



MÉTÉOROLOGIE et AÉROLOGIE

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. L'aérodynamique et le vol sans moteur
- VIII. Les perturbations et les fronts
- IX. Les phénomènes dangereux
- X. 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

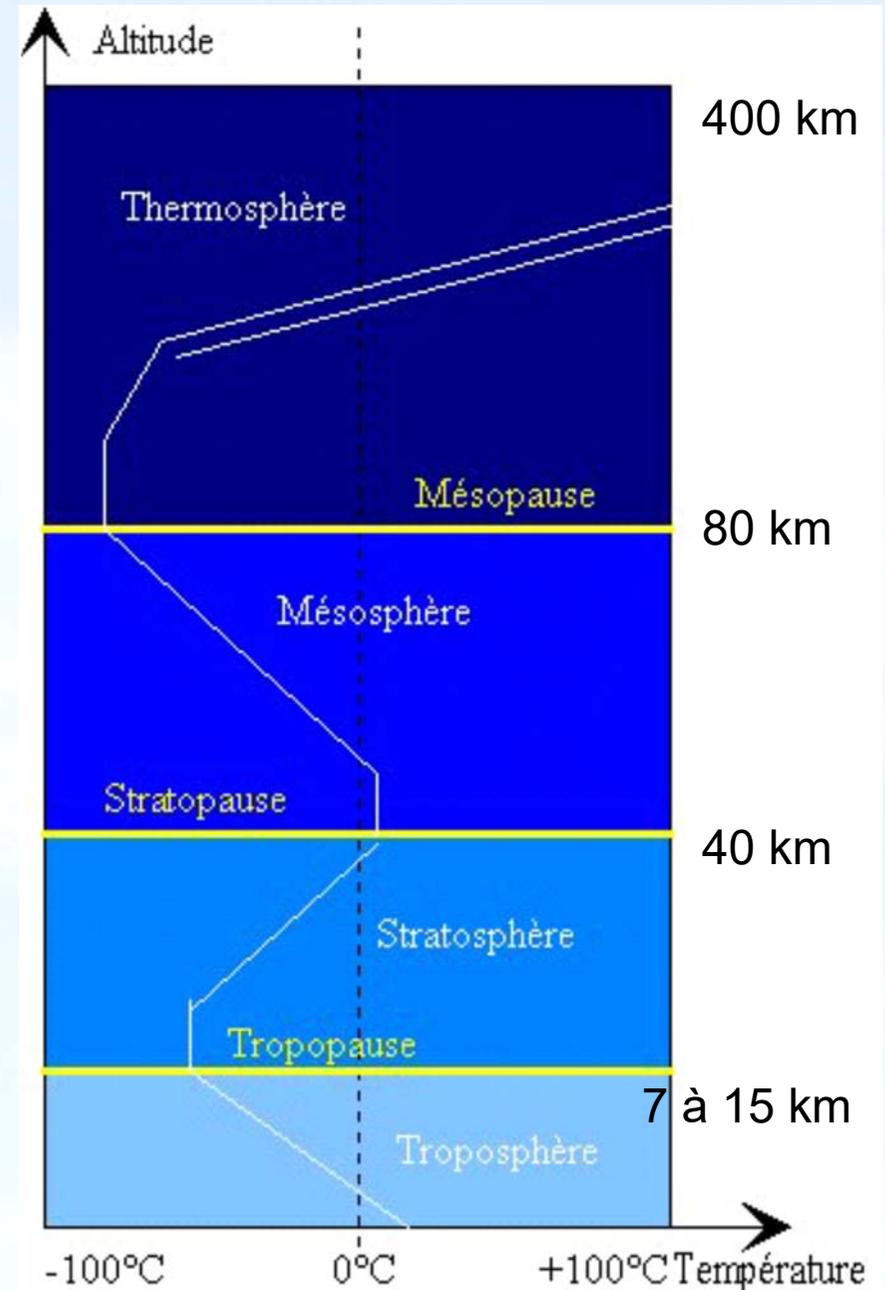
4 couches : 4 layers

- Troposphère Troposphere
- Stratosphère Stratosphere
- Mésosphère Mesosphere
- Thermosphère Thermosphere

3 surfaces de séparation :
(separation aereas)

- Tropopause
- Stratopause
- Mésopause

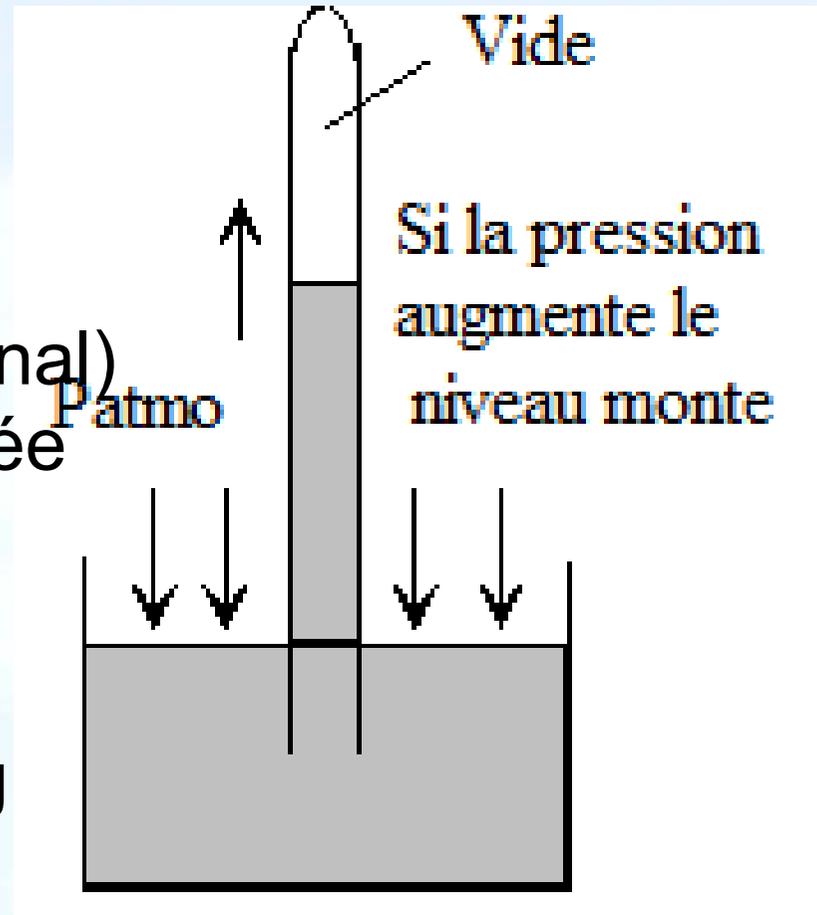
Une évolution de température
différente selon les couches
(-100°C à +500°C)



I L'atmosphère

Pression atmosphérique : **atmospheric pressure**

- 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) avec un **baromètre**. Souvent donnée en hPa = 100Pa
- se donne aussi en bar ($=10^5\text{Pa}$) ou mbar (1hPa=100Pa)
- elle peut aussi se donner en mmHg ou InHg (**inches of Mercury**):



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 = 25,4mmHg

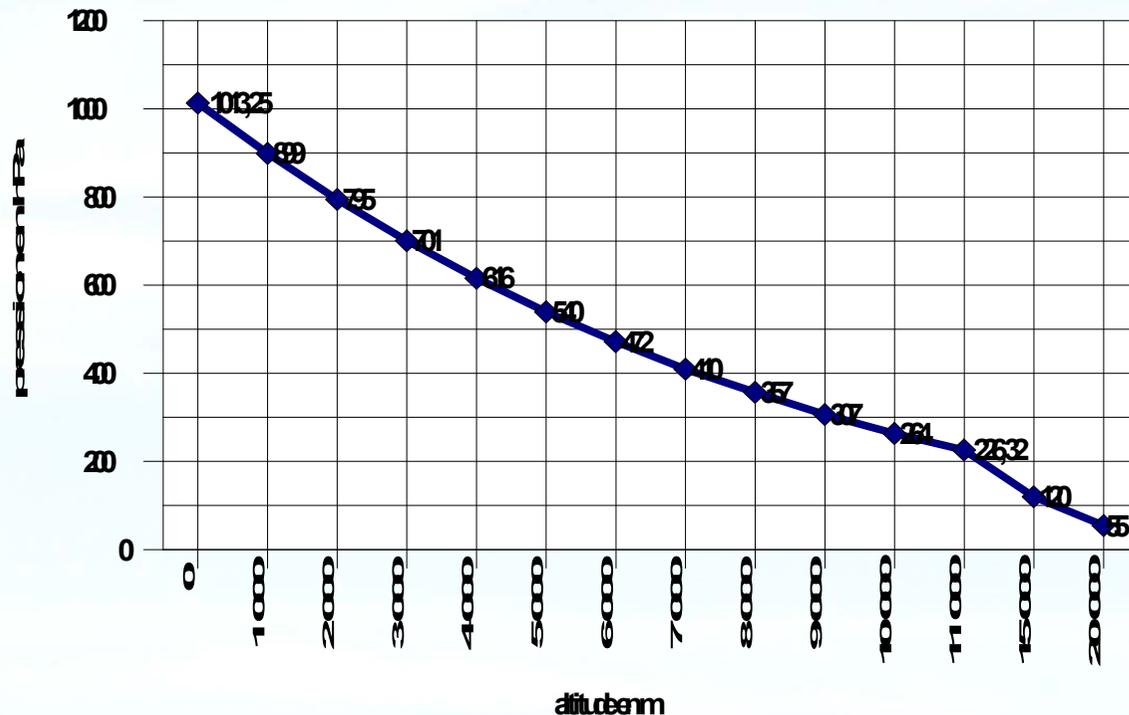
L'atmosphère

La pression diminue lorsque l'altitude augmente.

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

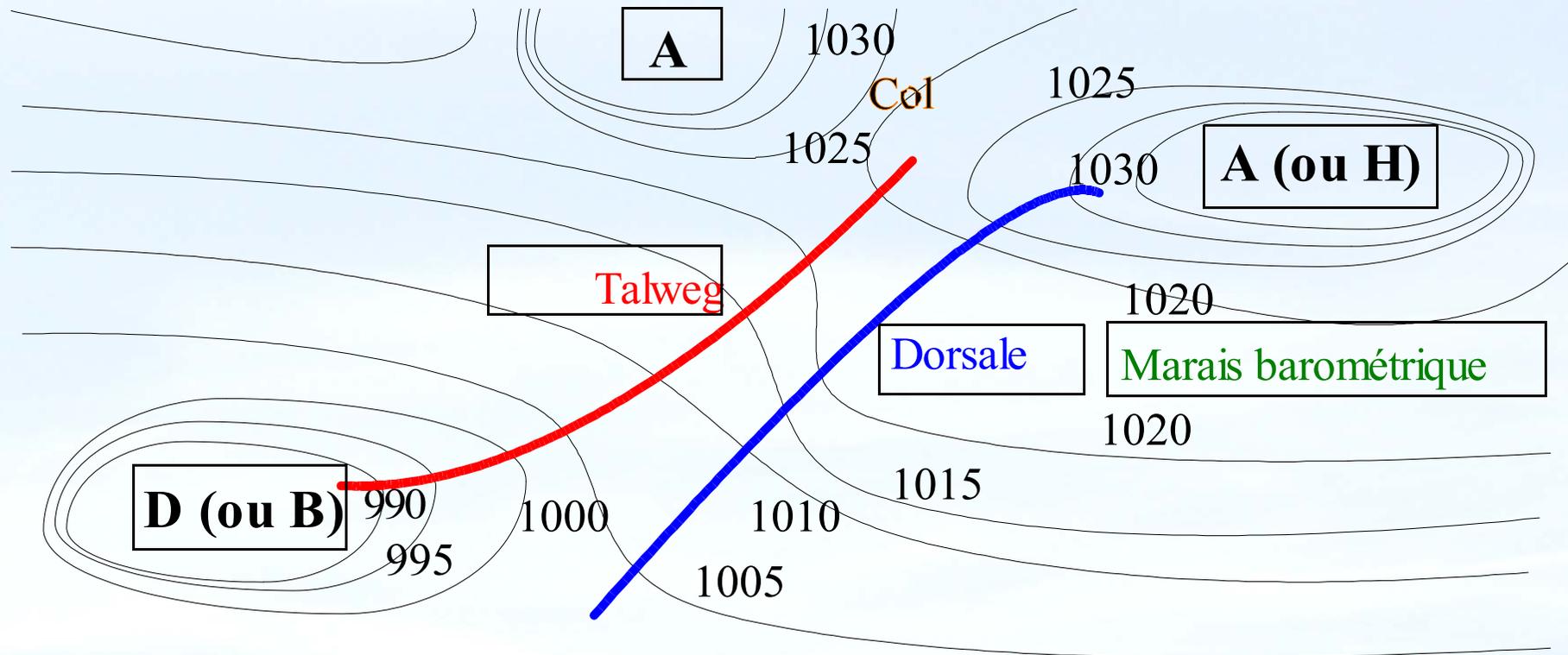
- 8,5 m (=28 ft) au niveau de la mer
- 30 m (=100 ft) à 3000 m (10000 ft)

Variation de la pression et l'altitude



en mètres	en Celsius	en hPa
(m)	(°C)	(hPa)
0	15	1013,25
100	8,5	899
200	20	795
300	-45	701
400	-110	616
500	-175	550
600	-240	492
700	-305	440
800	-370	397
900	-435	361
1000	-500	331
1100	-565	306
1500	-565	263,2
2000	-565	235

I L'atmosphère



Variations de la pression à altitude constante :

- **A (anticyclone) ou H (high pressure)**: vent faible, ciel dégagé, beau temps. Masse d'air sec
- **D(dépression cyclone) ou L (Low pressure)**: vent plutôt fort, ciel couvert, précipitations fréquentes. Masse d'air humide

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 :

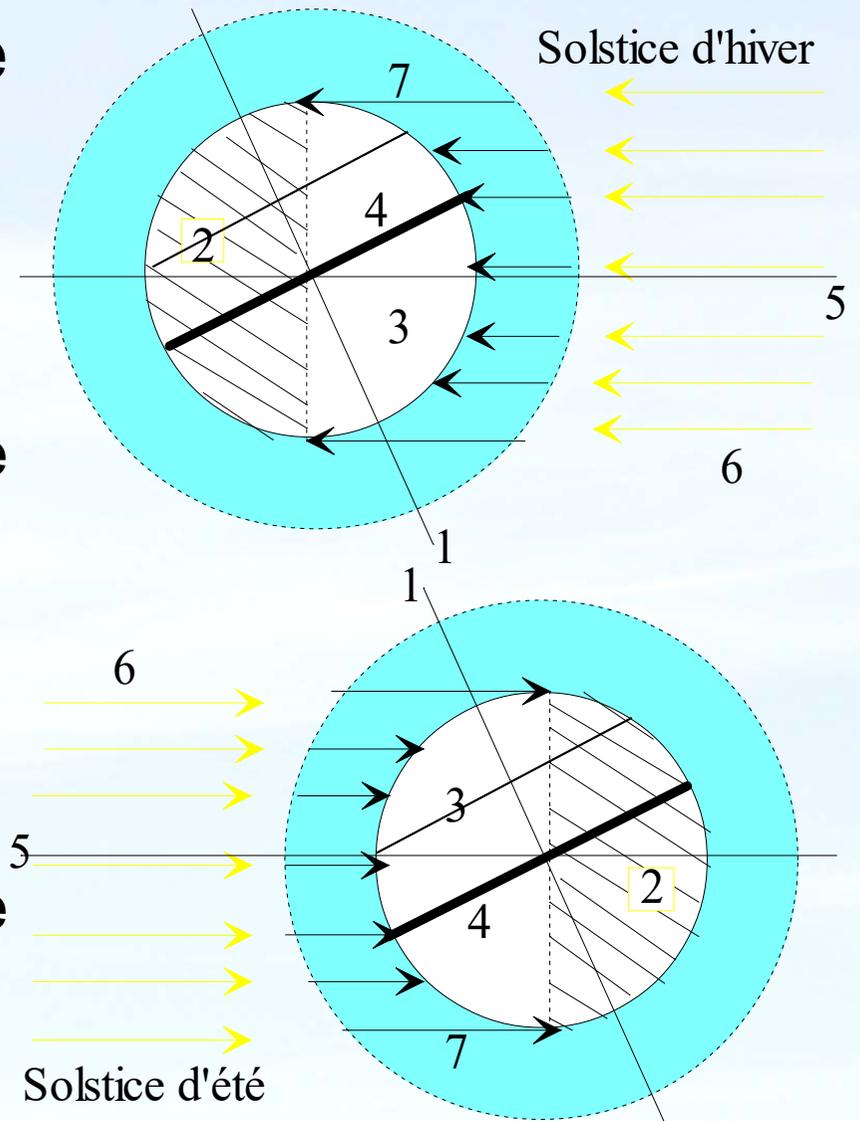
- durée du jour plus faible
- soleil bas sur l'horizon (=> grande épaisseur d'atmosphère

=> 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

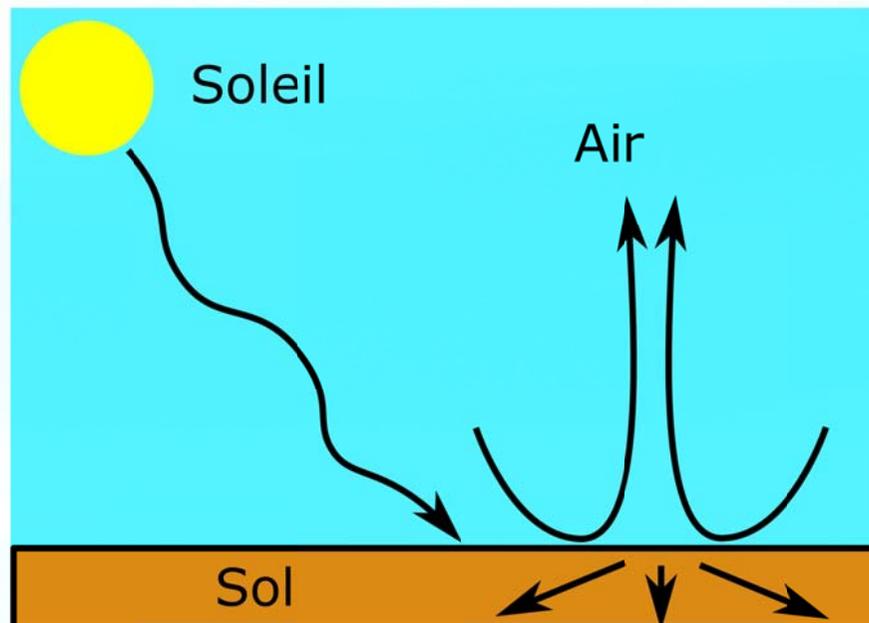


Variations inversées entre les 2 hémisphères.

II La température

Échanges de chaleur :

- Le soleil transmet son énergie par des rayonnements (ondes électromagnétiques) qui sont absorbées par le sol et certains composants de l'atmosphère (gaz à effet de serre).
- Dans le sol, la chaleur se transmet par conduction (contacts par chocs au sein des solides).
- Le sol chauffe l'air à son contact qui s'élève alors parce que sa masse volumique diminue. C'est le transfert par convection. Cela engendre des courants verticaux : des ascendances entourées de descendances.



II La température

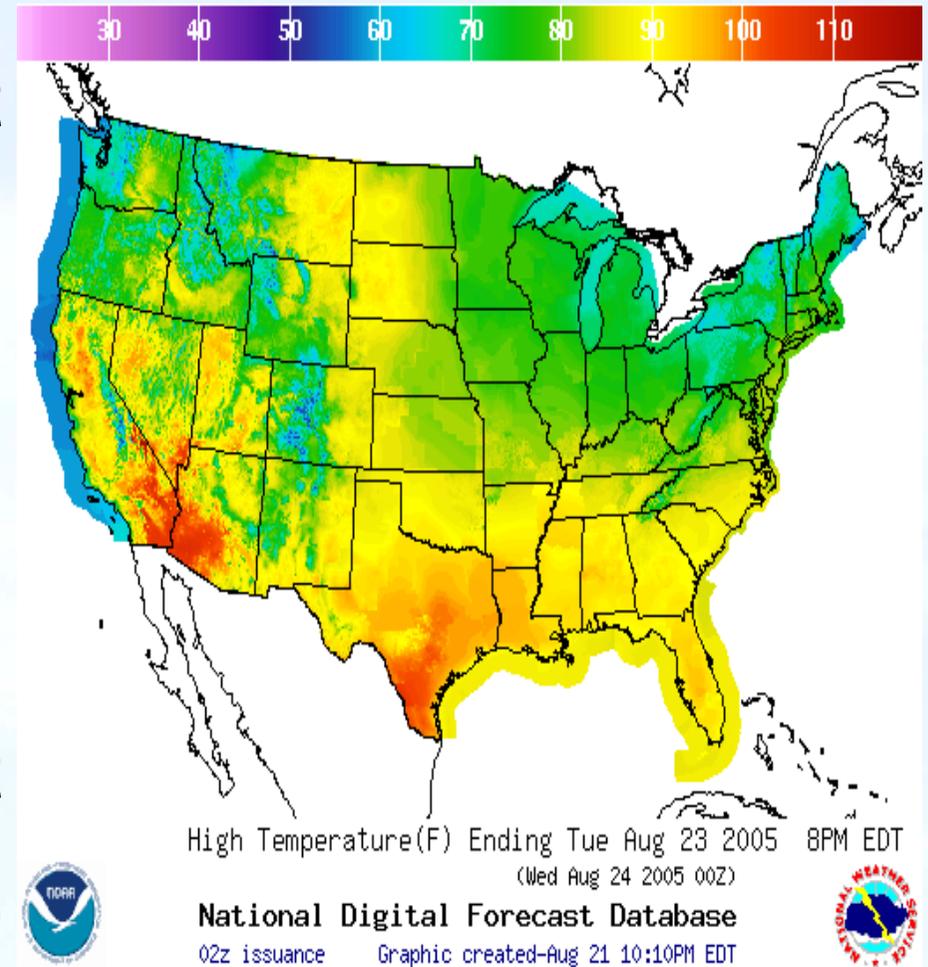
Variations locales :

- 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

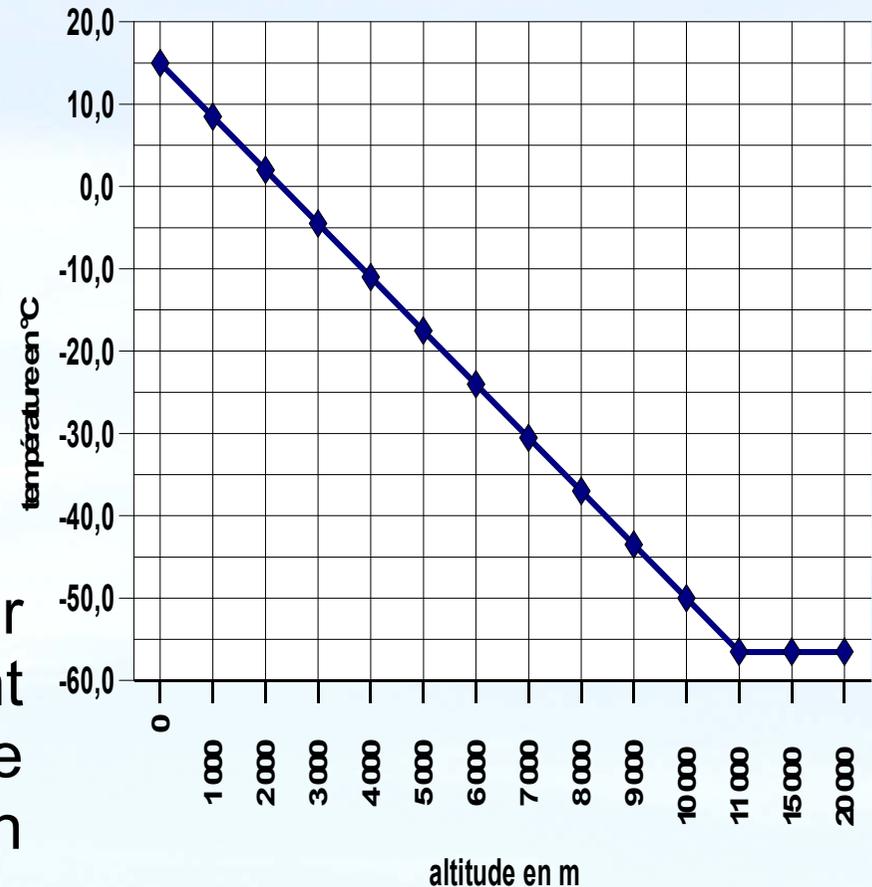


II La température

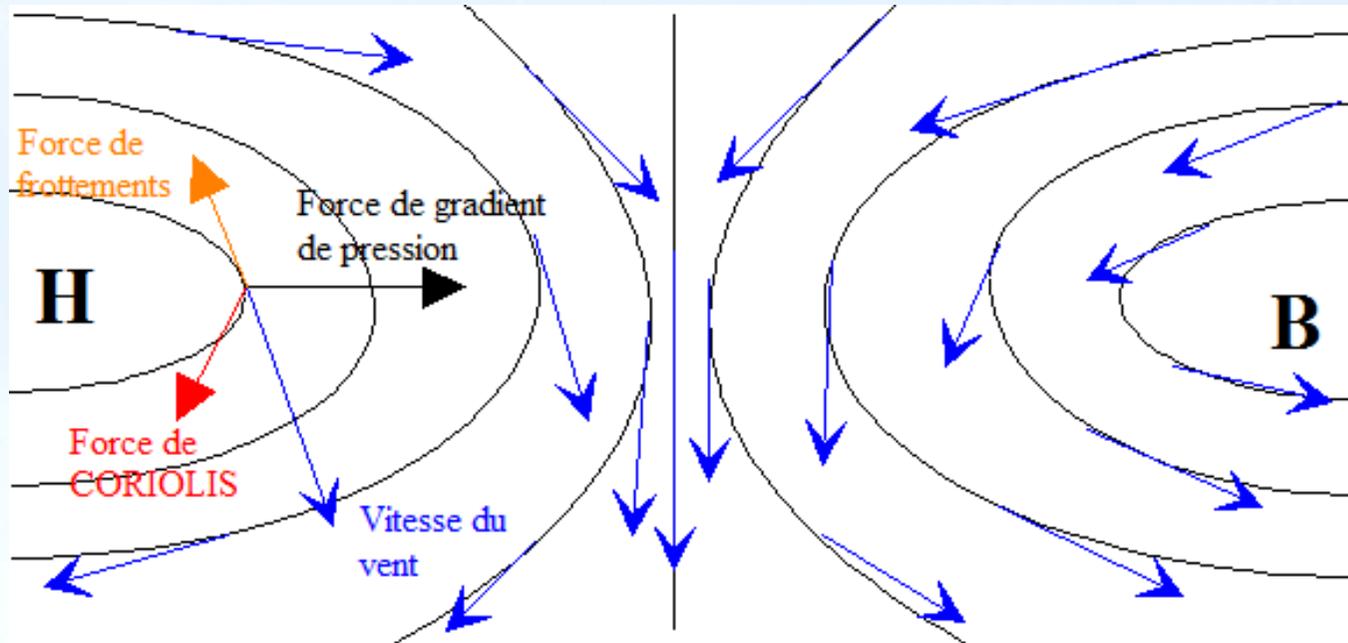
Variations avec l'altitude :

- T diminue quand z augmente.
- Selon l'humidité de l'air :
 - en air sec : $-10^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$
 - en air saturé : $-6^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$
 - en atmosphère standard :
 $-6,5^{\circ}\text{C}/1000\text{m} = -2^{\circ}\text{C}/1000\text{ft}$
- 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).
- La température se mesure avec un **thermomètre**.

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.

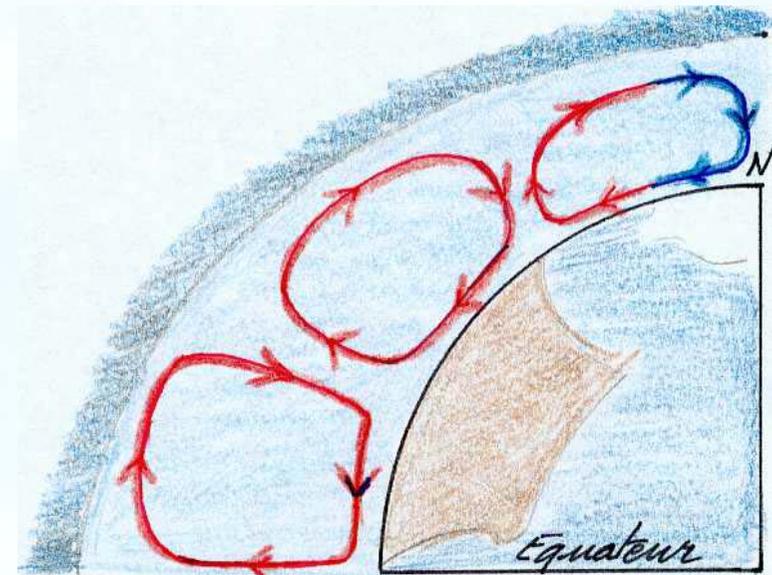
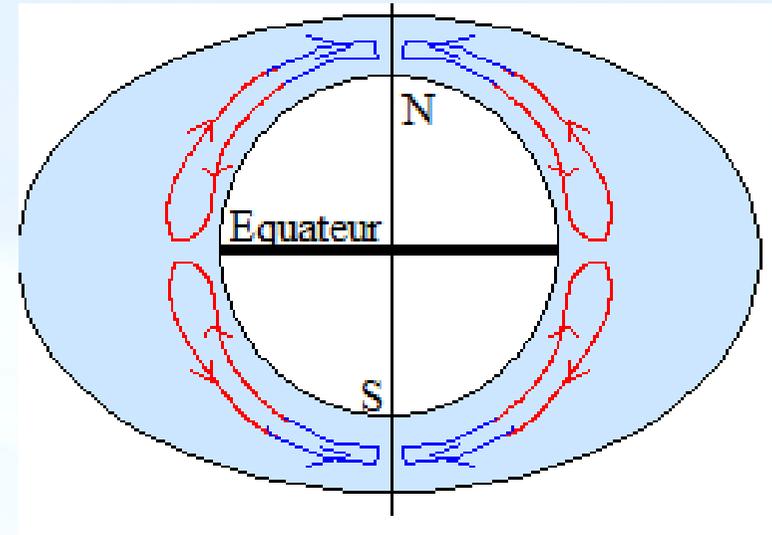
III Le vent

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

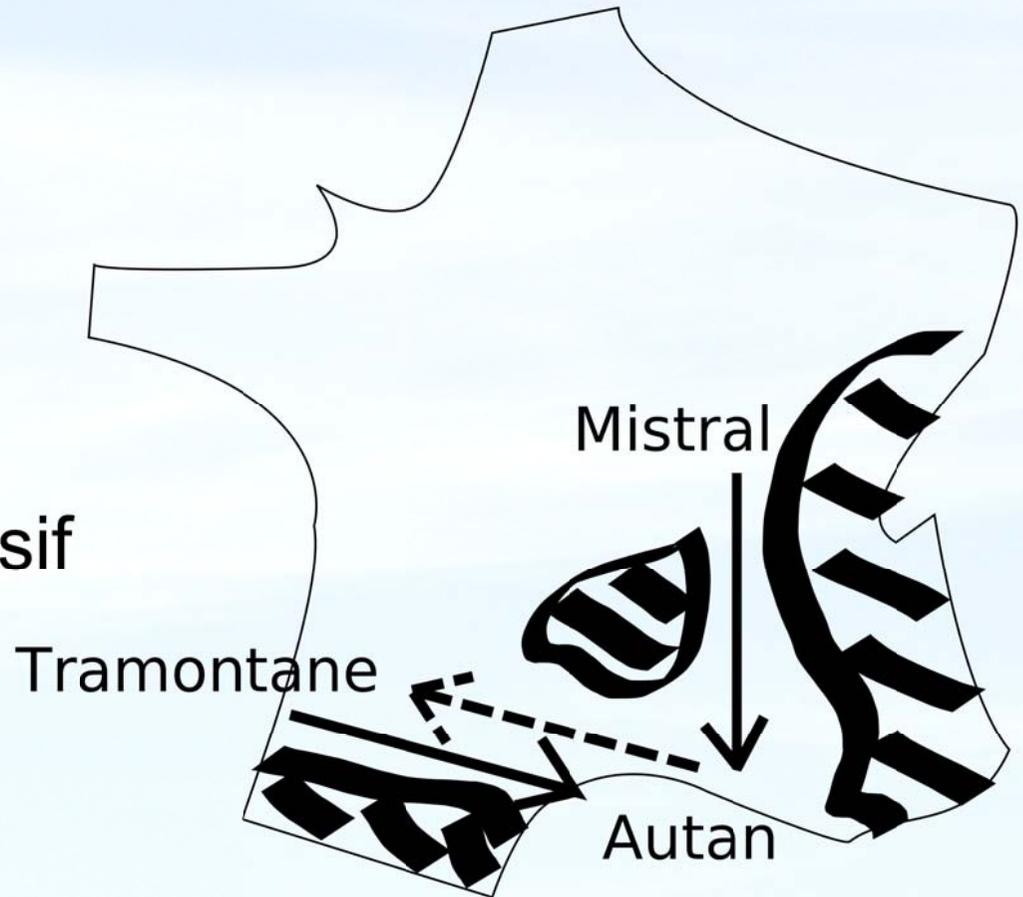
central

- vent d'Autan :

- Est-Ouest
- entre Pyrénées et massif

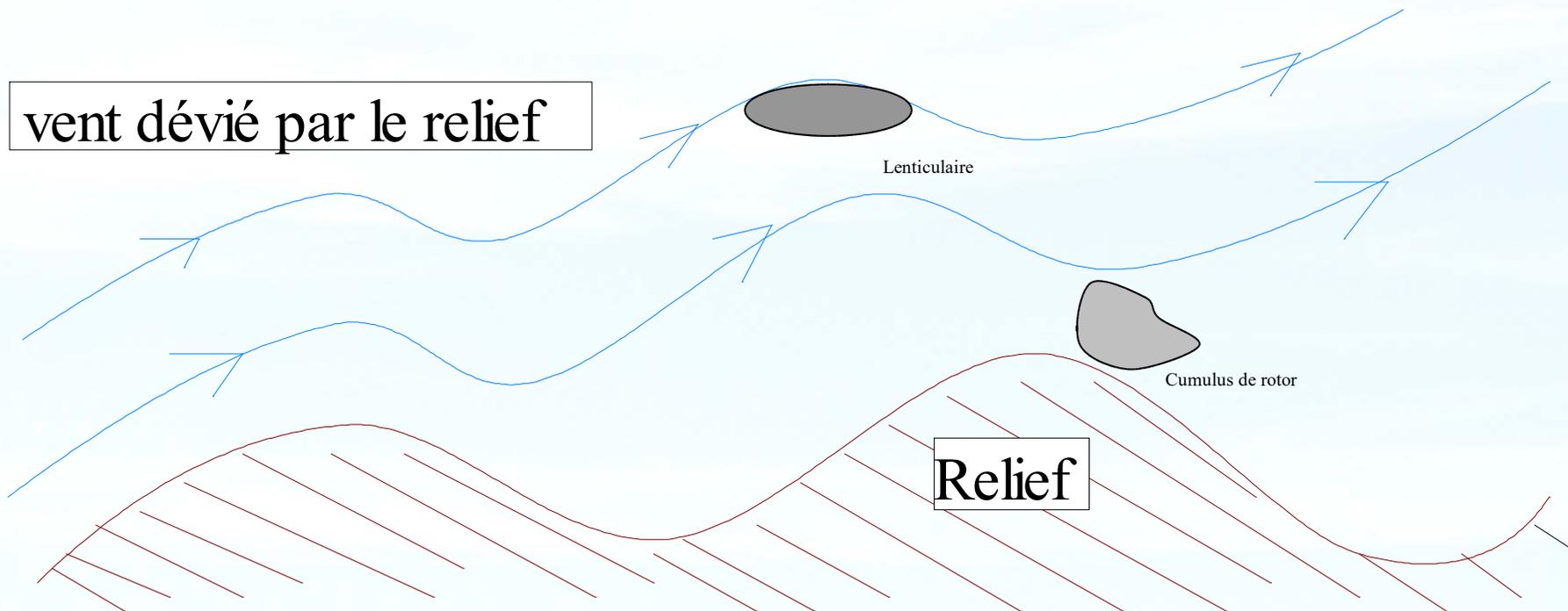
central

- chaud (vent des fous)



III Le vent

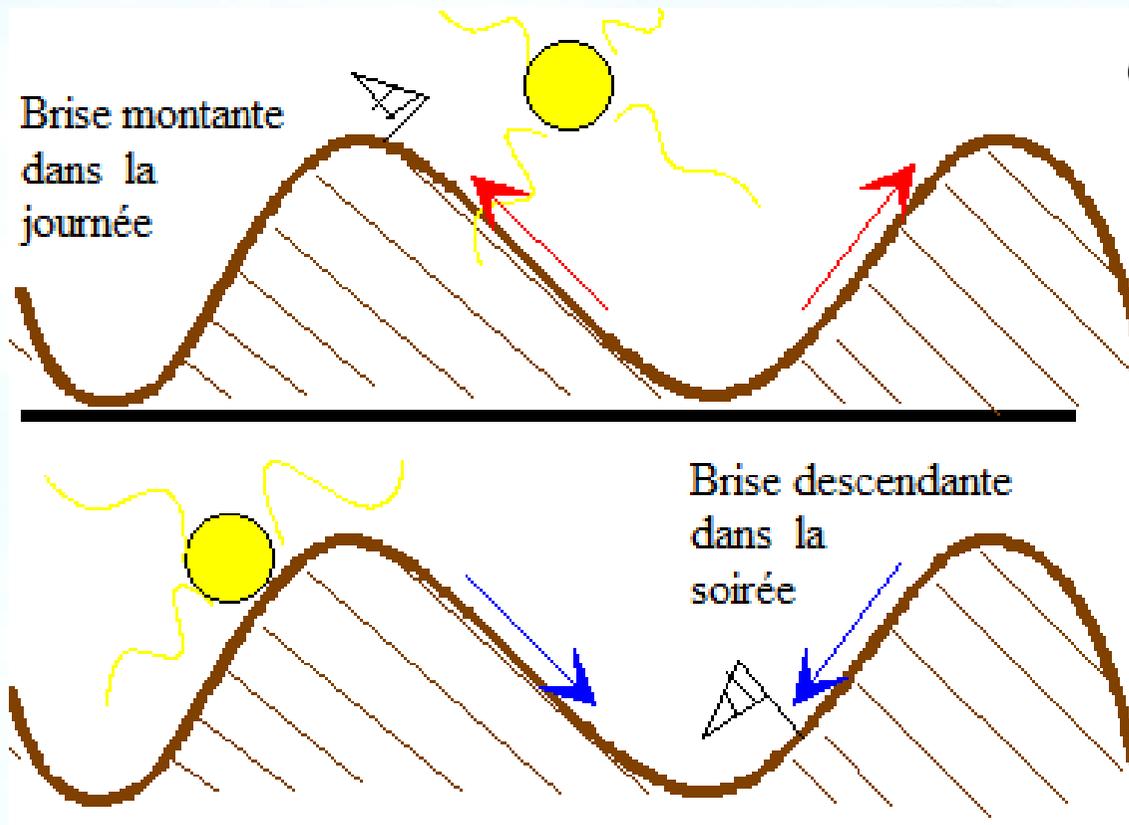
- Vent MTO fort et laminaire \perp reliefs \parallel entre eux \Rightarrow onde.
- Successions de zones ascendantes et descendantes à forte vitesse verticale.
- Matérialisée par des lenticulaires au sommet de l'onde et des cumulus de rotor sous le vent du relief.
- Fortes turbulences à la naissance de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

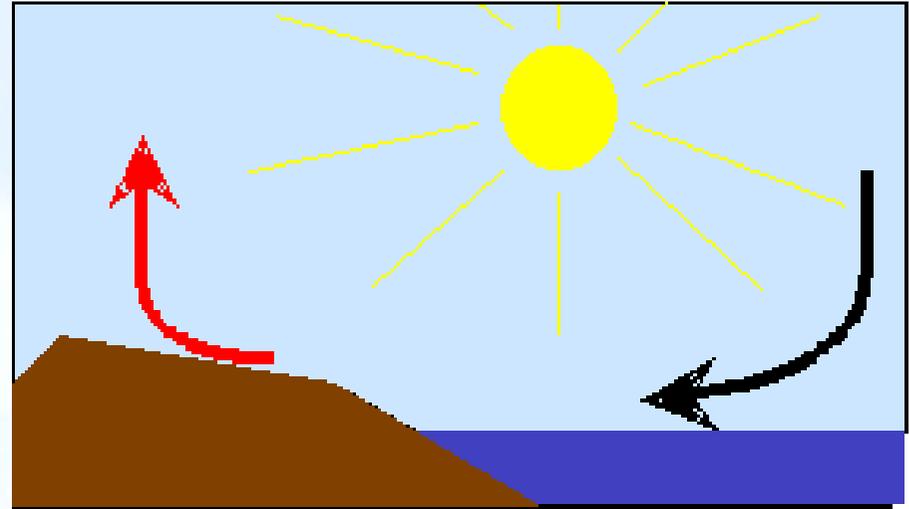


- Fin d'après-midi, le soleil diminue => refroidissement
 - La brise s'inverse.

III Le vent

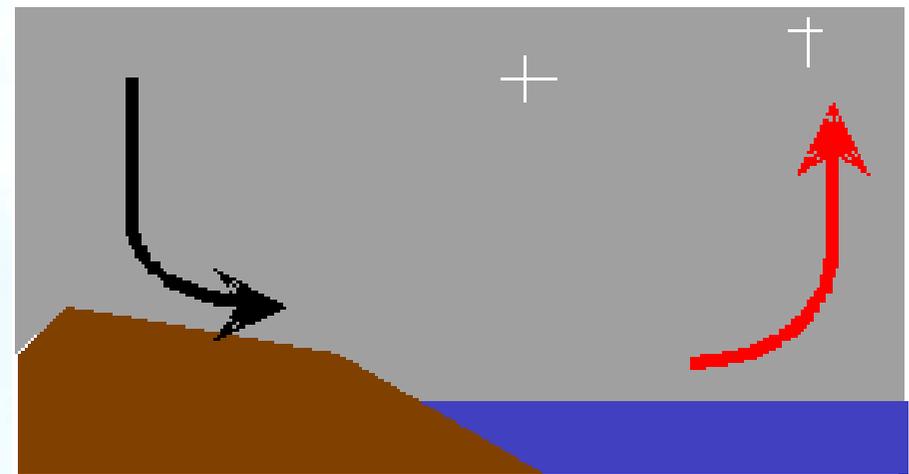
Brise de mer :

- 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 :

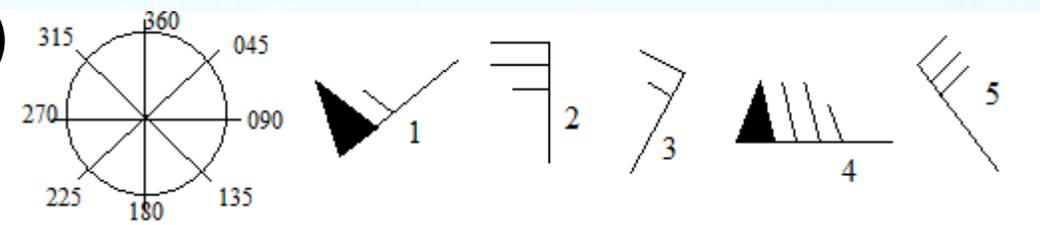
- le soir le sol se refroidit plus vite que la mer.
- Les mouvements de convection s'inversent => brise de terre



III Le vent

Connaissance du vent :

- Le vent est mesuré par les services météorologiques, à l'aide d'un **anémomètre** pour sa vitesse et d'une **girouette** pour sa direction, 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 de bulletins d'informations et de cartes établies à différentes altitudes.
- L'information sur les cartes est codée à l'aide de vecteurs:
 - trait = 10kts (½ trait = 5kts)
 - triangle = 50 kts

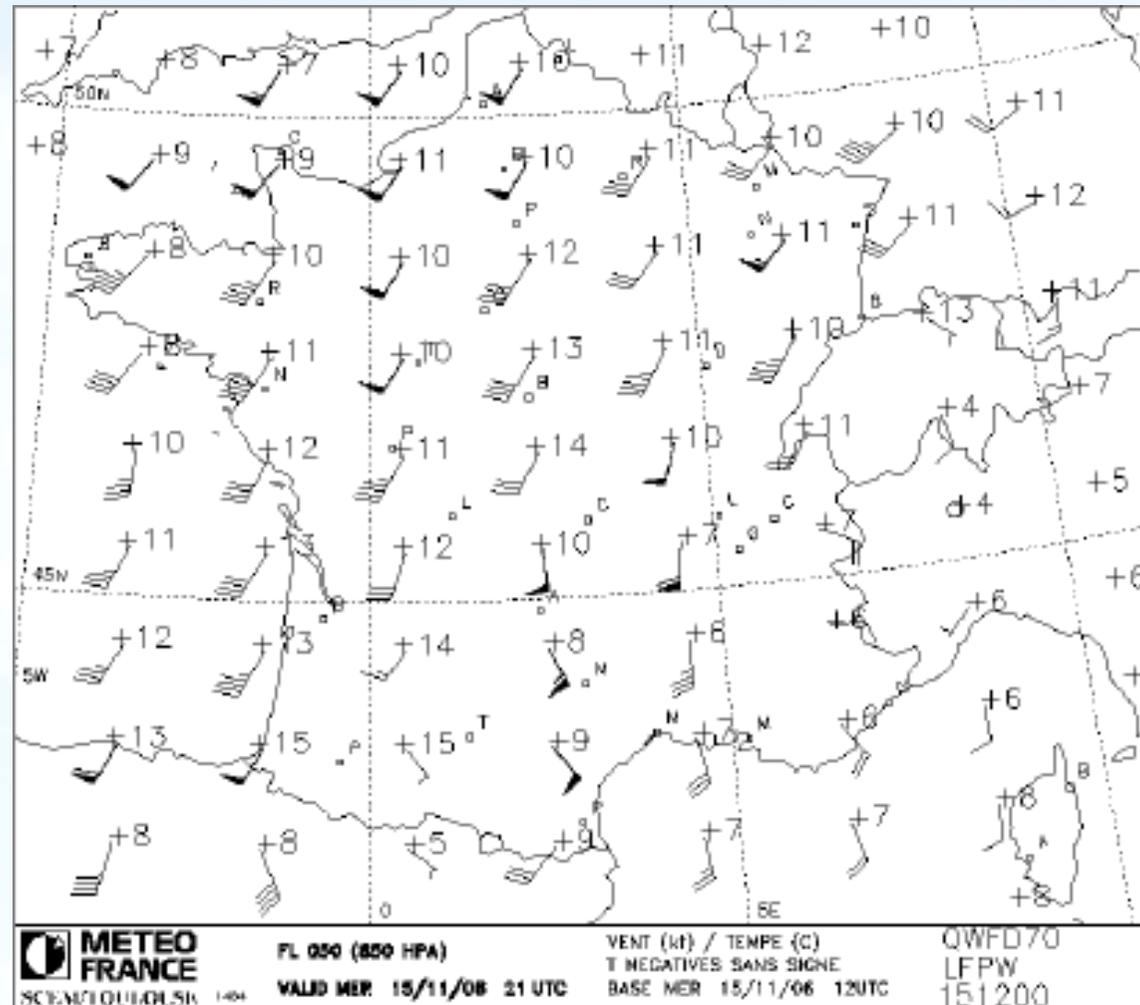


III Le vent

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 2^{ème} option :

$T \downarrow$ à p constante

= Point de rosée

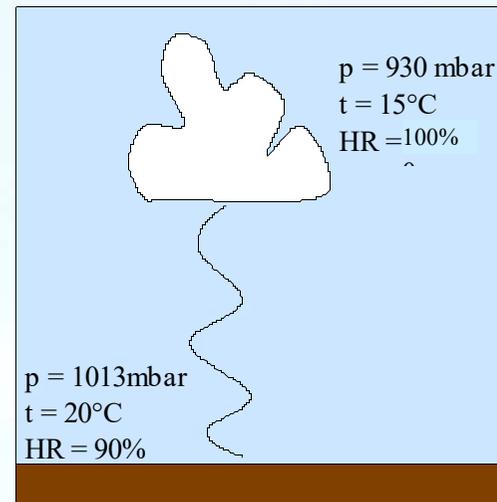
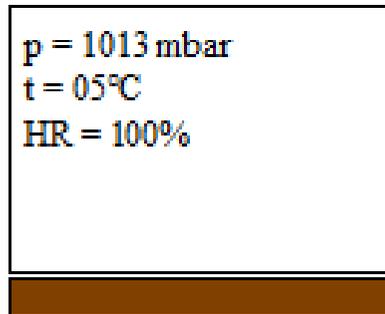
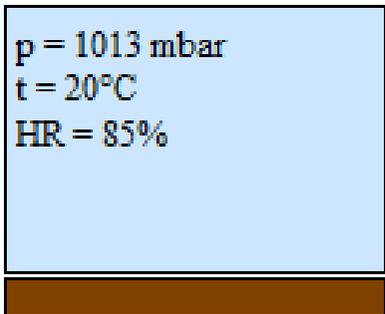
(Dew point)

Brumes et brouillards (**fog**)

$T \downarrow$ et $p \downarrow$ (détente adiabatique)

= point de condensation

Nuages (**clouds**)



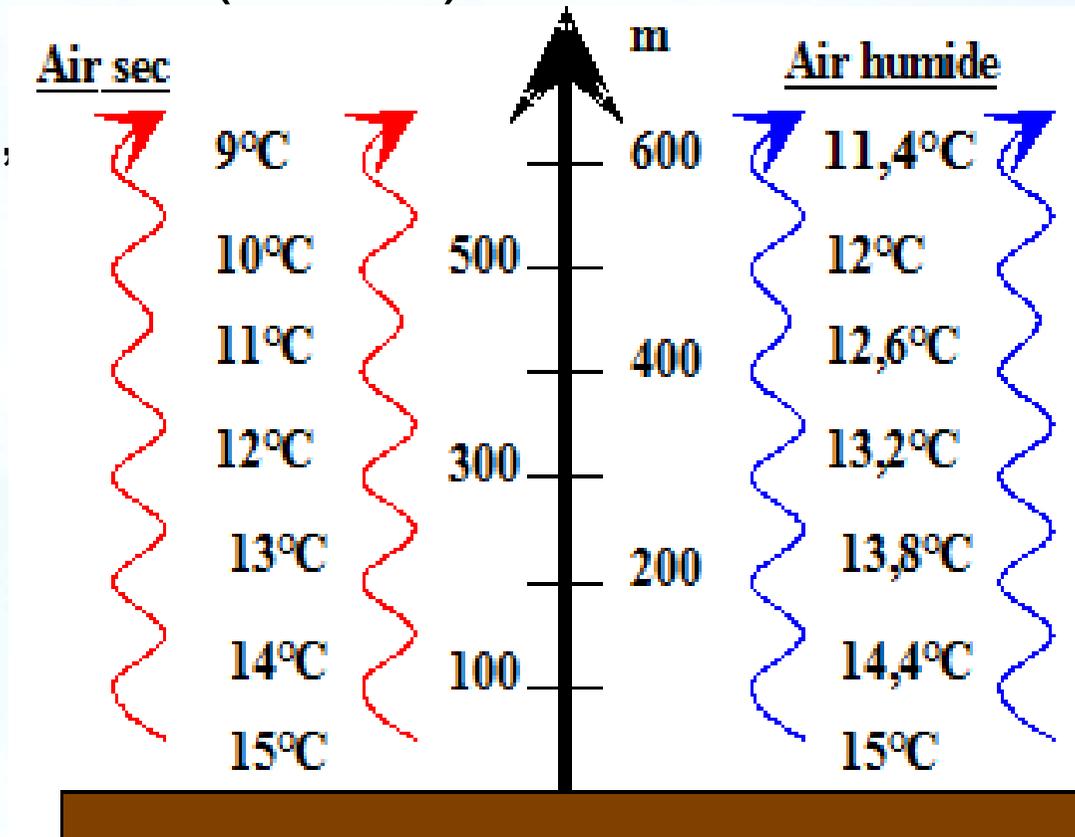
IV L'humidité de l'air

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

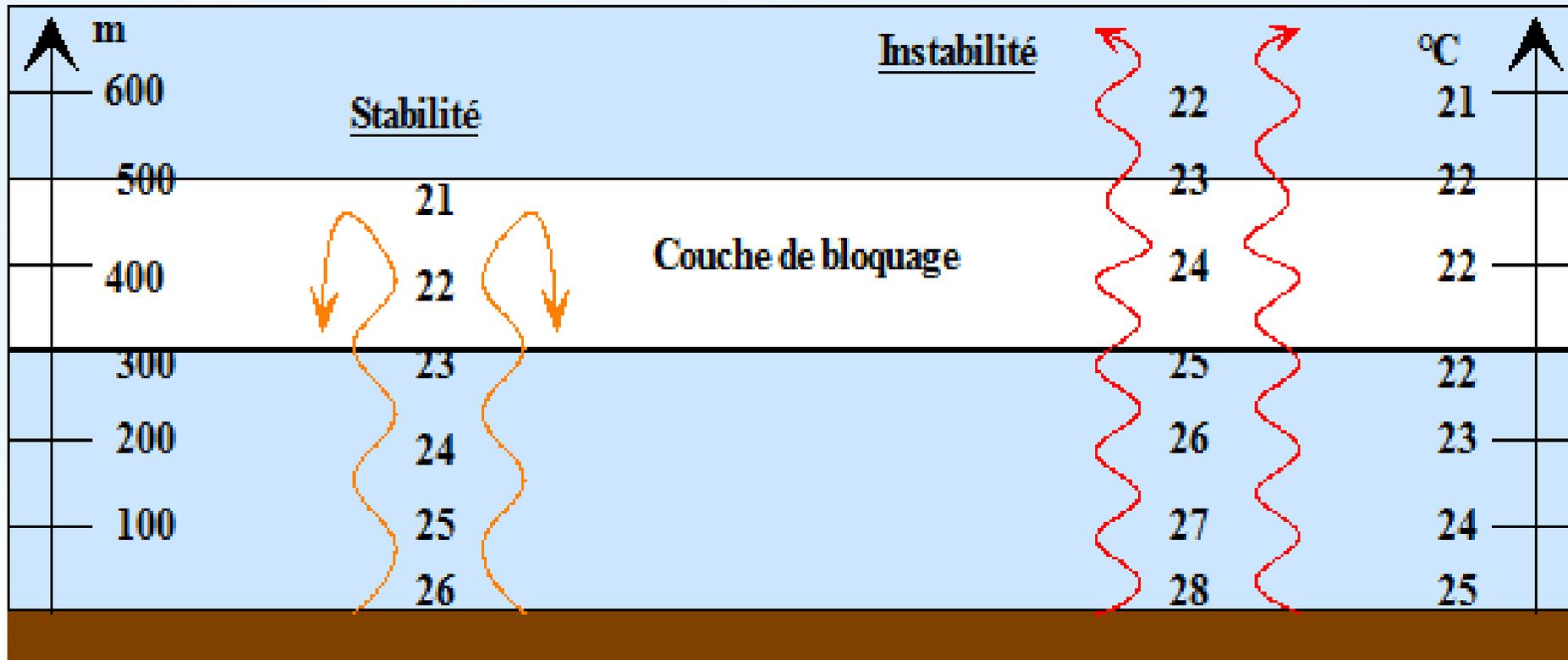
- Air sec : $1^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$
- Air humide : $0,6^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ (saturé)

- Si au cours de l'élévation, on atteint le point de condensation, 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, arctiques ou tropicales)
- 6 types en tout dont les caractéristiques principales sont bien connues et permettent de prévoir leur évolution dans leurs déplacements.

VI Les nuages

- **Nuage** = ensemble de gouttelettes d'eau (liquides) ou de cristaux de glace (solides) en suspension dans l'air.
- Condensation de la vapeur d'eau suite à une détente adiabatique ou un abaissement de température à P cste.
- Leur aspect dépend de :
 - la nature de leurs constituants
 - l'éclairage
 - la stabilité de l'atmosphère
- La couverture nuageuse est évalué en octas (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



(c) Frédéric WILLOT

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



VI Les nuages

Cirrocumulus :

- Nappe peu épaisse
- Éléments bourgeonnants soudés ou non



VII L'aérologie et le vol sans moteur

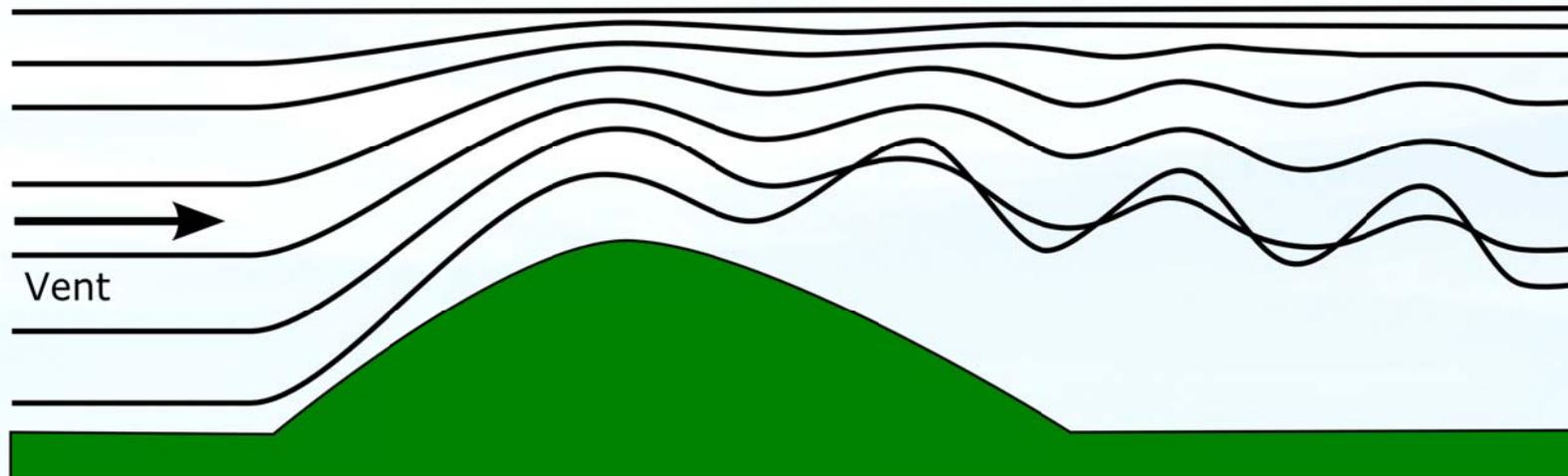
Qu'est-ce que l'aérologie :

- C'est l'étude des caractéristiques physiques et chimiques de l'atmosphère. (définition du dictionnaire)
- Au sens aéronautique du terme, il s'agit de l'étude des phénomènes météorologiques dans une zone de l'espace limitée à quelques centaines ou milliers de mètres de diamètre et sur une durée de quelques minutes à quelques heures. => C'est de la météo très localisée.
- Elle est fondamentale pour les pratiquants de vol sans moteur (vol à voile et vol libre) car c'est une bonne connaissance de l'aérologie qui permet de trouver les ascendances et d'éviter les pièges.
- Sa connaissance résulte de l'expérience acquise par une observation attentive du ciel et une connaissance du terrain plus encore que la maîtrise de la théorie .

VII L'aérogologie et le vol sans moteur

Utiliser les ascendances dynamiques des brises :

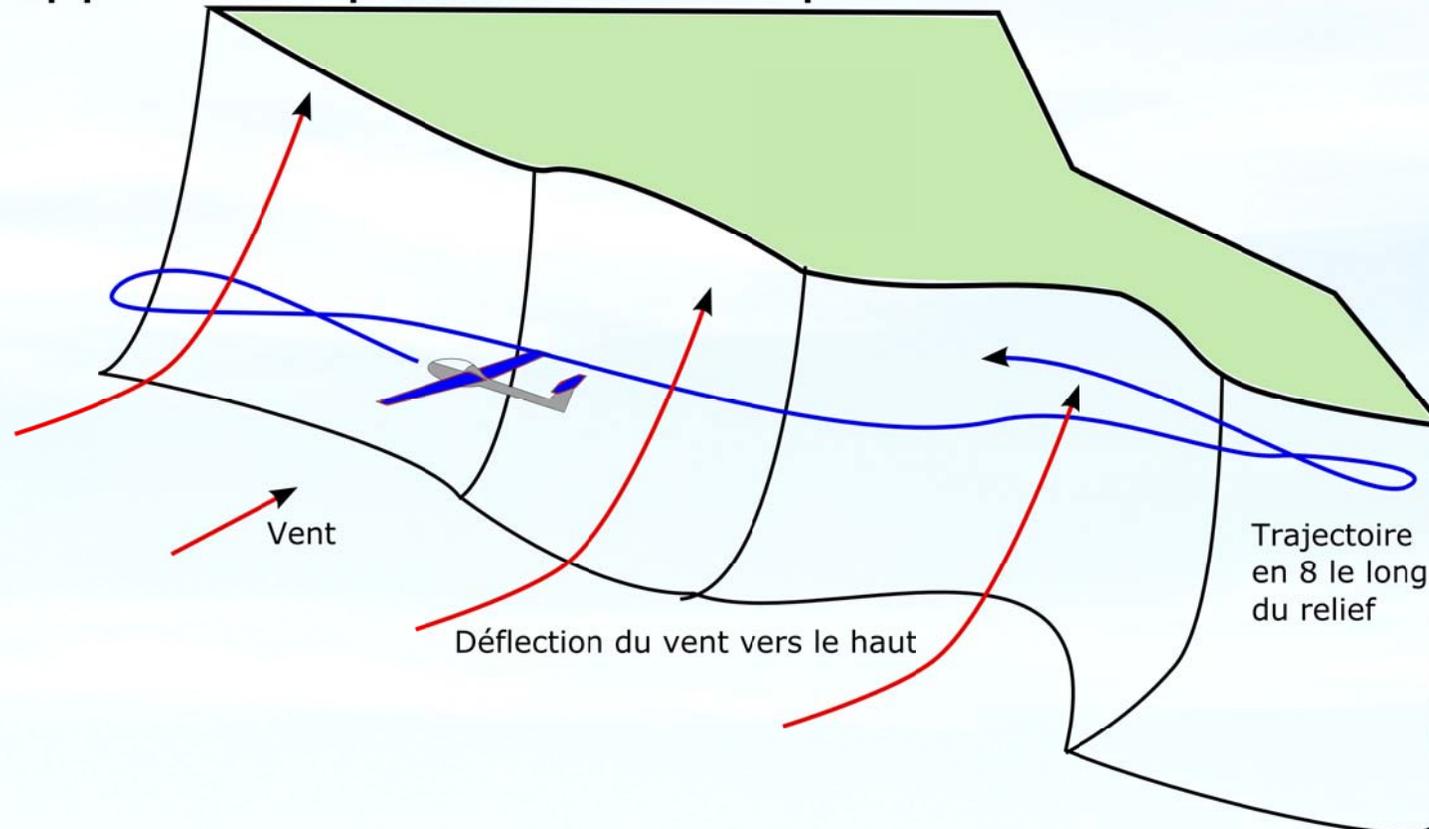
- Lorsqu'une brise souffle perpendiculairement au relief, elle crée une ascendance dynamique.
- Cette ascendance se renforce lorsque l'on s'approche du relief et lorsque l'on monte le long du relief.
- Elle peut dépasser le relief d'un tiers de sa hauteur et créer des turbulences sous le vent sur une distance de 20 fois sa hauteur.



VII L'aérogologie et le vol sans moteur

Utiliser les ascendances dynamiques des brises :

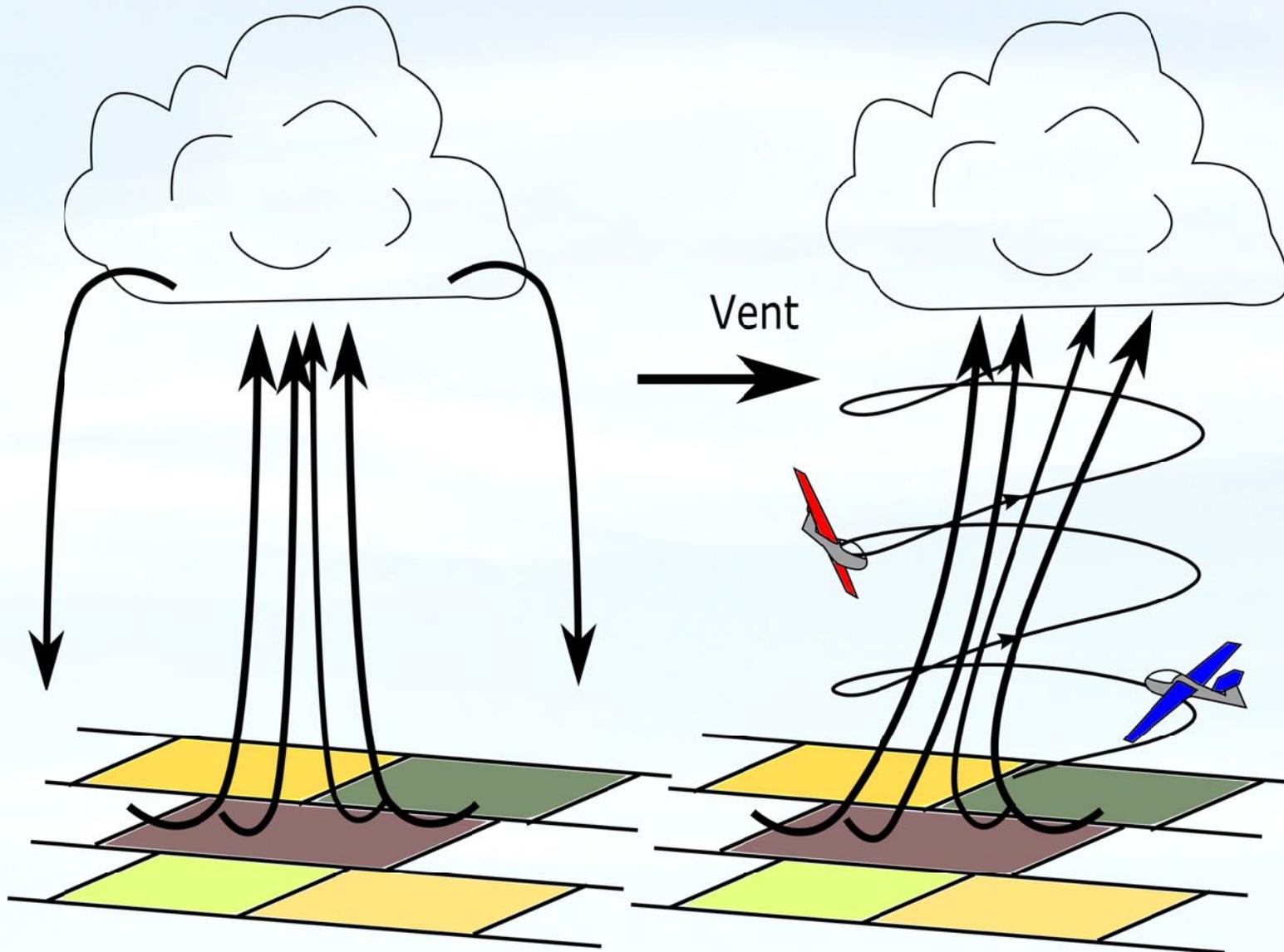
- En longeant la paroi, un planeur, un parapente ou un delta plane peut profiter de l'ascendance dynamique pour gagner de l'altitude.
- La trajectoire décrit une série de « 8 » ascendants. Le virage doit être géré pour ne pas trop s'éloigner de la paroi tout en veillant à ne pas se faire plaquer dessus.
- L'aéronef doit maintenir une vitesse assez élevée pour pouvoir s'échapper de la paroi en cas de problème.



VII L'aérogologie et le vol sans moteur

La recherche des ascendances thermiques :

- Les aéronefs sans moteurs peuvent aussi profiter des ascendances dues à la convection :



VII L'aérogologie et le vol sans moteur

La recherche des ascendances thermiques :

- Les ascendances peuvent se trouver sous les cumulus en cherchant:
 - Du côté au soleil.
 - Du côté au vent en décalant la recherche d'autant plus que le vent est fort et l'altitude basse par rapport au nuage.
 - Sous les cumulus en expansion (bourgeonnement en développement et forme s'élargissant vers le haut.
- Ou en ciel clair (thermique bleu) en cherchant:
 - Les zones de fort contraste au sol susceptibles de chauffer localement (parking, zone rocheuse au milieu des prairies...).
 - En tenant compte du vent qui fait dériver les thermiques dans leur ascendance.

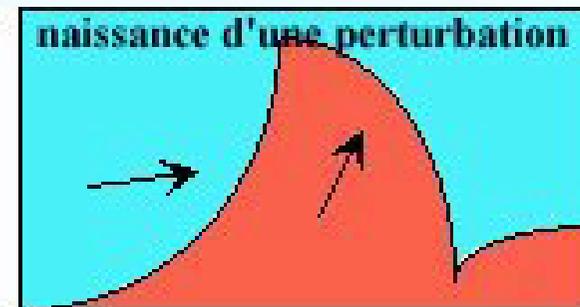
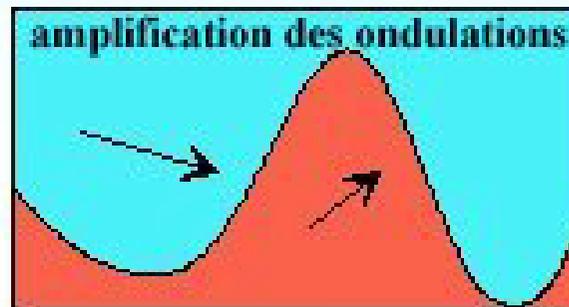
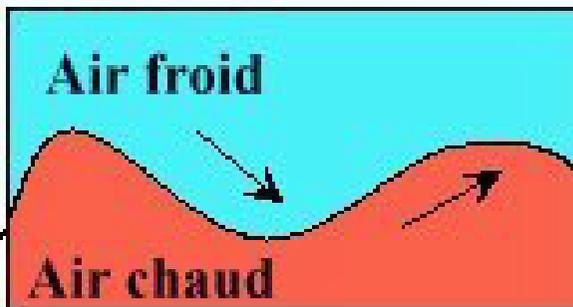
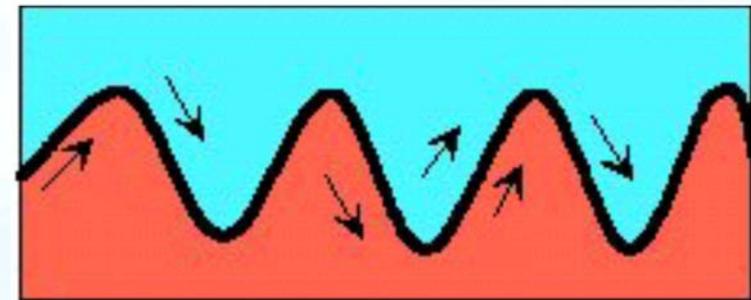
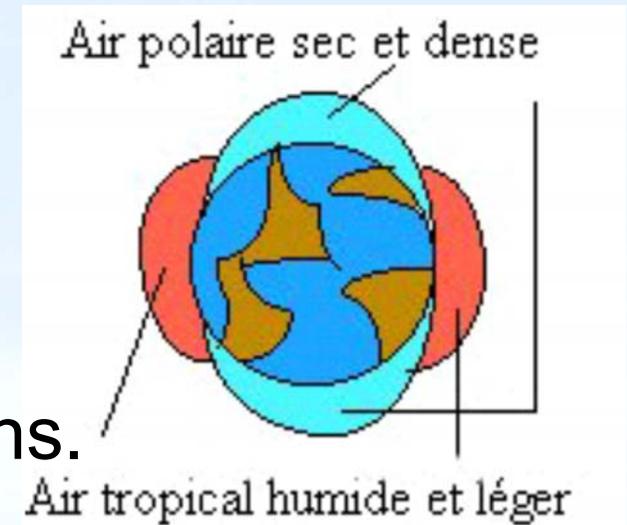
VII L'aérogologie et le vol sans moteur

L'importance de l'aérogologie en phase d'approche :

- Une bonne connaissance de l'aérogologie locale en phase d'approche permet :
 - D'éviter des turbulences dangereuses à basse vitesse
 - D'éviter ou d'anticiper des ascendances en finale
 - D'anticiper une dérivation dans le circuit...
- Il en est de même au décollage.
- Pour le vol libre une reconnaissance attentive des décollages et atterrissages est essentielle pour la sécurité. Pour ces aéronefs toutes les turbulences sont potentiellement dangereuses, d'autant plus à faible vitesse.

VIII Les perturbations et les fronts

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



VIII Les perturbations et les fronts

- La perturbation est limitée par 2 fronts :

- front chaud en avant :

warm front

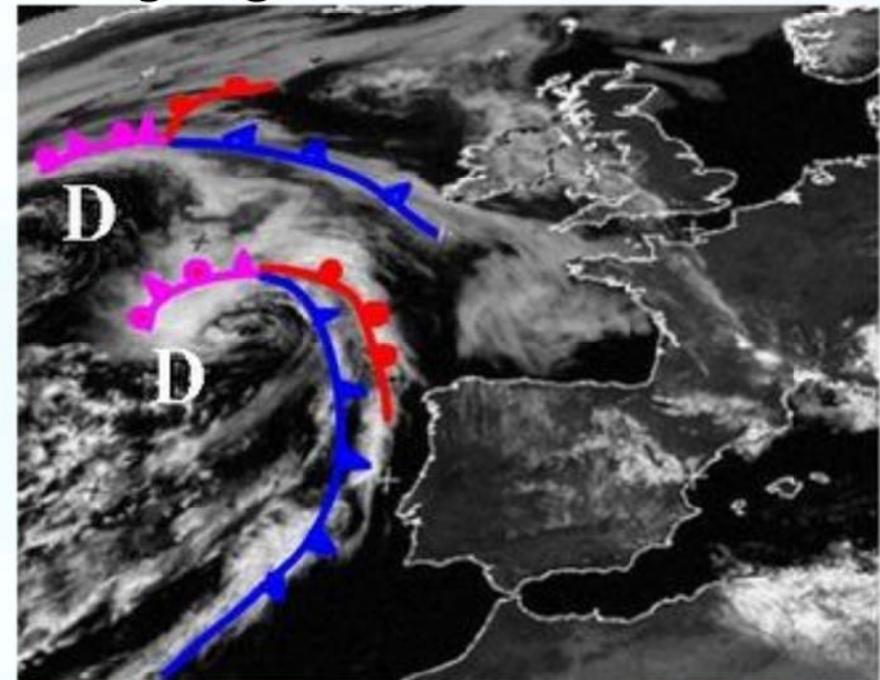


- front froid en arrière :

cold front



- Si les deux fronts se rejoignent, il y a une occlusion (**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.

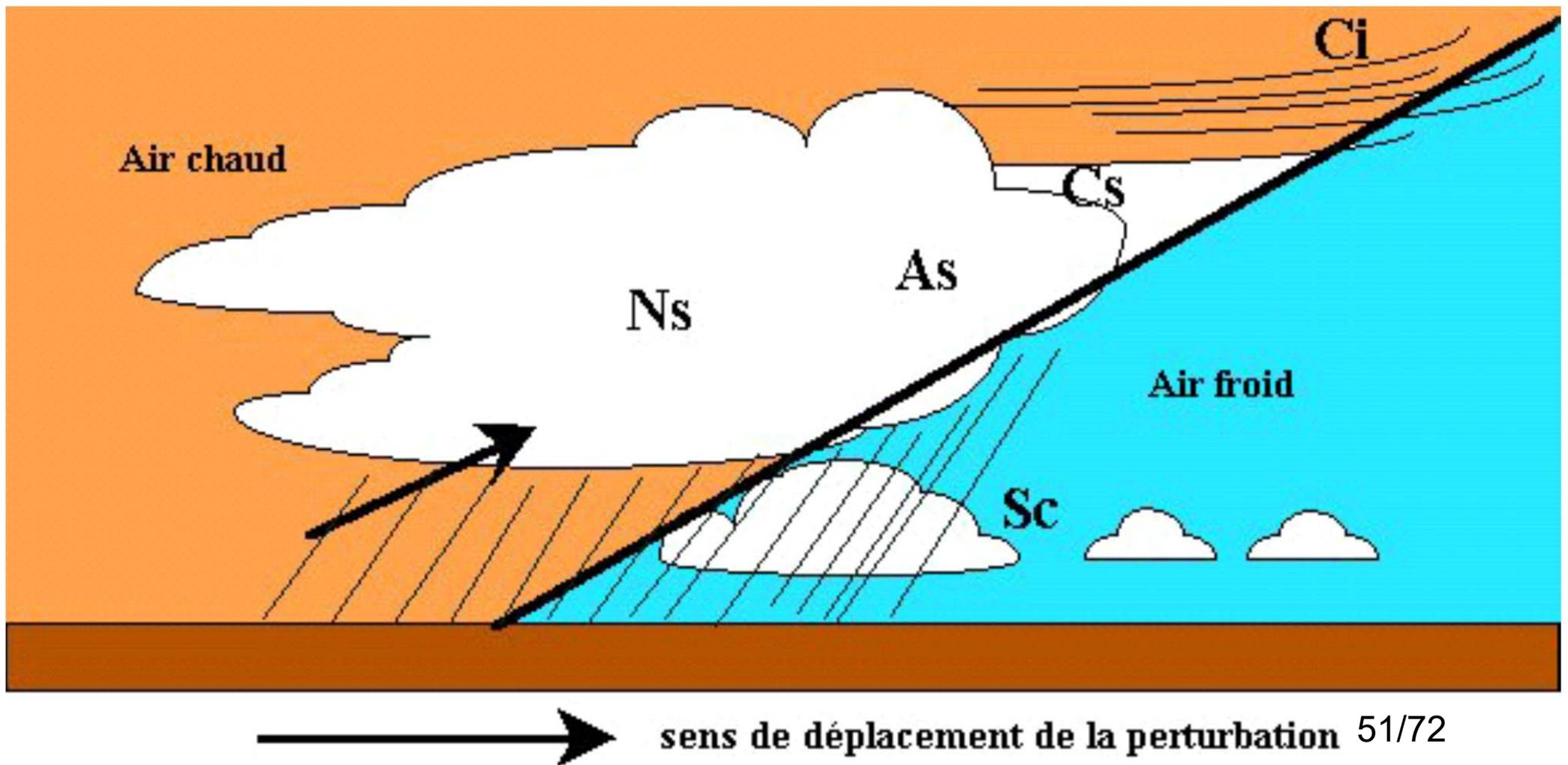


- Derrière le front froid, il y a une traîne (zone de nuages bas : cumulus et stratocumulus).

VIII Les perturbations et les fronts

Front chaud :

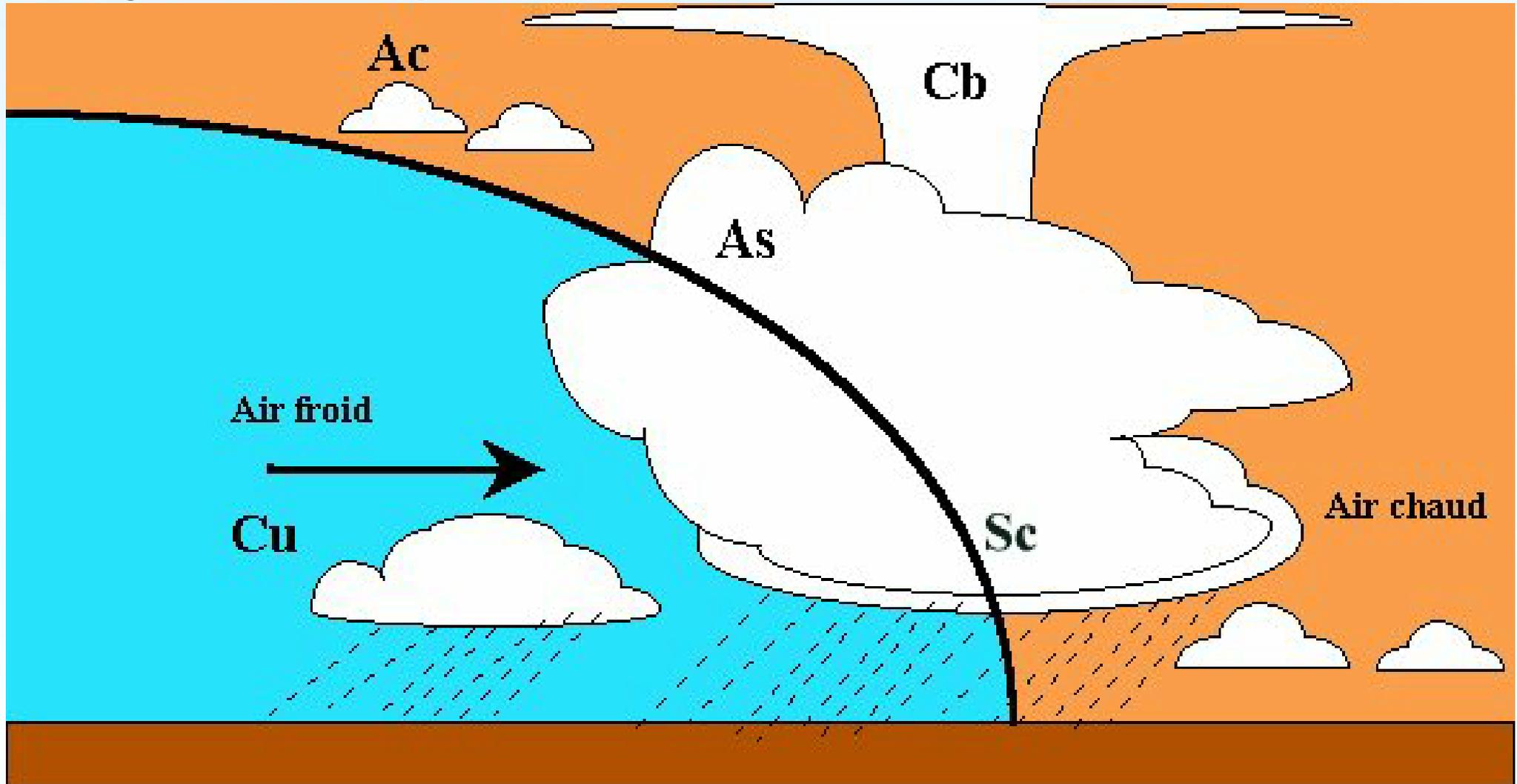
- L'arrivée de cirrus suivis de cirrostratus est souvent un signe annonciateur d'une perturbation.
- Le ciel est relativement dégagé entre les 2 fronts.



VIII Les perturbations et les fronts

Front froid :

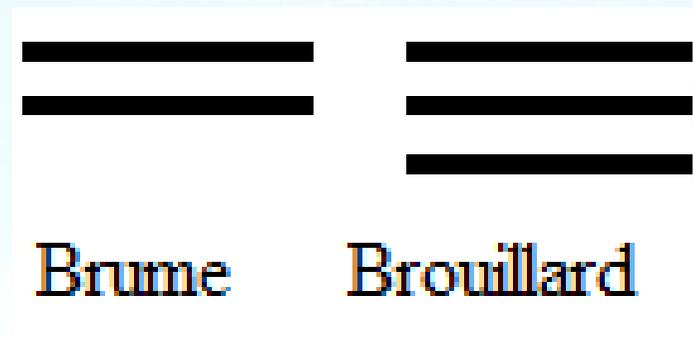
- + instable et + actif que le front chaud
- Orages assez fréquents



sens de déplacement de la perturbation

IX Les phénomènes dangereux

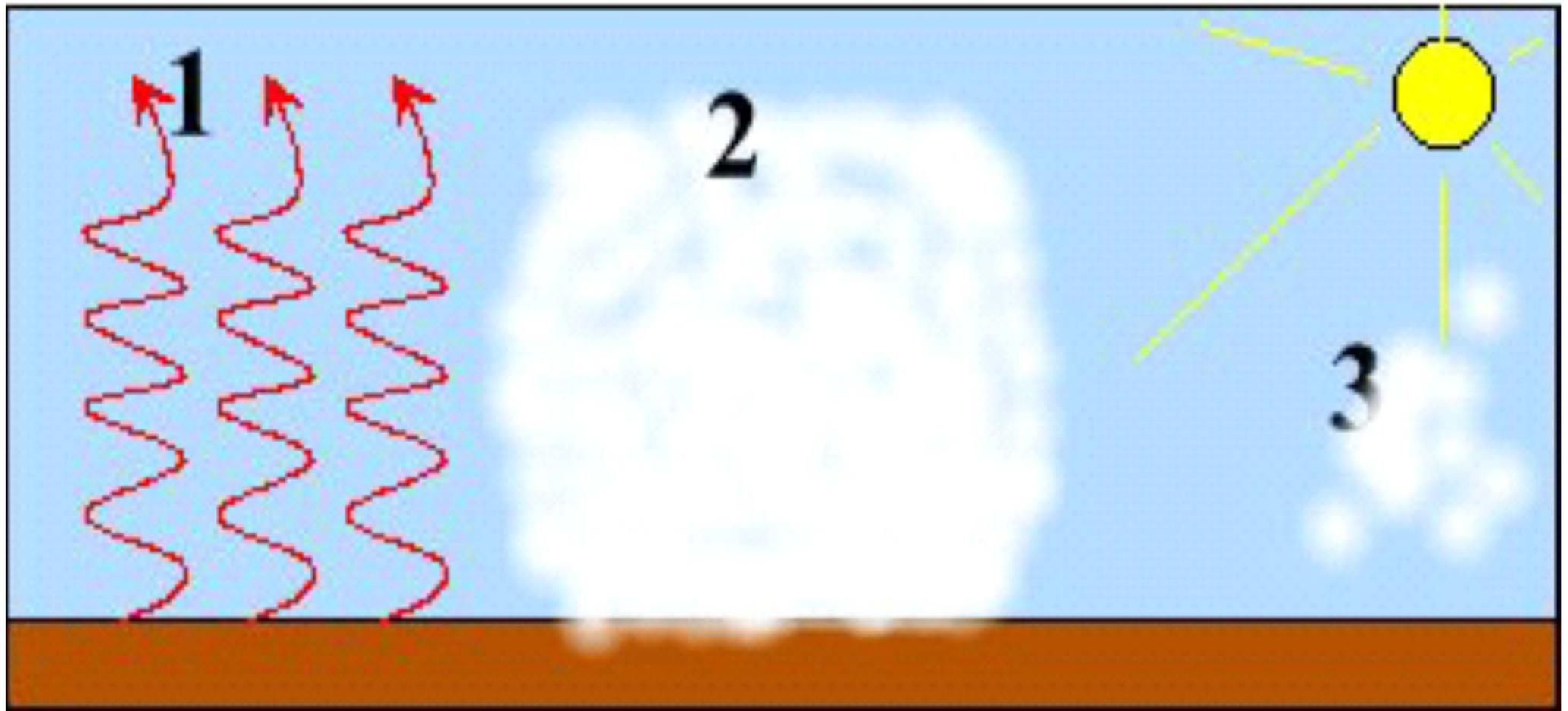
- Brume et brouillard sont des gouttelettes d'eau en suspension (**mist and fog**)
- Brouillard = visibilité < 1 km
- Brume = visibilité > 1 km
- Brume sèche = particules de poussières ou de fumée en suspension (**haze**)
- Conditions favorables à la formation du brouillard:
 - Pression élevée
 - Température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



IX Les phénomènes dangereux

Brouillard de rayonnement :

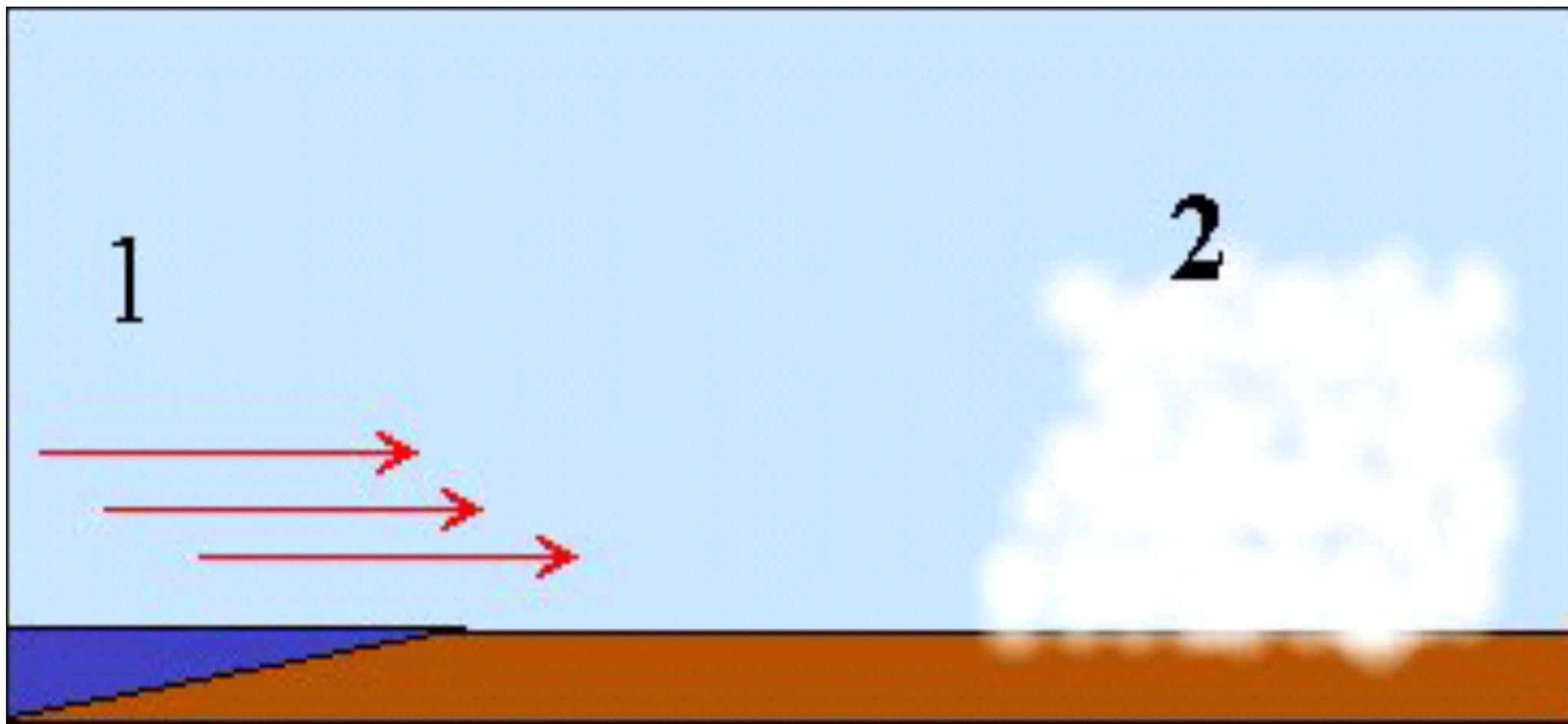
- Refroidissement rapide du sol, air humide et pas de vent
- Se dissipe sous l'action du soleil



IX Les phénomènes dangereux

Brouillard d'advection :

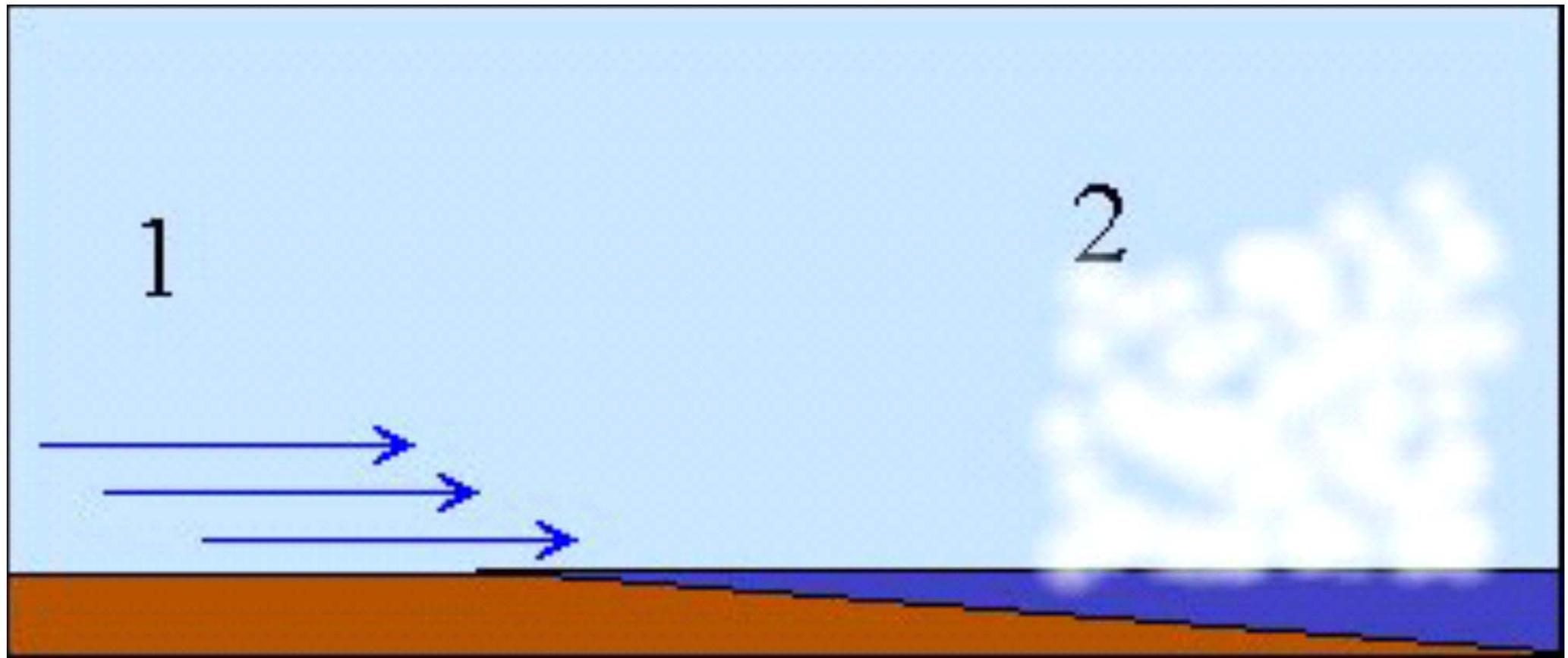
- Air chaud et humide poussé sur un sol froid par un vent faible
- Refroidissement de l'air au contact du sol => brouillard



IX Les phénomènes dangereux

Brouillard d'évaporation :

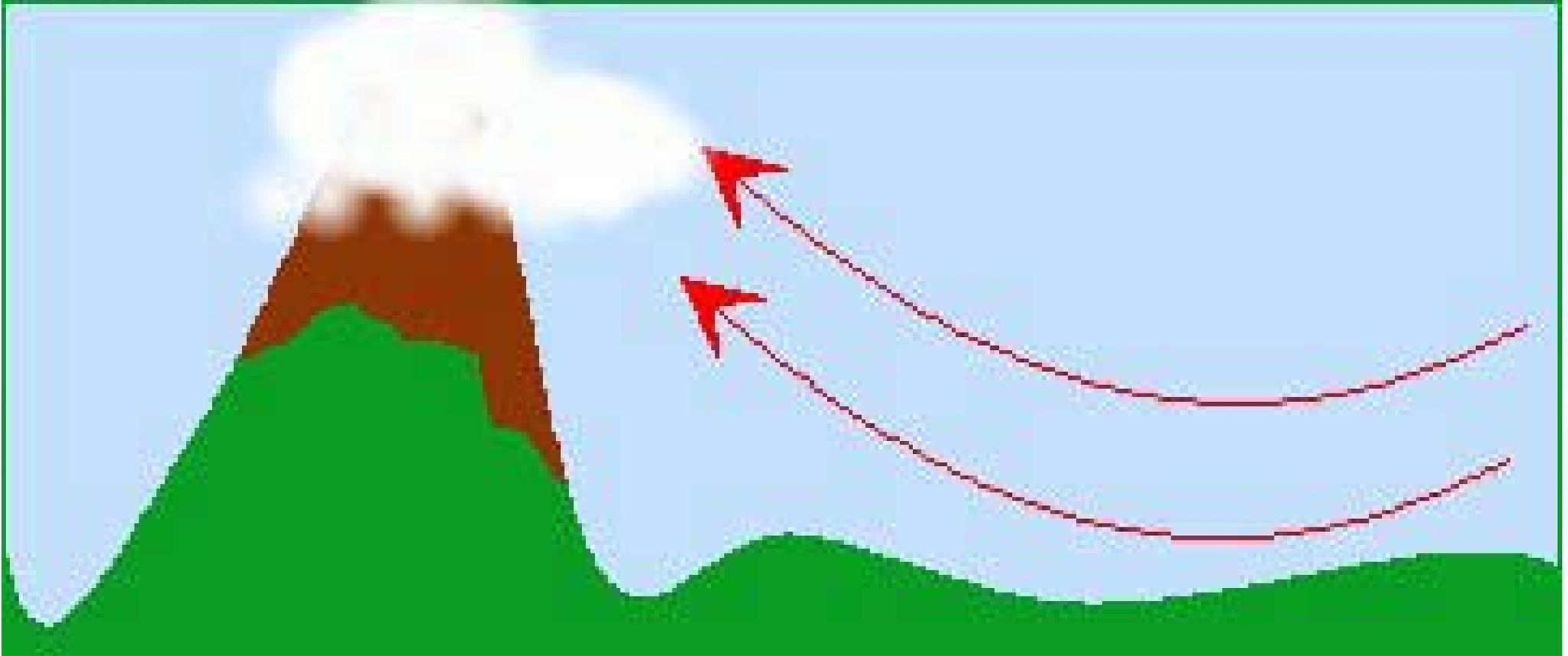
- Air froid et sec poussé sur une étendue d'eau par un vent faible
- Évaporation dynamique de l'eau => Brouillard dans l'air froid



IX 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



IX Les phénomènes dangereux

Dangers du brouillard :

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



IX 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 :

Faible Modéré Fort
- 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.

IX 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 surfondue

IX 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.

IX 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.

IX 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 aux compresseurs ou extinction due à la glace dans la chambre de combustion).

IX 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 aux personnes non attachées



Les turbulences se rencontrent :

- Au contact de 2 masses d'air différentes
- 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 »)

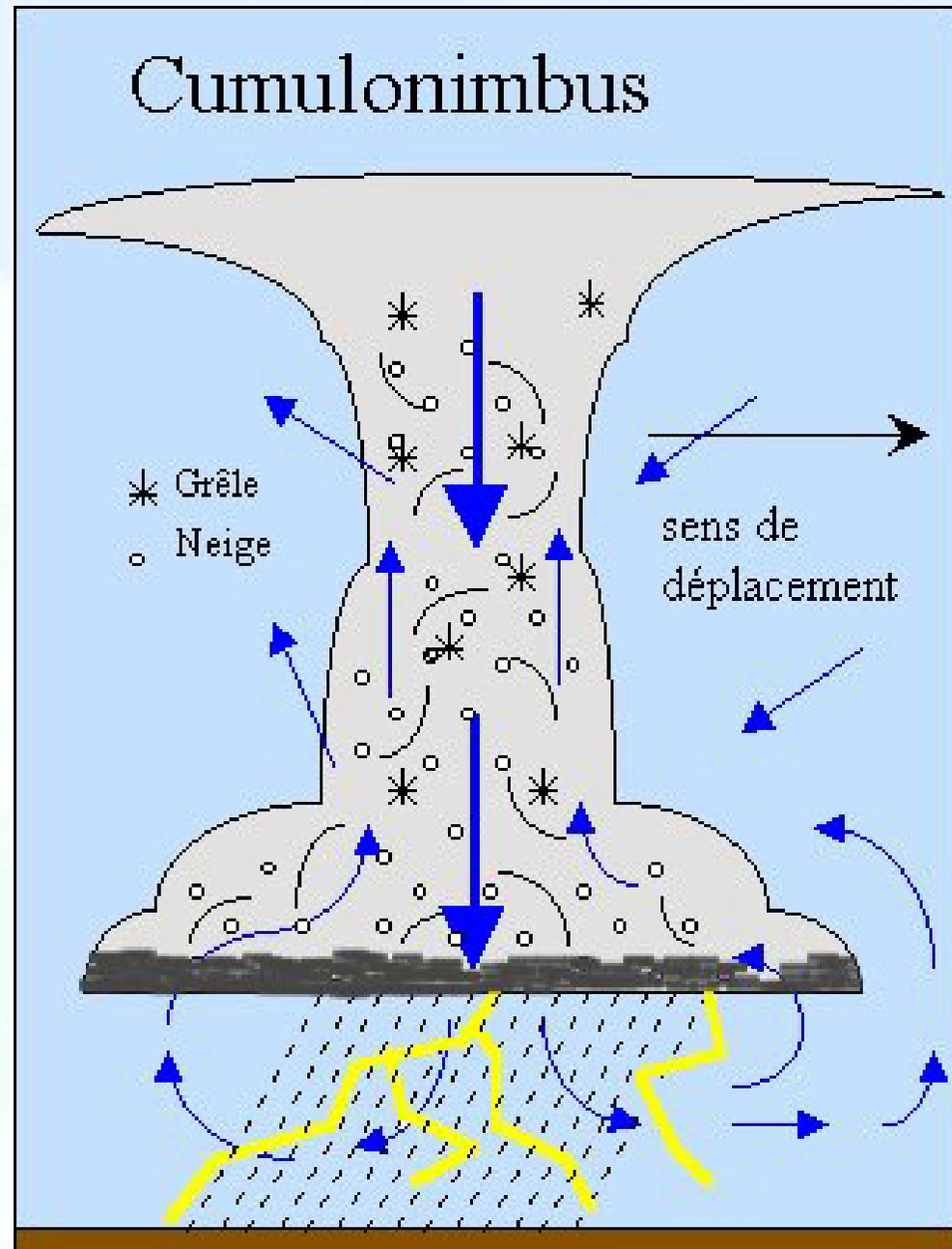
IX Les phénomènes dangereux

Formation des orages:

- 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 des orages :

- turbulences
- grains
- grêle
- foudre



X L'information météo pour l'aéronautique

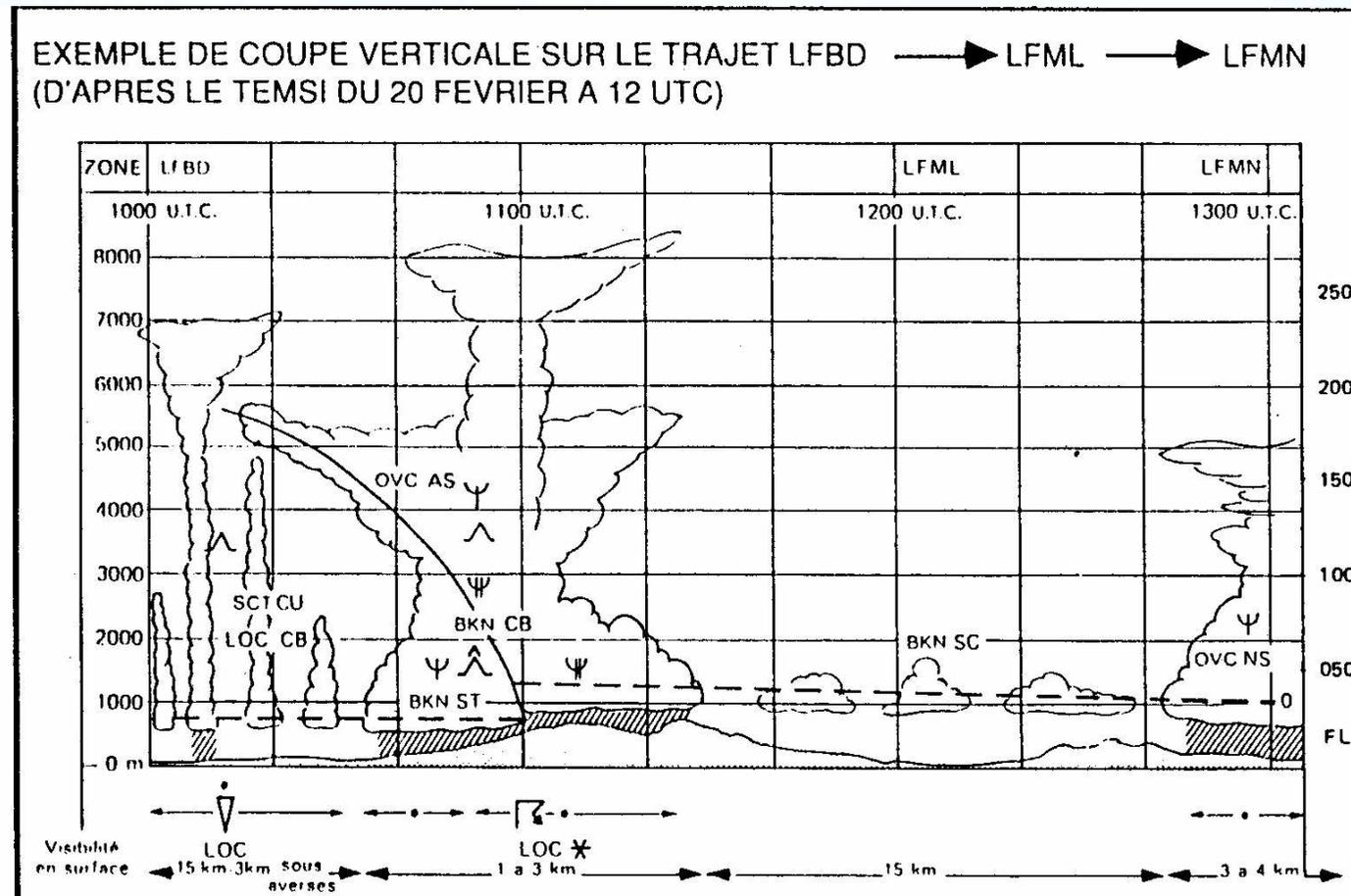
Pour assurer la sécurité d'un vol, un pilote doit :

- 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

X 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.



X 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

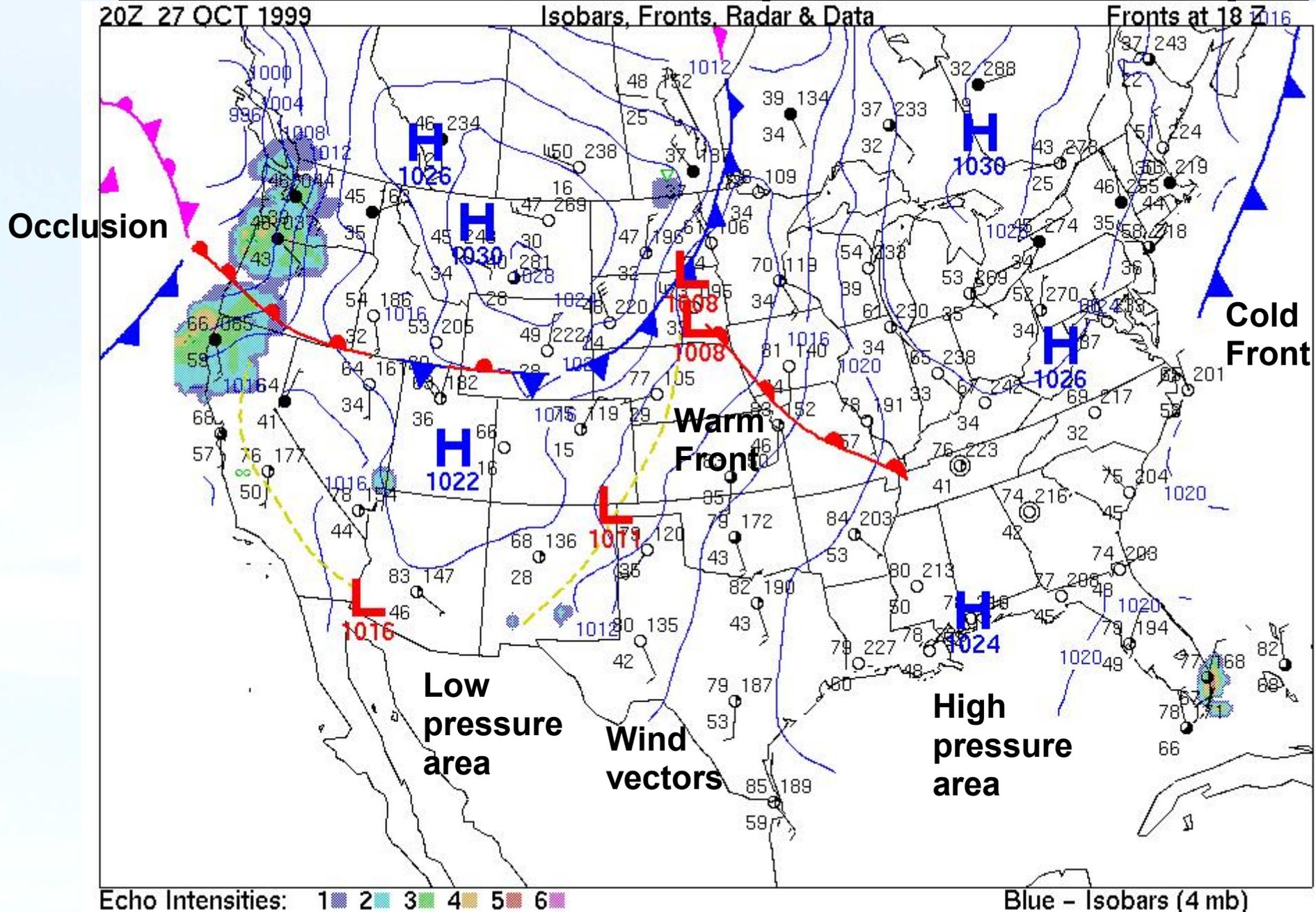
Les **TAF** : = Terrain of Arrival Forecast

- 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

X L'information météo pour l'aéronautique



X L'information météo pour l'aéronautique

L Low Pressure Center in Millibars...typically brings clouds and precipitation

H High Pressure Center in Millibars...typically brings fair skies

•• Rain

••• Moderate Rain

•••• Heavy Rain

•• Rain and Drizzle

••• Drizzle

•* Rain and Snow

* Flurries

** Snow

*** Moderate Snow

*** Heavy Snow

☃ Smoke

R Thunderstorms

≡ Fog

≡≡ Dense Fog

••≡ Rain and Fog

••≡ Drizzle and Fog

••≡ Rain, Drizzle, & Fog

***≡ Snow and Fog

•*≡ Rain, Snow, & Fog

☃ Freezing Rain

☃ Freezing Drizzle

☃ Blowing Snow

R Thunderstorms w/ Hail

Unshaded areas indicate cloud-free or fair skies

Black lines are lines of constant pressure or isobars



Grey shaded areas indicate cloudy areas

Green shaded areas indicate areas that have the best chance for precipitation

Cold Front...boundary between approaching cold air and warmer air

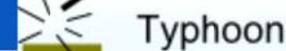
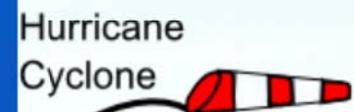
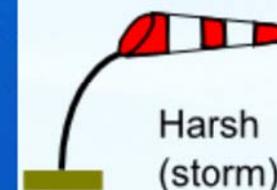
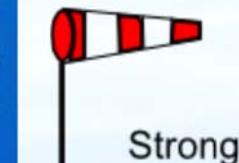
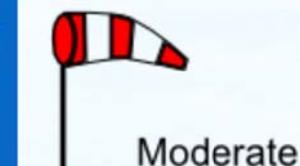
Warm Front...boundary between approaching warm air and cooler air

Occluded Front...cold air over takes warm air or vice versa

Stationary Front...boundary between warm and cold air has little or no movement

Trough...boundary of low pressure

Wind strength



Sources documentaires

- Les visiteurs du ciel, Hubert AUPETIT, Éditions Rétine
- La météorologie du vol à voile, Tom BRADBURRY, éditions Cépaduès
- Manuel du pilote d'avion Vol à vue , SFACT, éditions Cépaduès
- Manuel du pilote vol à voile, collectif, éditions Cépaduès

Les illustrations ont été réalisées par l'auteur ou ont été trouvées sur divers sites internet avec une recherche mentionnant une réutilisation autorisée sans but commercial. Les cartes météo proviennent de Météo France.

Ce document a été réalisé par Monsieur Frédéric WILLOT avec l'aide de Messieurs Marc COPPIN, Laurent BUISSYNE et Olivier SEYS. Tous enseignent le Brevet d'Initiation Aéronautique dans l'Académie de LILLE.

Il peut être utilisé librement par quiconque le souhaite, modifié ou non, sous condition que l'utilisation soit faite à des fins pédagogiques et non lucratives.