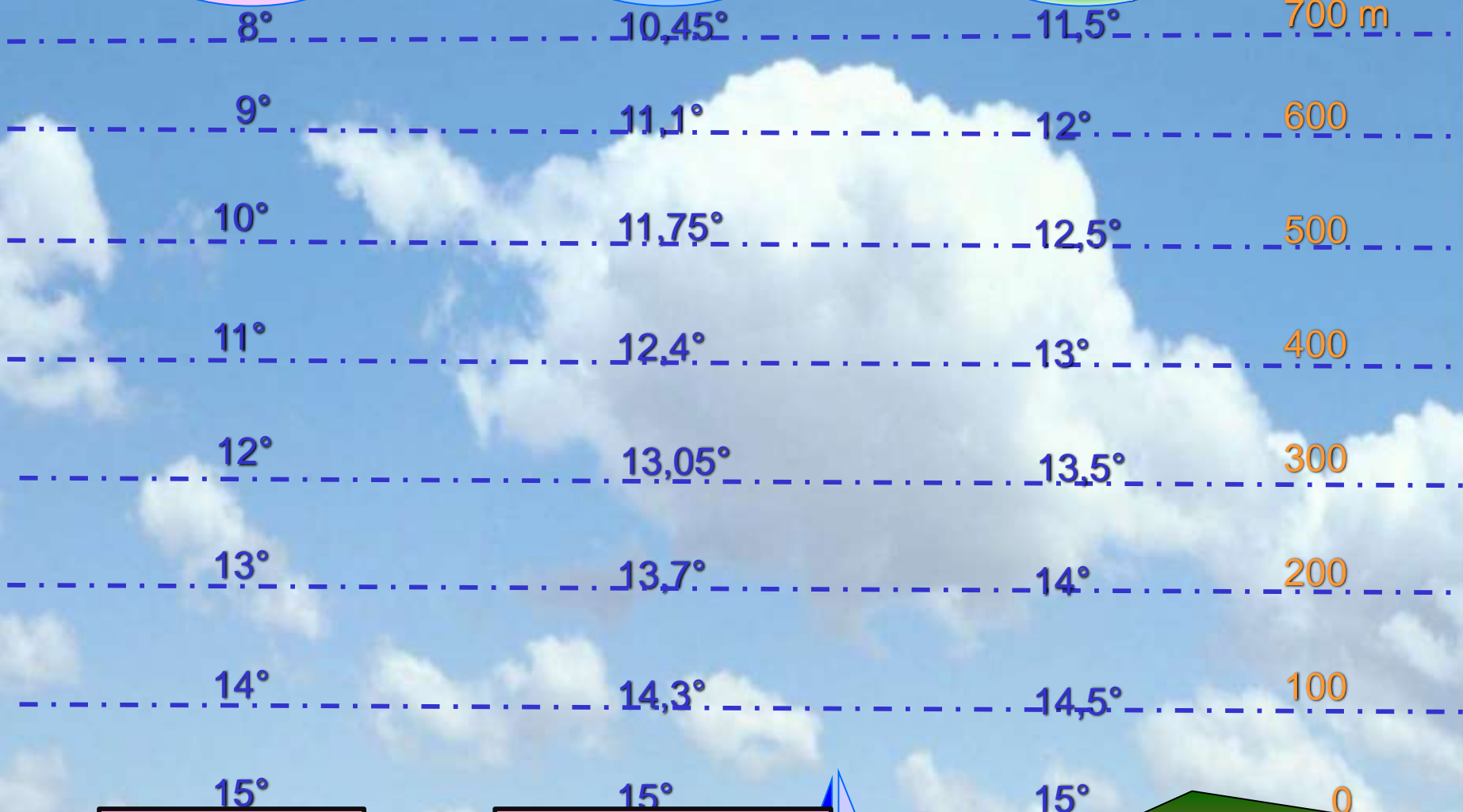


MÉMO PERTES DE TEMPÉRATURE DUE À L'ALTITUDE

Air sec
Détente
Adiabatique

Air ambiant =
Atmosphère
standard

Air saturé
Détente
Pseudo
Adiabatique



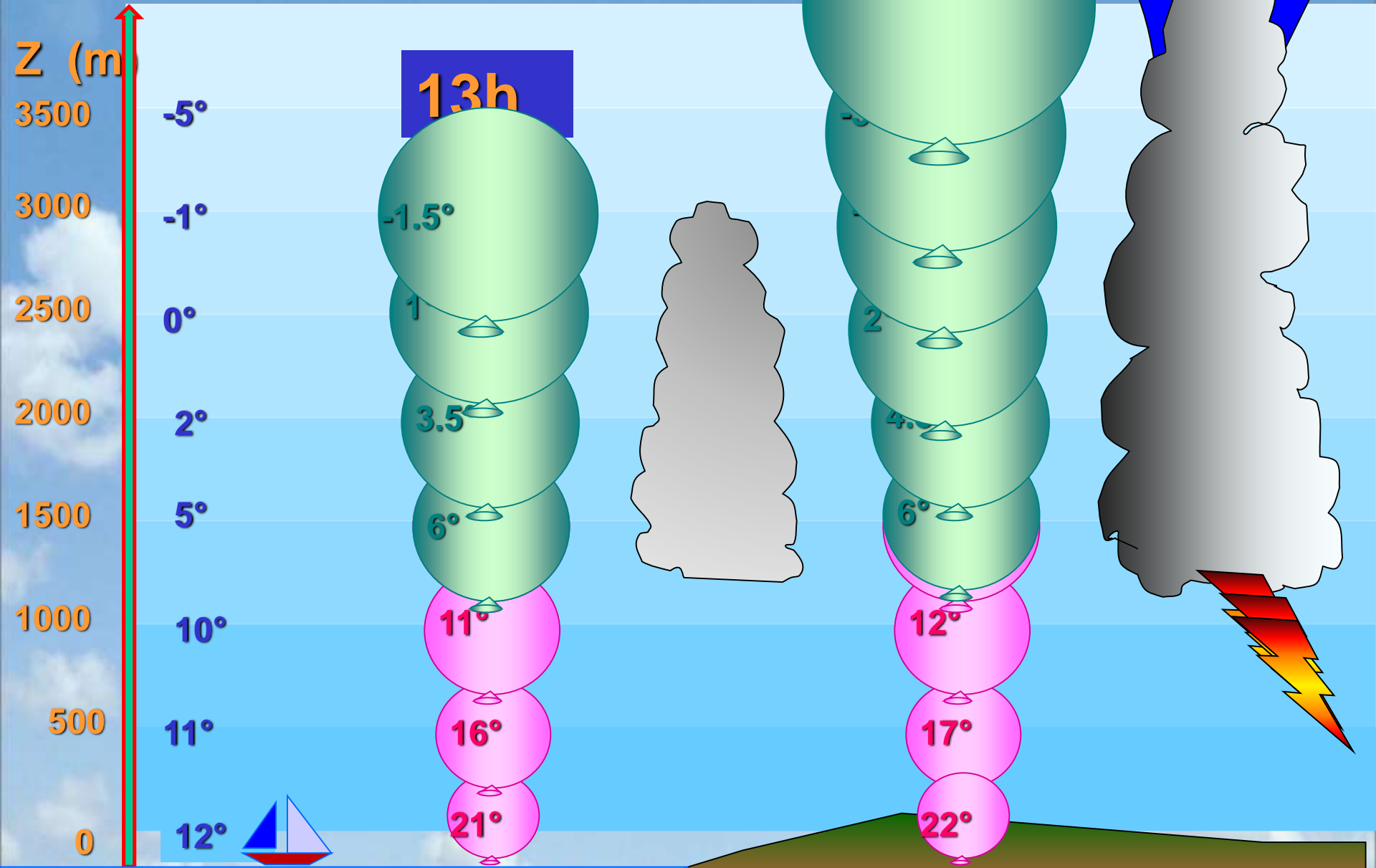
1° / 100 m

0,65° / 100 m

0,5° / 100 m



STABILITÉ ET INSTABILITÉ EN SITUATION RÉELLE



LES NUAGES : CARACTÉRISTIQUES ET PROPRIÉTÉS

Les nuages sont des ensembles visibles de minuscules particules d'eau liquide ou de glace (1/100^{ème} de mm), ou des deux à la fois en suspension dans l'atmosphère. Ils sont au nombre de dix.

Mémo :

Si Cirro = nuage étage supérieur.
 Si Alto = nuage étage moyen .
 Si Stratus en suffixe = stable ;
 Si Cumulus en suffixe = instable.

Les nuages peuvent être classés :

- Par ÉTAGE :** hauteur moyenne
- Par GENRE :** forme caractéristique
- Par ESPÈCES :** forme et structure interne
- Par VARIÉTÉS :** caractéristiques particulières

ÉTAGE	NUAGES STABLES	NUAGES INSTABLES	NUAGES INTERMÉDIAIRES	NUAGES GRANDE EXTENSION VERTICALE
SUPÉRIEUR à 6 000 m	CIRROSTRATUS	CIRROCUMULUS	CIRRUS	CUMULONIMBUS NIMBOSTRATUS
6 000 m A 2 000 m	ALTOSTRATUS	ALTOCUMULUS		
INFÉRIEUR à 2 000 m	STRATUS	CUMULUS	STRATO-CUMULUS	

LES NUAGES : CARACTÉRISTIQUES ET PROPRIÉTÉS

CLASSIFICATION PAR TYPE DE MASSE D'AIR ET GENRE DE NUAGE ET CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES

AIR STABLE	Nuages stratiformes (en couches)
CIRRUS	Filaments généralement très blancs
CIRROSTRATUS	Nappes ou voile mince et translucide
ALTOSTRATUS	Couche grisâtre ou strié assez épaisse
STRATOCUMULUS	Couche de nuages gris et peu épais
STRATUS	Couche grise sans aucun contour identifiable
NIMBOSTRATUS	Base sombre et floue de grande étendue

AIR INSTABLE	Nuages cumuliformes (en choux-fleurs)
CIRROCUMULUS	Petits nuages blancs à l'apparence moutonneuse
ALTOCUMULUS	Bancs, pavés ou nappes de petits nuages arrondis
CUMULUS	Bourgeonnements et contours nets, d'un blanc très pur.
CUMULONIMBUS	Bourgeonnements, très grande épaisseur, enclume.

LES NUAGES

**NUAGES DE L'ETAGE
SUPERIEUR (altitude
supérieure à 20.000 ft)**

Cirrus (Ci)

Nuages de haute altitude : de 6000 à 12000 mètres

Aspect :

Filaments blancs d'aspect fibreux et délicats ou de forme plumeuse. Affaiblissent à peine l'éclat du soleil.

Caractéristiques :

Formés de cristaux de glace qui se colorent au coucher du soleil. Ils annoncent généralement un changement de temps avant 36 heures s'ils sont suivis de cirrostratus.

Prévisions :

- Si en longues traînées allongées, arrivée imminente d'un front chaud. Le vent se renforce dans les six à douze heures, la température et le thermomètre sont en baisse. Le temps sera à la pluie.
- Si au contraire, les cirrus sont denses et larges, avec une augmentation de la pression, il n'y aura pas de mauvais temps dans l'immédiat.

Les cirrus indiquent la direction des vents de haute altitude (jet-stream). Si le vent d'altitude souffle dans le même sens par rapport au vent au sol, pas de modification de temps.

Hydrométéores associés : aucun hydrométéore.

Espèces : flocus, castellanus, spissatus, uncinus, fibratus.



LES NUAGES

NUAGES DE L'ETAGE SUPERIEUR (altitude supérieure à 20.000 ft)

Cirrostratus (Cs)

Ils sont situés entre 5 et 12 km d'altitude aux latitudes tempérées.

Aspect : Le Cirrostratus est un voile nuageux transparent et blanchâtre de grande étendue (contrairement aux cirrus), d'aspect fibreux (chevelu) ou lisse, couvrant entièrement ou partiellement le ciel et donnant généralement lieu à des phénomènes de halo centré sur le soleil.

Prévisions : L'ensemble des nuages du genre Cirrus, et notamment les Cirrus et Cirrostratus, indiquent en général l'approche ou la proximité d'une perturbation et du système nuageux qui lui est associé et dont ils constituent la "tête" ou la "marge".

Hydrométéores associés : pas d'hydrométéore.

Espèces : fibratus (Nuages détachés ou en un voile fin consistant en filaments presque rectiligne ou plus ou moins irrégulièrement recourbé ne se terminant pas en crochet ou en touffes.), nimbolusus (voile ou couche).



LES NUAGES

**NUAGES DE L'ETAGE
SUPERIEUR** (altitude
supérieure à 20.000 ft)

Cirrocumulus (Cc)

Nuages de haute altitude : de 5000 à 7000 mètres

Aspect

Banc, nappe ou couche mince de nuages blancs, sans ombres propres, composé de très petits éléments en forme de granules, rides, etc..., soudés ou non et disposés plus ou moins régulièrement.

Ils correspondent à ce que l'on appelle couramment « ciel pommelé » .

Caractéristiques :

Les cirrocumulus provoquent des halos autour du soleil ou de la lune. Il apparaissent à la suite des cirrus.

Prévisions :

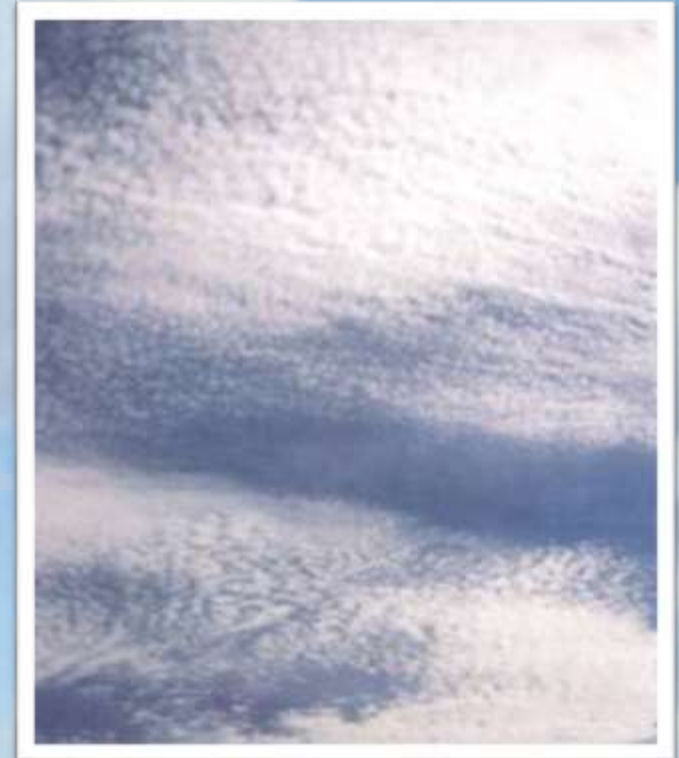
Ces nuages peuvent annoncer une aggravation du temps.

Hydrométéores associés :

Ces nuages ne provoquent aucun hydrométéore.

Espèces :

Lenticularis, stratiformis, flocus, castellanus.



LES NUAGES

NUAGES DE L'ETAGE MOYEN (altitude de 6000 à 20.000 ft).

Alto cumulus (Ac)

Nuages de moyenne altitude : de 2000 à 6000 mètres

Aspect :

Banc, nappe ou couche blanche et grisâtre, présentant des ombres, en forme de galets ou de rouleaux; peuvent être soudés ou non. Ils donnent au ciel une allure pommelée et sont d'une épaisseur réduite.

Caractéristiques :

Les alto cumulus s'ordonnent en groupes ou en files suivant une ou deux directions; s'associent généralement aux altostratus.

Prévisions :

Les alto cumulus sont souvent associés aux cumulonimbus. Légère turbulence.

Hydrométéores associés :

Ces nuages peuvent être accompagnés d'averses de pluie. Ils peuvent provoquer des "couronnes" autour du soleil.

Espèces :

lenticularis (voir photo ci-contre), stratiformis, castellanus, flocus.



LES NUAGES

NUAGES DE L'ETAGE MOYEN (altitude de 6000 à 20.000 ft).

Alto cumulus lenticulaires

Espèce particulière d'altocumulus en forme de lentilles ou d'amandes, souvent très allongés, dont les contours sont bien délimités ; ils apparaissent parfois en piles d'assiettes, superposées les unes aux autres et peuvent présenter des irisations.

Ces nuages "d'ondes" ont généralement une origine orographique et apparaissent dans la partie ascendante d'ondes formées sous le vent des massifs montagneux, parfois très loin de ceux-ci.



Alto cumulus castellanus

Autre espèce particulière d'Altocumulus présentant dans leur partie supérieure des protubérances cumuliformes analogues à de petites tours, ce qui donne à ces nuages un aspect crénelé.

Les Alto cumulus castellanus indiquent l'existence d'une certaine instabilité à caractère orageux en altitude; ils peuvent ainsi précéder ou annoncer le développement de Cb et des orages qui les accompagnent.



LES NUAGES

NUAGES DE L'ETAGE MOYEN (altitude de 6000 à 20.000 ft).

Altostratus (As)

Nuage de l'étage moyen situé entre 2 000 m et 5 000 m.

Aspect : Nappe ou couche nuageuse grisâtre ou bleuâtre, d'aspect strié, fibreux ou uniforme, couvrant entièrement ou partiellement le ciel, et présentant des parties suffisamment minces pour laisser voir le soleil au moins vaguement, comme au travers d'un verre dépoli. L'altostratus ne présente pas de phénomène de halo.

Prévisions : L'As indique soit l'arrivée imminente d'un front, soit que l'on est sous le front. Fréquent dans les perturbations de nos latitudes tempérées, il donne la plupart du temps des précipitations continues. Il suit en général le Cs et il est parfois suivi du Ns, et souvent mêlé d'Ac. On ne le voit pas toujours car il peut être masqué par des nuages bas tels les Sc ou St qui accompagnent aussi le passage des perturbations.

Hydrométéores associés : possibilité de pluies ou neige continues.

Espèces :

Undulatus, radiatus, duplicatus, translucidus opacus.



LES NUAGES

**NUAGES DE L'ETAGE
MOYEN** (altitude de
6000 à 20.000 ft).

Strato-cumulus (Sc)

Nuages de basse altitude : de 0 à 2000 mètres

Aspect :

Gris blanchâtre, avec des parties sombres; composés de dalles ou de rouleaux, soudés ou non. La plupart des petits éléments sont disposés régulièrement, avec une largeur apparente supérieure à 5°.

Caractéristiques :

Les strato-cumulus donnent rarement de la pluie, plutôt de la bruine, et se rencontrent surtout dans les ciels de traînent, à la fin d'une perturbation. Ils se transforment souvent en nimbostratus lorsque sa base, généralement ondulée, devient uniforme. Turbulence modérée, givrage faible à modéré.

Hydrométéores associés :

Ces nuages ne provoquent aucun hydrométéore.

Espèces :

stratiformis, lenticularis, castellanus.



LES NUAGES

NUAGES DE L'ETAGE INFÉRIEUR (altitude du sol à 6.000 ft).

Stratus (St)

Aspect : Couche nuageuse généralement grise, à base assez uniforme, pouvant donner lieu à de la bruine, de la neige, ou de la neige en grains. Lorsque le soleil est visible au travers de la couche, son contour est nettement discernable. Le stratus ne donne pas lieu à des phénomènes de halo, sauf éventuellement aux très basses températures. Parfois, le stratus se présente sous forme de bancs déchiquetés.

Caractéristiques : Petites gouttelettes d'eau en général, mais aux très basses températures le St peut être constitué par de petites particules de glace et s'il est épais renferme souvent des gouttelettes de bruine et parfois de la neige en grains. Givrage léger.

Prévisions : On peut rencontrer le Stratus dans le secteur chaud des systèmes nuageux, mais aussi par situation anticyclonique, en hiver, en dehors de toute perturbation. Le Stratus est alors un brouillard qui ne touche pas (ou qui ne touche plus) le sol.



Ce sont des nuages stables. Ils sont dangereux pour le VFR car leur base peut être très basse à 100m du sol ou moins) et accrocher le sommet des reliefs.

LES NUAGES

**NUAGES DE L'ETAGE
INFÉRIEUR (altitude du
sol à 6.000 ft).**

Cumulus (Cu)

La base du nuage est située entre quelques centaines de mètres et 2 km d'altitude.

Aspect : Nuages séparés, généralement denses et à contours bien délimités, se développant verticalement en forme de mamelons, de dômes ou de tours, dont la région supérieure bourgeonnante ressemble souvent à un chou-fleur. Les parties de ces nuages éclairées par le soleil sont, le plus souvent, d'un blanc éclatant ; leur base, relativement sombre, est sensiblement horizontale. Les cumulus sont parfois déchiquetés. Turbulence forte.

Caractéristiques : Ils apparaissent souvent le matin dans un ciel bleu sous la forme "humilis", de petits nuages aux contours déchiquetés, puis grossissent dans la journée pour devenir "congestus », dernier stade avant le cumulonimbus. Ils sont alors plus gros, avec des contours arrondis et bourgeonnants. Ils se résorbent souvent en fin d'après-midi et permettent de retrouver un ciel dégagé au coucher du soleil. Dans le cas contraire, des averses sont possibles.

Prévisions et Hydrométéores associés ::

Les cumulus sont par définition des nuages de beau temps. Ces nuages ne provoquent en général aucun hydrométéore.

Espèces : fractus, humilis, mediocris, congestus.



LES NUAGES

**VARIANTES DES
CUMULUS (altitude de
2.000 à 20 000 ft).**

Cumulus humilis

Espèce à faible développement vertical. Ces nuages de beau temps sont liés à la variation diurne de température. Ils apparaissent généralement le matin et disparaissent le soir.

Cumulus fractus

Nuage déchiqueté et de même composition que le cumulus. Ces nuages peuvent donner lieu à des précipitations.

Cumulus congestus

Développement vertical important révélant de puissants mouvements verticaux. Leurs épaisseurs sont au alentour de 5 km. Ils sont constitués de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace. Ils peuvent donner lieu à des précipitations (fortes averses de pluie, neige ou neige roulée). Au terme de leur évolution, ils peuvent se transformer fréquemment en Cumulonimbus.



LES NUAGES

**NUAGES A GRANDE
EXTENSION VERTICALE
(altitude du sol à 20.000 ft).**

Nimbostratus (Ns)

Aspects : Couche nuageuse grise, souvent sombre, dont l'aspect est rendu flou par des chutes plus ou moins continues de pluie ou de neige, atteignant le sol. La base de ce nuage est située à quelques centaines de mètres d'altitude aux latitudes tempérées. Il est stable.

Caractéristiques : L'épaisseur de cette couche est partout suffisante pour masquer complètement le soleil. Il existe fréquemment, au-dessous de la couche, des nuages bas déchiquetés, soudés ou non avec elle. L'Altostratus et le Nimbostratus forment le "Corps" des systèmes nuageux associés aux perturbations.

Prévisions et Hydrométéores associés : Des pluies continues de plusieurs mm par heure accompagnent le système nuageux dans son déplacement. On les observe le long de la pente des fronts chauds, à la suite de la "tête", formée de Cirrus et de Cirrostratus évoquée précédemment. Le Nimbostratus marque généralement la trace au sol du front chaud; il peut par fois dissimuler la présence de Cumulonimbus, surtout lorsque le front froid tend à rattraper le front chaud (occlusion). Givrage fort.



C'est le nuage typique des longues journées pluvieuses ininterrompues.

LES NUAGES

**NUAGES A GRANDE
EXTENSION VERTICALE
(altitude de 2.000 à
36.000 ft).**

Cumulonimbus (Cb)

Nuage à développement vertical : base de 300 mètres, sommet entre 4000 et 18000 mètres

Aspect :

Ces nuages ont la forme de gros choux-fleurs, ressemblant à une tour. La partie supérieure est souvent étalée (en forme d'enclume ou lisse.

La base est sombre en raison de son épaisseur qui ne laisse passer que peu de lumière, tandis que le sommet est d'une blancheur éclatante sous le soleil.

Caractéristiques :

Ces nuages sont provoqués par des mouvements ascendants particulièrement violents et turbulents. L'ascendance sous un cumulonimbus est d'environ 20 km/h, mais les vitesses peuvent atteindre 110 km/h à l'intérieur ! Turbulence extrême.

Les courants ascendants sont à l'avant et à l'intérieur, les courants descendants à l'arrière là où les pluies sont les plus fortes.

Le sommet est constitué de cristaux de glace.



Prévisions et Hydrométéores associés :

Les cumulonimbus sont annonceurs d'orages et générateurs d'averses, de grains (coups de vent), d'orages et de grêle (une averse orageuse dans nos régions peut donner jusqu'à 30 à 100 mm de pluie en une heure, soit 30 à 100 litres au m²).

Espèces :

calvus, capillatus, mammatus.

Nuage très dangereux pour l'aviation
Turbulence, Foudre, Givrage, Précipitations, ...

CLASSIFICATION PAR ESPÈCE DE NUAGES

Fibratus (fib)

Nuages séparés ou voile nuageux mince, composés de filaments sensiblement rectilignes ou incurvés plus ou moins irrégulièrement. Ce terme s'applique principalement aux Cirrus et aux Cirrostratus.



Lenticularis (len)

Nuages en forme de lentilles ou d'amandes, souvent très allongées et dont les contours sont généralement bien délimités ; ils présentent parfois des irisations. Ce terme s'applique principalement aux Cirrocumulus, aux Altopcumulus et aux Stratocumulus.



Uncinus (unc)

Cirrus, souvent en forme de virgules, terminés vers le haut par un crochet dont la partie supérieure n'est pas en forme de protubérance arrondie.



Stratiformis (str)

Nuages étalés en couche, ou en nappe horizontale de grande étendue. Ce terme s'applique aux Altopcumulus, aux Stratocumulus et plus rarement aux Cirrocumulus.



Spissatus (spi)

Cirrus dont l'épaisseur optique est suffisante pour qu'ils paraissent grisâtres lorsqu'ils se trouvent en direction du soleil.



Castellanus(cas)

Nuages qui présentent, dans une partie au moins de leur région supérieure, des protubérances cumuliformes en forme de petites tours, ce qui donne généralement à ces nuages un aspect crénelé. Cirrus, Cirrocumulus, Altopcumulus, Stratocumulus



CLASSIFICATION PAR ESPÈCE DE NUAGES

Fractus (fra)

Nuages en forme de lambeaux irréguliers, ayant un aspect nettement déchiqueté. Ce terme s'applique aux Stratus et aux Cumulus.



Humilis (hum)

Cumulus n'ayant qu'une faible extension verticale (base > hauteur) ; ils paraissent généralement aplatis et sont plus communément appelés Cumulus de beau temps.



Mediocris (med)

Cumulus à extension verticale modérée (base ~ hauteur), et dont les sommets présentent des protubérances peu développées.



Congestus (con)

Cumulus présentant des protubérances fortement développées et ayant souvent une extension verticale importante (base < hauteur) ; leur région supérieure bourgeonnante a fréquemment l'aspect d'un chou-fleur.



Calvus (cal)

Cumulonimbus dans lequel quelques protubérances au moins de sa région supérieure ont commencé à perdre leurs contours cumuliformes. Les protubérances et les bourgeonnements ont tendance à former une masse blanchâtre, avec des stries plus ou moins verticales.



Capillatus (cap)

Cumulonimbus caractérisé par la présence, principalement dans sa région supérieure, de parties nettement cirriformes à structure manifestement fibreuse ou striée., ayant fréquemment la forme d'un panache ou d'une vaste chevelure plus ou moins désordonnée.



CLASSIFICATION PAR CAUSES PHYSIQUES

Les nuages, s'ils sont toujours le fruit d'un refroidissement de l'air et donc par conséquent d'une augmentation de l'humidité relative sont dus conjointement à la présence de particules en suspension appelées « NOYAUX DE CONDENSATION »

LES PRINCIPAUX DÉCLENCHEURS DE FORMATION DES NUAGES :

- **NUAGES DÛS A LA CONVECTION**
- **NUAGES DÛS A LA RENCONTRE DE FRONTS**
- **NUAGES DÛS A LA TURBULENCE**
- **NUAGES DÛS A UNE INVERSION DE TEMPÉRATURE**
- **NUAGES DÛS A UNE DÉTENTE OROGRAPHIQUE (relief)**
- **NUAGES DÛS A UN APPORT EXTÉRIEUR D'HUMIDITÉ**

La hauteur de la base des nuages est un des critères importants pour le pilote. Elle porte le nom de plafond lorsque la base des nuages couvre plus de la moitié du ciel.

NOTATION DE LA NÉBULOSITÉ

La couverture nuageuse s'évalue en octats (8ème de ciel).

Pour une couverture :

- **de 0 octa, donc ciel sans nuages, on notera NSC (No Significant Clouds) ;**
- **de 1 à 2 octas, on la qualifie de FEW (nuages rares) ;**
- **de 3 à 4 octas, elle est notée SCT : scattered (épars) ;**
- **de 5 à 7 octas le ciel est dit BKN : broken (morcelés);**
- **de 8 octats, le ciel est qualifié de OVC : overcast (couvert).**

**La hauteur de la base des nuages
est un des critères importants pour le pilote.**

**Elle porte le nom de PLAFOND
lorsque la base des nuages couvre plus de la moitié du ciel
donc de 5 à 8 octas.**

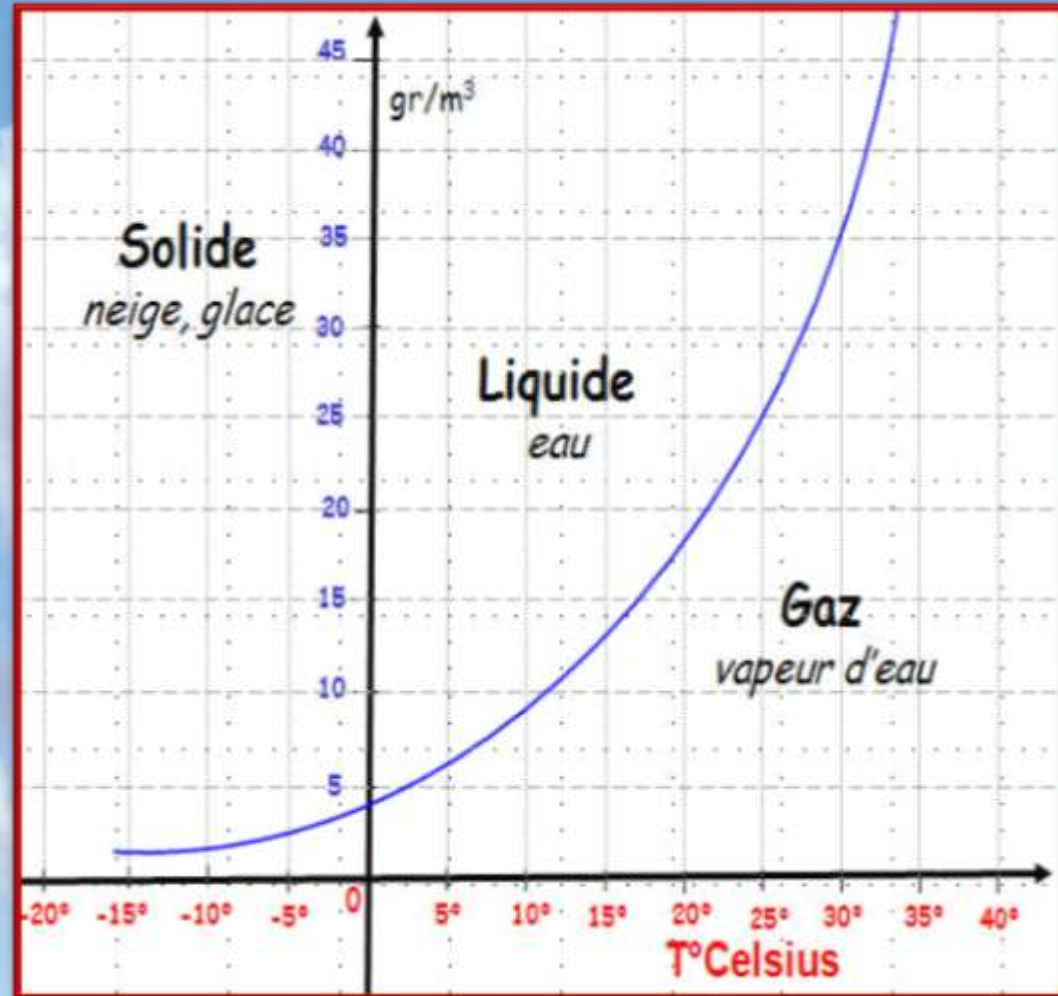
PROCESSUS DE FORMATION DES PRÉCIPITATIONS

**Les modifications de pression et température
Sont à la base de la création des précipitations.
ILS INTERVIENNENT DANS LA SÉCURITÉ DES VOLS**

Le processus de formation de la brume ou du brouillard, ainsi que des précipitations, est lié aux relations entre :

- température d'une masse d'air ;
- teneur en humidité de l'air et
- différents états de cette humidité (liquide, solide ou gazeux).

Ces trois éléments fondamentaux sont résumés sur un graphique définissant les trois états de l'eau. Cette « courbe de vapeur saturante » indique la quantité maxima de vapeur d'eau que peut contenir 1 m^3 d'air en fonction de la température.



PROCESSUS DE FORMATION DES PRÉCIPITATIONS

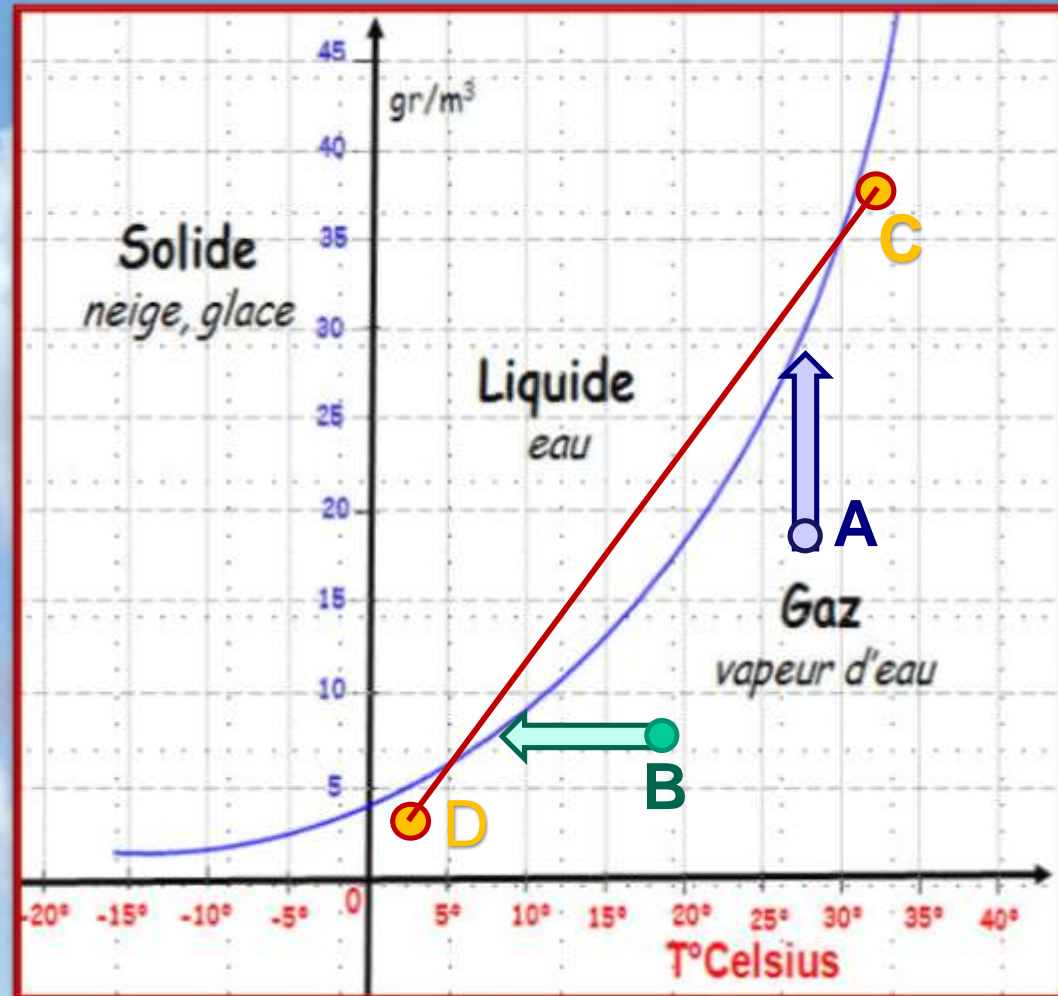
TROIS SITUATIONS DU CHANGEMENT DE VISIBILITÉ .

Tant que la masse d'air se maintient en dessous de la courbe de vapeur saturante, (quantité d'eau contenue et température), l'air est transparent.

Si augmentation d'humidité :
il y aura condensation partielle
en fines gouttelettes d'eau :
SATURATION PAR APPORT
D'HUMIDITÉ (voir point A).

Si diminution de température :
il y aura condensation partielle
en fines gouttelettes d'eau :
SATURATION PAR REFROI-
DISSEMENT (voir point B).

Si mélange de deux masses d'air
par brassage, condensation
partielle en fines gouttelettes d'eau
SATURATION PAR MÉLANGE
(voir jonction C – D).



PROCESSUS DE FORMATION DES PRÉCIPITATIONS

Les précipitations se présentent sous forme d'une chute d'un ensemble de particules (pluie, bruine, neige, neige roulée, neige en grains, granules de glace, grésil et prismes de glace) et prennent le plus souvent naissance dans les nuages.

Ces particules peuvent après évaporation partielle Atteindre la surface du globe ou s'évaporer complètement au cours de leur chute (virga).

Les précipitations se présentent soit sous forme plus ou moins uniforme (intermittente ou continue) soit sous forme d'averses.



Les averses sont caractérisées par leur début et leur fin brusques et par les variations Généralement rapides et parfois brutales de l'intensité des précipitations.

En Europe, l'intensité des précipitations varie en moyenne entre 60 et 120 mm ou litres/m² en juillet, mais il arrive de temps en temps qu'il tombe cette quantité de précipitation en une seule journée, avec toutes les conséquences désastreuses (inondations) que ce phénomène peut entraîner.

Pour rappel, 1 cm de neige correspond à 1 mm d'eau ou 1 litre/m².

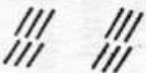









CLASSIFICATION DES PRÉCIPITATIONS

PRÉCIPITATIONS	DESCRIPTION
Pluie (rain). (RA)	Précipitation de particules d'eau liquide soit de gouttes de diamètre supérieur à 0.5 mm, soit de gouttes plus petites et dispersées. NB. Lorsque la pluie se trouve à l'état de surfusion, elle se congèle au moment de l'impact sur le sol ou sur les objets.
Bruine (drizzle). (DZ)	Précipitation assez uniforme, constituée exclusivement par de fines gouttes d'eau (de diamètre inférieur à 0.5 mm) très rapprochées les unes des autres (la bruine se congèle de la même manière que la pluie).
Neige (snowflake). (SN)	Précipitation de cristaux de glace dont la plupart sont ramifiés (parfois étoilés). Par température supérieure à -5°C environ, les cristaux sont généralement agglomérés en flocons.
Neige roulée. (GR)	Précipitation de grains de glace, blancs et opaques. Ces grains sont sphériques ou parfois coniques; leur diamètre est compris entre 2 et 5 mm. Ces grains, lorsqu'ils tombent sur un sol dur rebondissent et se brisent souvent. La neige roulée s'observe habituellement lorsque la température au sol est voisine de 0°C; elle se présente généralement sous forme d'averses, mélangées à des flocons de neige ou à des gouttes de pluie.

CLASSIFICATION DES PRÉCIPITATIONS

PRÉCIPITATIONS	DESCRIPTION
Neige en grains (sleet). (GR)	Précipitation de très petits grains de glace, blancs et opaques. Ces grains sont relativement plats ou allongés; leur diamètre est généralement inférieur à un millimètre. Ils ne rebondissent pas et ne se brisent pas. Ils tombent en petites quantités, le plus souvent d'un stratus ou d'un brouillard, jamais sous formes d'averses.
Granules de glace ou grésil. (GR)	Précipitation de granules de glace transparents ou translucides, de forme sphérique ou irrégulière, rarement conique, et dont le diamètre est inférieur ou au plus égal à 5 mm. Ce sont des gouttes de pluie qui se congèlent au voisinage du sol (granules de glace) ou des granules de neige enrobés d'une fine couche de glace (grésil). Ces granules rebondissent généralement lorsqu'ils frappent un sol dur.
Grêle (hail). (GR)	Précipitation de granules ou de morceaux de glace (grêlons) dont le diamètre est de l'ordre de 5 à 50 mm, parfois plus, et qui tombent soit séparés les uns des autres, soit agglomérés en blocs irréguliers. Le record est un bloc de glace de 9m de longueur qui tomba en Angleterre à la fin du XIXeme siècle (avant l'invention des avions). Son origine reste un mystère. En haute altitude, dans les cumulonimbus, les grêlons peuvent atteindre 14 cm de diamètre.

NUAGES ET PRÉCIPITATIONS

Nuages-origine Précipitations	As	Ac	Ns	St	Cu	Cb	Symboles cartes TEMSI	Code aéronautique	
								Abréviations	Signification
Pluie	×		×					RA	Pluie
Neige	×		×					SN	Neige
Bruine				×				DZ	Bruine
Neige en grains				×				SG	Neige en grains
Averse de pluie		×			×	×		RASH	Averses
Averse de neige		×			×	×		SNSH	Averses de neige
Averse de neige roulée (1)					×	×		GR	Faible grêle
Averse de grésil (1)					×	×		GR	Faible grêle
Averse de grêle (1)						×		GR	Grêle
Pluie se congelant	×		×					FZRA	Pluie se congelant

PRÉCIPITATIONS ET VISIBILITÉ

Rappel de la visibilité dans les précipitations :

Neige :

50 m

Averse forte :

50 m

Grêle, pluie et neige mêlée :

500 m

Bruine :

1000 m

Pluie faible :

1500 m

Pluie modérée :

3000 m

AUTRES DANGERS DÛS AUX PRÉCIPITATIONS

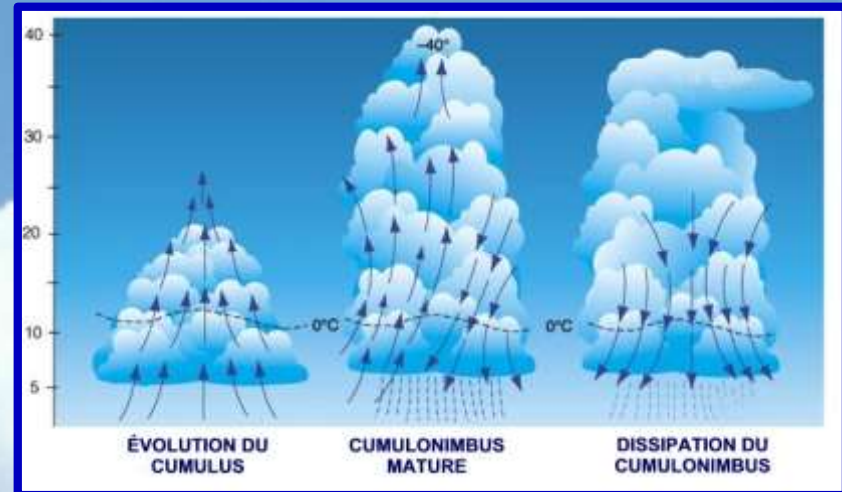
La grêle frappant un avion volant à grande vitesse provoque des effets comparables à des coups de marteau capables de déformer les matériaux les plus résistants.



Ces photographies ont été prises après l'atterrissage d'un avion charter qui fut endommagé par la grêle lors d'un vol dans la région tropicale.

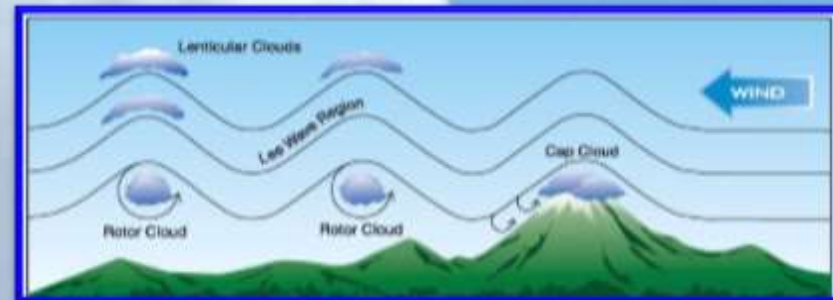
AUTRES DANGERS DÛS AUX TURBULENCES

Dans les cumulonimbus, les courants de convections sont si violents que les avions peuvent être soumis à des contraintes dépassant leurs limites.

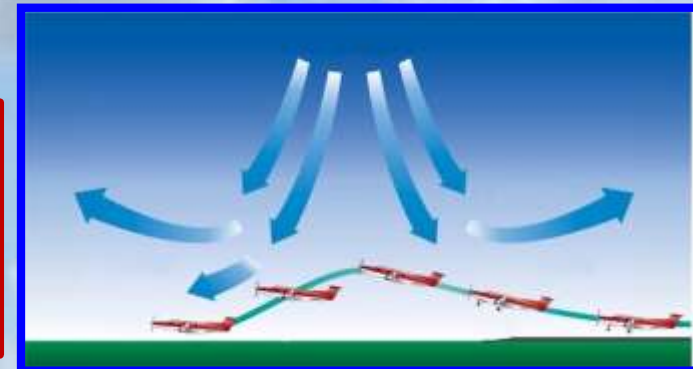


De violentes turbulences peuvent être rencontrées lorsqu'un vent fort aborde des reliefs.

Dans les rotors les turbulences peuvent engendrer une perte de contrôle.



Il est possible de rencontrer des turbulences en air clair : CAT (Clear Air Turbulence) survenant en haute altitude dans des zones de fort gradient de température et de pression.



BRUME (BR)

La brume est un brouillard léger où la visibilité est comprise entre un à cinq kilomètres. La brume peut se former durant des journées très chaudes et très humides.

Face au soleil, elle peut présenter des altérations importantes de la visibilité horizontale et provoquer des désorientations spatiales.



Composée de gouttes d'eau microscopiques en suspension dans l'atmosphère, la brume est souvent présente en régime de hautes pressions et lors des inversions de température.



La brume sèche

La brume sèche, composée de particules sèches en suspension dans l'atmosphère, se forme fréquemment pendant les périodes de beau temps.

Elle est constituée par un mélange de poussières, de fumées, de sable et de particules d'impuretés qui s'élèvent du sol grâce aux mouvements tourbillonnaires.

La brume humide

Un trouble de l'air, qui se traduit par une diminution de la visibilité, peut également provoquer le rassemblement de gouttes d'eau quand celles-ci sont suffisamment denses dans l'atmosphère. Un simple refroidissement la transforme en brouillard.



Classification des brouillards

En fonction du processus physique de formation :

- Brouillards formés par évaporation ou rayonnement (brouillard de lac, de rivière, de mer et brouillards frontaux) ;
- Brouillards formés par refroidissement de l'air :
 - Refroidissement adiabatique par détente (brouillard de pente) ;
 - Refroidissement non adiabatique :
 - Brouillard d'advection ;
 - Brouillard de rayonnement.
- Brouillards formés par mélange de deux masses d'air (mélange par brassage horizontal ou vertical) ;



BROUILLARDS (FG)

Le brouillard est constitué essentiellement de gouttelettes d'eau dont le diamètre avoisine 1/100 de millimètre, auxquelles se rajoutent des particules en suspension du type poussière ou cristaux de sels.

La visibilité par temps de brouillard est inférieure à un kilomètre.
Le brouillard présente naturellement un danger pour l'aéronautique car il est présent dans les basses couches de l'atmosphère.

Conditions de formation du brouillard :

- le baromètre est élevé (conditions anticycloniques);
- la température baisse rapidement le soir ;
- l'humidité est élevée ;
- en plaine ou vallée, par vent nul en fin de soirée.
- en relief, léger vent entraînant air chaud et humide le long de la pente vers les sommets.



BROUILLARD DE RAYONNEMENT

Le brouillard d'évaporation appelé également brouillard de rayonnement est formé par un apport supplémentaire de vapeur d'eau du à l'affaiblissement de la température de la masse d'air, la nuit ou au petit matin. Cette vapeur d'eau provient également de la surface liquide sous-jacente ou des précipitations. Les brouillards de lac, de rivière, de mer, procèdent du premier processus.

Conditions favorables formation du brouillard de rayonnement :

- Humidité relative élevée,
- Ciel bien dégagé,
- Vent faible mais non nul.

Caractéristiques:

- Se dissipe en général en cours de matinée sauf l'hiver ou il peut persister toute la journée,
- Epaisseur faible (maxi 500m).



New River Gorge Bridge, W.V.



San Francisco



Brooklyn



Garibaldi



Nantahala Natl Forest



Hudson River

BROUILLARD DE RAYONNEMENT

Autres types de brouillards d'évaporation, les brouillards frontaux.

Formation : L'évaporation des gouttes de pluie s'effectue tant que leur température demeure supérieure à la température de l'air froid.

La portion supérieure de l'air froid est saturée en premier lieu d'où formation d'une couche de nuages qui se présentent le plus souvent sous forme de fractostratus.



Fairbanks, Alaska



Neuschwanstein, Bavière



Château d'Ulrich, France



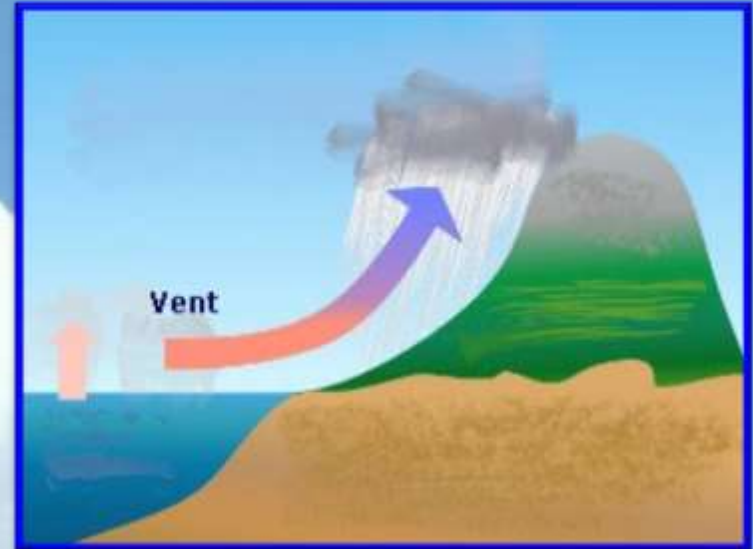
Brouillards d'évaporation se formant au petit matin par temps froid dans la vallée de la Meuse, Belgique

Après le coucher du Soleil, la suppression de toute turbulence par rayonnement nocturne provoque une descente brusque de la base des nuages. Ce brusque affaissement de la base constitue une des caractéristiques les plus dangereuses des brouillards frontaux.

BROUILLARD DE PENTE

Le brouillard de pente est formé par refroidissement adiabatique (sans échange de chaleur) d'une masse d'air humide contrainte par le vent de s'élever sur une pente.

La diminution de pression avec l'altitude provoque le refroidissement de la masse d'air, ce phénomène prend le nom de détente.



Ce refroidissement induit la formation de brouillard ou de stratus dès que la température de condensation est atteinte.

La dissipation intervient lorsque le vent change de force ou de direction, ou par réchauffement notamment pour le relief sous le vent.



Les régions côtières avec du relief à proximité sont spécialement soumises à ce phénomène étant donné l'humidité importante de l'air en provenance de la mer.

BROUILLARD CÔTIER

Le brouillard côtier ne peut se former en général que vers 10 à 11 H du matin lors de la naissance de la brise de mer par beau temps et vent faible.

Ce brouillard ne pénètre pas très loin des côtes car la masse d'air réchauffée par le sol ensoleillé se décolle très vite et transforme ce brouillard côtier en stratus.

Les conditions les plus favorables à la formation du brouillard côtier sont :

- Situation anticyclonique ;
- Une humidité relativement élevée ;
- L'été en milieu de matinée ;
- Un peu de turbulence provoquée par une faible brise de mer atteignant le rivage côtier.



BROUILLARD D'ADVECTION

Le brouillard d'advection peut se former à n'importe quelle heure, soit :

- lorsqu'une masse d'air chaude et humide, transportée par un vent modéré, se refroidit au contact d'un sol plus froid ;
- par refroidissement important de la masse d'air transportée.

L'épaisseur de ce brouillard peut être importante (du sol à 1500 m).



Carmel, CA



Sequoia Nat'l Park, CA



East River Mountain, VA

Les conditions les plus favorables à la formation du brouillard d'advection sont :

- Une humidité relative initialement élevée,
- Une grande différence entre la température de la surface sous-jacente et celle de l'air,
- Un vent modéré (trop de vent provoquerait une turbulence telle que le brouillard se transformerait en stratus).

BROUILLARD DE MÉLANGE

Bien que cette masse d'air soit saturée, elle ne contient pas d'eau liquide; il n'y aura pas de brouillard tant qu'un refroidissement supplémentaire n'intervient pas.

Toutefois, en présence d'un grand nombre de noyaux de condensations (dans les régions industrielles par exemple) un tel mélange peut entraîner la formation de bancs de brouillards ou de brume.


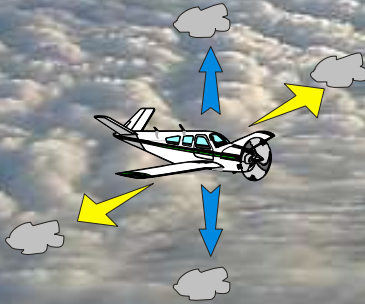


Autres brouillard : Le brouillard de glace

Le brouillard de glace, se rencontrant dans les régions froides, en deçà de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, lorsque la vapeur d'eau passe directement à l'état solide au contact d'impuretés dans l'air.



CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE VOL À VUE (VMC)

ESPACE AÉRIEN	Contrôlé	Non contrôlé
CLASSE	A B C D E	F G
 <p>Visi horizontale</p> <p>Distance par rapport</p> 	<p>8 Km devant 1500 m latéralement 300 m verticalement</p> <hr style="border-top: 1px dashed blue;"/> <p>5 Km devant 1500 m latéralement 300 m verticalement</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>En CTR, (A,B,C,D) si visi < 5 km ou (et) plafond < 1500 ft possibilité clairance VFR Spécial (ident conditions sous surface S en non contrôlé ou conditions particulières carte VAC)</p> </div>	<p>8 Km devant <i>FL 195</i> 1500 m latéralement 300 m verticalement</p> <hr style="border-top: 1px dashed blue;"/> <p><i>FL 100</i></p> <p>5 Km devant 1500 m latéralement 300 m verticalement</p> <hr style="border-top: 1px dashed blue;"/> <p><i>3000 AMSL ou 1000 AGL</i></p> <p>Visi horizontale 1,5 Km ou distance parcourue en 30 s de vol + hors des nuages (1) + en vue du sol (2)</p> <p style="text-align: right;"><i>SOL</i></p>
<p>Vitesse</p>	<p>Au-dessous du FL 100, Vi < ou = 250 Kt</p>	

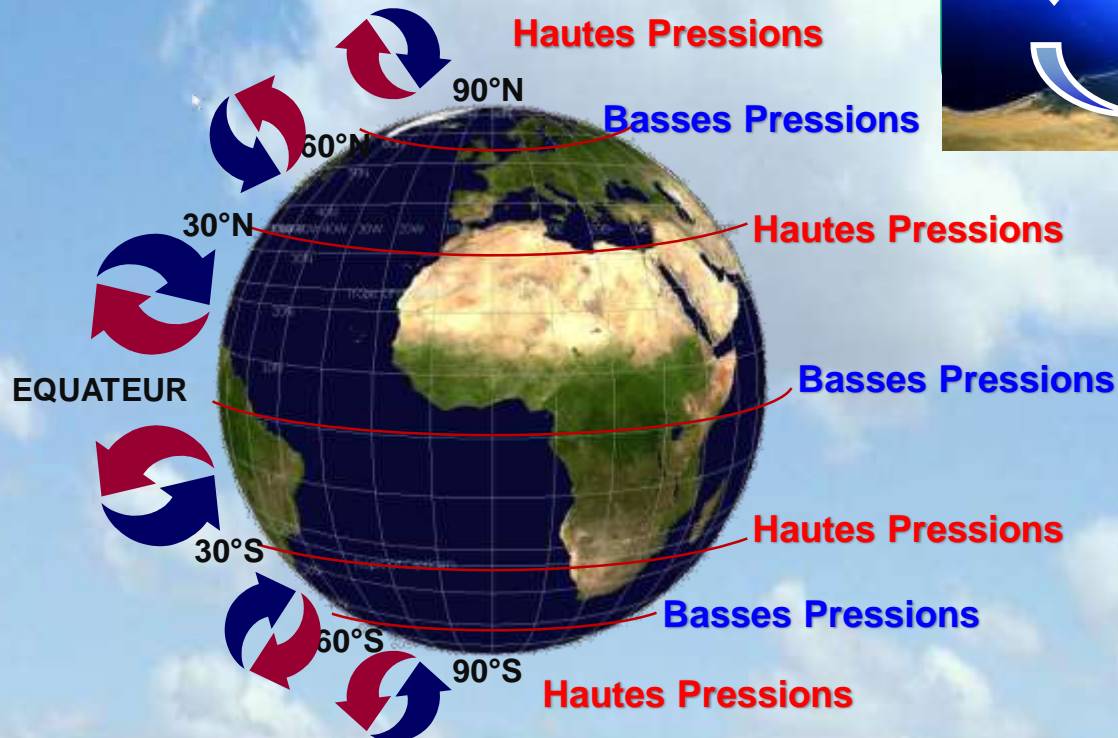
PRINCIPES DE CIRCULATION DES MASSES D'AIR

Basée sur l'effet convectif de l'air
soumis aux rayons du soleil :

- Air chauffé provoque diminution de sa masse volumique ;
- Cet air plus léger que son environnement monte (ascendance), d'où diminution de pression (dépression);
- Le vide laissé est comblé par une circulation d'air (le vent) ;
- L'air en ascendance se refroidit avec l'altitude donc redescend créant une surpression (anticyclone)



PRINCIPE DES CELLULES DE HADLEY



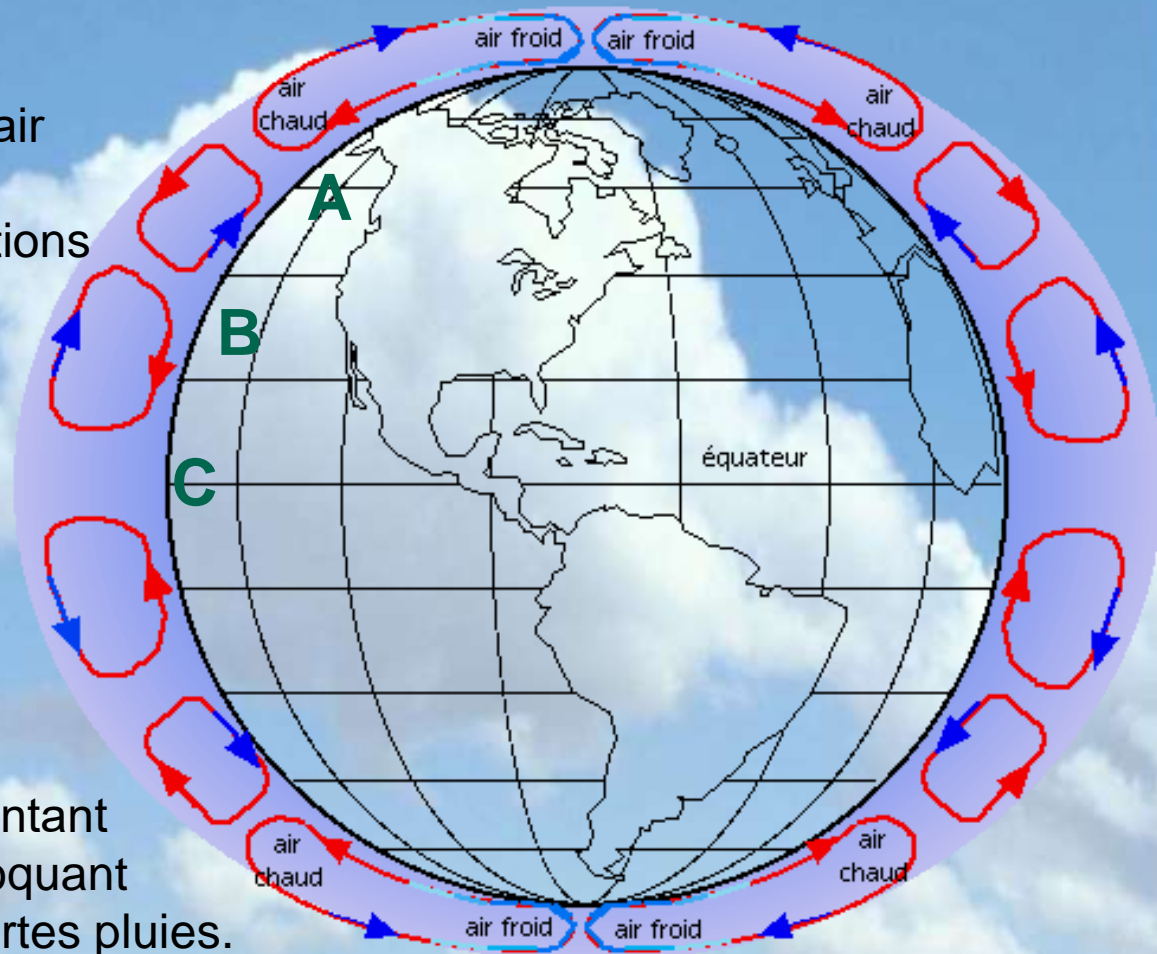
PRINCIPES DE CIRCULATION DES MASSES D'AIR

Cette théorie permet d'expliquer l'existence de trois grandes zones de perturbation :

A : le front polaire, zone de rencontre entre l'air froid et l'air chaud et humide ;
(ce qui explique les précipitations en Europe de l'Ouest) . .

B : les hautes pressions subtropicales et la zone des alizés, favorables à la naissance des ouragans.

C : la zone de convergence intertropicale, où de l'air montant rapidement se refroidit, provoquant des orages tropicaux et de fortes pluies.



CARACTÉRISTIQUES DES MASSES D'AIR

MASSE D'AIR : Ensemble très étendu caractérisé par une température et une humidité qui lui est propre et qui restent constantes pendant un certain intervalle de temps de plusieurs jours.

Les caractéristiques de T°C et HR proviennent de son origine et des régions traversées.

CLASSIFICATION : Six types de masses d'air ont été définis en fonction de leurs caractéristiques d'origine, de leurs températures et de leurs particularités.

On distingue :

- **les masses d'air chaud ;**
 - **Air équatorial ;**
 - **Air tropical maritime ;**
 - **Air tropical continental ;**
- **les masses d'air froid ;**
 - **Air polaire arctique ;**
 - **Air polaire maritime ;**
 - **Air polaire continental.**

AIR ÉQUATORIAL

Origine : régions maritimes équatoriales. Epaisseur considérable : 15 à 20 km. De par son origine maritime où a lieu une évaporation intense, il est le siège de **nuages très développés** (Cb), d'orages, de trombes et de tornades. **Visibilité médiocre** dans les basses couches à cause de l'humidité élevée.

AIR TROPICAL MARITIME

Formation : basses latitudes sur des surfaces chaudes. En remontant vers les latitudes plus élevées, il se refroidit par la base, ce qui lui donne une **grande stabilité**.

L'air tropical maritime est originaire des océans chauds.

Epaisseur très grande : 12 à 14 km.

Se refroidit par la base et provoque des **nuages stratiformes** (St et Sc).

Visibilité médiocre ou même mauvaise.

CARACTÉRISTIQUES DES MASSES D'AIR

AIR TROPICAL CONTINENTAL

Originaire des régions continentales et arides, il est très sec.

Épaisseur de l'ordre de 12 à 14 km .

En gagnant des latitudes plus élevées, il se refroidit par la base et acquiert une **grand stabilité**. Étant très sec, il ne donne pas lieu à formations nuageuses.
Visibilité médiocre (brume sèche).

AIR POLAIRE ARCTIQUE

Provient de la calotte polaire .

Épaisseur : 3 à 7 km

Dense - Stable à l'origine, instable par la suite

Propriété électriques particulières.

Provoque dans nos région : **orage, grésil, grêle, pluie ou neige**, grande baisse de T°C, tempêtes et turbulences.

Visibilité excellente.

AIR POLAIRE MARITIME

Air arctique dégénéré, réchauffé par la base lors de son passage au dessus des océans.

Épaisseur toujours grande : 6 à 7 km.

Instable (réchauffement par la base), toujours dense.

Averses, grains ...

Visibilité bonne en général.

AIR POLAIRE CONTINENTAL

Air arctique dégénéré.

Épaisseur assez faible : environ 2 km .

L'hiver passant sur des continents froids, il reste **stable et froid**.

Peu de vapeur d'eau.

Visibilité moyenne

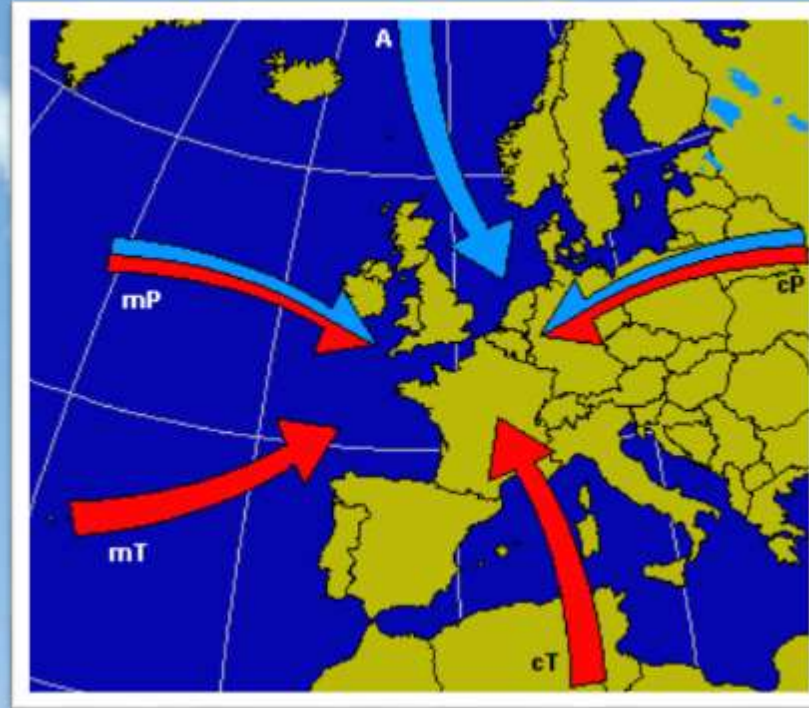
L'été passant sur des continents chauds et réchauffé par le soleil , il est le siège de **turbulences actives** ,mais étant très sec ,ne donne **pas de formation nuageuse** prononcée.

Visibilité bonne.

CARACTÉRISTIQUES DES MASSES D'AIR

Air polaire maritime	
Origine	régions polaires et grands courants sur la mer
Caractères	frais, humide, surtout dans les couches inférieures moins frais

Air polaire / Air arctique	
Origine	régions polaires
Caractères	sec et froid



Air polaire continental	
Origine	régions polaires et grands courants sur le continent (Europe orientale)
Caractères	froid et très sec

Air tropical maritime	
Origine	Atlantique, zone des Açores
Caractères	chaud et humide à très humide

Air tropical	
Origine	ceinture de hautes pressions subtropicales
Caractères	chaud et sec

Air tropical continental	
Origine	Afrique du Nord, Asie mineure
Caractères	chaud et sec

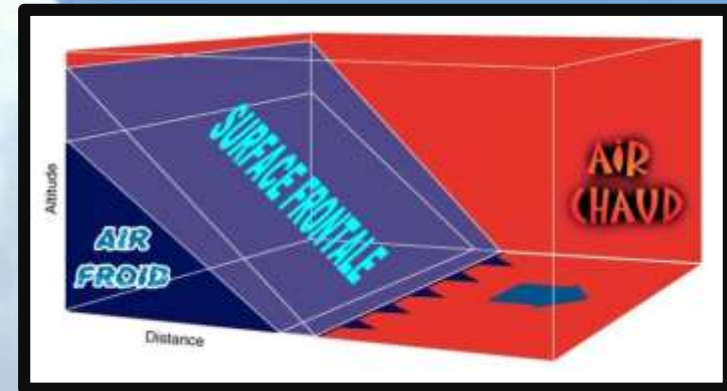
CARACTÉRISTIQUES DES MASSES D'AIR

	Au départ de la masse d'air	A l'arrivée de la masse d'air	Nuages	Précipitations	Visibilité	Temps	Vent	Position de l'anticyclone (A) et de la dépression (D)
Arctique	Stable; froide et sèche	Instable; humide et froide	Cumulus et cumulonimbus	Averses de pluie ou de neige; orages et grêle	Très bonne (>30 km) sauf en cas de précipitation	Mauvais	Nord	A : Islande D : Méditerranée
Polaire continental	Stable; très froid et très sec	Hiver : instable, très froid et très sec Été : très instable, froid et sec	Cumulus (type humilis)	Aucune	Bonne	Beau	Est ou nord-est	A : Scandinavie ou nord de la Russie D : Afrique du Nord
Tropical continental	Stable; très sec et très chaud	Stable et sec; effet de foehn en montagne	Stratocumulus, altocumulus	Aucune	7 à 8 km	Beau	Sud ou sud-est	A : Islande D : Balkans, Asie Mineure
Tropical maritime	Chaud et stable; humide à la base, sec en altitude	Chaud et très humide	Stratus sur terre, brouillard en mer	Bruine en hiver	Médiocre	Mauvais en hiver; assez beau en été	Sud-ouest	A : Afrique du Nord D : mer du Nord
Polaire maritime	Stable; froid et sec	Froid en été , se réchauffant doucement. Chaud en hiver sur le continent; instable et très humide	Cumulus et cumulonimbus Nuages stratiformes en hiver	Averses de pluie ou de neige	Bonne (>20km) sauf lors des précipitations	Mauvais	Ouest nord-ouest	A : Açores D : Scandinavie

NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

CONSTAT : Deux masses d'air différentes par leur composition, par leur température, par leur degré d'humidité, par leur pression, ...
ne se mélangent pas lorsque l'une est poussée par le vent contre l'autre.

La surface de contact : de forme différente suivant le type des masses d'air se rencontrant, elle prend le nom de surface frontale et est le siège de nombreux nuages et précipitations. Au sol, ce passage de la surface de contact prend le nom de « FRONT ».

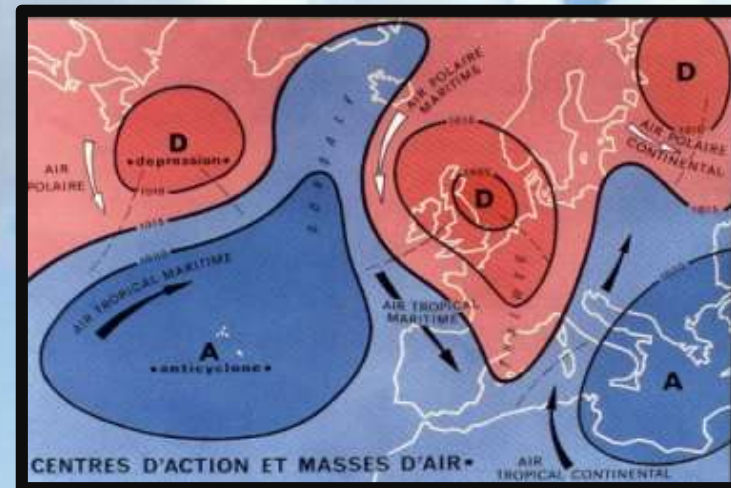


Une dépression : prend naissance par la confrontation entre une masse d'air chaud et une masse d'air froid.

Cette rencontre constitue la PERTURBATION, siège de la formation de fronts nuageux.

Deux types de front peuvent s'établir :

- le FRONT FROID ;
- le FRONT CHAUD.

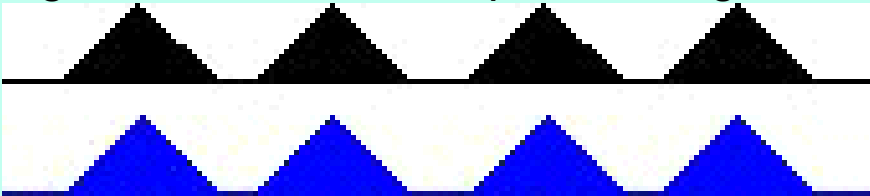


NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

LE FRONT FROID : La masse d'air froid poussé par le vent entre en contact avec une masse d'air chaud. De masse volumique plus importante que l'air chaud, elle agit comme un coin et repousse l'air chaud vers le haut.

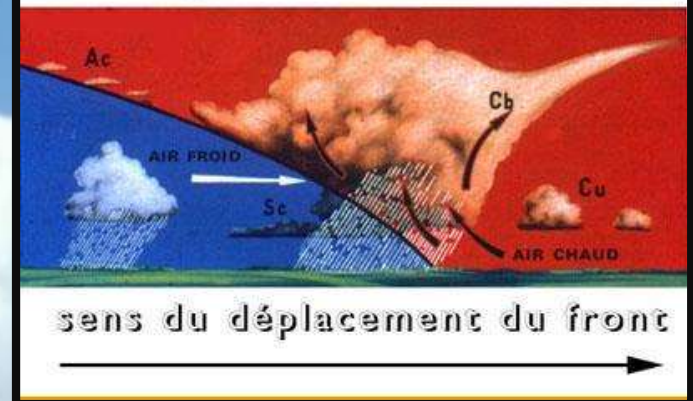
Un front froid est la portion d'un système frontal où l'air froid avance plus rapidement que l'air chaud.

Le front froid est représenté sur les cartes par une ligne bleue ou noire à petits triangles.



La vitesse de déplacement du front froid est assez rapide, de l'ordre de 20 à 30 Kt. Sa pente moyenne est importante (5% en tête puis 2% au-dessus), son étalement horizontal est donc assez limité de l'ordre de 100 km, mais il est souvent très actif.




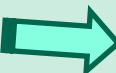


Coupe d'un front froid



NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS



CARACTÈRES DES FRONTS FROIDS

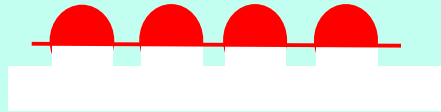
	Avant front	Front	Arrière front
Nuages	Ci, Cs, AC ou As, Cb Cirrus en altitude, arrivée massive de Cumulonimbus	St, Cu, Sc, Cb, Ns Nuages de pluie. (Nimbostratus).	Cu et Cb isolés Éclaircie souvent très rapide.
Pression atmosphérique			
Vents	De Ouest à Nord- Ouest, frais et forts	De Ouest à Nord- Ouest, froids et orageux voire en tempête.	Passé Nord-Ouest à Nord, parfois forts, frais mais faiblissant
Température			
Visibilité	De plus en plus mauvaise.	Mauvaise.	Amélioration continue à bonne.
Temps	Ciel très gris, pluies légères.	Très nuageux, averses.	Parfois éclaircies, pluies qui vont en faiblissant.

NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

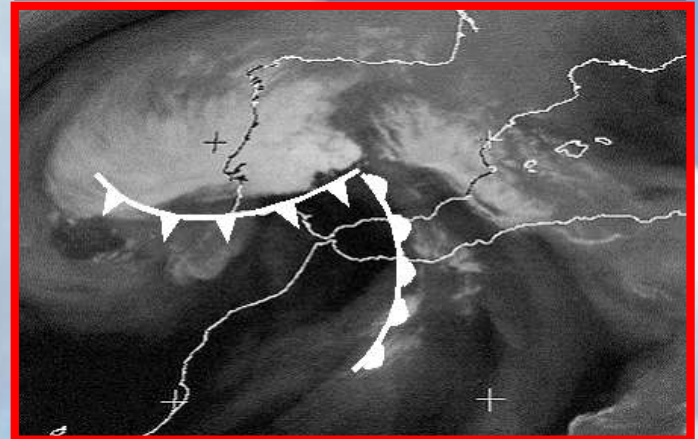
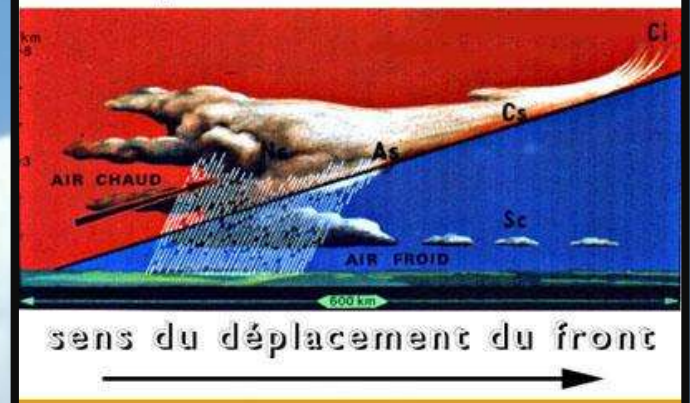
LE FRONT CHAUD : La masse d'air chaud poussé par le vent entre en contact avec une masse d'air froid. De masse volumique moins importante que l'air froid, elle passe au-dessus de l'air froid en le repoussant lentement.

Un front chaud est la portion d'un système frontal déclencheur d'une perturbation. Le front chaud avance lentement et est toujours rattrapé par le front froid.

Le front chaud est représenté sur les cartes par une ligne rouge ou noire à petits demi-cercles.



Coupe d'un front chaud



La vitesse de déplacement du front chaud est de l'ordre de 5 à 15 Kt. Sa pente moyenne est faible (1% sur toute sa dimension), son étalement horizontal est important de l'ordre de 500 km, mais il est souvent très actif.

NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS



CARACTÈRES DES FRONTS CHAUDS

	Avant front	Front	Arrière front
Nuages	Ci, Cs, As, Ns	As, Ns, Sc Epais nuages de pluie. (Nimbostratus).	St, Sc. Dissipation des nuages.
Pression atmosphérique			Parfois
Vents	Sud à Sud-Ouest (180° à 240°).	Sud, fraîchissant.	Sud-Ouest à Ouest, forts (240°).
Température			
Visibilité	De plus en plus mauvaise.	Mauvaise.	Assez mauvaise.
Temps	Ciel très gris, pluies légères.	Très nuageux, averses.	Parfois éclaircies, pluies qui vont en faiblissant.

NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

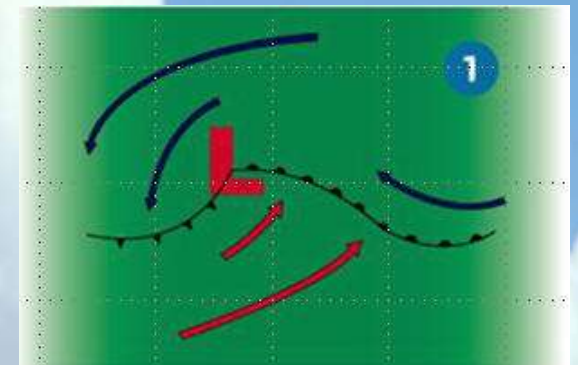
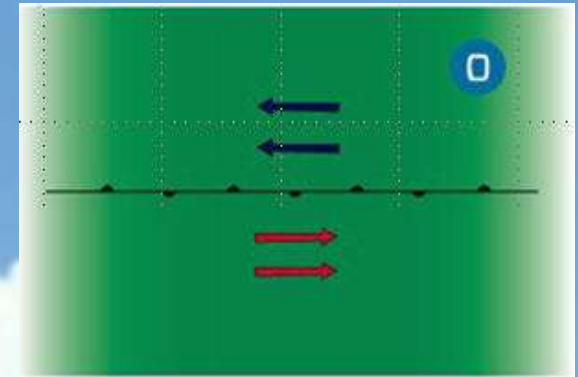
NAISSANCE D'UNE PERTURBATION

Stade 1 : Descente d'air froid enfonce le front polaire vers le sud-est, entraînant par contre-coup une remontée d'air chaud vers le nord-est. Cet air chaud léger surmonte l'air froid polaire, tout en engageant un mouvement de rotation des masses d'air dans le sens INVERSE des aiguilles d'une montre.

Stade 2 : L'ondulation s'amplifie :

- accélération de la rotation des masses d'air dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ;
- développement du mouvement de l'air chaud vers le haut.

Ce mouvement est générateur d'une baisse de la pression atmosphérique d'où DÉPRESSION, (phénomène similaire au tourbillon que l'on peut observer lors du vidage d'une baignoire).



NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

Stade 3 : L'air froid à l'arrière du système se déplace plus vite que l'air chaud, l'air froid postérieur rattrape donc le front chaud et cotoie l'air froid antérieur initial.

L'air chaud est totalement rejeté en altitude mais il est encore nuageux et souvent pluvieux. La vallée d'air chaud est appelée OCCLUSION.

L'occlusion s'enroule souvent autour du centre dépressionnaire en formant alors un VORTEX.

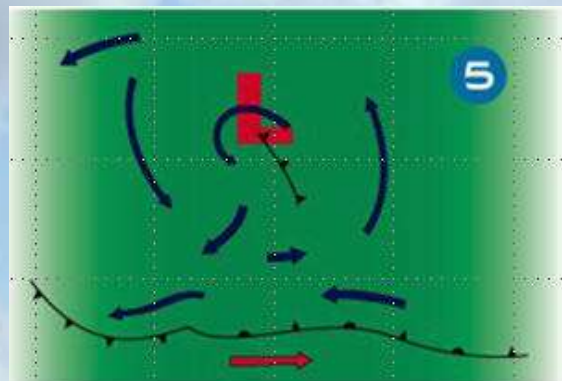
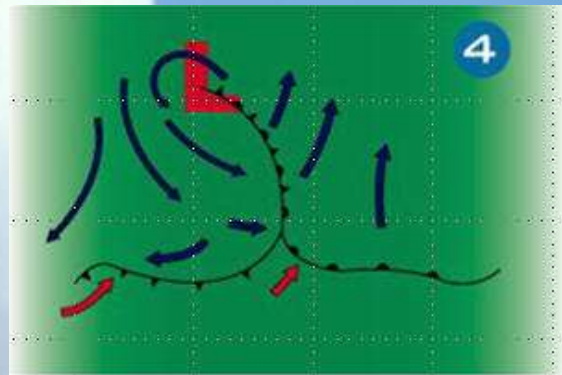
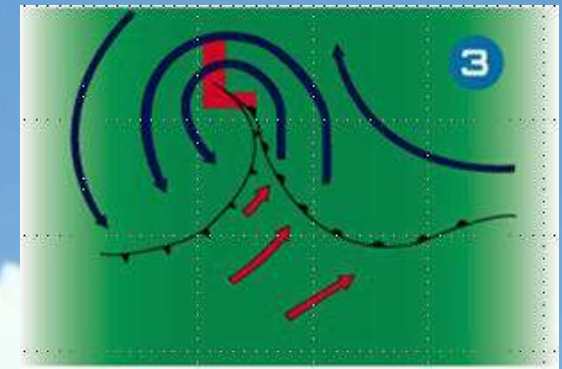
Stade 4 : La zone où l'air chaud est en contact du sol s'appelle le SECTEUR CHAUD.

Ce secteur chaud occupe une place de plus en plus restreinte au fur et à mesure de l'allongement de l'occlusion.

C'est la fin de la perturbation.

Depuis la naissance de la perturbation, il s'est passé en moyenne 5 à 6 jours.

On dit qu'il y a FRONTOLYSE.



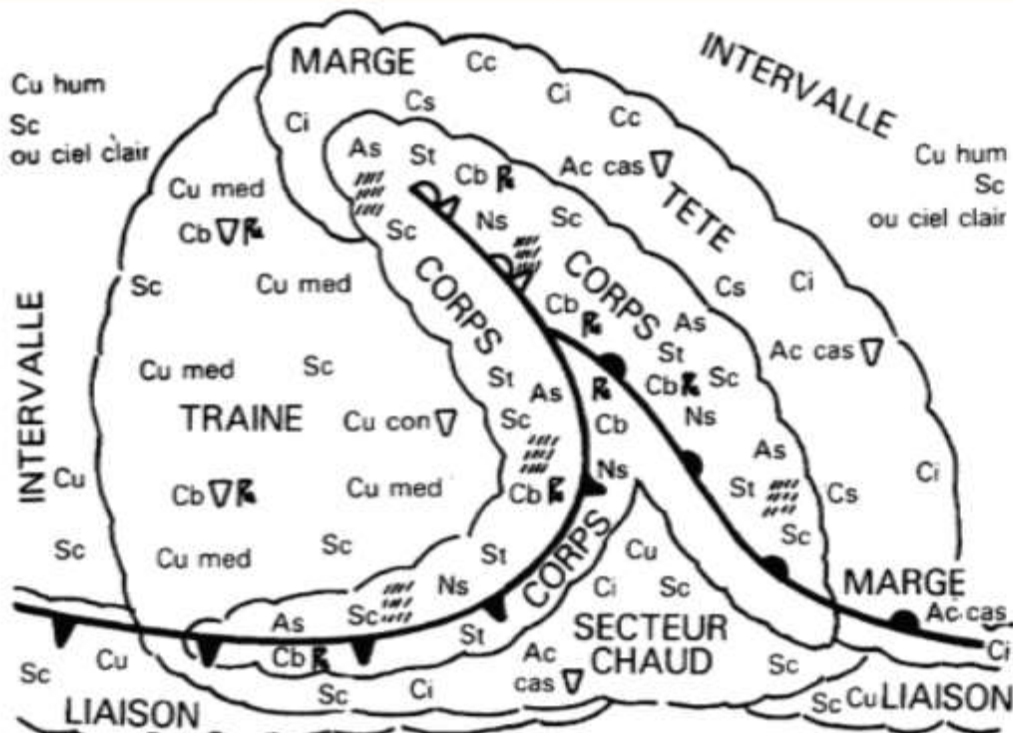
NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

LA PERTURBATION VUE DE DESSUS :

Les différentes parties d'une perturbation sont dans l'ordre :

La TÊTE, Le CORPS DU FRONT CHAUD, Le SECTEUR CHAUD, le CORPS DU FRONT FROID, la TRAÎNE.

L'occlusion se termine dans un secteur appelé : **la MARGE.**



Représentation sur les cartes météo d'une perturbation avec son front chaud, son front froid et l'occlusion



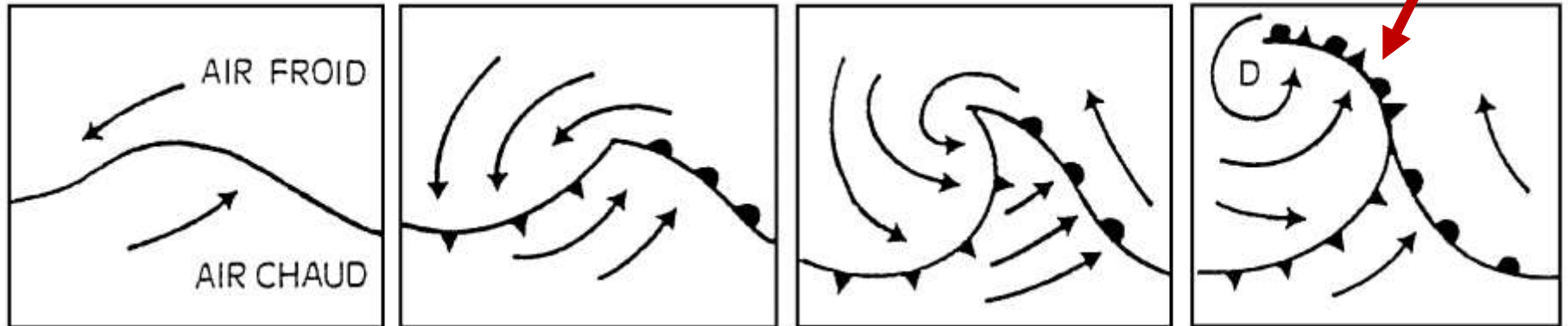
NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

Phénomènes	Devant le front chaud	Sur le front chaud	Dans le secteur chaud	Sur le front froid	Derrière le front froid
Pression	Chute constante	Chute interrompue	Stationnaire ou chute lente	Hausse brusque	Hausse lente et régulière.
Vent	Direction S-O tournant lentement vers le SSO (parfois SSE). Vitesse augmentante	Vent devient irrégulier en direction et vitesse. Veering au passage du front vers SO à O	Direction plus ou moins constante (SO à O)	Tourne brusquement au NO. Souffle en rafales	Tourne progressivement vers le N puis retourne vers le NO
Température	Hausse lente	Hausse sensible mais pas très brusque	Constante	Baisse brusque.	Constante ou en baisse très lente.
Humidité relative et point de rosée	Augmentation lente	Augmentation rapide	Change peu, l'air peut être saturé	Diminue brusquement	Variable suivant les conditions synoptiques à l'arrière du front froid
Nuages	Successivement Ci, Cs, As avec Fs dans précipitations	Ns et Fs	Brouillard ou stratus bas	Cb et gros Cu avec Ns et Fs	Bancs d'Ac, Cu et Cb ensuite
Précipitations	Précipitations en altitude puis pluie ou neige (selon température)	Forte pluie ou neige qui s'arrête peu après le passage du front	Parfois bruine (aiguilles de glace en hiver)	Fortes averses, de pluie, neige, grêle ou grésil	Averse de pluie ou de neige et éclaircies
Visibilité	Bonne mais diminue à l'approche du front	Médiocre	Médiocre ou mauvaise	Médiocre	Très bonne sauf dans les averses

NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

L'occlusion

Occlusion dans
Le vortex



L'**occlusion** se produit lorsque le front froid rattrape le front chaud, le rejetant en altitude. L'air chaud est totalement rejeté en altitude et forme le VORTEX.

Le temps est très nuageux et souvent pluvieux.

La vallée d'air chaud est appelée OCCLUSION.

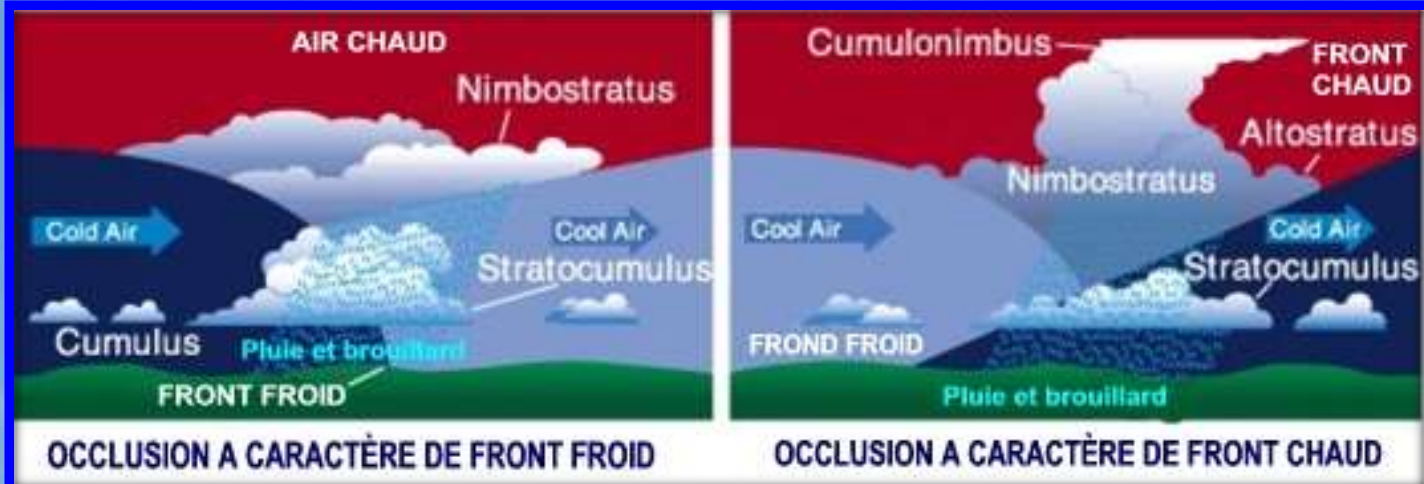
Elle marque le début de la désagrégation de la perturbation car la dépression se comble alors.

Le temps est perturbé à plus longue échéance qu'avec un front.

Sur les cartes, son symbole est le signe alterné d'un hémisphère et d'un triangle.



NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS



Deux types d'occlusion existent lorsque le front froid rattrape le front chaud :

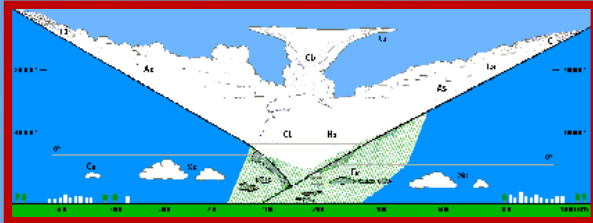
- **L'occlusion à caractère de front froid** (le front froid passe sous le front chaud)
- **L'occlusion à caractère de front chaud** (le front froid passe au dessus du front chaud).

De nombreux nuages dans toutes les zones de soulèvement.








On rencontrera :

- ❑ Si l'air chaud est stable, les nuages seront des Ci, As, Ns, Sc et St avec précipitations continues.
- ❑ Si l'air chaud est instable, les nuages seront des Ac, As, CB noyés dans Ns ou nuages en couches. Averses et pluies continues.

NOTIONS DE FRONTOGÉNÈSE ET PERTURBATIONS

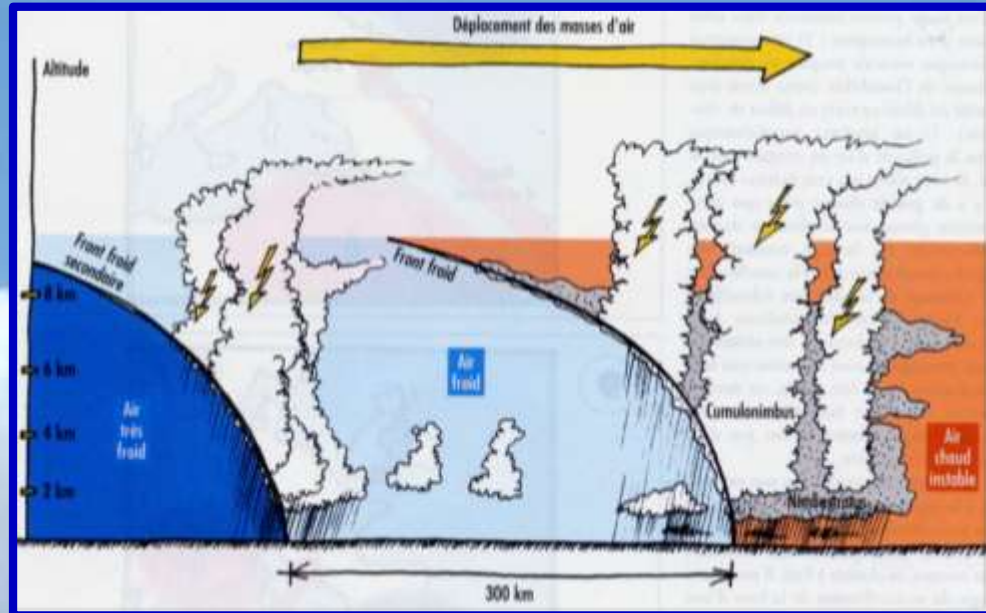


CARACTÈRES DES FRONTS OCCLUS

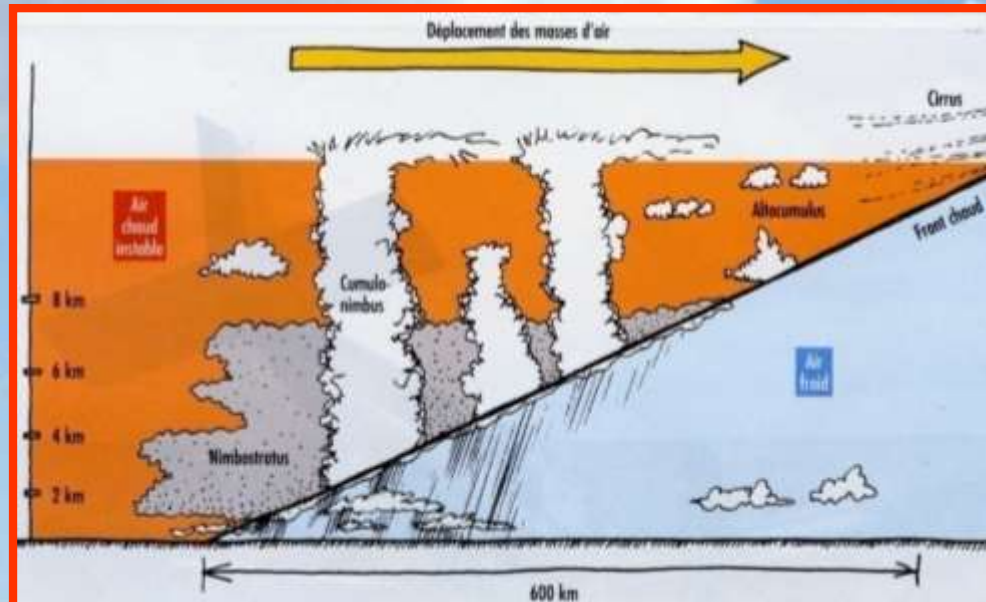
	Avant front	Front	Arrière front
Nuages	Nuages de pluie. (Nimbostratus).	Forte nébulosité. (Nimbostratus, Cumulus).	Dissipation des nuages.
Pression atmosphérique			
Vents	Nord-Ouest fraîchissants.	Nord-Ouest se renforçant.	Nord-Est frais faiblissants.
Température		 OU 	
Visibilité	de plus en plus mauvaise.	Mauvaise.	Amélioration continue.
Temps	Très nuageux et précipitations.	Très nuageux et précipitations.	Dissipation des nuages, encore quelques averses.

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS

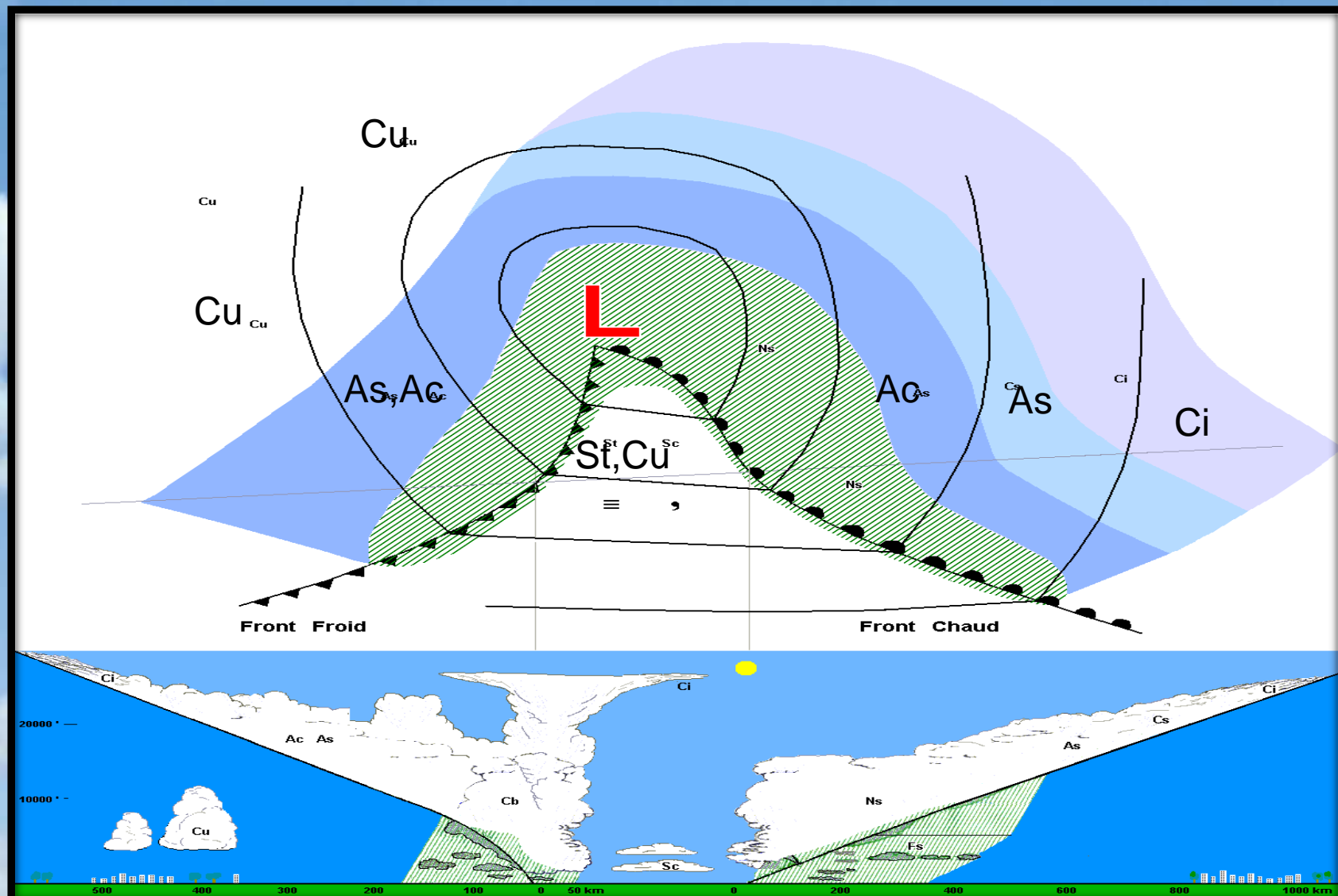
Les nuages associés au **FRONT FROID** seront principalement des nuages à **fort développement vertical** et par conséquent de **caractère instable** et de la **famille des cumulus**.



Les nuages associés au **FRONT CHAUD** seront principalement des nuages à **fort développement horizontal** et par conséquent de **caractère stable** et de la **famille des stratus**.



LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS

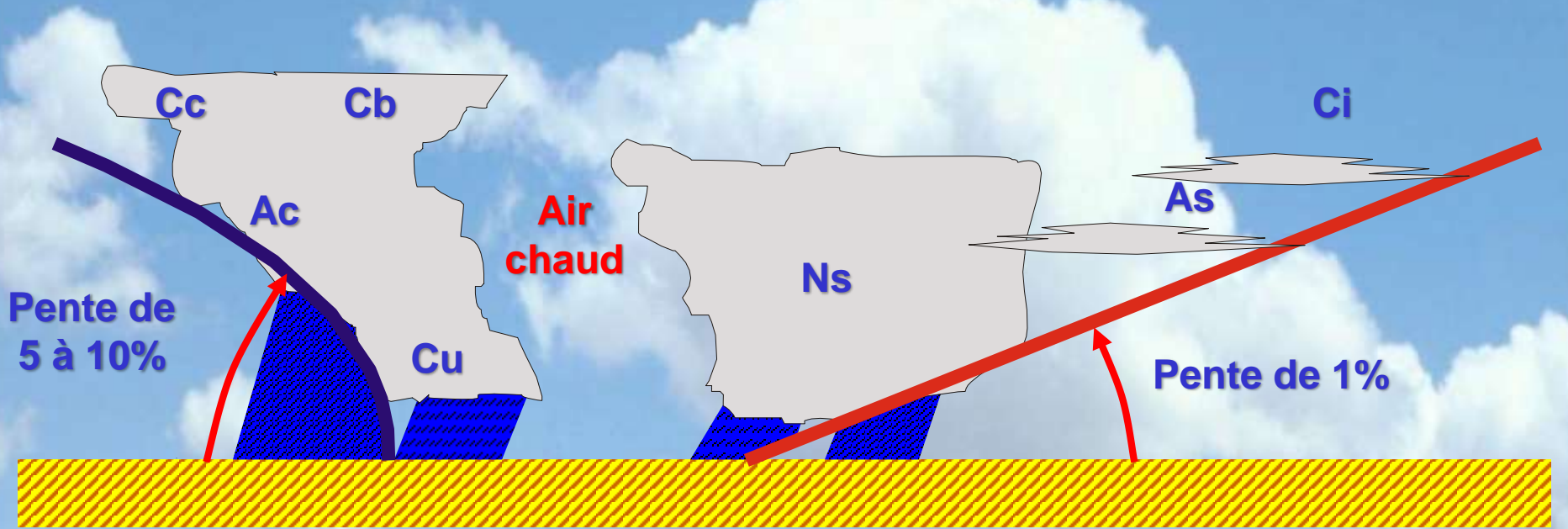


LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



Front froid

Front chaud

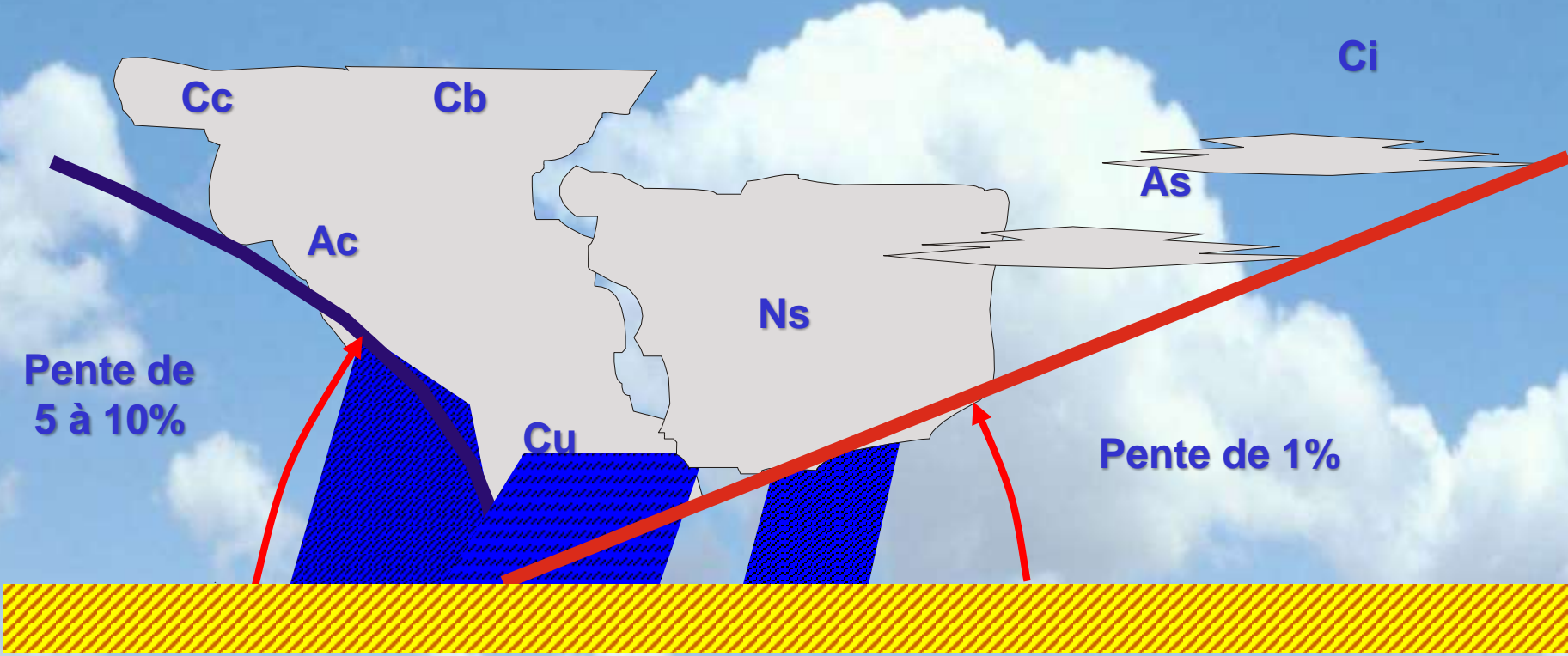


**Précipitations
Pluie, grêle**

**Précipitations
Pluie, neige**

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS

FRONT OCCLUS Avec occlusion au sol



Pente de 5 à 10%

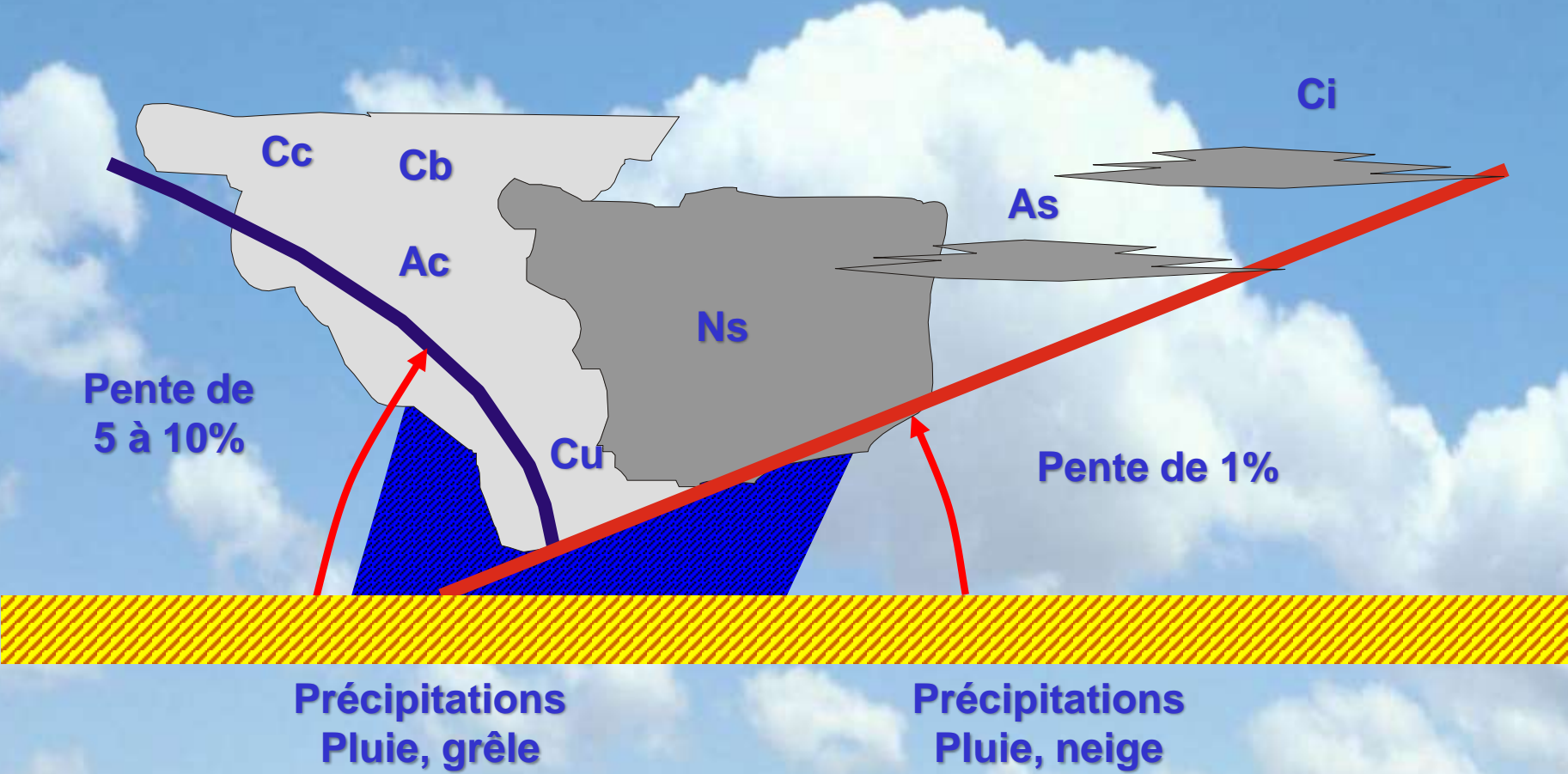
Pente de 1%

Précipitations
Pluie, grêle

Précipitations
Pluie, neige

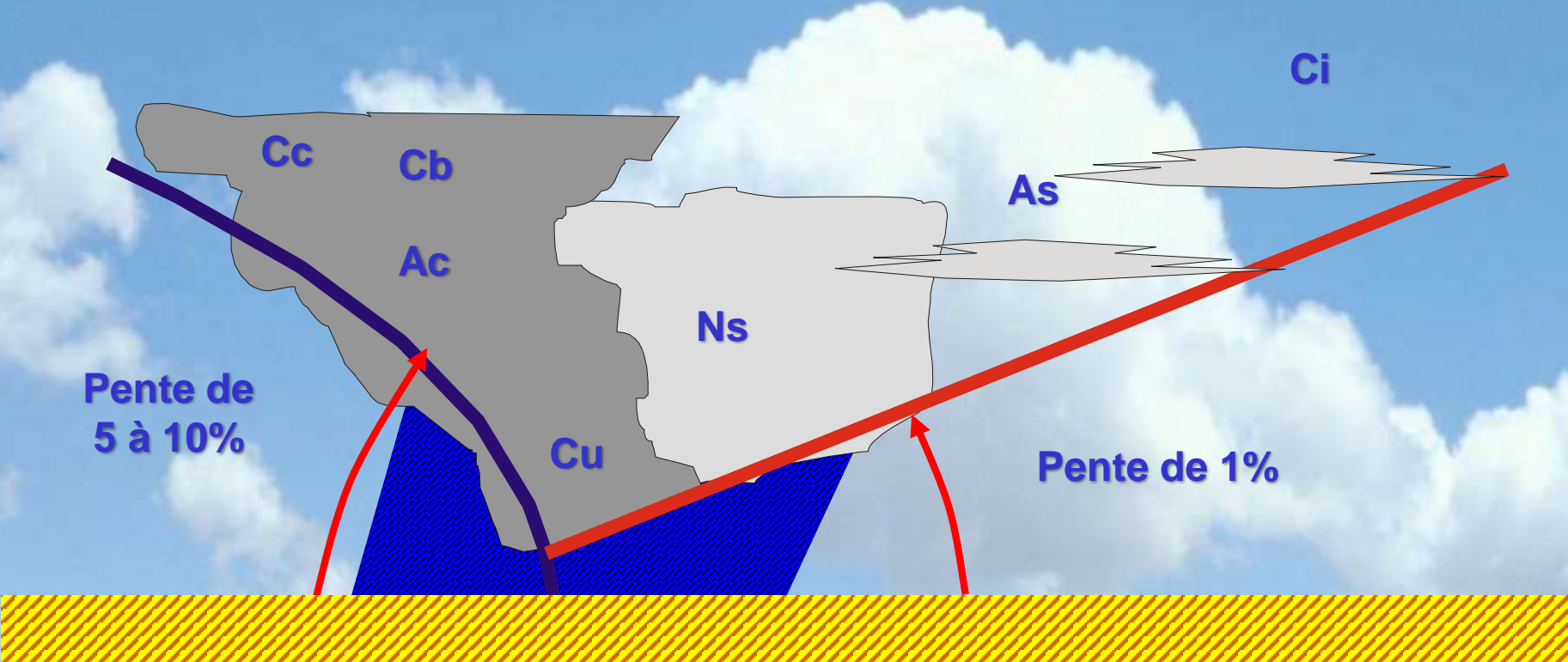
LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS

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



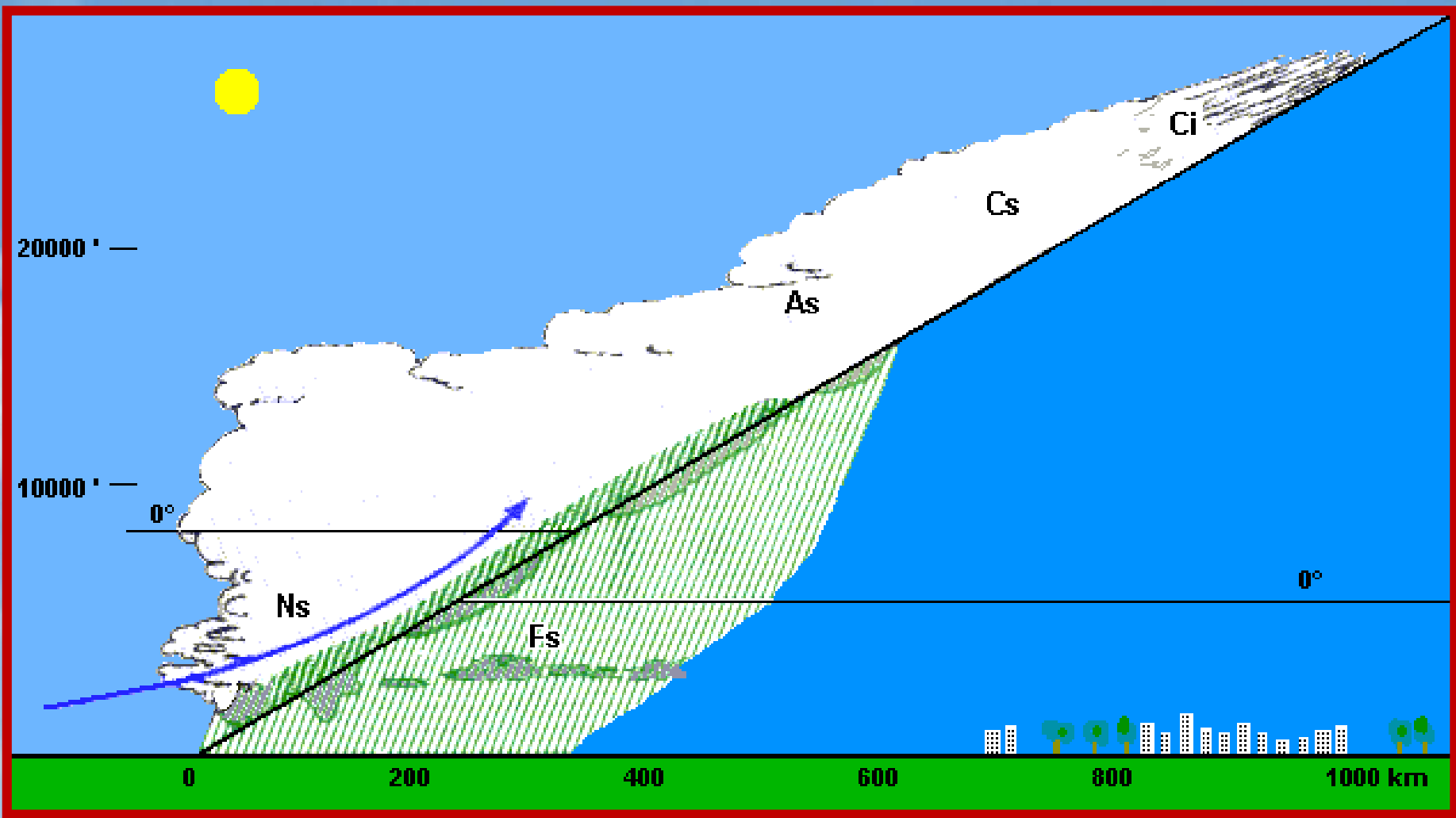
LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS

FRONT OCCLUS D'ALTITUDE à caractère de front froid



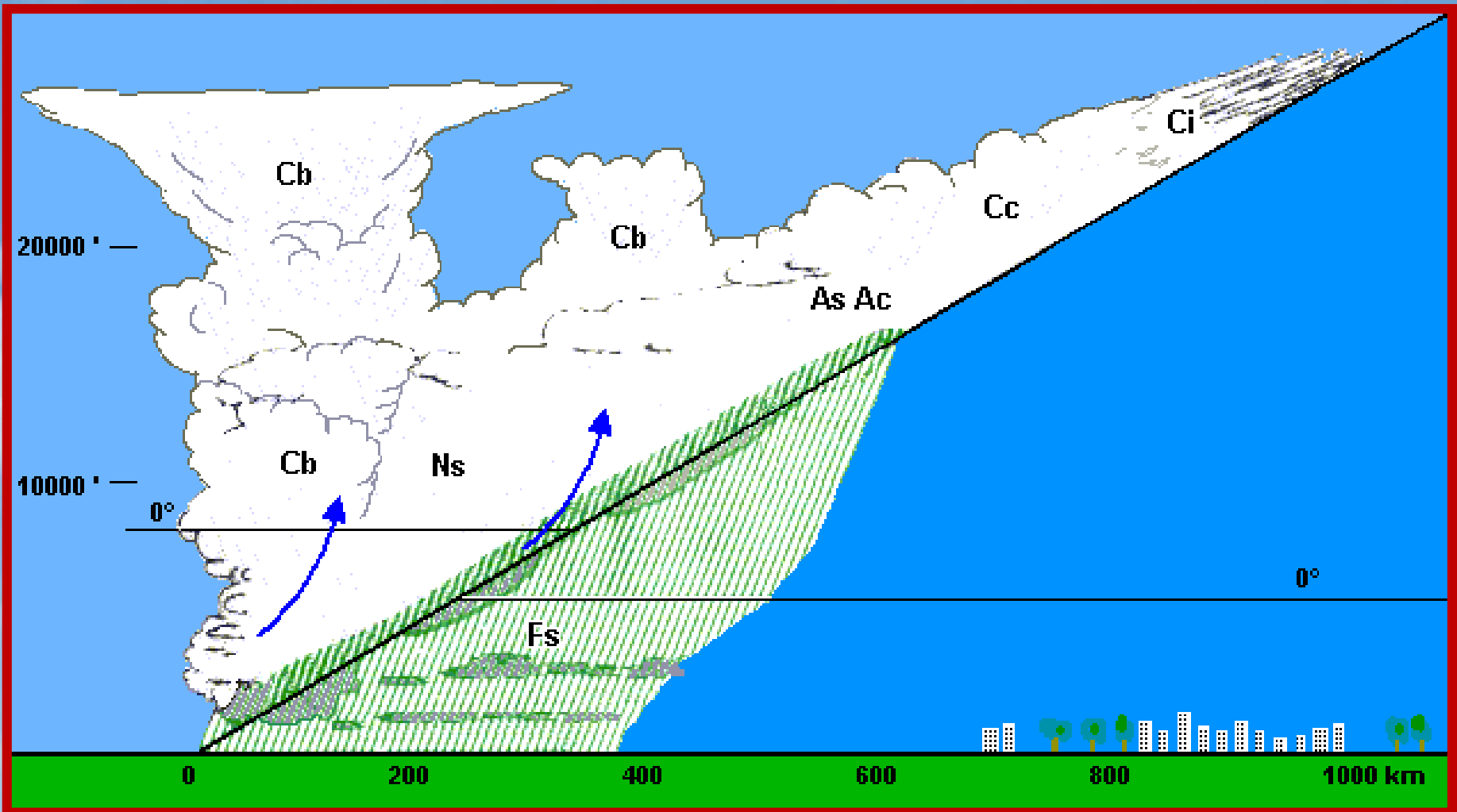
Précipitations
Pluie, neige et grêle

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



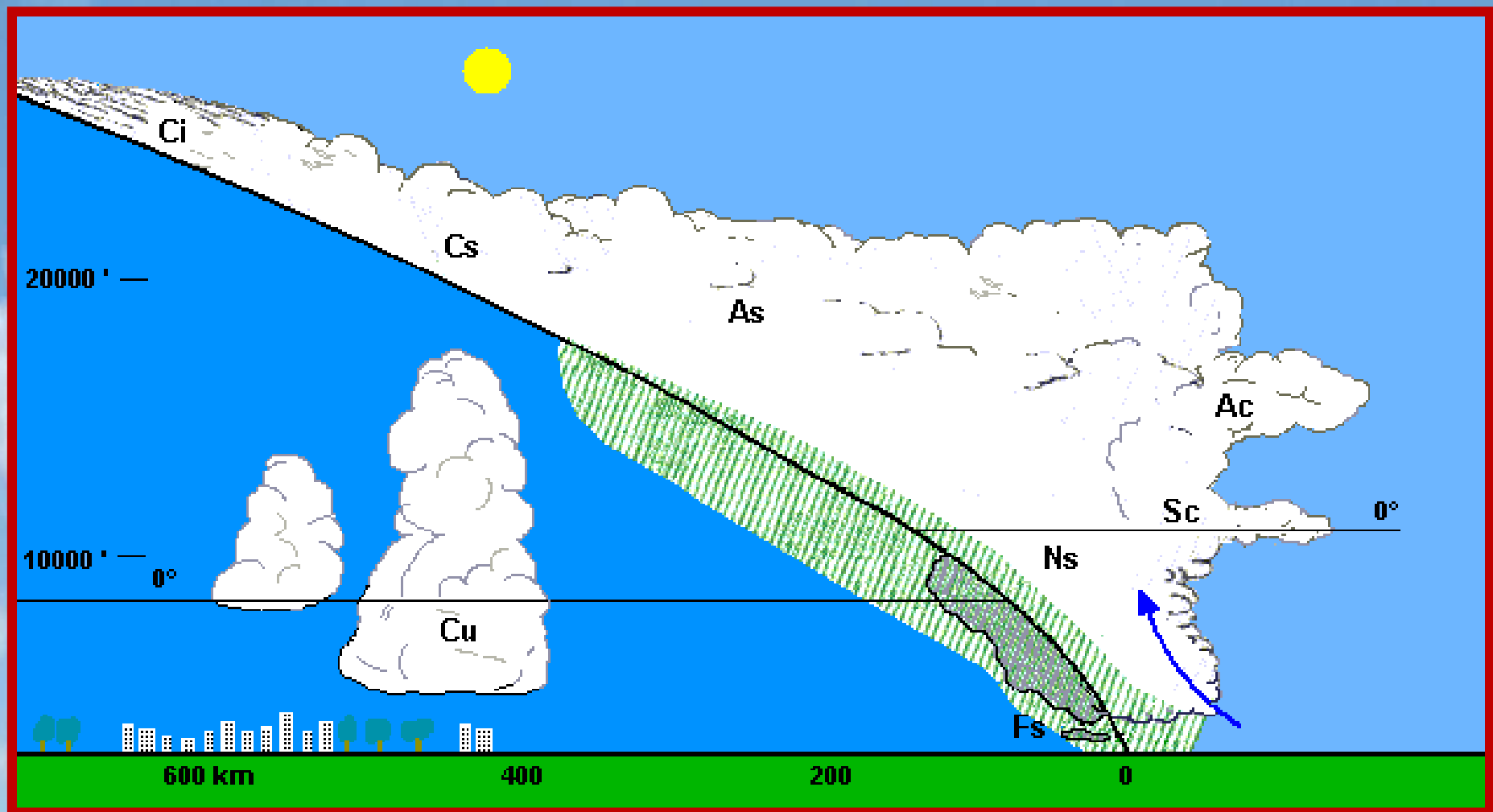
FRONT CHAUD STABLE

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



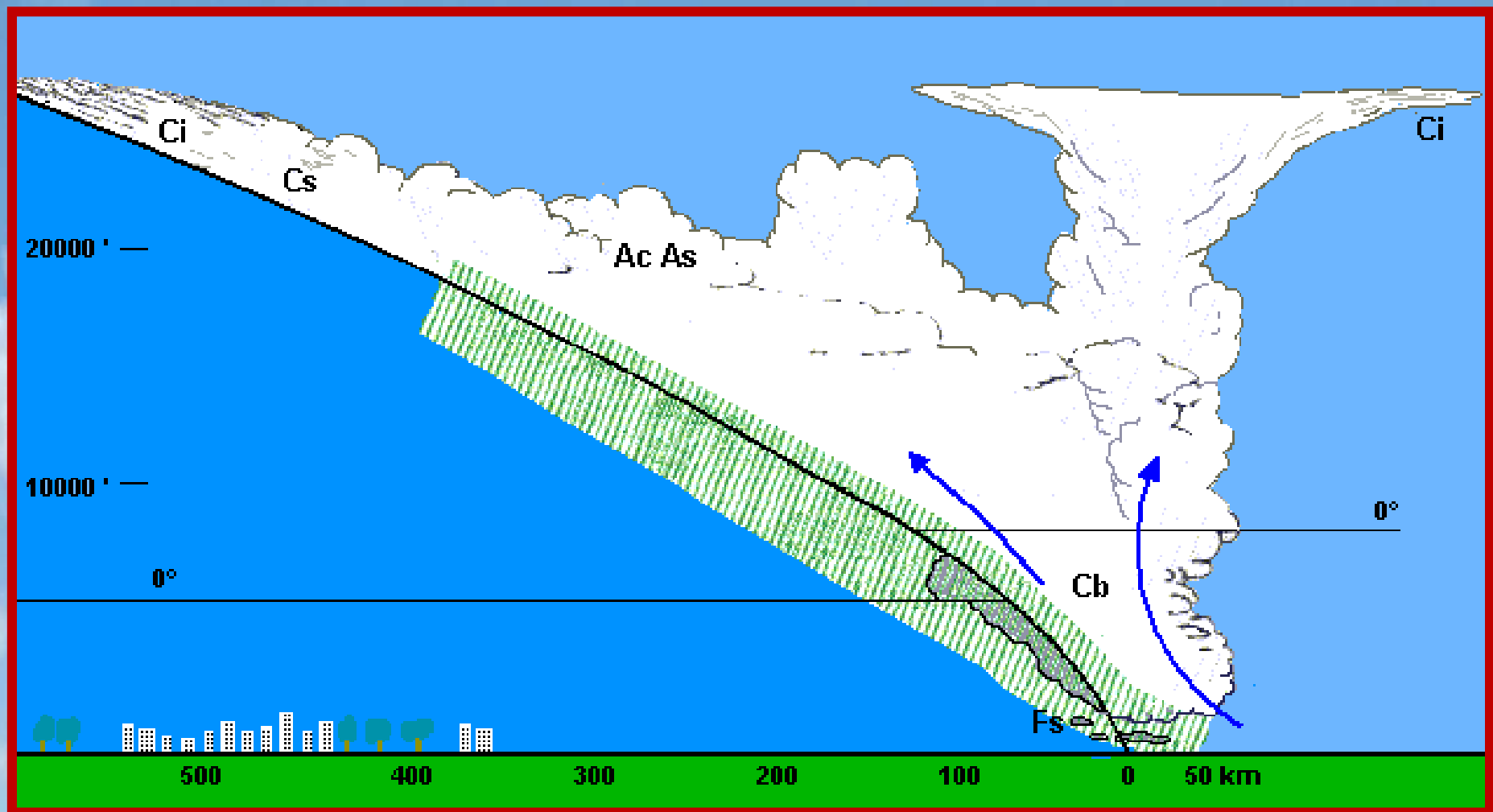
FRONT CHAUD INSTABLE

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



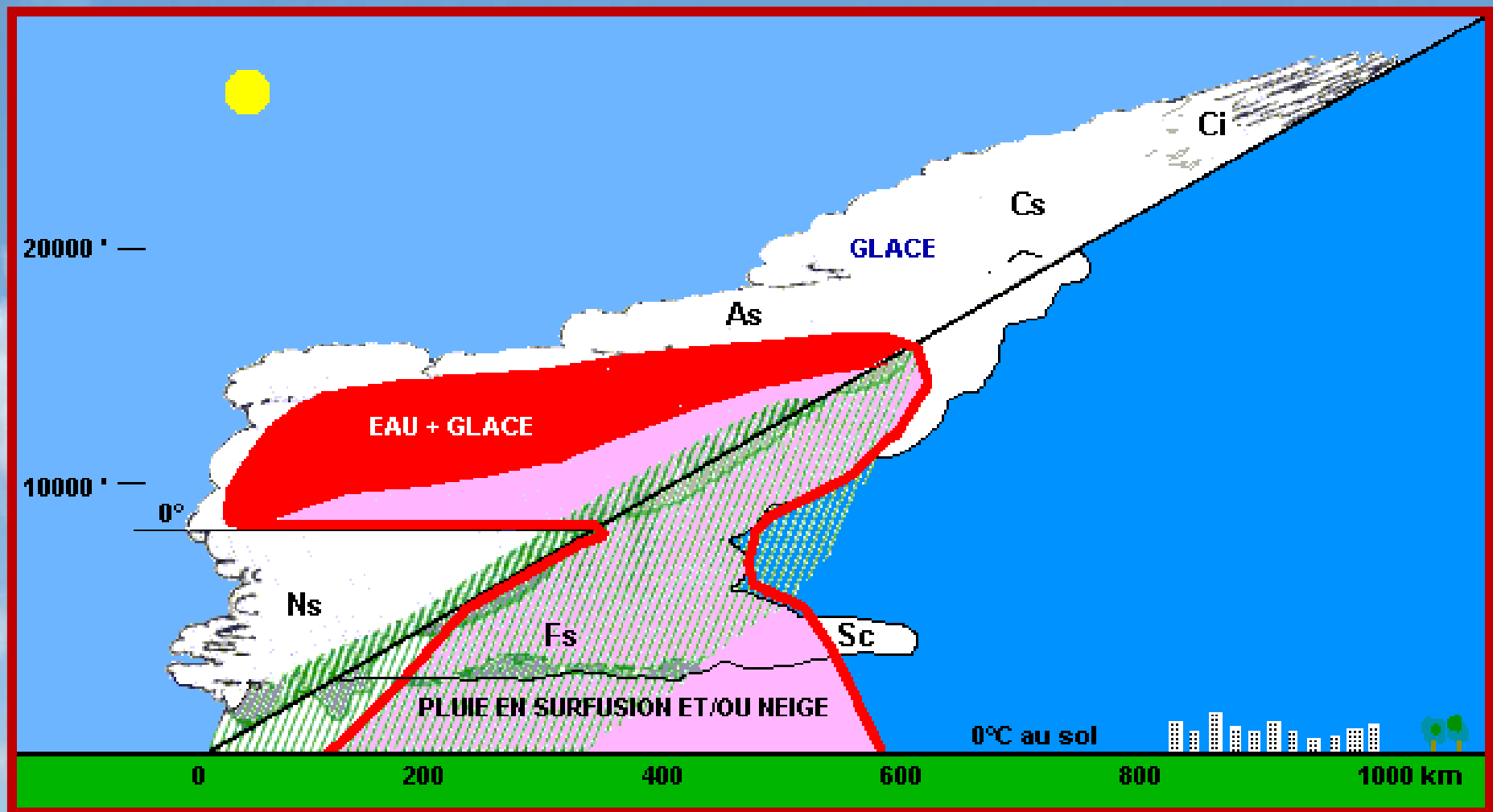
FRONT FROID STABLE

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



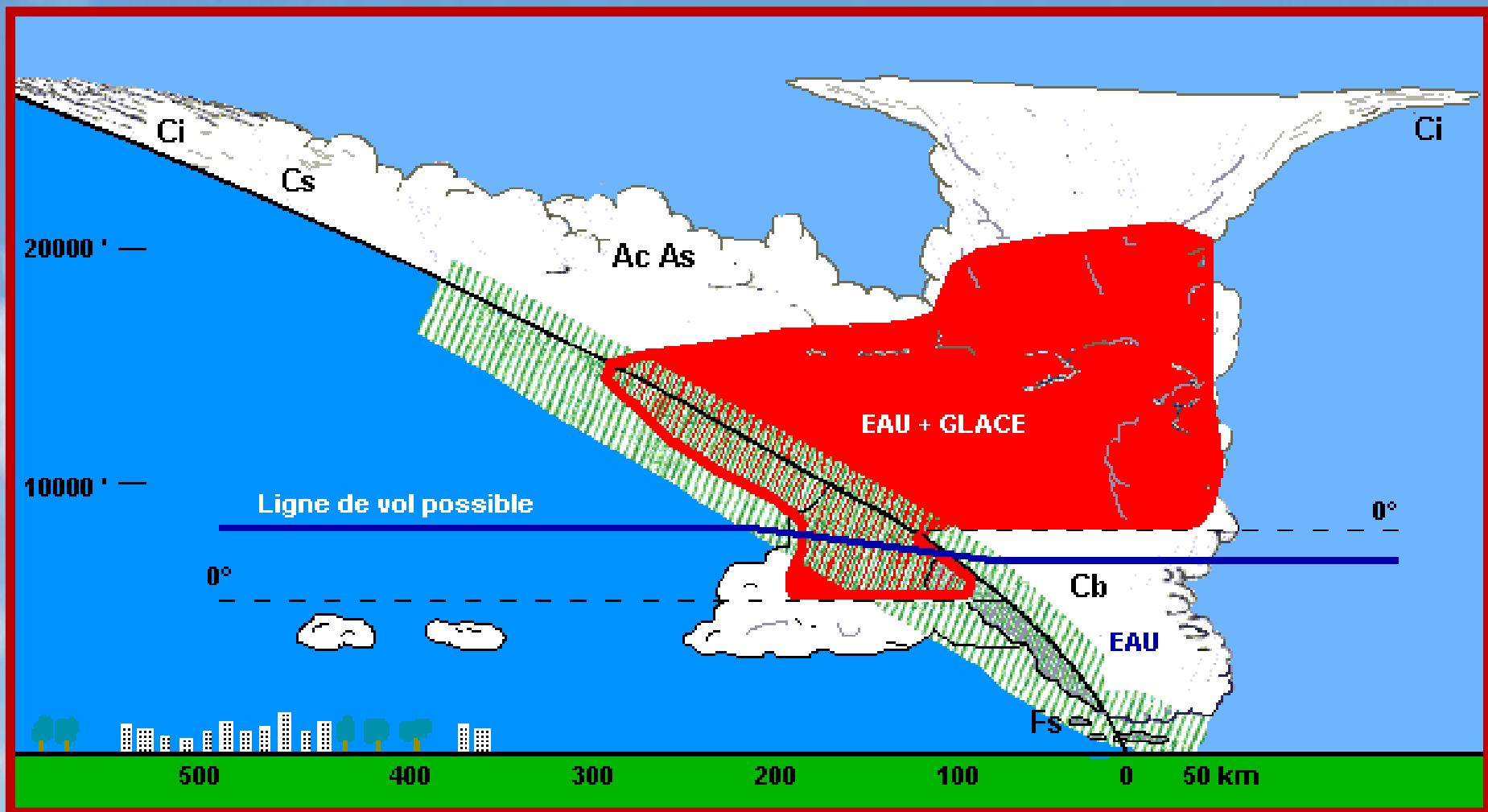
FRONT FROID INSTABLE

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



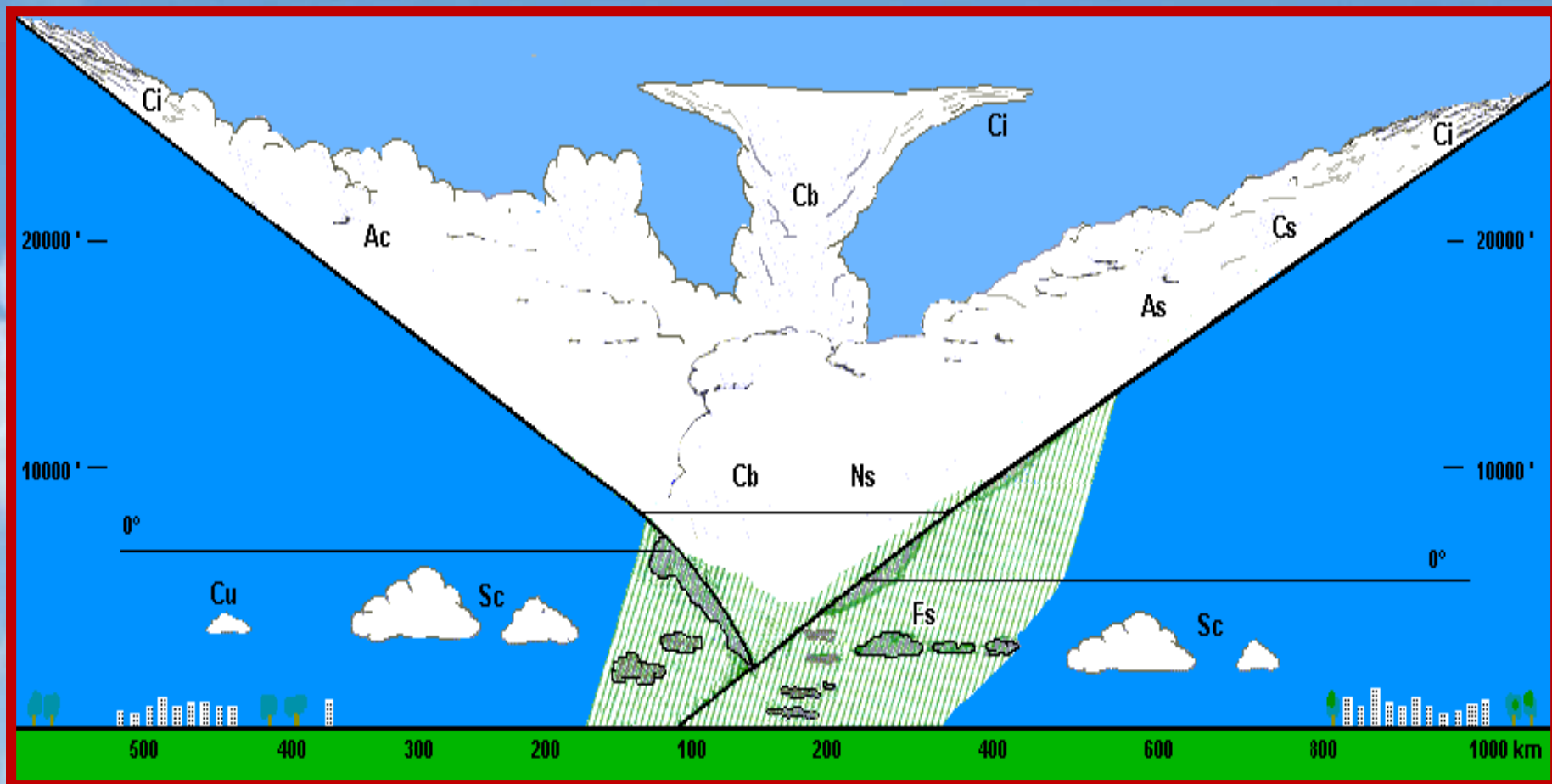
FRONT CHAUD STABLE

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



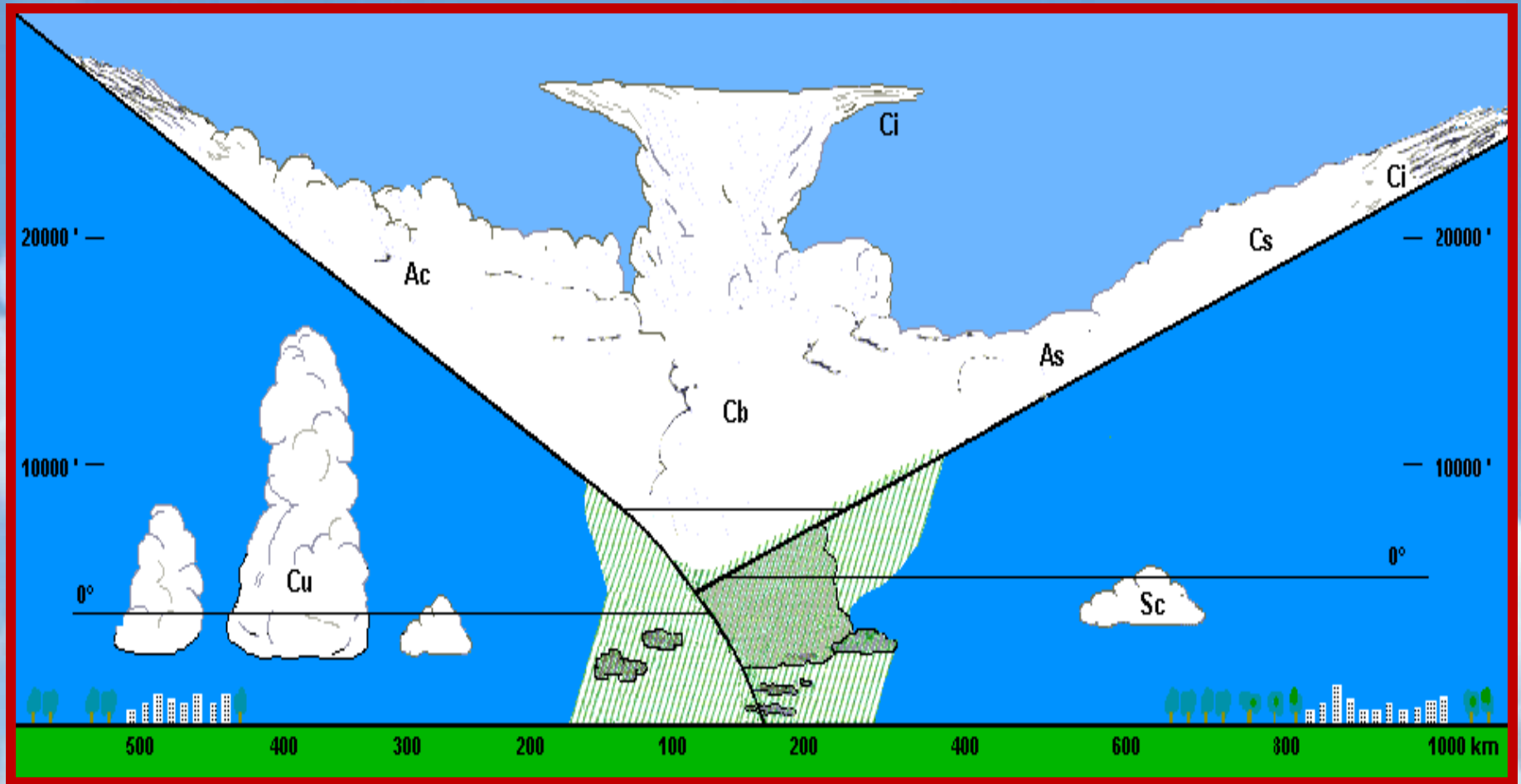
FRONT FROID INSTABLE

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS



Occlusion à caractère de front chaud.
L'arrière se caractérise par un temps plus chaud
avec des cumulus et des stratocumulus

LES NUAGES ASSOCIÉS AUX FRONTS

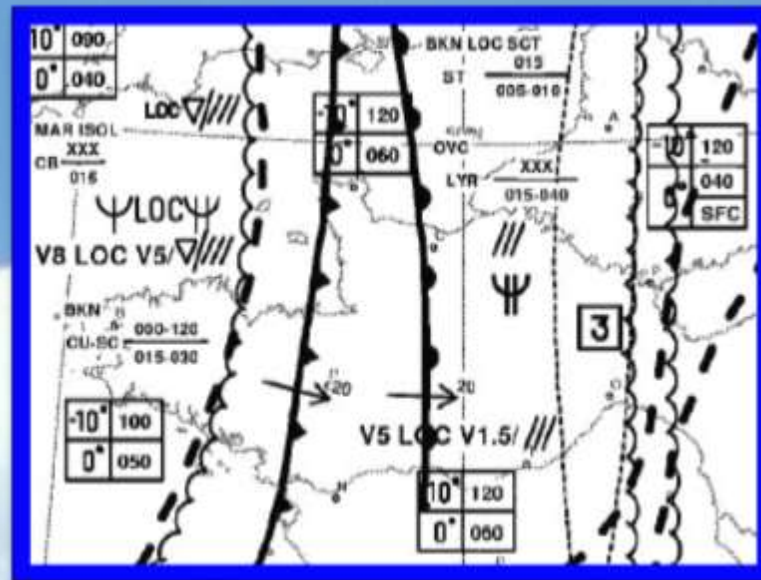


**Occlusion à caractère de front froid.
L'avant est plus chaud que l'arrière.**

ISOTHERME 0 ET GIVRAGE

L'humidité en suspension dans l'atmosphère peut présenter des dangers pour le pilote notamment par congélation du liquide.

L'indication de l'altitude où la température 0°C est rencontrée figure sur des cartes. Tous ces secteurs de température 0°C s'appellent des isothermes 0. D'autres isothermes sont indiqués comme l'isotherme -10°C .



LE GIVRAGE : Dépôt de glace opaque ou transparent sur certains éléments d'un aéronef, en particulier ceux présentant des parties anguleuses (bords d'attaque, mâts d'antenne, pitot, etc...).

Dangers provoqués par le givrage :

- Masse de l'avion augmentée ;
- Profil aérodynamique modifié ;
- Blocage des gouvernes de vol ;
- Givrage du carburateur entraînant perte de puissance et arrêt moteur ;
- Colmatage des capteurs instrumentaux ;
- Opacification des pare-brises.



LE GIVRAGE : PROCESSUS DE FORMATION

Les facteurs contributifs au givrage :

- sous la pluie ;
- dans les nuages ;
- dans le brouillard ;
- voire dans la brume.

Les conditions du risque de givrage :

- de l'eau en suspension dans l'atmosphère
- une température propice (entre $+10^{\circ}\text{C}$ et -15°C)

Autre condition à haut risque , à l'intérieur des des deux types de nuages suivants :

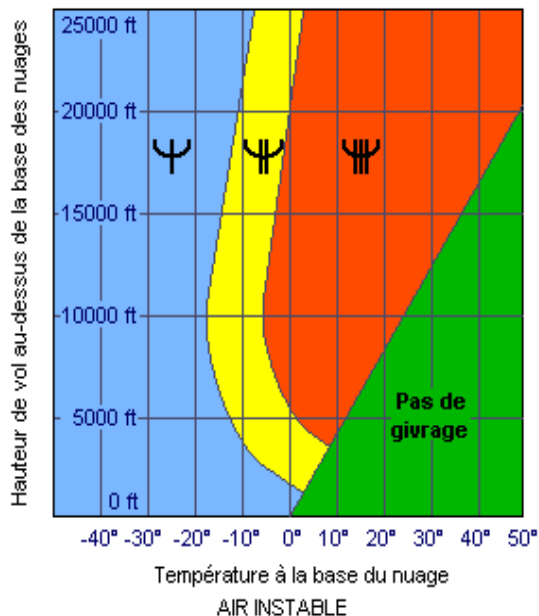
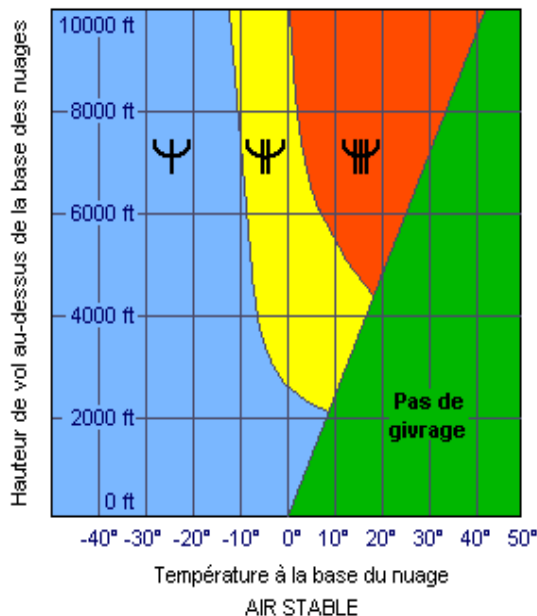
- les nimbostratus (Ns) car on y rencontre une forte densité d'eau et des températures le plus souvent faiblement négatives ;
- les nuages à caractère instable tels que les cumulus (Cu) et surtout les cumulonimbus (Cb).



ZONES PROPICES AU GIVRAGE

PROCESSUS DE FORMATION :

- Cessation de l'état de surfusion (le plus fréquent, l'eau dans cet état se congèle instantanément au contact de l'avion ;
- Condensation solide (la vapeur d'eau se congèle sur un aéronef très froid, souvent avec ciel clair et air très humide) ;
- Congélation d'eau (l'eau de pluie ou de fusion de la neige reste en dépôt sur l'avion et se congèle dès température négative.



FAIBLE



As, Ns, Sc stable ;
Brume, brouillard et
St peu denses ;
AC faiblement
instables.

MODÉRÉ



Brouillard et St denses
Certaines zones de Ns
Nuages orographiques
Ac, Sc instables, Cu,
Cb.

FORT



Brouillard ou St
exceptionnels ;
Ac très instables, Cu,
Cb. Précipitations
surfondues

ZONES PROPICES AU GIVRAGE

TYPES DE GIVRAGE :

- ❖ Gelée blanche (dépôt de glace d'aspect cristallin de forme d'écailles, d'aiguilles, de plumes, ...)
- ❖ Givre mou (dépôt de glace constitué par des granules ornées de ramifications cristallines)
- ❖ Givre transparent (dépôt de glace homogène et transparent d'aspect vitreux et lisse)
- ❖ Verglas (même aspect que ci-dessus mais processus de formation dépendant de la surfusion).

GELEE BLANCHE : Au lever du jour, l'herbe se recouvre d'une fine pellicule blanchâtre. Cette transformation est due à un processus appelé « sublimation » au cours duquel l'eau passe directement de l'état de vapeur d'eau à celui de glace solide à cause de la refroidissement nocturne du sol (température inférieure à 0°C).

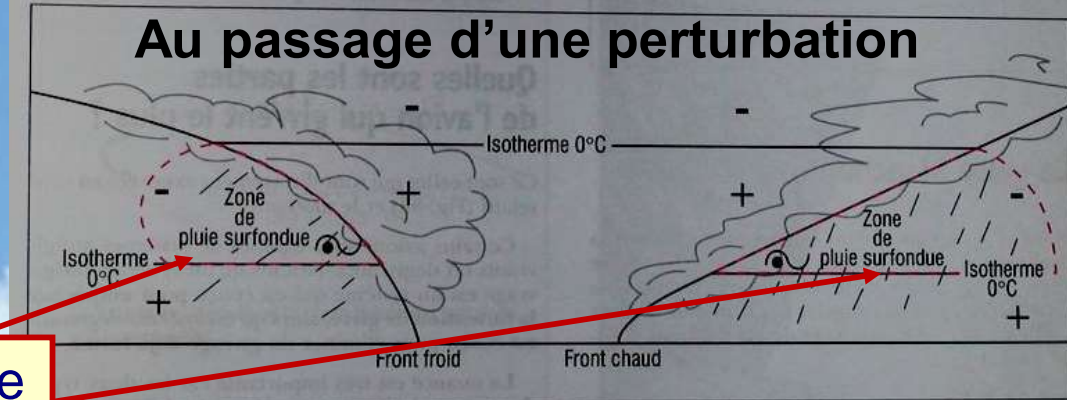
La gelée blanche n'alourdit pas notablement l'avion, par contre elle modifie le profil de l'aile et diminue les performances de l'avion.



ZONES PROPICES AU GIVRAGE

Le VERGLAS se forme très rapidement et couvre tout l'avion dès que celui-ci rencontre de la PLUIE SURFONDUE.

Au passage d'une perturbation



Phénomène de pluie surfondue

La coupe de la perturbation montre deux zones de pluie surfondue, donc de risque majeur entre le niveau de l'isotherme 0°C en air froid et le niveau de celui en air chaud :

- à l'avant du front chaud : bien qu'en secteur froid, avec $T^{\circ} < 0^{\circ}\text{C}$, l'eau reste à l'état liquide mais se transforme immédiatement en glace au contact de l'aile d'un avion ;
- à l'arrière du front froid par le même mécanisme ;
- de part et d'autre d'une occlusion.

Ce type de givrage fait partie des plus dangereux

ZONES PROPICES AU GIVRAGE

LE GIVRE MOU

A l'origine, le processus est le même que celui du verglas (surfusion) mais les gouttes d'eau sont plus petites, des bulles d'air y sont emprisonnées. Ce givrage est donc plus lent et ne se produit qu'à l'intérieur d'un nuage donc en IFR. L'aspect blanc opaque est provoqué par des bulles d'air qui sont emprisonnées durant le phénomène de congélation.

CARACTÉRISTIQUES DU GIVRE MOU :

- Il forme une couche de glace opaque mais friable ;
- Il ne se dépose que lentement ;
- Il ne se produit qu'en vol aux instruments lors d'évolutions dans certains types de nuages ;
- Il est nettement moins dangereux que le verglas.



ZONES PROPICES AU GIVRAGE

LE GIVRAGE CARBURATEUR

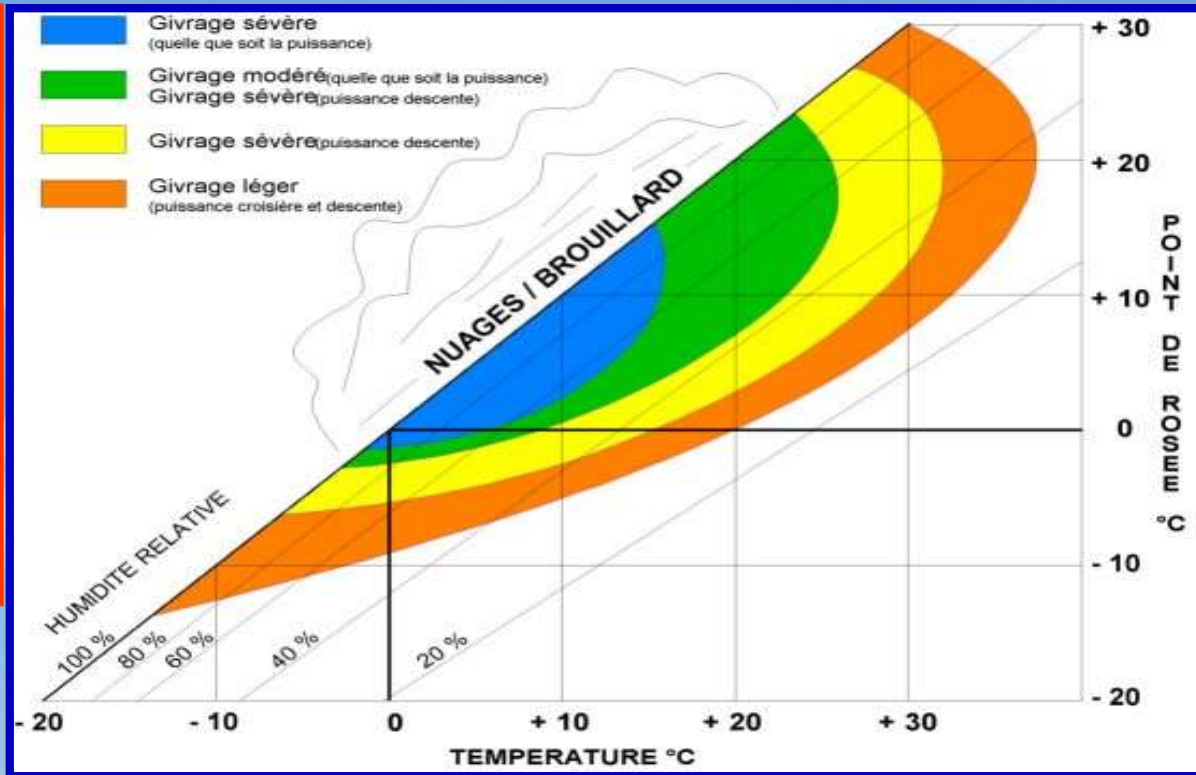
Le givrage le plus fréquent en VFR est le givrage du carburateur.

Les conditions de son apparition sont radicalement différentes.

Il peut être observé même avec des températures largement positives.

CONDITIONS PROPICES AU GIVRAGE

- Tempé carbu comprise entre 0° et -15° Ex : tempé ext $+15^{\circ}$ tempé carbu -5° ;
- Atmosphère humide risque plus grand dans les basses couches (plus d'humidité) ;
- Puissance réduite donc papillon des gaz peu ouvert, la détente augmente et la vitesse du mélange volatile (air – eau – essence) augmente , donc refroidissement important de ce mélange.



CONSEILS EN CAS DE GIVRAGE CELLULE

Monter immédiatement et le plus rapidement possible pour :

- sortir de la zone de précipitation surfondue ;
- atteindre une zone de température plus basse où la teneur en eau surfondue est plus faible ;
- accroître sa sécurité vis-à-vis du relief et de la densité de trafic, etc.

Lors d'un givrage estival, si l'isotherme 0°C est très élevé, la solution sera au contraire de descendre pour revenir dans la couche à température positive qui fera fondre rapidement la glace (seulement si l'épaisseur de cette couche atmosphérique à température positive est importante).



VISIBILITÉ ET VISIBILITÉ DOMINANTE

Rappel de la définition de la visibilité en aéronautique :

« la visibilité pour l'exploitation aéronautique (VA) correspond à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- a) la plus grande distance à laquelle on peut voir et reconnaître un objet noir de dimensions appropriées situé près du sol lorsqu'il est observé sur un fond lumineux (Portée optique météorologique : POM) ;
- b) la plus grande distance à laquelle on peut voir et identifier des feux d'une intensité voisine de 1000 candelas lorsqu'ils sont observés sur un fond non éclairé (visi supérieure à POM de nuit ou par temps de brouillard par exemple)».

Définition de la Visibilité dominante.

La valeur de la visibilité, observée conformément à la définition de « visibilité », qui est **atteinte ou dépassée dans au moins la moitié du cercle d'horizon ou au moins la moitié de la surface de l'aérodrome.**

Ces zones peuvent comprendre des **secteurs contigus ou non contigus.**

Note – Cette valeur peut être évaluée par un observateur humain et/ou par des systèmes d'instruments. Lorsqu'ils sont installés, les systèmes d'instruments sont utilisés pour obtenir la meilleure estimation de la visibilité dominante.

VISIBILITÉ ET VISIBILITÉ DOMINANTE

En introduisant la notion de "**visibilité dominante**", l'**objectif recherché est de** diffuser une information plus représentative des conditions rencontrées sur un aérodrome et donc de faciliter l'efficacité des décisions prise par le pilote dans ces phases préoccupantes que sont le décollage et l'atterrissage.

En sus de la visibilité dominante (donc couvrant plus de la moitié du cercle d'observation), la **visibilité minimale** sera également **transmise** lorsqu'elle sera :

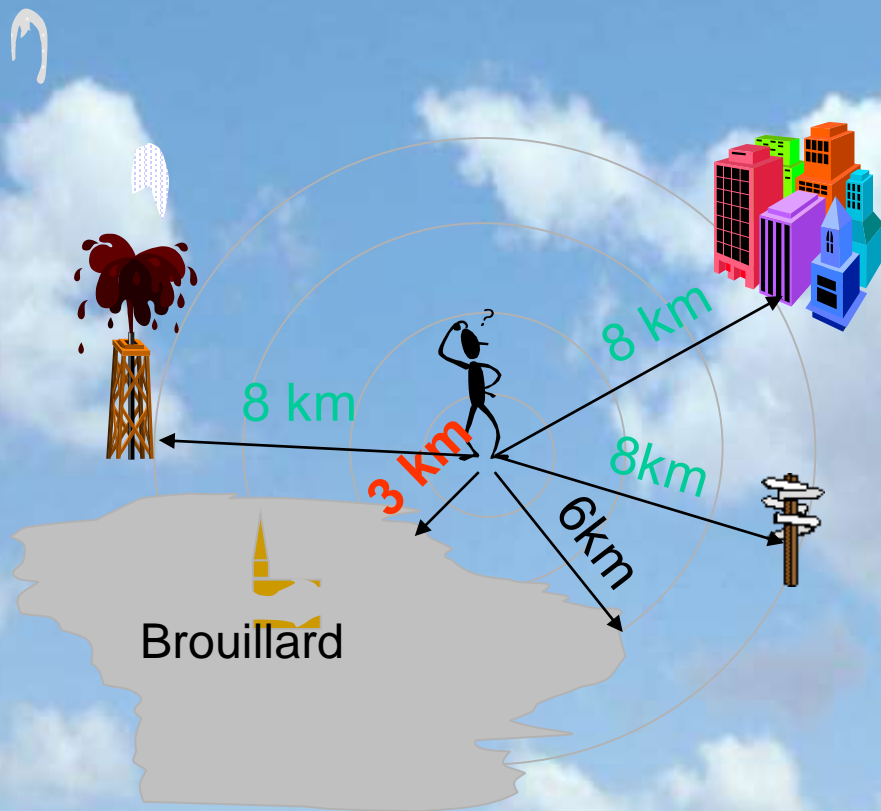
- **inférieure à 1500 m ou**
- **inférieure à 50% de la visibilité dominante mais inférieure à 5000 m.**

Cette **visibilité minimale** comportera l'**indication de sa direction** par rapport à l'observateur **et, si connu, le type d'altération (BcFg par exemple).**

Si l'abréviation CAVOK est utilisée (visibilité supérieure ou égale à 10 km), c'est que dans **plus de la moitié du cercle** d'observation la **visibilité** est **supérieure** à 10 km et que la **visibilité minimale** dans un secteur est **supérieure à 5 km.**

VISIBILITÉ AUX NORMES AÉRONAUTIQUES

Définition de la visibilité dominante



Visibilité dominante : valeur de la visibilité observée qui est atteinte ou dépassée

- dans au moins la moitié du cercle d'horizon
- ou au moins la moitié de la surface de l'aérodrome
ici, **8000**.

Visibilité minimale : indiquée si :

- ❖ inférieure à 1500 m ou
 - ❖ inférieure à 50% de la visibilité dominante (et < 5000 m).
- La visibilité minimale est indiquée avec sa direction.
ici, **3000SW** ou **0500SW**

VISIBILITÉ AUX NORMES AÉRONAUTIQUES

E
x
e
m
p
l
e
s

d
e

c
o
d
a
g
e

1) Visi dominante = 1800 m, visi mini = 1000 m dans l'est ;

Codage sur Métar et Spéci : 1800 1000E.

2) Visi dominante = 3500 m, visi mini = 1500 m dans le sud-ouest ;

Codage sur Métar et Spéci : 3500 1500SW.

3) Visi dominante = 3000 m, visi mini = 1500 m dans le nord ;

Codage sur Métar et Spéci : 3000.

(rapport des 2 visis pas inférieures à 2 donc pas d'indication)

4) Visi dominante = 9000 m, visi mini = 4000 m dans le sud-est ;

Codage sur Métar et Spéci : 9000 4000SW.

5) Visi dominante = 8000 m, visi mini = 4000 m dans l'ouest ;

Codage sur Métar et Spéci : 8000.

(rapport des 2 visis pas inférieures à 2 donc pas d'indication).

6) Visi dominante = 10 km, visi mini = 4900 m dans l'est ;

Codage sur Métar et Spéci : 9999 4900E.

7) Visi dominante = 10 km, visi mini = 5 km dans le sud ;

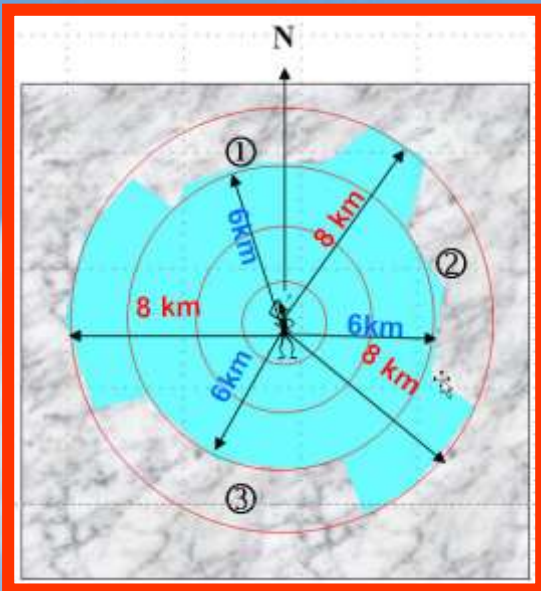
Codage sur Métar et Spéci : CAVOK.

8) Visi dominante = 10 km, visi mini = 6 km dans l'ouest ;

Codage sur Métar et Spéci : CAVOK.

VISIBILITÉ AUX NORMES AÉRONAUTIQUES

Exemples de codage



Secteur 1 : visi de 6 km sur 45° ,

Secteur 2 : visi de 6 km sur 60°

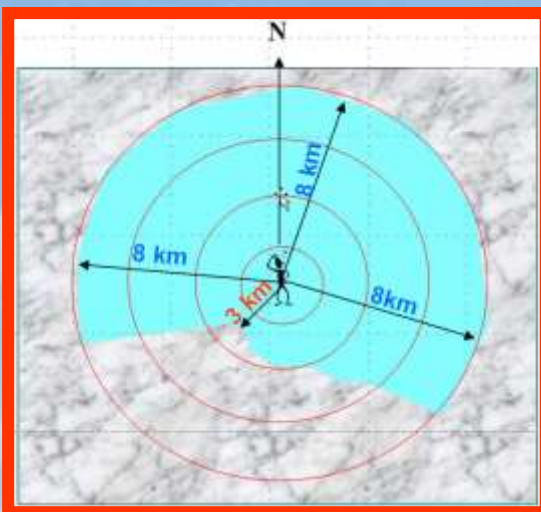
Secteur 3 : visi de 6 km sur 90 °

La visibilité est de

- 6 km sur plus de 180° en totalisant les 3 secteurs et
- 8 km au moins ailleurs ;

la visibilité dominante de 6 km sera donc transmise.

Codage de la visibilité : 6000



La visibilité est de 8 km sur largement plus de 180° ,
mais réduite à 3 km dans le SW du fait de la présence de
brume.

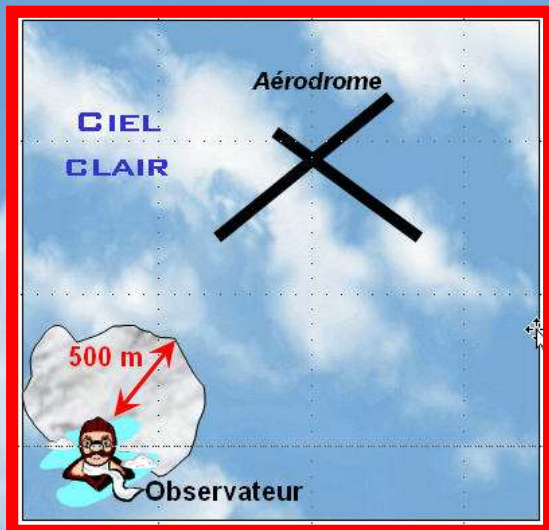
La visibilité dominante est donc de 8 km et la visibilité
minimale est de 3km.

La visibilité minimale étant inférieure de plus de 50% de la
visibilité dominante, elle est alors publiée.

Codage de la visibilité : 8000 3000SW BR

VISIBILITÉ AUX NORMES AÉRONAUTIQUES

Exemples de codage

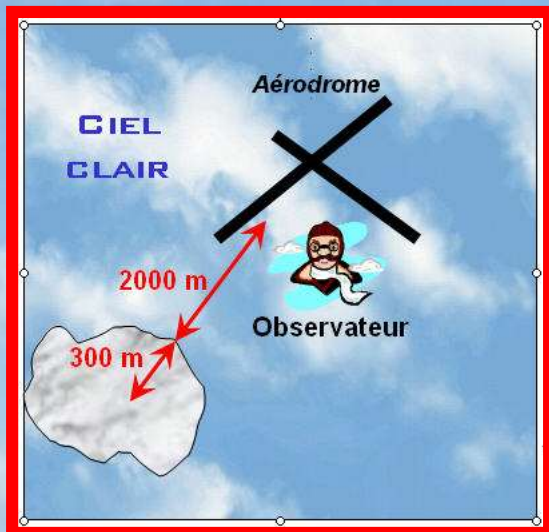


La visibilité est supérieure à 10 km sur l'ensemble du tour d'horizon à l'exception d'un banc de brouillard dans le SW de l'aérodrome
MAIS l'observateur est situé dans ce banc de brouillard dans lequel la visibilité est réduite à 500m.

Codage de la visibilité :

0500 BCFG (- de 50% de l'aérodrome dans le brouillard)
ou

0500 PRFG (+ de 50% de l'aérodrome dans le brouillard)



Même situation que ci-dessus mais cette fois l'observateur est en dehors de la zone touchée par le brouillard ; il observe le banc de brouillard à 2000m dans le SW de l'aérodrome.

La visibilité dominante est supérieure à 10 km et le banc de brouillard est signalé.

Codage de la visibilité :

9999 2000SW VCFG

PRÉCAUTIONS D'UTILISATION

Annexe 3 de l'OACI, §4.1.9 :

« En raison de la variabilité des éléments météorologiques dans l'espace et dans le temps, des limitations des techniques d'observation et de l'imprécision inévitable de certains éléments, le destinataire des renseignements devra admettre que la valeur précise de l'un quelconque des éléments indiquée dans un message d'observation est la meilleure approximation possible des conditions réelles existant au moment de l'observation. »

DERNIÈRE MODIFICATION DANS L'ÉDITION DES MESSAGES MÉTÉO

De nouvelles dispositions relatives aux messages de prévisions d'aérodrome (TAF) ont été mises en service depuis le 5 novembre 2008 :

- ❖ Il n'y a plus **qu'un seul type de TAF par aérodrome** : soit un TAF court, soit un TAF long mais pas les deux.

La période de validité des TAF longs peut atteindre 30 heures ;

- ❖ Par ailleurs, des changements dans le codage des messages TAF, et notamment dans le **codage des groupes horaires** qui intègrent désormais les jours associés sont intervenus.

VISIBILITÉ AUX NORMES AÉRONAUTIQUES

E TAF LUDO 311700Z 3118 / 0103 ...=

TAF court 9h 1803 établi le 31 à 17 UTC, valable du 31 à 18 UTC jusqu'au 1 à 03 UTC

TAF LUDO 052300Z 0600 / 0624 ...=

TAF long 24h 0024 établi le 5 à 23 UTC, valable le 6 de 00 à 24 UTC

TAF LUDO 152300Z 1600/1706 ...=

TAF long 30h 0006 établi le 15 à 23 UTC, valable du 16 à 00 UTC jusqu'au 17 à 06 UTC

TAF LUDO 251700Z 2518/2618 28008KT CAVOK BECMG 2600/2602 BKN030

PROB30 TEMPO 2603/2608 BKN010 ...=

TAF long 24h 1818 établi le 25 à 17 UTC, valable du 25 à 18UTC jusqu'au 26 à 18UTC.

Il est prévu un vent de surface de 280 degrés à 8 kt associé à des conditions CAVOK.

Un changement est prévu le 26 entre 00 et 02 UTC amenant un plafond nuageux

(5 et 7 octas) à 3000ft, avec probabilité modérée de voir ce plafond s'abaisser temporairement à 1000ft, le 26 entre 03 et 08 UTC...

TAF LUDO 301400Z 3015/3024 26015KT CAVOK FM301800 30015G25KT CAVOK

TAF court 1524 établi le 30 à 14 UTC, valable le 30 de 15 à 24 UTC. Il est prévu un vent de surface de 260 degrés à 15 kt, associé à des conditions CAVOK. Changement le 30, à partir de 18 UTC avec un vent de 300 degrés à 15 kt de vent accompagné de rafales à 25 kt.

**e
x
e
m
p
l
e
s
d
e
c
o
d
a
g
e**



**Merci
de votre attention**

