



MÉTÉOROLOGIE

Météorologie :

I. L'atmosphère

II. La température

III. Le vent

IV. L'humidité de l'air

V. Les masses d'air

VI. Les nuages

VII. Les perturbations et les fronts

VIII. Les phénomènes dangereux

IX. L'information météo pour l'aéronautique

I L'atmosphère

Composition de l'atmosphère :

- 78 % de diazote (N_2)
- 21% de dioxygène (O_2)
- 1 % de gaz divers (Ar, CO_2 , ...)

De 0 à 400 km d'altitude mais phénomènes météo dans la couche basse = TROPOSPHERE :

- entre 0 et 7 km (aux pôles)
- entre 0 et 15km (à l'équateur)
- entre 0 et 11km (à notre latitude)

I L'atmosphère

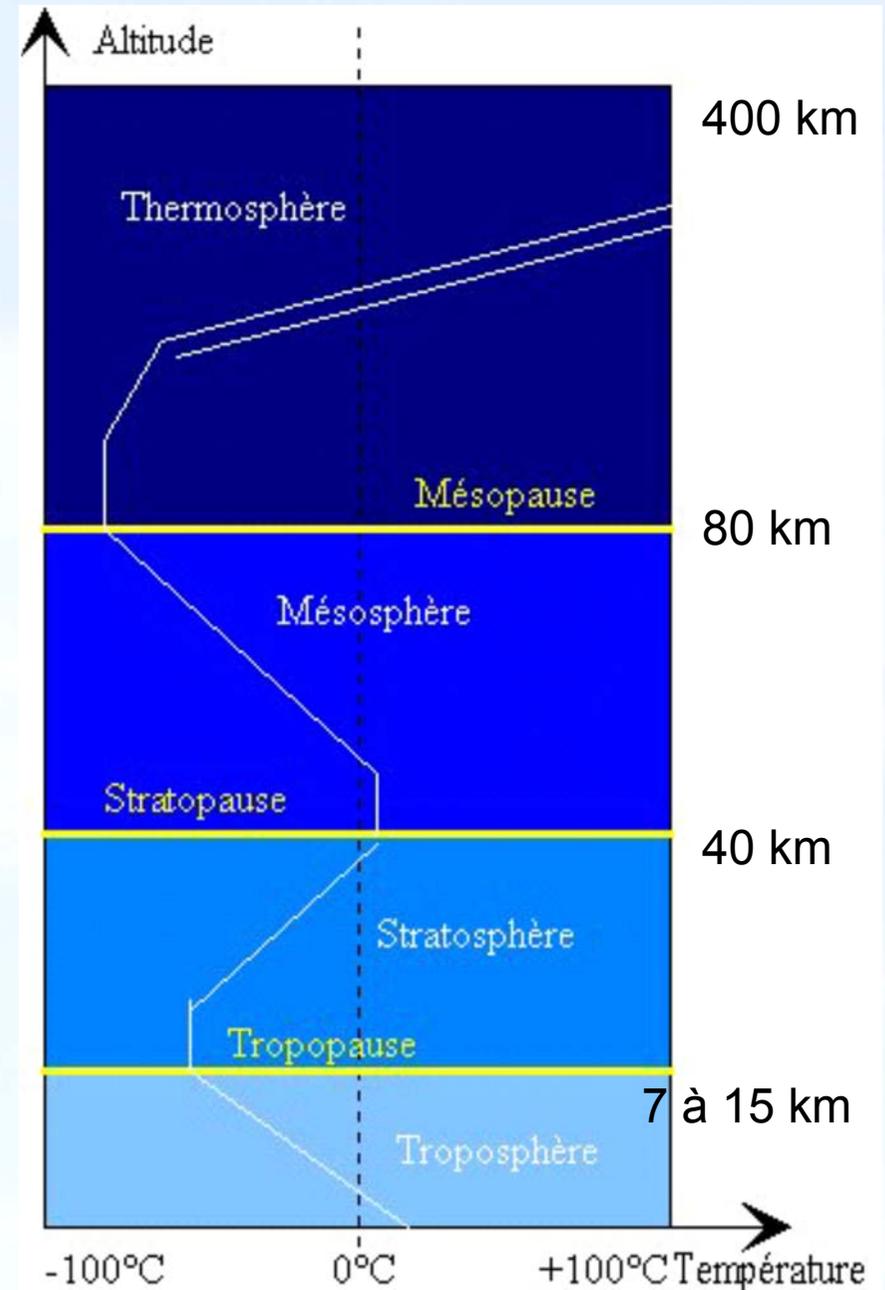
4 couches :

- Troposphère
- Stratosphère
- Mésosphère
- Thermosphère

3 surfaces de séparation :

- Tropopause
- Stratopause
- Mésopause

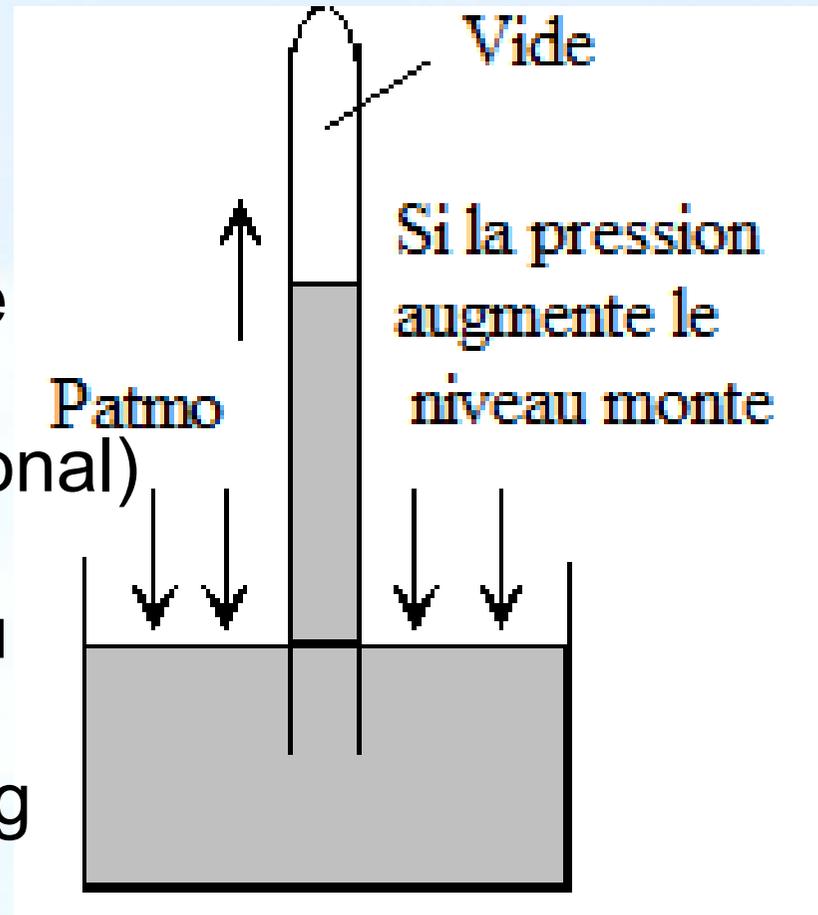
Une évolution de température différente selon les couches
(-100°C à +500°C)



I L'atmosphère

Pression atmosphérique :

- due aux chocs des molécules d'air sur les obstacles
- équivalente au poids de la colonne d'air à la verticale du lieu
- mesurée en Pa (système international) souvent donnée en hPa = 100Pa
- se donne aussi en bar (=10⁵Pa) ou mbar (1hPa=100Pa)
- elle peut aussi se donner en mmHg ou InHg :



En moyenne à 0 m : $P_{atm} = 1013 \text{ hPa} = 1013 \text{ mbar} = 760 \text{ mmHg} = 29,92 \text{ InHg}$

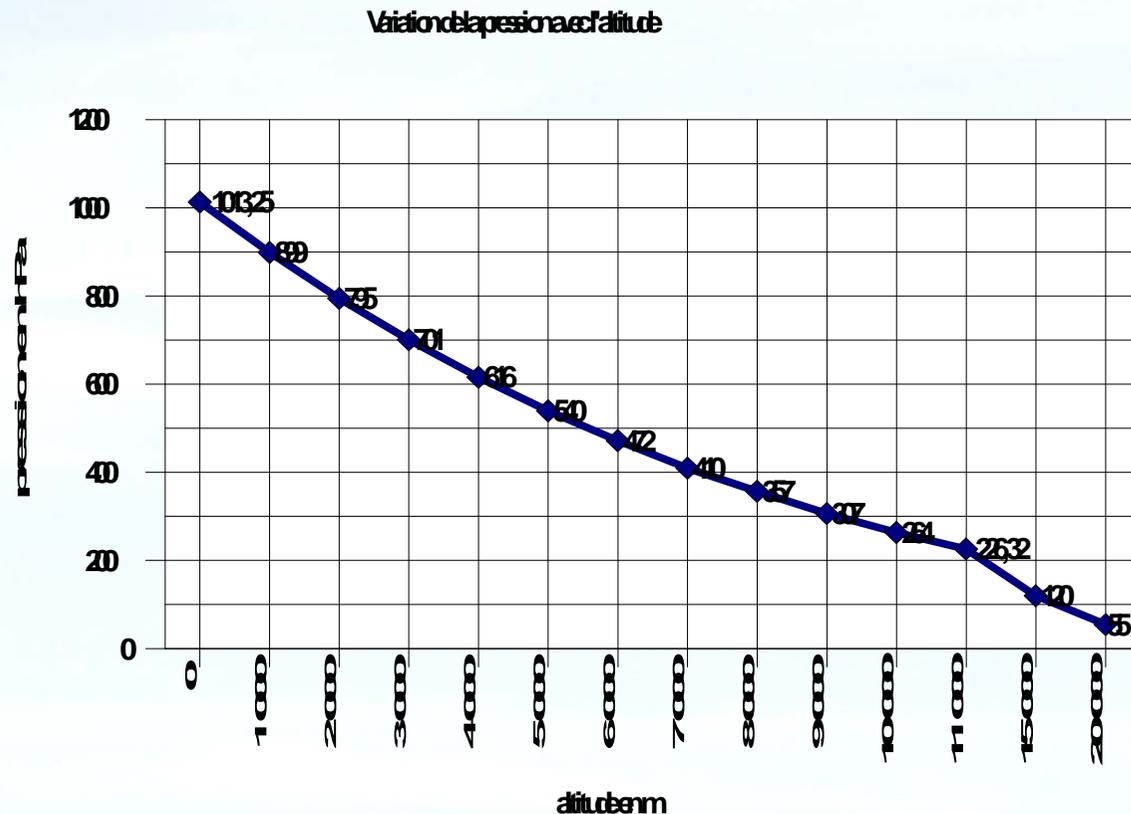
1 hPa = 1 mbar = 100 Pa et 1 In = 25,4mm

L'atmosphère

La pression diminue lorsque l'altitude augmente.

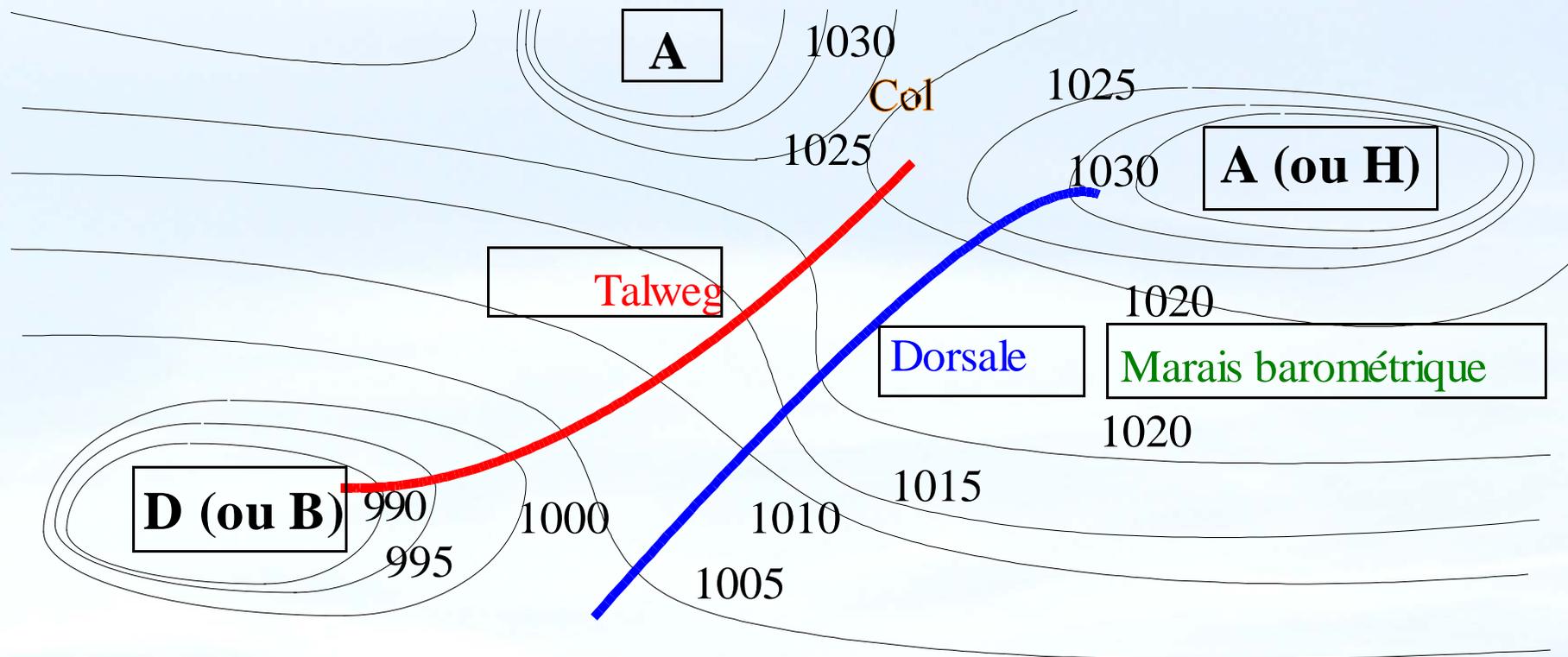
Pour que la pression diminue de 1hPa, il faut monter de :

- 8,5 m (=28 ft) au niveau de la mer
- 30 m (=100 ft) à 3000 m (10000 ft)



Altitude en mètres	Température en °Celsius	Pression en hPa
(m)	(°C)	(hPa)
0	15,0	1 013,25
1 000	8,5	899
2 000	2,0	795
3 000	-4,5	701
4 000	-11,0	616
5 000	-17,5	540
6 000	-24,0	472
7 000	-30,5	410
8 000	-37,0	357
9 000	-43,5	307
10 000	-50,0	264
11 000	-56,5	226,32
15 000	-56,5	120
20 000	-56,5	55

I L'atmosphère



Variations de la pression à altitude constante :

- **A ou H (high pressure) = anticyclone** : vent faible, ciel dégagé, beau temps.

- **D ou L (Low pressure) = dépression** : vent plutôt fort, ciel couvert, précipitations fréquentes.

I L'atmosphère

- **Col** : zone située entre 2 anticyclones (basse pression locale) ; vent calme et temps variable.
- **Marais barométrique** : vaste zone de pression homogène ; vents faibles de direction variable et mauvais temps stagnant.
- **Dorsale** : avancée de hautes pressions dans une zone de basse pression ; temps généralement beau.
- **Talweg (ou thalweg)** : avancée des basses pressions dans une zone de hautes pressions ; vents forts et mauvais temps.

I L'atmosphère

Caractéristiques de l'atmosphère standard O.A.C.I. :

- au niveau de la mer $T = +15^{\circ}\text{C}$ et $P_{\text{atm}} = 1013,25 \text{ hPa}$

- gradient vertical température : $-6,5^{\circ}\text{C} / 1000 \text{ m}$

jusqu'à 11000 m, nul entre 11000 et 20000 m puis $+10^{\circ}\text{C}$

/ 1000 m jusqu'à 32000 m

- la tropopause se situe à 11000 m

- l'air est sec et de composition constante

- l'accélération de la pesanteur est $g = 9,80665 \text{ m.s}^{-2}$

Ce modèle sert à l'étalonnage des altimètres et variomètres.

II La température

Axe de rotation incliné de $23,5^\circ$
plan de l'écliptique et orientation fixe
=> Variations saisonnières :

- Hiver :

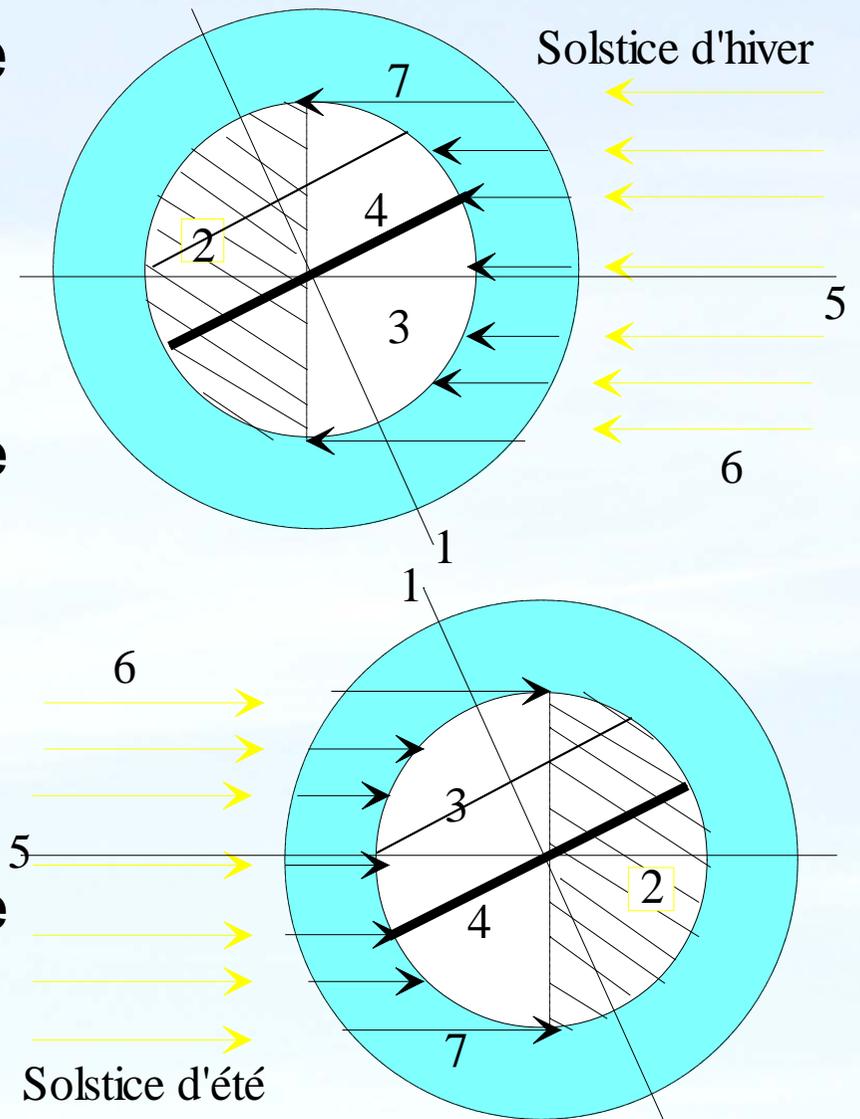
- durée du jour plus faible
- soleil bas sur l'horizon (=> grande épaisseur d'atmosphère

=> peu d'énergie : basses températures

- Été :

- durée du jour plus grande
- soleil haut sur l'horizon (=> faible épaisseur d'atmosphère

=> plus d'énergie : hautes températures



Variations inversées entre les 2
hémisphères.

II La température

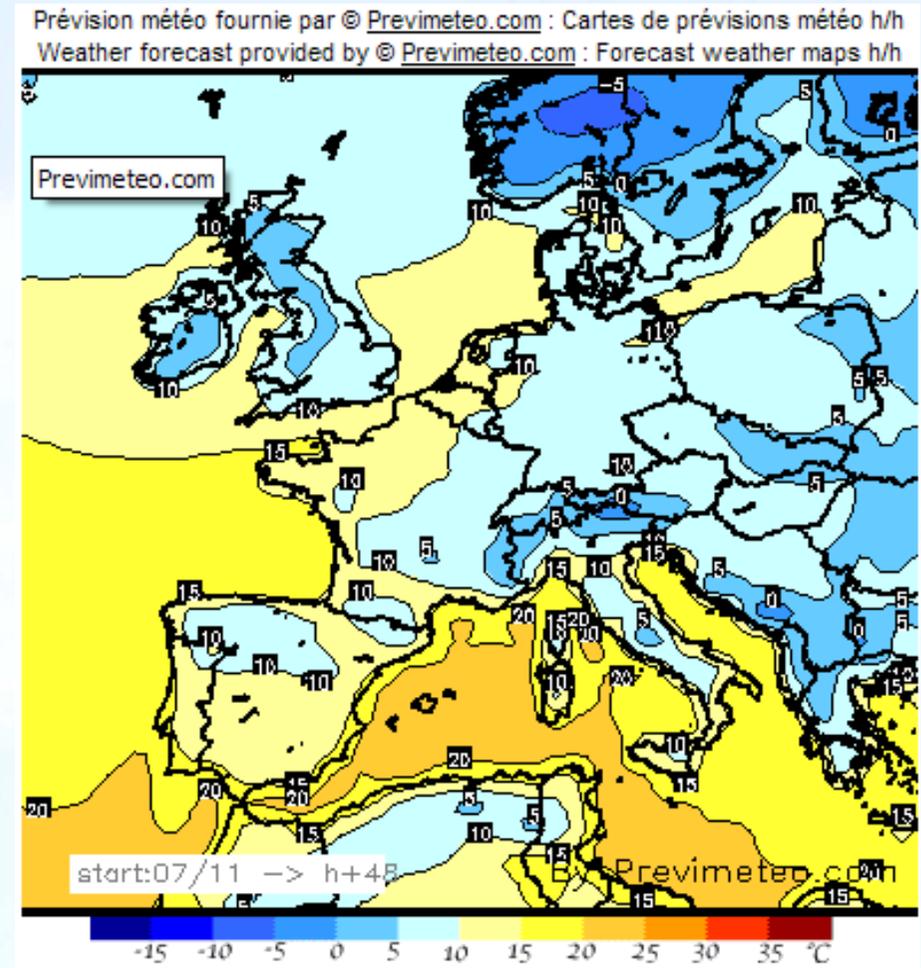
Variations locales :

- nature du sol (absorption et réflexion différentes)
- nébulosité (couverture nuageuse plus ou moins épaisse)
- mouvements des masses d'air

Variations dans la journée :

Un jour ensoleillé, sans vent et après une nuit dégagée

- la température est minimale 20' après le lever du soleil
- la température est maximale en milieu d'après midi

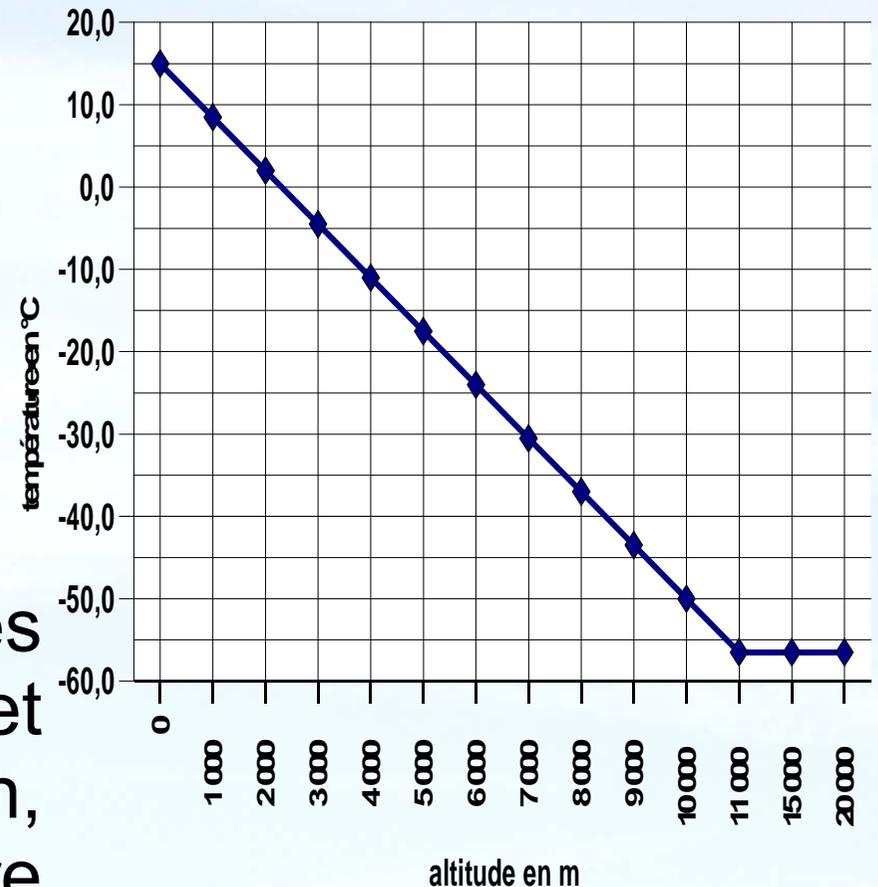


II La température

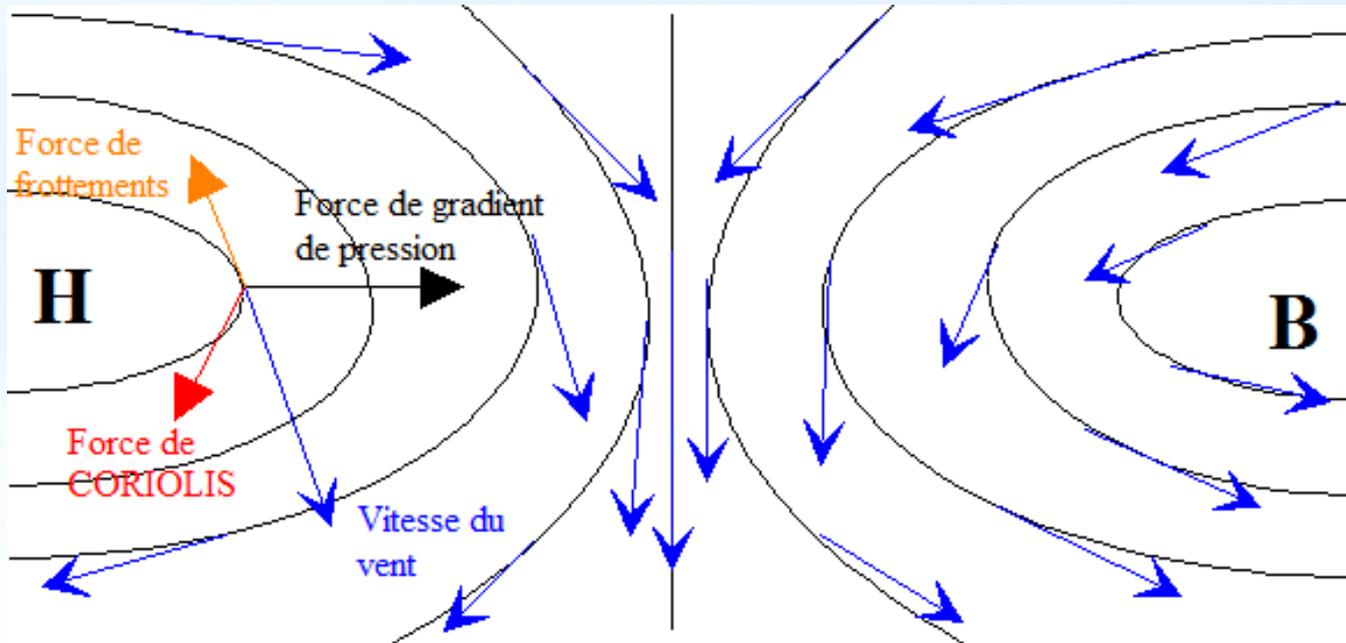
Variations avec l'altitude :

- T diminue quand z augmente.
- Selon l'humidité de l'air :
 - en air sec : $-10^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$
 - en air saturé : $-0,6^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$
 - en atmosphère standard $-0,65^{\circ}\text{C}/1000\text{m} = -2^{\circ}\text{C}/1000\text{ft}$
- Il est possible que des couches d'air différentes se superposent et fassent apparaître une stagnation, voire une inversion de température (augmentation avec l'altitude).

Variation de la température avec l'altitude



III Le vent



Vent = déplacement d'air horizontal dû à une différence de pression entre différents points. L'air en déplacement subit 3 forces :

- gradient de pression (hautes vers basses pressions)
- Coriolis (déviation vers la droite dans l'hémisphère nord)
- frottements (opposés à la vitesse)

=> **vent tangent aux lignes isobares**

Dans l'hémisphère nord il tourne dans le sens horaire (sens des aiguilles d'une montre) autour des anticyclones et dans le sens anti-horaire autour des dépressions.

Dans l'hémisphère sud c'est le contraire.

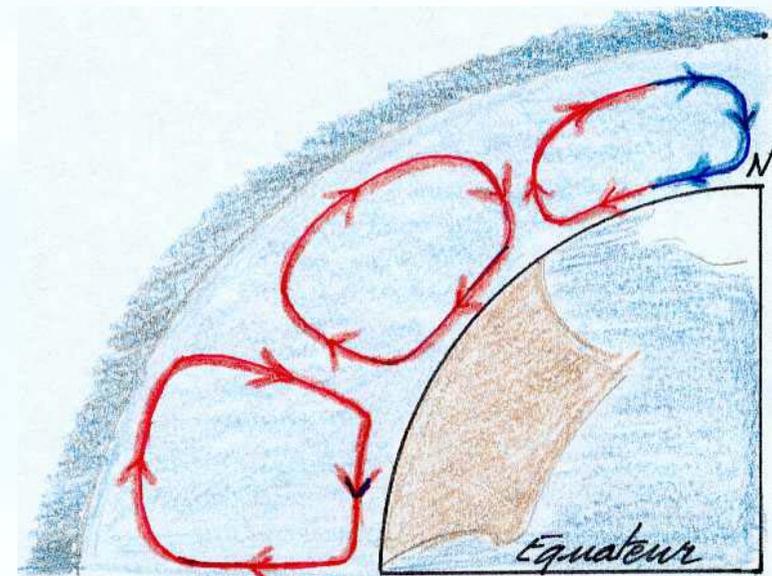
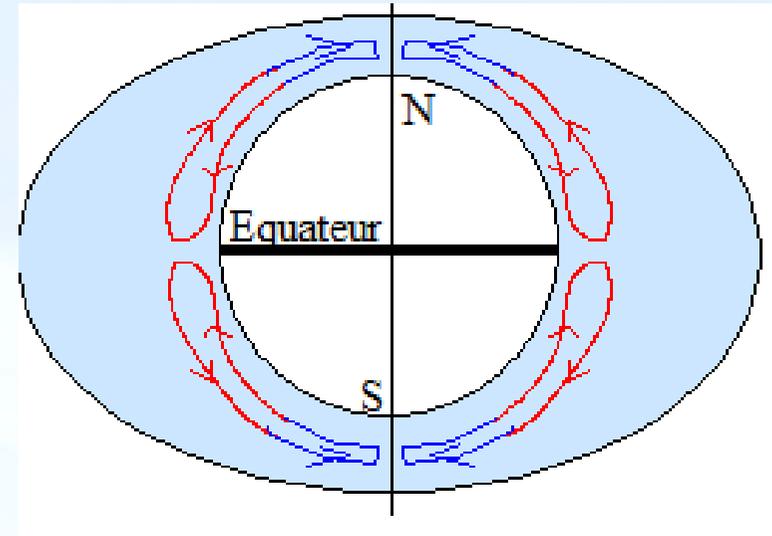
III Le vent

Circulation atmosphérique générale :

- L'air froid des pôles descend en latitude (+ dense) et se réchauffe.
- Il remonte vers l'équateur => cellule convective.

En pratique réchauffement plus rapide => 3 cellules convectives entre l'équateur et le pôle.
= cellules de HADLEY

Cela permet d'en déduire les vents dominants selon la latitude (en tenant compte de Coriolis) et les zones d'anticyclones et de dépressions.



III Le vent

- Pôles : vents dominants de l'Est
- Zones tempérées : vents dominants d'Ouest
- Zone équatoriale : alizés de l'Est

- Pôles : sous influence de hautes pressions
- 30° de latitude : ceinture de dépressions
- 60° de latitude : ceinture d'anticyclones

Jet stream : Important vent d'altitude

- souffle d'Ouest en Est
- bande de quelques 100aines de km de largeur
- altitude d'environ 10 000 m.
- vitesse fréquemment 200 à 300 km/h.

III Le vent

Vents de vallée à grande échelle :

- Mistral :

- Nord-Sud
- Vallée du Rhône
- fort et turbulent

- Tramontane :

- Ouest-Est
- entre Pyrénées et massif

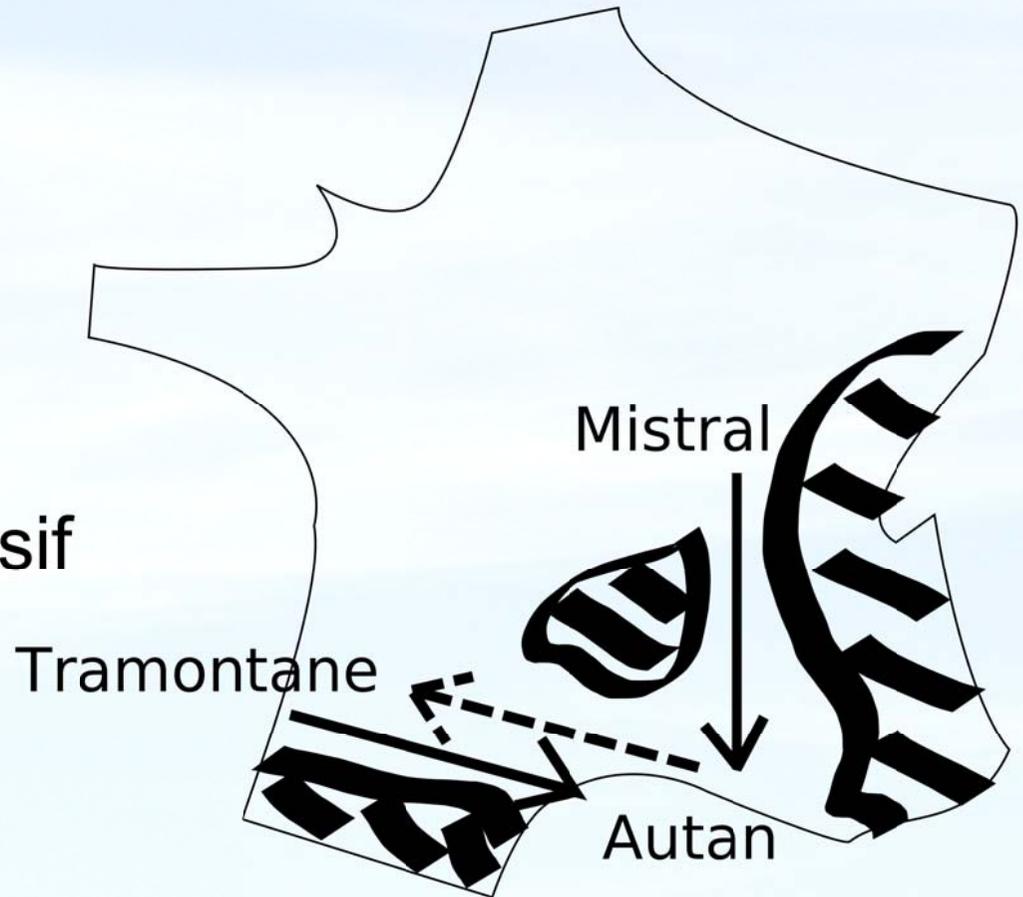
central

- vent d'Autan :

- Est-Ouest
- entre Pyrénées et massif

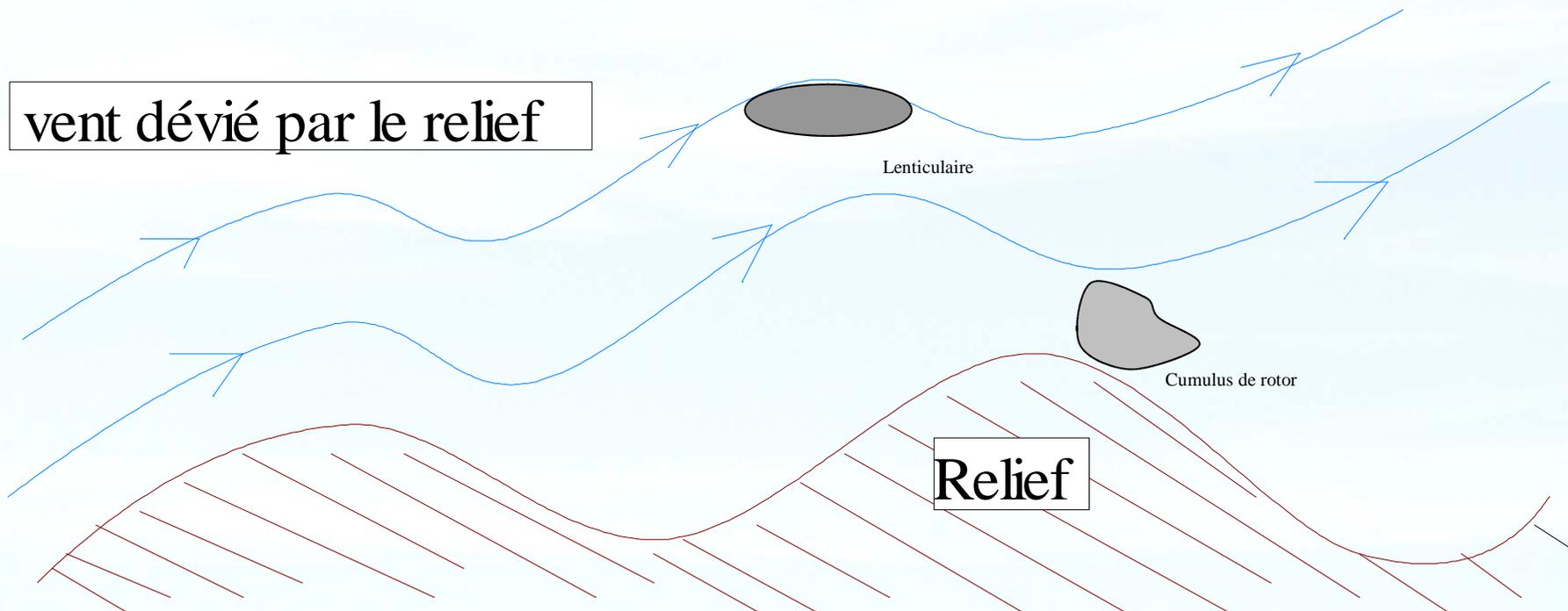
central

- chaud (vent des fous)



III Le vent

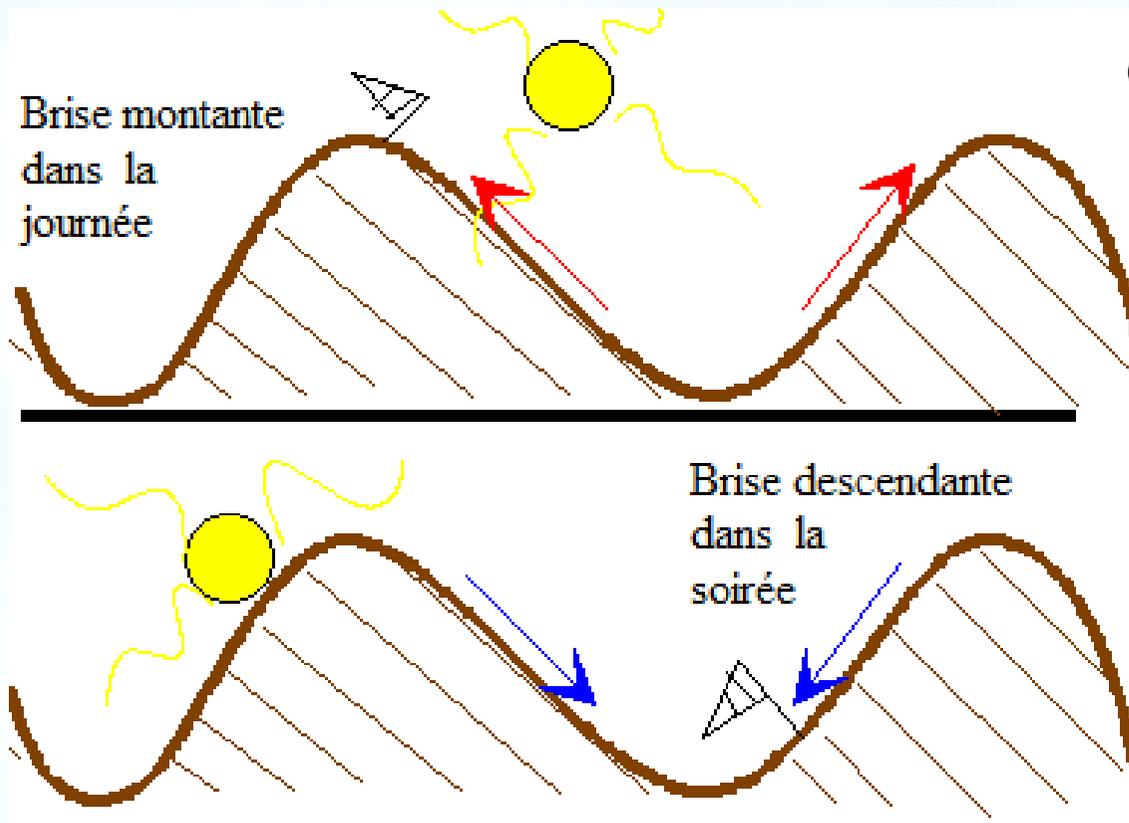
- Vent MTO fort et laminaire \perp reliefs \parallel entre eux \Rightarrow onde.
- Successions de zones ascendantes et descendantes à forte vitesse verticale.
- Matérialisée par des lenticulaires au sommet de l'onde et des cumulus de rotor sous le vent du relief.
- Fortes turbulences à la naissance de l'onde sur le premier relief et sous le vent des reliefs (très dangereux).



III Le vent

Brise de pente :

- Soleil => $\uparrow T$ => l'air monte le long des pentes.
- Apparaît en milieu de matinée et se renforce jusqu'en milieu d'après-midi.
- Apparaît plus vite sur les faces à l'Est.

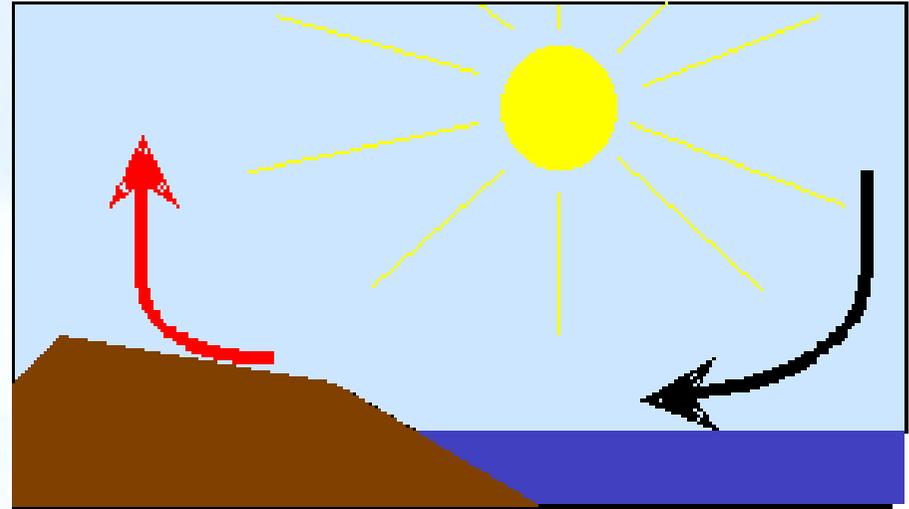


- Fin d'après-midi, le soleil diminue => refroidissement
- La brise s'inverse.

III Le vent

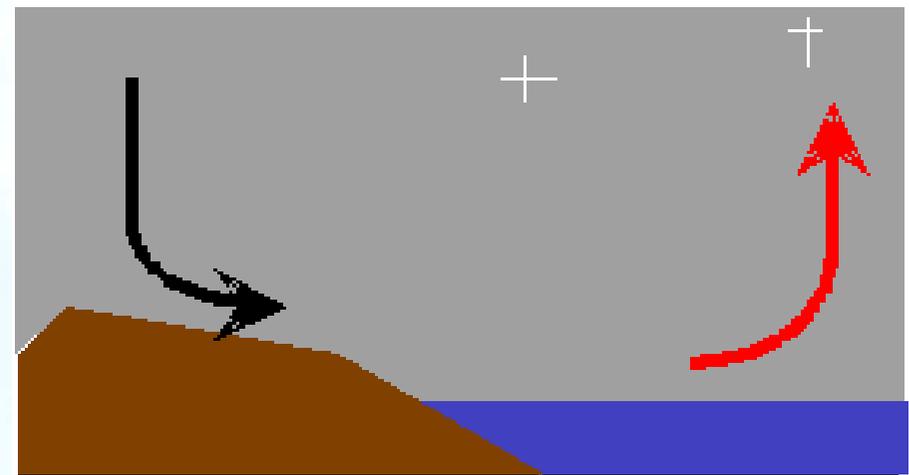
Brise de mer :

- le soleil chauffe plus vite le sol que la mer
- l'air monte au dessus du sol => appel d'air.
- => brise de la mer vers la terre.
- s'installe en milieu de matinée jusqu'en fin d'après-midi.



Brise de terre :

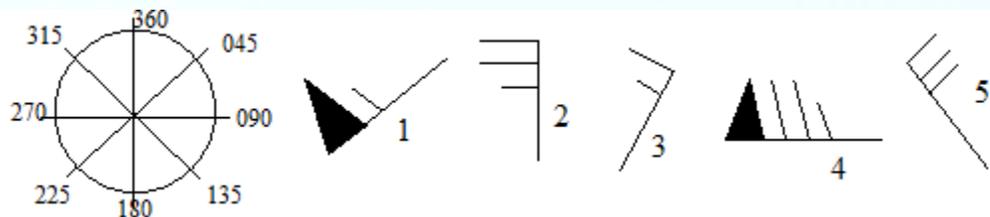
- le soir le sol se refroidit plus vite que la mer.
- Les mouvements de convection s'inversent => brise de terre



III Le vent

Connaissance du vent :

- Le vent est mesuré par les services météorologiques afin d'informer les équipages :
 - au sol sur tous les terrains contrôlés
 - en altitude à l'aide de ballons sondes
 - il est calculé là où il n'est pas mesuré
- Il est diffusé à l'aide bulletins d'informations et de cartes établies à différentes altitudes.
- L'information sur les cartes est codée à l'aide de vecteurs:
 - trait = 10kts ($\frac{1}{2}$ trait = 5kts)
 - triangle = 50 kts

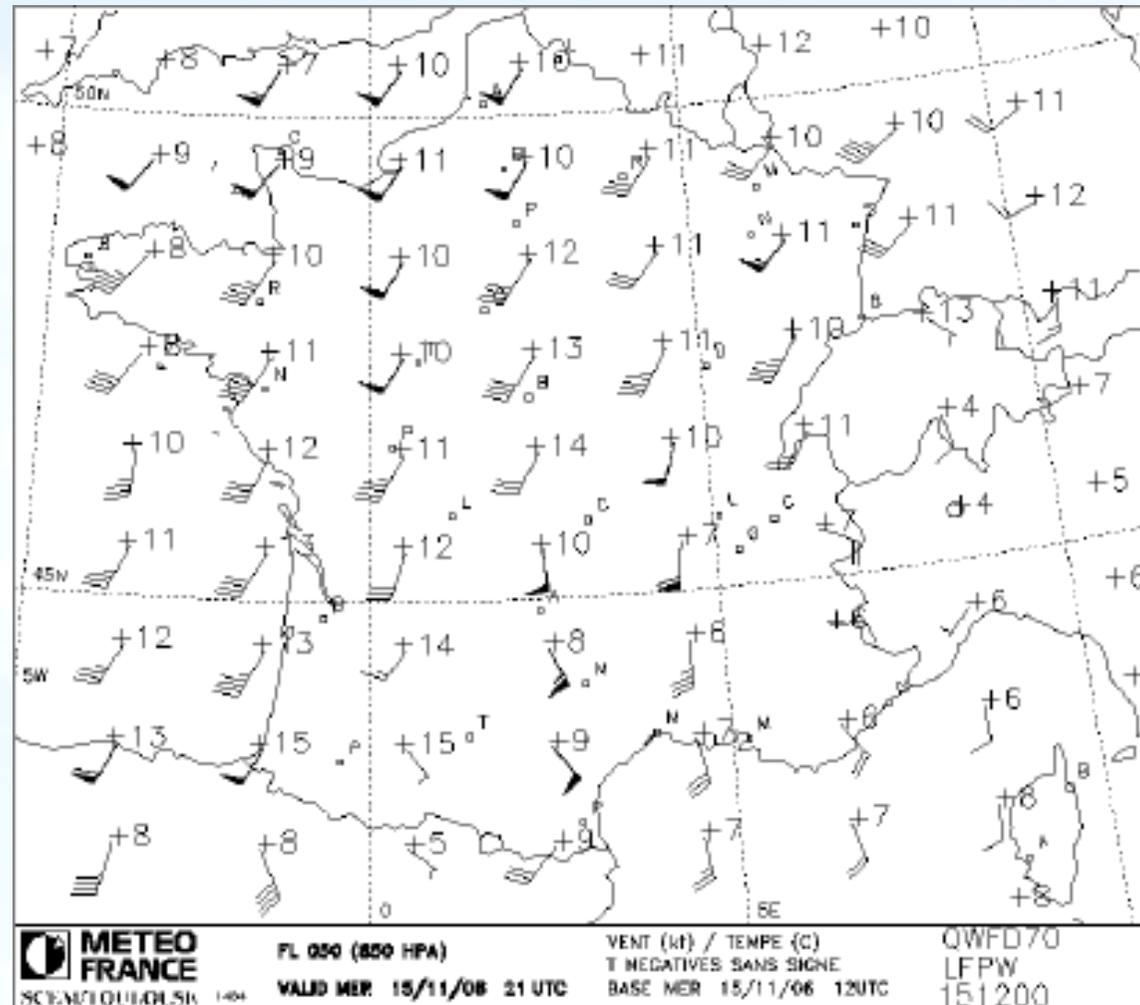


III Le vent

Les cartes de vents (WINTEM) sont établies aux niveaux :

- 50
- 100
- 180
- 300...

Elles donnent également
La température au sol.



IV L'humidité de l'air

- Atmosphère = air humide
= air sec ($N_2 + O_2$) + vapeur d'eau H_2O)
- + T ↑, + quantité H_2O dissoute peut être importante.
- **Humidité Relative** :
$$HR = \frac{m(H_2O)_{dissoute}}{m(H_2O)_{soluble}}$$
 - se donne en % (0% = air sec et 100% = air saturé)
 - HR = 100% => nuages et précipitations possibles
 - Se mesure avec un hygromètre ou un psychromètre

IV L'humidité de l'air

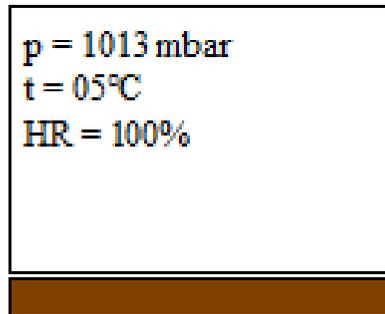
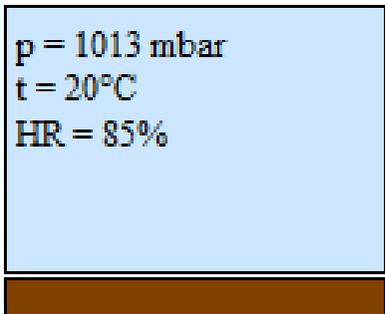
Pour même masse H_2O dissoute, $HR \uparrow$ si $T \downarrow$

Saturation de l'air humide :

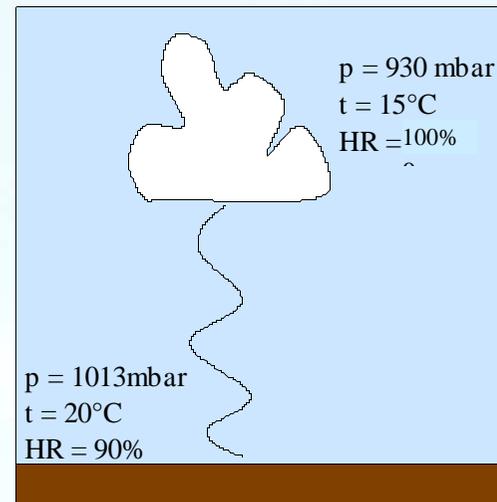
- \uparrow masse H_2O dissoute
- $\downarrow T \Rightarrow \uparrow HR$

2 cas possible pour la 2ème option :

$T \downarrow$ à p cste
= Point de rosée
(Dew point)



$T \downarrow$ et $p \downarrow$ (détente adiabatique)
= point de condensation



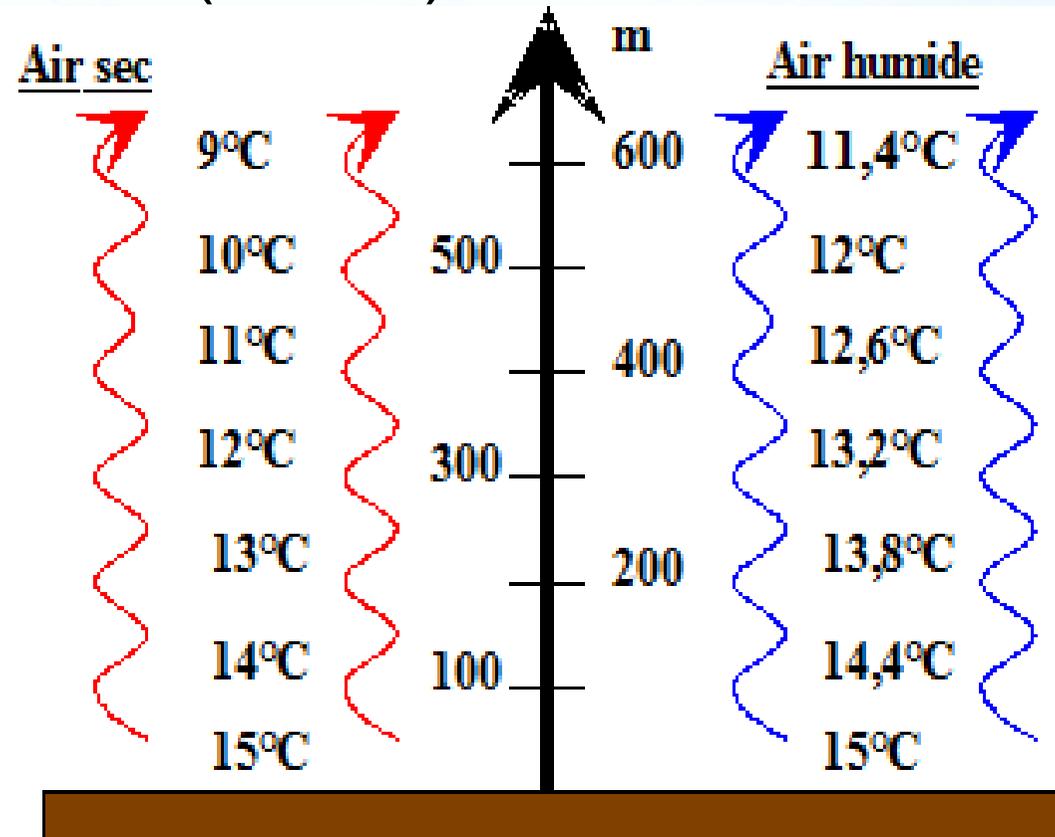
IV L'humidité de l'air

- **Gradient adiabatique** = refroidissement par détente lors de l'élévation d'une masse d'air

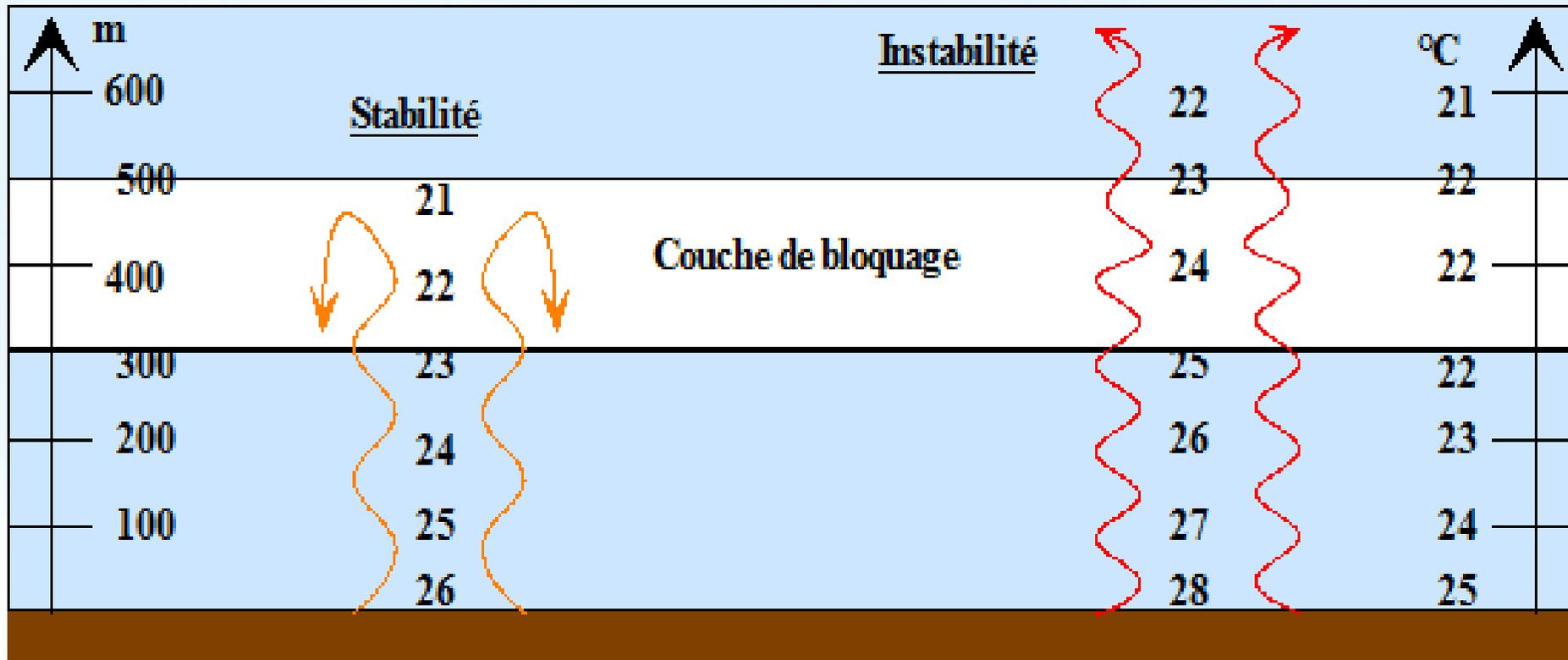
- Air sec : $1^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$
- Air humide : $0,6^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ (saturé)

- Si au cours de l'élévation, on atteint le point de condensation \rightarrow il se forme un nuage et l'air est saturé

- HR reste à 100%
- Le gradient passe de 1°C à $0,6^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$



IV L'humidité de l'air



Stabilité de l'atmosphère :

- air chaud ($T > T$ ambiante) \Rightarrow monte (convection)
- détente adiabatique $\Rightarrow T \downarrow$ gradient air sec
- tant que $T > T$ ambiante l'air continue de monter
- si couche isotherme ou inversion et $T = T$ ambiante \Rightarrow la convection stoppe.

L'atmosphère est stable.

IV L'humidité de l'air

Instabilité de l'atmosphère :

- air très chaud ($T \gg T_{\text{ambiante}}$) \Rightarrow monte (convection)
- détente adiabatique $\Rightarrow T \downarrow$ gradient air sec
- tant que $T > T_{\text{ambiante}}$ l'air continue de monter
- si couche isotherme ou inversion et $T = T_{\text{ambiante}} \Rightarrow$ la différence de température diminue.
- si T reste $> T_{\text{ambiante}}$, la convection continue.

L'atmosphère est instable.

Arrivé au point de condensation, le gradient passe au gradient en air humide et l'air continue de monter car il se refroidit moins vite que l'air ambiant.

L'instabilité peut être **absolue** (\Rightarrow développement forte nébulosité : cumulus et cumulonimbus) ou **sélective** (cumulus épars selon la nature du sol).

V Les masses d'air

- **Masse d'air = volume important d'air de la troposphère dont la température et l'humidité sont uniformes dans un plan horizontal.**
- Classées selon :
 - leur humidité (maritimes = humides ; continentales = sèches)
 - leur température (polaires, artiques ou tropicales)
- 6 types en tout dont les caractéristiques principales sont données dans le tableau suivant.

V Les masses d'air

Type de masse d'air	Caractéristiques	Saison
continentale Polaire cP	Air sec et stable	Été : au fur et à mesure de son déplacement cette masse d'air s'humidifie au contact des sols survolés et devient instable. Des orages peuvent s'y développer. Hiver : l'air reste très froid et très sec. La visibilité est excellente et il n'y a pas de précipitations.
continentale Arctique cA	Air très froid et très sec	Été : elles ne se développent pas en été Hiver : l'air reste très froid et très sec.
continentale Tropicale cT	Air chaud, sec et instable (mais peu de formations nuageuses)	Été : l'air est chaud et sec. Il n'y a pas de précipitations mais la visibilité n'excède pas 7 à 8 Km. Hiver : mêmes caractéristiques.
maritime Polaire mP	Air initialement froid se réchauffant et s'humidifiant au cours de sa descente vers le sud. Instable et nuageux apportant une pluie froide.	Été : Le temps est pluvieux, des orages et des averses peuvent s'y développer. Hors précipitations la visibilité est bonne. Hiver : Le temps est froid et des averses de neige y sont fréquentes. Hors précipitations la visibilité est bonne.
maritime Arctique mA	Air froid se réchauffant et s'humidifiant beaucoup au cours de son déplacement. Apporte humidité et instabilité.	Été : temps froid avec de nombreuses averses. Grande instabilité et beaucoup de nuages instables dans la journée. Hiver : temps très froid avec de nombreuses averses de neige. Présence de nombreux nuages bas.
maritime Tropicale mT	Air très chaud et très humide. Il apporte de nombreuses précipitations (orages et averse), du brouillard ou de la brume sèche.	Été : Le temps est chaud et humide : très pluvieux. La visibilité est médiocre. Hiver : Le temps est chaud et humide. Il se forme des brouillards et des nuages bas. La visibilité est médiocre.

VI Les nuages

- **Nuage** = ensemble de gouttelettes d'eau (liquide) ou de cristaux de glaces (solides) en suspension dans l'air.
- Condensation de la vapeur d'eau suite à une détente adiabatique ou un abaissement de température à T cste.
- Leur aspect dépend de :
 - la nature de leurs constituants
 - l'éclairage
 - la stabilité de l'atmosphère
- La couverture nuageuse est évalué en octats (1/8ème) :
 - 1 à 4/8 = épars (scattered)
 - 5 à 7/8 = couvert (broken)
 - 8/8 = bouché (overcast)

VI Les nuages

Nuages et précipitations :

- Seuls les nuages instables donnent des précipitations.
- Apport de vapeur d'eau => condensation => ↑ taille des météores => chute
- **Pendant qu'il produit de la pluie ou de la neige le nuage ne se vide pas (sauf les cumulonimbus).**
- Selon les nuages et les périodes de l'année, les précipitations peuvent être de différentes natures :
 - bruine (**stratus**)
 - pluie ou neige continue (**nimbostratus**)
 - averses pluie ou neige (**gros cumulus et cumulonimbus**)

VI Les nuages

Classification des nuages :

- 10 genres répartis en 3 étages

Étage	Genre de nuages	Constitution
Inférieur Sol à 2000 m	Stratus Stratocumulus Cumulus	Gouttelettes d'eau
Moyen 2000 à 6000 m	Altostratus Alto cumulus	Gouttelettes d'eau ou cristaux de glace selon la température
Supérieur + de 6000 m	Cirrus Cirrostratus Cirrocumulus	Cristaux de glace
Sur plusieurs étages	Cumulonimbus Nimbostratus	Gouttelettes d'eau ou cristaux de glace selon la température et l'altitude

VI Les nuages

Cumulus :

- Bourgeonnant et blanc
- Base plate +/- sombre selon développement vertical
- Isolés ou en banc
- Signe d'ascendance
- Base étage inférieur
- Sommet variable



VI Les nuages

Cumulonimbus :

- Grandes dimensions verticales et horizontales
- Base très sombre
- Orage (foudre, pluie, grêle...)
- Se vide quand il « craque »
- Vents violents
- Très dangereux



VI Les nuages

Nimbostratus :

- Très grandes dimensions (bouche l'horizon)
- Cœur des perturbations
- Base étage inférieur
- Cœur étage moyen
- Pluies ou neige abondante et continue

VI Les nuages

Stratus :

- Évolution d'un brouillard sous l'effet du soleil
- Dangereux par la faible hauteur de leur base
- Faible développement vertical
- Nuages bas en banc



VI Les nuages

Stratocumulus :

- Banc gris bourgeonnants
- Soudés entre eux



(c) Frédéric WILLOT

VI Les nuages

Altostratus :

- Couche grise plus ou moins épaisse
- Soleil apparent ou pas selon épaisseur



VI Les nuages

Alto cumulus :

- Banc ou nappe bourgeonnante et plus ou moins soudée



(c) Frédéric WILLOT

VI Les nuages

Cirrus :

- Nuages très élevés constitués de glace
- Aspect de cheveux fins



(c) Frédéric WILLOT

VI Les nuages

Cirrostratus :

- Similaires aux cirrus mais en voiles étendus
- Couleur blanchâtre
- Soleil entouré d'un halo



(c) Frédéric WILLOT

VI Les nuages

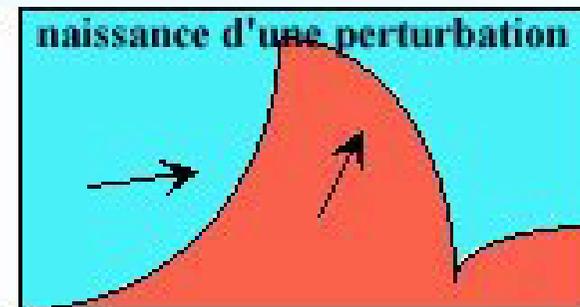
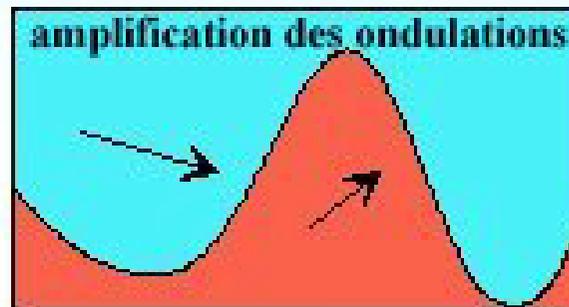
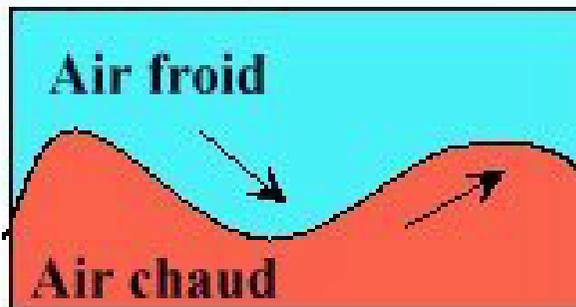
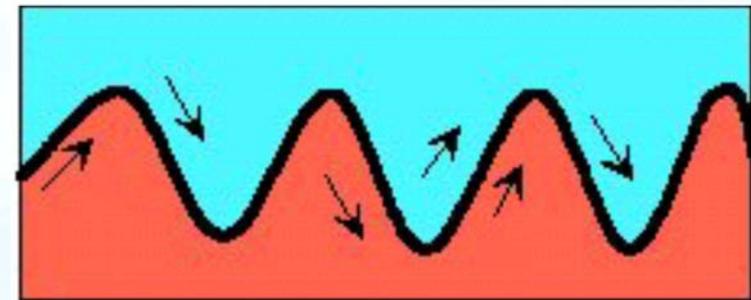
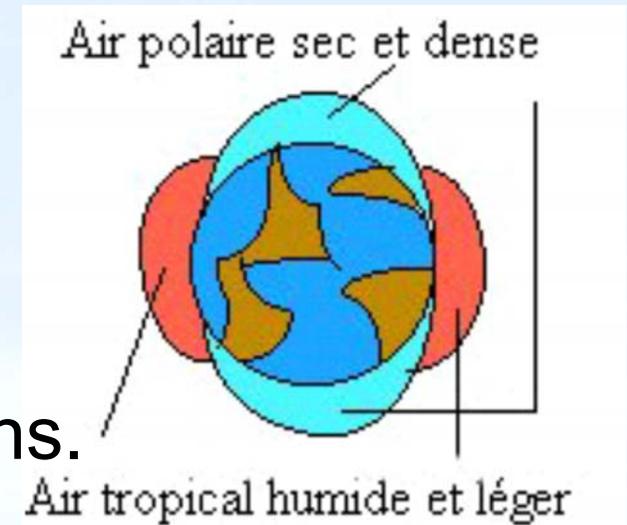
Cirrocumulus :

- Nappe peu épaisse
- Éléments bourgeonnants soudés ou non



VII Les perturbations et les fronts

- Perturbation = avancée d'air tropical dans l'air polaire.
- Zone contact = latitudes moyennes ; frottements entre les masses => oscillations.
- Si frottements importants => avancée d'air tropical dans l'air polaire.



VII Les perturbations et les fronts

- La perturbation est limitée par 2 fronts :

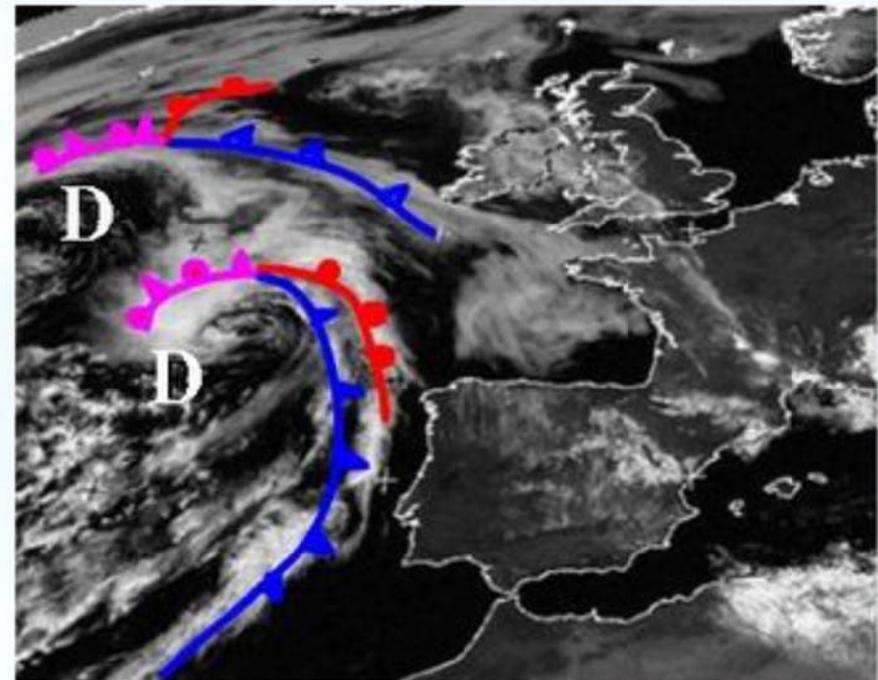
- front chaud en avant :



- front froid en arrière :



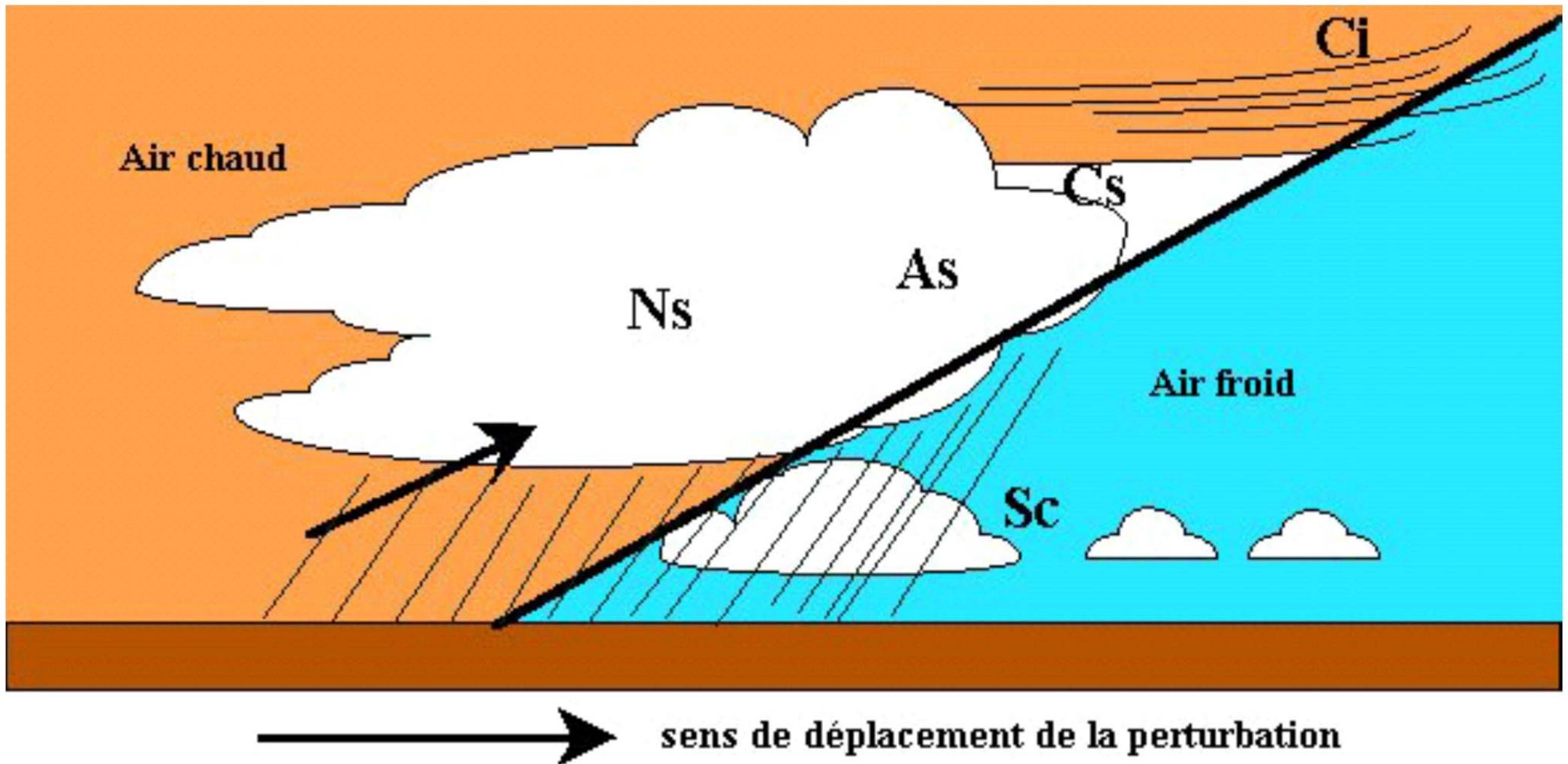
- Si les deux fronts se rejoignent, il y a une occlusion. C'est le début de la désagrégation de la perturbation. Le temps est alors perturbé pour une durée plus longue que par le passage d'un front.



- Derrière le front froid, il y a une traîne (zone de nuages bas : cumulus et stratocumulus).

VII Les perturbations et les fronts

Front chaud :



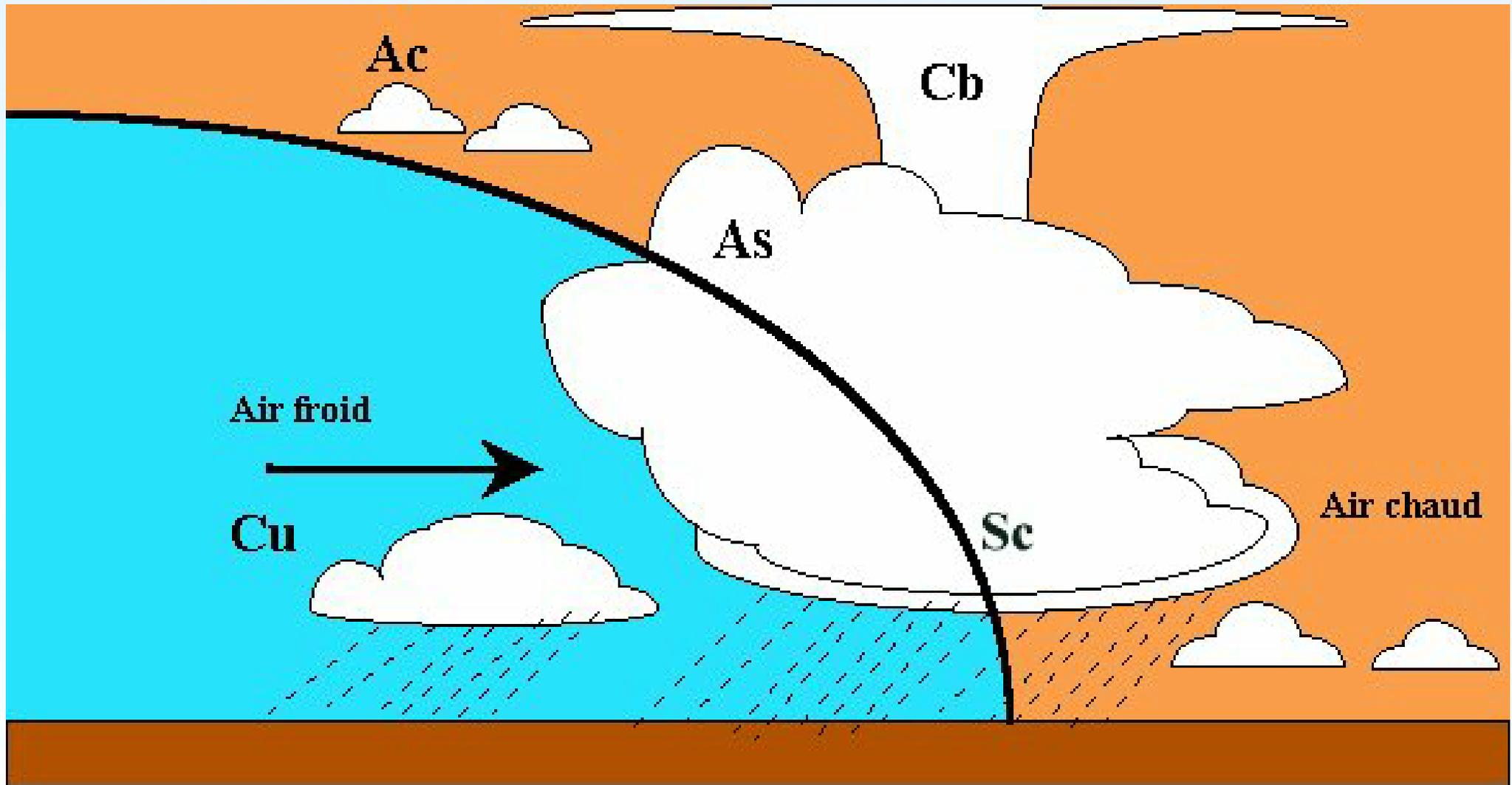
VII Les perturbations et les fronts

- L'arrivée de cirrus puis de cirrostratus est souvent un signe annonciateur d'une perturbation.
- Le ciel est relativement dégagé entre les 2 fronts.

FRONT CHAUD			
Paramètre	Avant	Pendant	Après
Vent	Sud ou sud-ouest forcissant	Sud-ouest stable ou forcissant	Direction changeant un peu. Reste fort
Température	En augmentation	En augmentation	Stationnaire
Pression	Baisse rapide	Stationnaire	Baisse possible
Nébulosité	Ci, Cs, As, Ns	As, Ns, Sc	St, Sc
Précipitations	Pluie continue	Pluie	Bruine, averses possibles
Visibilité	Mauvaise	En amélioration	Assez mauvaise

VII Les perturbations et les fronts

Front froid :



→ sens de déplacement de la perturbation

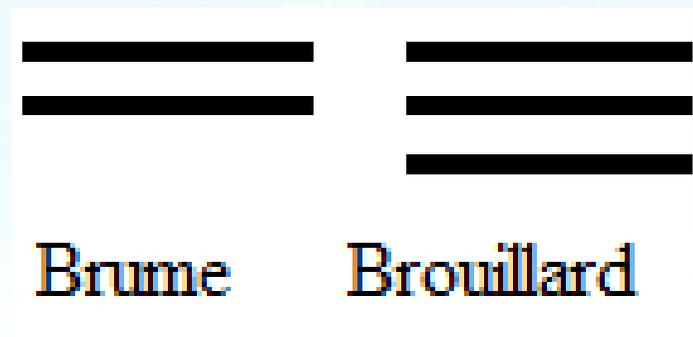
VII Les perturbations et les fronts

- + instable et + actif que le front chaud
- Orages assez fréquents

FRONT FROID			
Paramètre	Pendant	Après	Après
Vent	Passe Ouest ou Nord-Ouest en rafales	Passe au Nord en faiblissant	Direction changeant un peu. Reste fort
Température	Baisse rapide	Stationnaire ou baisse	Stationnaire
Pression	Augmente rapidement	Augmente lentement	Baisse possible
Nébulosité	St, Cu, Sc, Cb	Cu	St, Sc
Précipitations	Averses et orages	Averses	Bruine, averses possibles
Visibilité	Assez bonne	Bonne	Assez mauvaise

VIII Les phénomènes dangereux

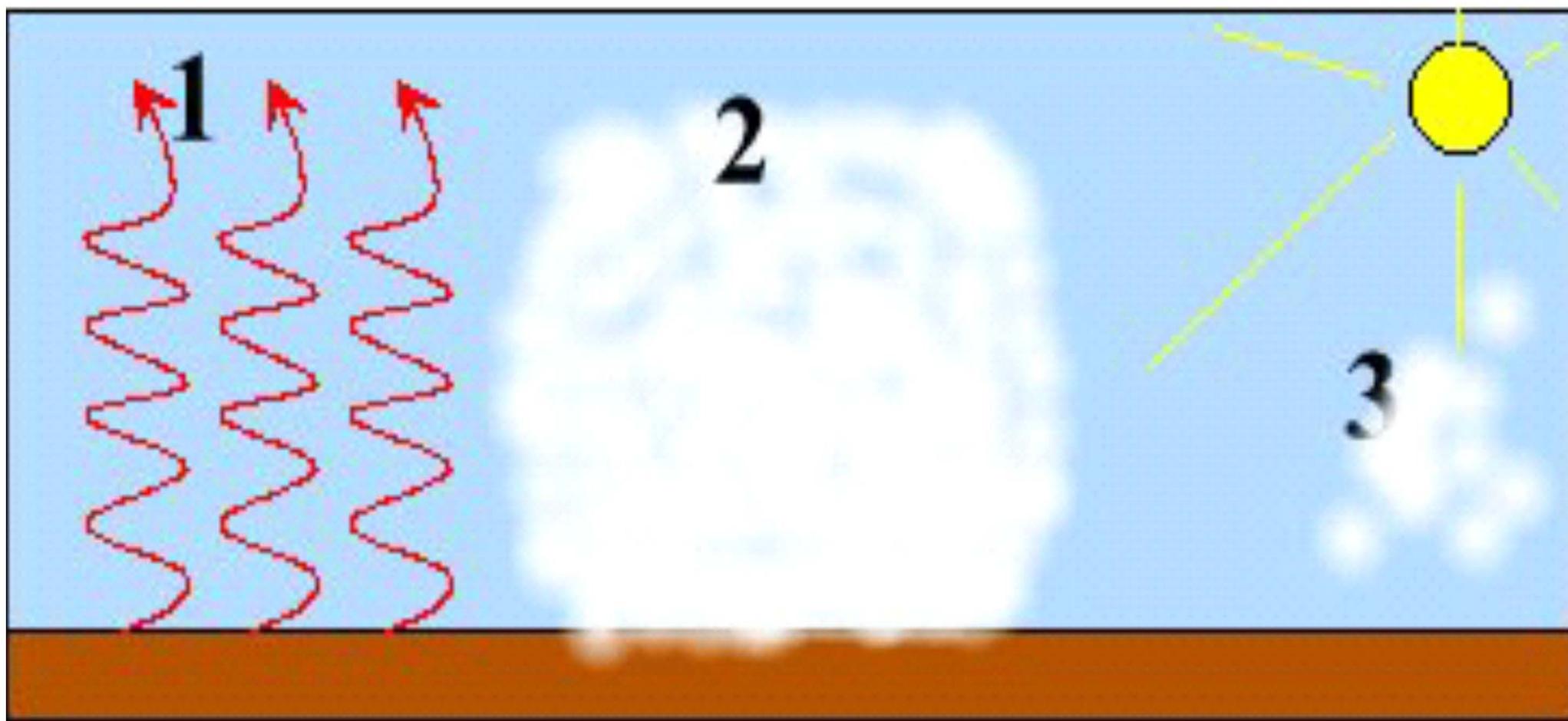
- Brume et brouillard sont des gouttelettes d'eau en suspension
- Brouillard = visibilité < 1 km
- Brume = visibilité > 1 km
- Brume sèche = particules de poussières ou de fumée en suspension
- Conditions favorables à la formation du brouillard:
 - Pression élevée
 - Température en rapide diminution
 - Forte humidité
 - Peu de vent



VIII Les phénomènes dangereux

Brouillard de rayonnement :

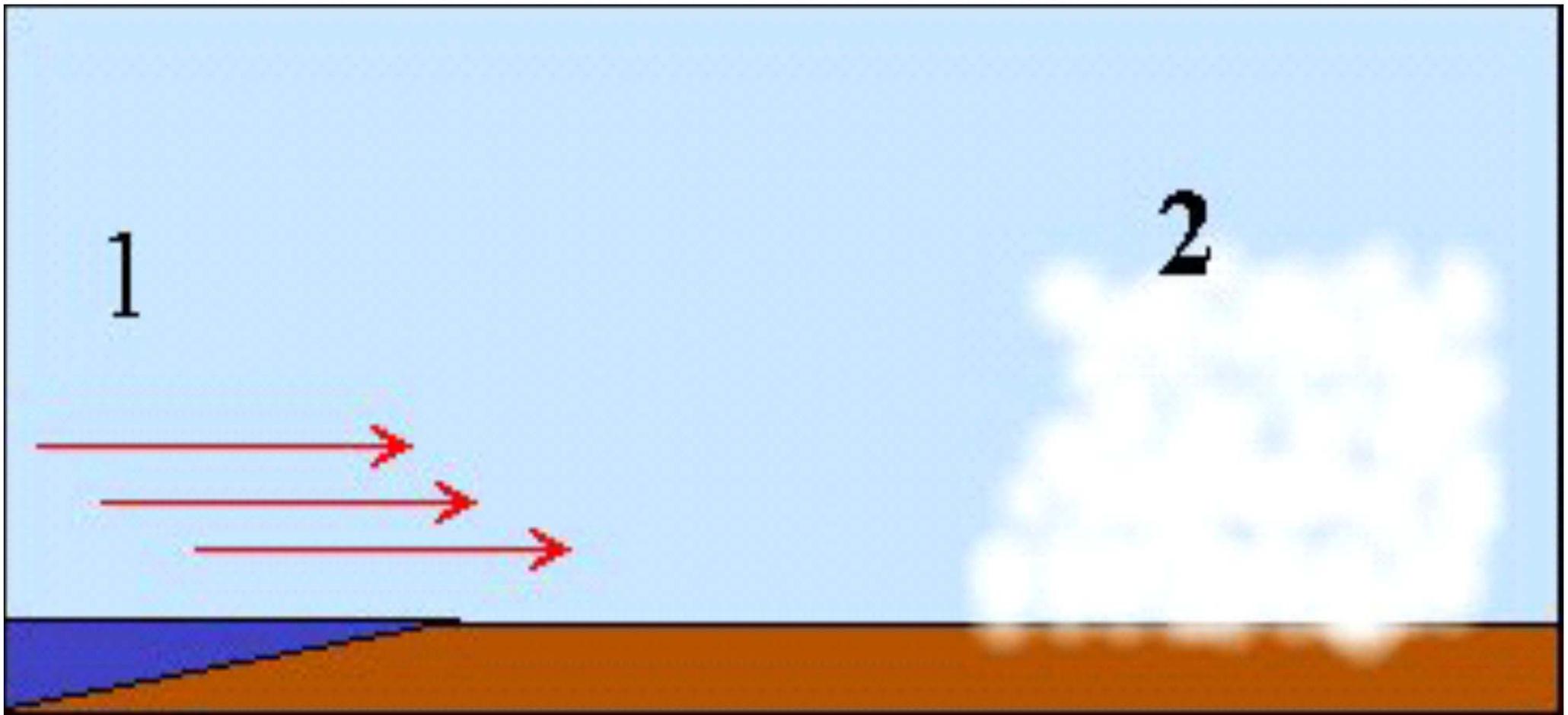
- Refroidissement rapide du sol, air humide et pas de vent
- Se dissipe sous l'action du soleil



VIII Les phénomènes dangereux

Brouillard d'advection :

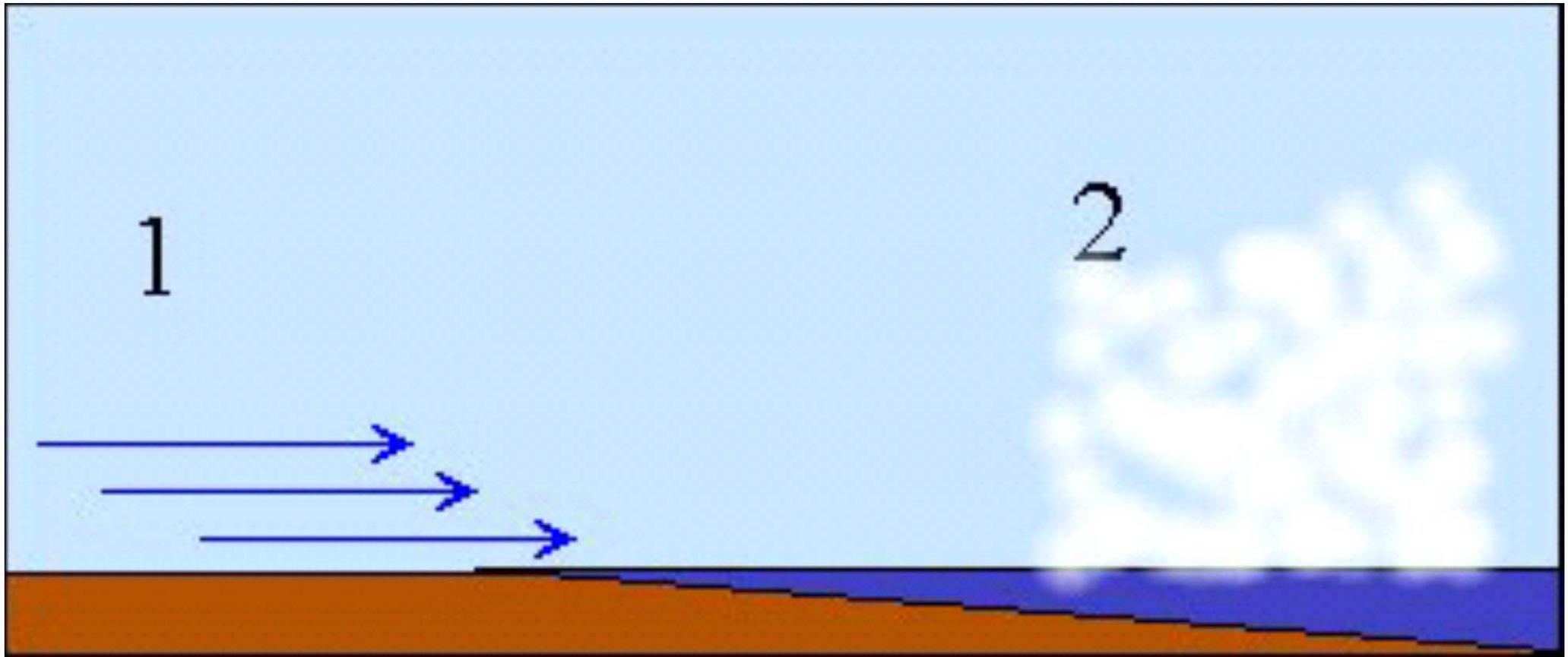
- Air chaud et humide poussée sur un sol froid par un vent faible
- Refroidissement de l'air au contact du sol => brouillard



VIII Les phénomènes dangereux

Brouillard d'évaporation :

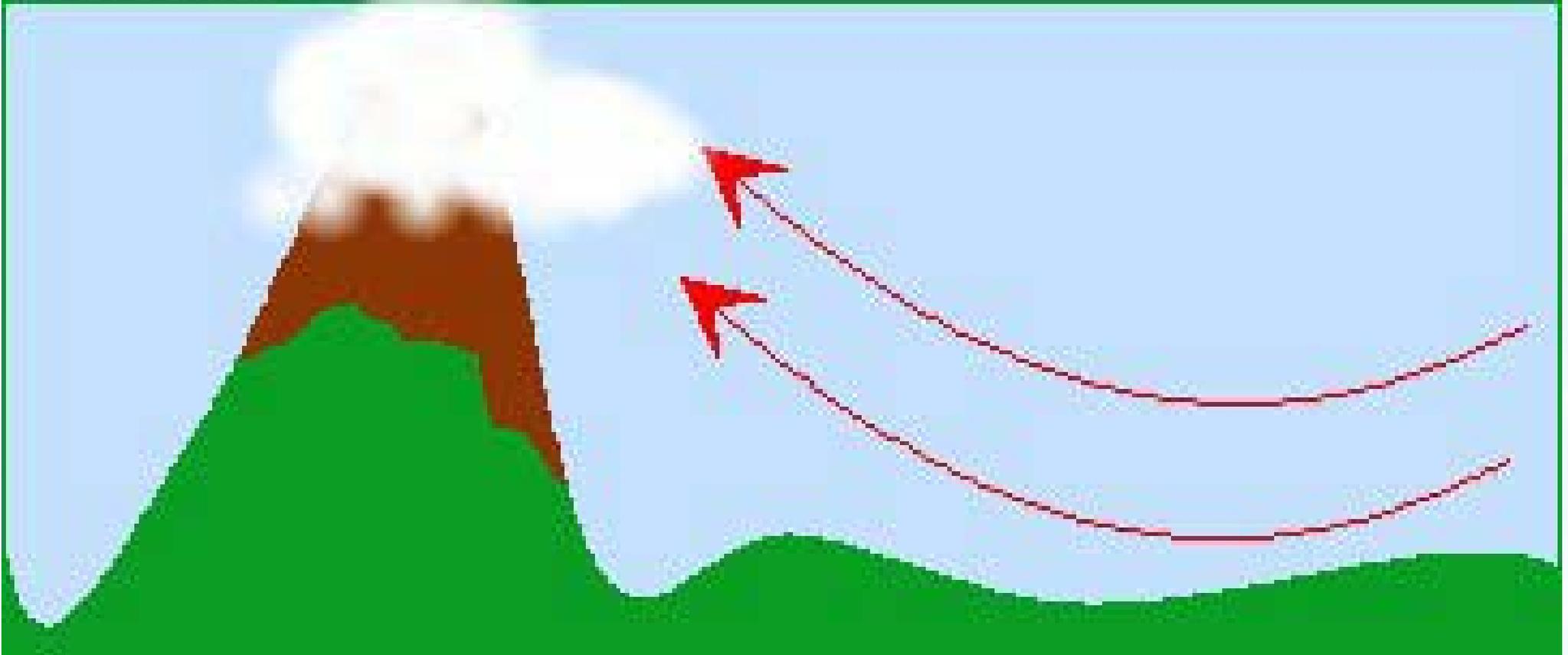
- Air froid et sec poussé sur une étendue d'eau par un vent faible
- Évaporation dynamique de l'eau => Brouillard dans l'air froid



VIII Les phénomènes dangereux

Brouillard de pente :

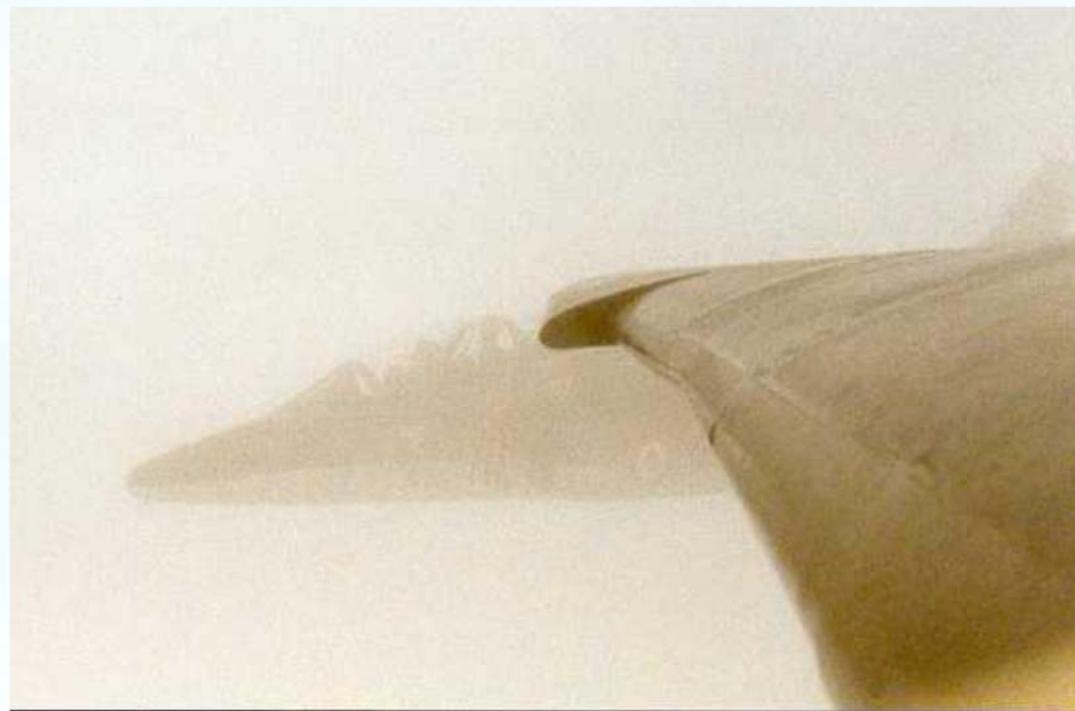
- Vent faible sur le relief entraînant l'air chaud et humide de la vallée
- Refroidissement adiabatique dans la montée => saturation et brouillard



VIII Les phénomènes dangereux

Dangers du brouillard :

- Visibilité réduite :
 - Vol à vue impossible
 - Vue du sol tardive en percée IFR
- Parfois le brouillard est givrant



VIII Les phénomènes dangereux

- **Givre** = dépôt de glace se forme au sol ou sur les objets par condensation de l'humidité contenue dans l'air.
- Se forme + vite sur les parties les + exposées au vent relatif.

- Le risque est classé selon son intensité :



- Le givrage peut se rencontrer en atmosphère claire (faible), dans les brumes (faible) et brouillards (faible à modéré) ou dans les nuages stables (faible à modéré) et instables (modéré à fort) selon les conditions de température.

VIII Les phénomènes dangereux

Formation du givre :

- solidification d'eau présente sur l'aéronef au sol
- dépôt sur les parties exposées au vent relatif par condensation de l'humidité de l'air
- solidification de gouttelettes d'eau en surfusion dans les nuages

Formation du verglas :

- solidification d'une pluie ou bruine surfondu

VIII Les phénomènes dangereux

Classification du givre selon son intensité et son aspect.

- **La gelée blanche** : condensation directe à l'état solide. Elle survient au sol ou en vol hors nuage. Givrage faible.
- **Le givre blanc** : solidification rapide de gouttelettes en surfusion. Il survient en milieu nuageux instable et le dépôt peut être rapidement important.
- **Le givre transparent** : solidification lente de gouttelettes en surfusion. Il survient en milieu nuageux généralement instable et se forme essentiellement entre 0 et -15°C. La formation lente permet un étalement du dépôt qui peut être très important. Il est très dangereux car sa transparence peut rendre sa détection tardive.

VIII Les phénomènes dangereux

Les effets sur la cellule :

- augmentation de la masse de l'appareil
- déformation du profil aérodynamique par le dépôt de givre (diminution des performances)
- mise hors service des instruments par givrage des sondes (tube de Pitot, prises statiques,...)
- perturbation des moyens de radionavigation par givrage des antennes
- risques de blocage des parties mobiles (gouvernes, volets, becs, train d'atterrissage)
- visibilité nulle à travers le pare-brise.

VIII Les phénomènes dangereux

Les effets sur les moteurs :

- givrage carburateur sur les moteurs à pistons (baisse de puissance ou arrêt moteur)
- baisse de rendement de l'hélice
- givrage des entrées d'air des réacteurs (baisse de rendement)
- passage de glace dans les réacteurs (détachement dans l'entrée d'air puis aspiration par le moteur. Dommages possibles au compresseurs ou extinction due à la glace dans la chambre de combustion).

VIII Les phénomènes dangereux

Dangers des averses de pluie ou de neige :

- Visibilité et plafonds très réduits
- Ingestion d'eau dans les moteurs
- Givrage avec l'accumulation de neige

Dangers des turbulences :

- Déformations de la structure sous facteur de charge
- Blocage de parties mobiles
- Rupture d'éléments de structure
- Blessures au personnes non attachées

Les turbulences se rencontrent :

- Au contact de 2 masses d'air
- Près du sol et du relief avec le vent
- En air clair (**CAT**) en haute altitude par fort gradient de température et de pression (« trous d'air »)

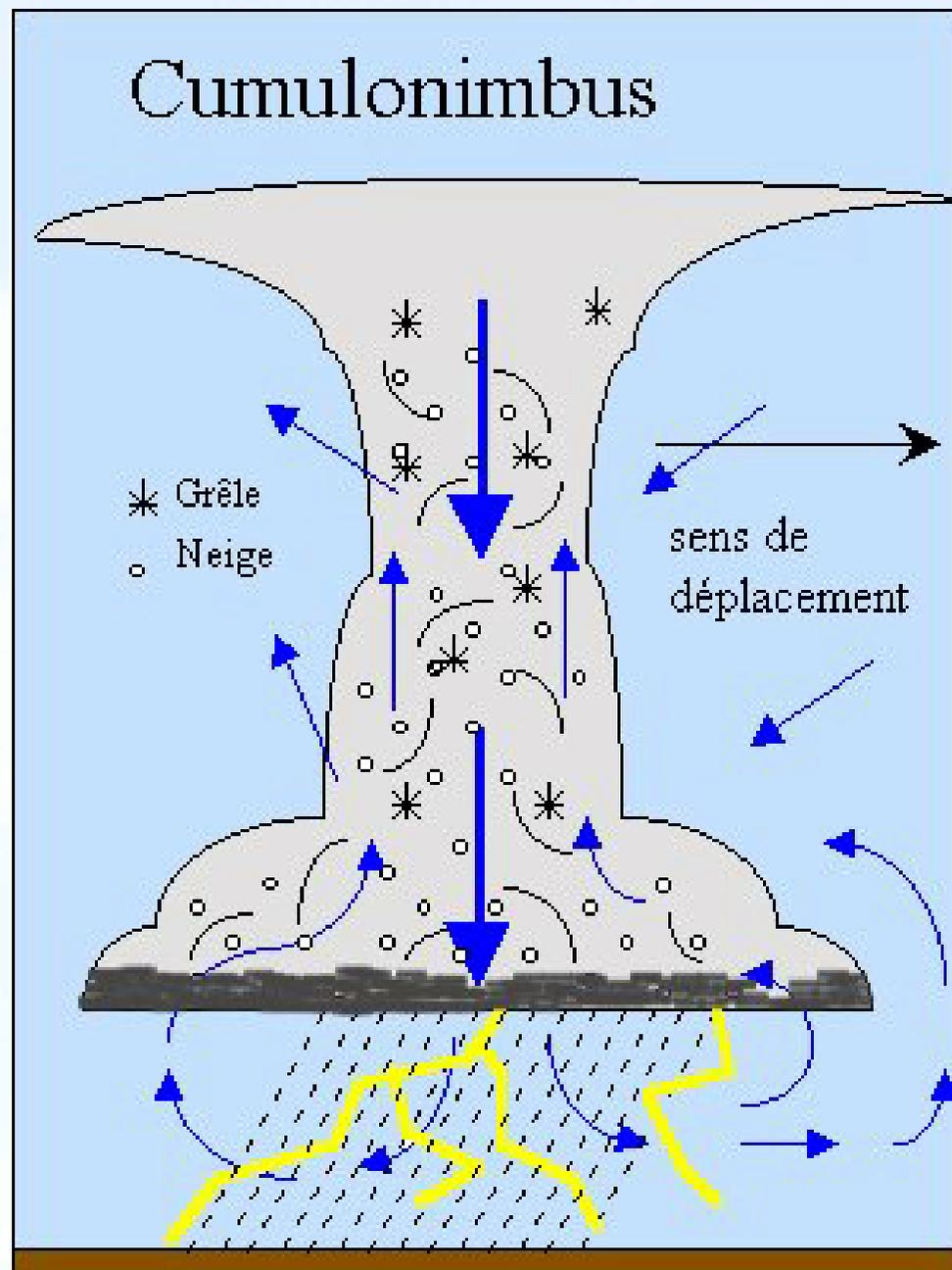
VIII Les phénomènes dangereux

Formation :

- Front froid de perturbations :
 - toute l'année
 - barrières de Cb noyés dans la masse
- Fort échauffement du sol :
 - été ou printemps dans l'AM ou en soirée (voire la nuit)
 - isolés

Dangers :

- turbulences
- grains
- grêle
- foudre



IX L'information météo pour l'aéronautique

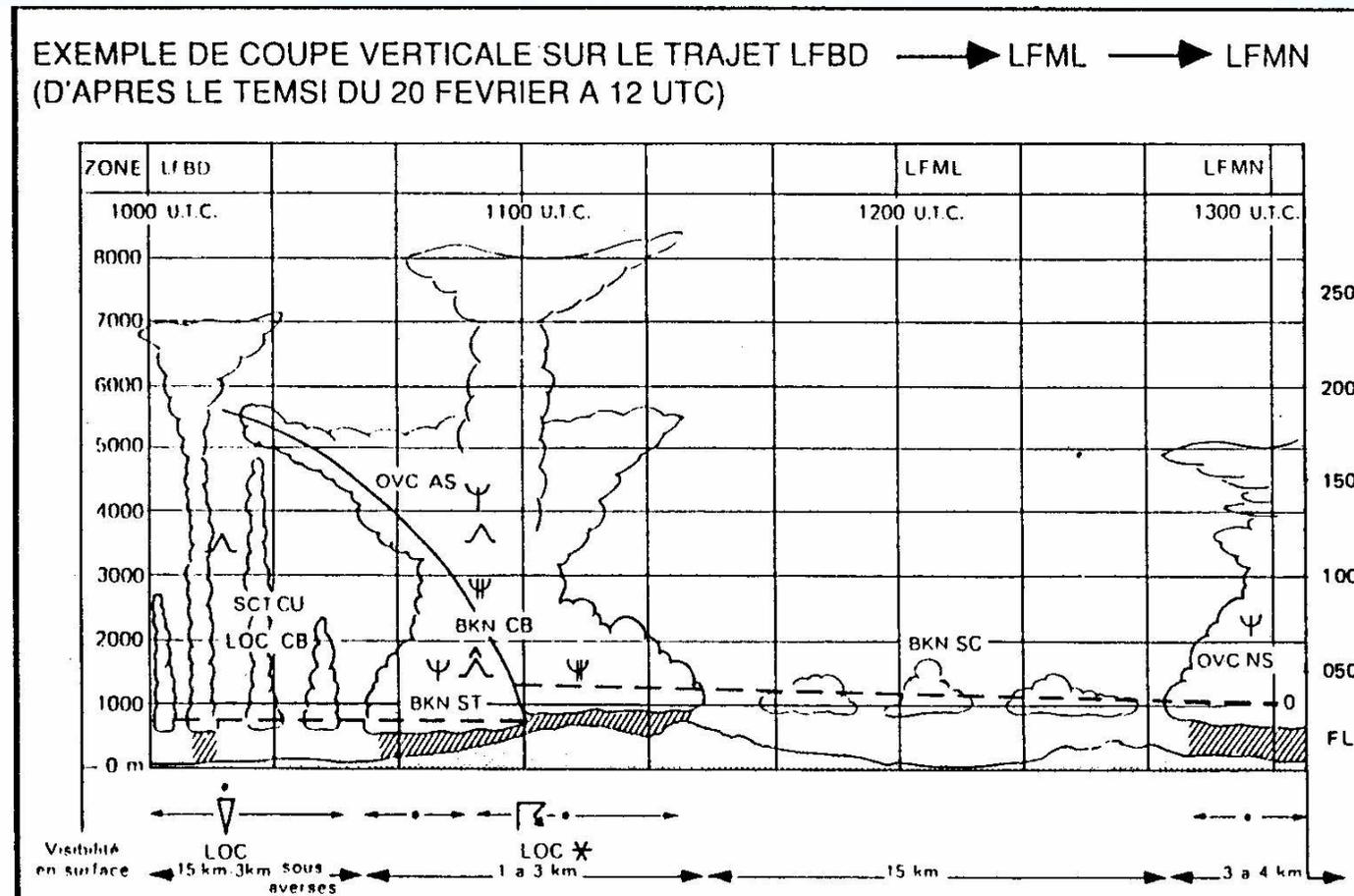
Pour assurer la sécurité d'un vol, un pilote doit :

- S'informer de la météo sur son trajet et de son évolution prévue avant de partir :
 - consultation des cartes MTO (TEMSI, WINTEM)
 - consultation des messages (TAF, METAR...)
 - protection MTO depuis internet ou un bureau MTO France
- Contrôler l'évolution de la météo au cours du vol :
 - observation du ciel
 - écoute de la radio (ATIS, contrôle...)
- Adapter son vol en fonction de la météo rencontrée :
 - demi-tour ou altération de route
 - déroutement

IX L'information météo pour l'aéronautique

La carte TEMSI est établie plusieurs fois par jour à partir des observations des différentes stations MTO et des sondages atmosphériques.

La coupe verticale est établie à la demande d'une protection MTO, à partir de la carte TEMSI, sur le trajet prévu.



IX L'information météo pour l'aéronautique

Les **METAR** : = Météo d'arrivée

- messages d'observation des stations d'aérodromes
- édités régulièrement au cours de la journée
- langage codé normalisé (ex : CAVOK = Ceiling And Visibility OK => visi > 10km pas de nuages significatifs sous 1500 m)

Les **SPECI** : = Spécifique

- message particulier émis en cas de changement brusque de la météo

Les **TEND** : = Tendance

- complément d'un METAR pour donner l'évolution prévue

IX L'information météo pour l'aéronautique

Exemple de METAR :

LFPO 0930Z 20010G20kt 0800 +SHSN SCT010St
BKN025Sc M04/M05 Q1002 NOSIG

Signification :

LFPO : Paris Orly

0930Z : 09h30 TU

20010G20kt : vent du 200 pour 10 kt rafales à 20kt

0800 : visibilité 800m

+SHSN : fortes averses de neige

SCT010St : 1 à 4 8èmes de stratus à 1000 ft

BKN025Sc : et 5 à 7 8èmes de stratocumulus à 2500ft

M04/M05 : température -4°C et température du point de rosée -5°C

Q1002 : QNH 1002 hPa

NOSIG : pas de changements significatifs prévus.

IX L'information météo pour l'aéronautique

Les **TAF** : = Terrain of Arrival Forecast

- prévision météo sur un terrain pour les 9 prochaines heures
- ils sont renouvelés régulièrement

Les **SIGMET** : = Significant Meteorology

- Concernent des phénomènes dangereux hors des zones d'approche

IX L'information météo pour l'aéronautique

Exemple de TAF :

LFPO 210145Z 0312 22010G20kt 3000 +RA OVC015 SCT060
TEMPO 0307 7000 -RA OVC020 FM11 28015kt 9999 NSW BKN020

Signification :

LFPO : Paris Orly	210145Z : le 21 à 01h45 TU
0312 : validité entre 03 et 12h00 TU	
22010G20kt : vent du 220 pour 10 kt rafales à 20 kt	
3000 : visibilité 3000 m	+RA : forte pluie
OVC015 : 8/8ème à 1500 ft	SCT060 : et 1 à 4 8ème à 6000 ft
TEMPO : temporairement entre 03h00 et 07h00 TU	
7000 : visibilité de 7000 m	-RA : pluie faible
OVC020 : 8/8ème à 2000 ft	FM11 : à partir de 11h00 TU
28015kt : vent du 280 pour 15 kt	9999 : visibilité supérieure à 10 km
NSW : pas de temps significatif	
BKN020 : 5 à 7 8ème à 2000 ft.	

IX L'information météo pour l'aéronautique

Exemple de SIGMET :

LFFF SIGMET 3 VALABLE 160800/161200 LFML - SEV
TURB FCST FIR MARSEILLE BTN GND AND FL160 STNR
WKN

Signification :

LFFF : Région d'information de Marseille

SIGMET 3 : 3ème SIGMET pour vols subsoniques

VALABLE 160800/161200 LFML : valable le 16 entre 08h00
et 12h00 TU en provenance du centre de veille météo de
Marignane.

SEV TURB FCST FIR MARSEILLE BTN GND AND FL160 :
Fortes turbulences prévues dans la zone de Marseille entre
le sol et le niveau de vol 160

STNR WKN : Phénomène stationnaire et faiblissant.