



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



METEOROLOGIE GENERALE

**Arrêté du 20 août 1999 A431.211-02 fixant le niveau de connaissances
requis pour la présentation aux examens théoriques PPL**



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Plan du cours

- **L'atmosphère**
- **Energie et température. Notions de potentiel énergétique**
- **Pression atmosphérique**
- **Humidité**
- **Nuages et précipitations**
- **Masses d'air**
- **Phénomènes locaux**
- **Fin du cours**



Définition :

- **ENVELOPPE GAZEUSE QUI ENTOURE LA TERRE**

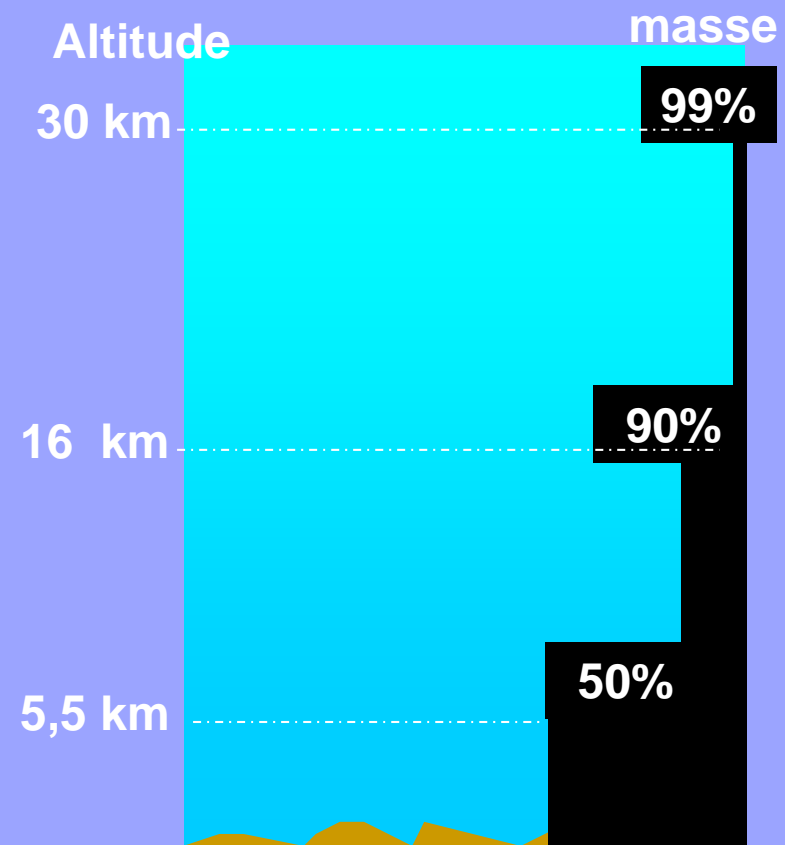
Verticalement:

La masse atmosphérique n'est pas régulièrement répartie.

La moitié de la masse se trouve en-dessous de 5500m

Les 9/10èmes se trouvent en-dessous de 16000m

Les 99/100èmes se trouvent en-dessous de 30km





Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



L'Atmosphère

- **Répartition Horizontale:**

- La masse atmosphérique n'est pas régulièrement répartie. Les différences de température et le mouvement atmosphérique modifient cette répartition, mais les variations correspondantes sont relativement modestes.



- **COMPOSITION**

- **Composition brute**

- **Azote N 78.09 %**
 - **Oxygène 20.95 %**
 - **Argon 0.93 %**

- **99.97%**

- **0.03 %** sont négligés **gaz rares**

- **Vapeur d'eau** **particules solides**

- **1 % à 1 ‰**

- **Composition météorologique**

AIR SEC

78 %

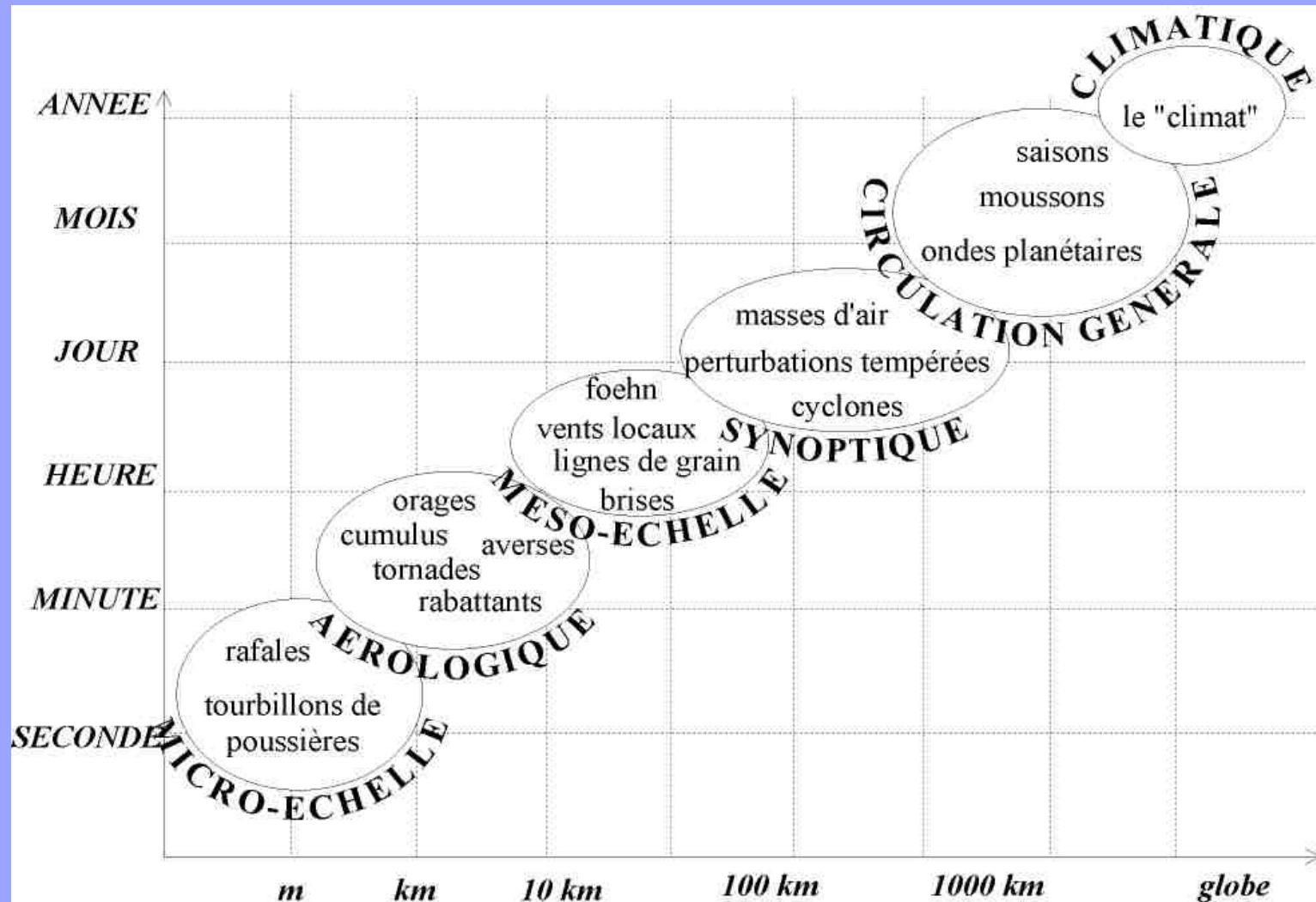
21 %

1 %

100 %



Echelles météorologiques des événements atmosphériques :



ECHELLES DES PRINCIPAUX PHENOMENES METEOROLOGIQUES



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



L'atmosphère

Paramètres descriptifs de l'atmosphère :

L'air SEC est caractérisé par :

- sa pression P (Hpa)
- sa température T (Kelvin)
- son Humidité relative U (%)
- son Vent V (Kt)



- **Extrêmes Terrestres**

- **La pression**

- Moyennes :

- $P(0m) = 1000 \text{ hPa}$, $P(16km) = 100 \text{ hPa}$ $P(30km) = 10 \text{ hPa}$

- Extrêmes :

- Monde : $P(0m)$: 1083 hPa (Sibérie) 876 hPa (Guam pacifique)

- France : $P(0m)$ 1050 hPa à 947 hPa

- Décembre 99 : 965 hPa

- **La température**

- Moyennes :

- $t(0m) = 15^\circ\text{C}$, $t(10 \text{ km}) = -56.5^\circ\text{C}$, $t(32 \text{ km}) = -44^\circ\text{C}$

- Extrêmes :

- Monde : $t(\text{surface})$: $+58^\circ\text{C}$ (Libye), $-88,3^\circ\text{C}$ (Antarctique)

- France : $t(\text{surface})$ $+44^\circ\text{C}$ (Toulouse), -33°C (Langres)



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Energie & température

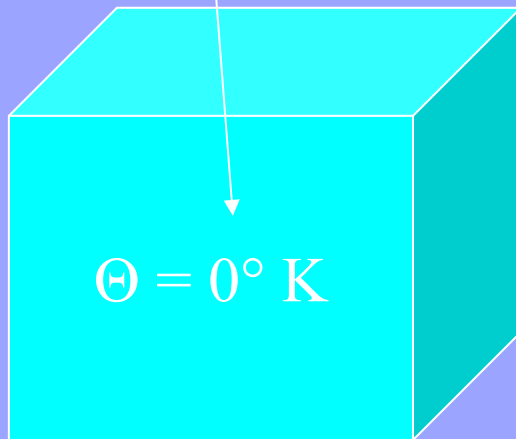
- Définition
- Variations verticales
- Variations en surface dans le temps
- Importance aéronautique



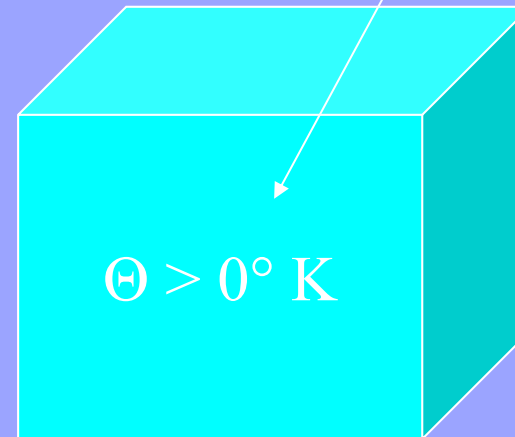
- Définition de la température

- Grandeur physique caractérisant l'agitation moyenne des molécules

Pas de mouvement



Mouvement quantifiable

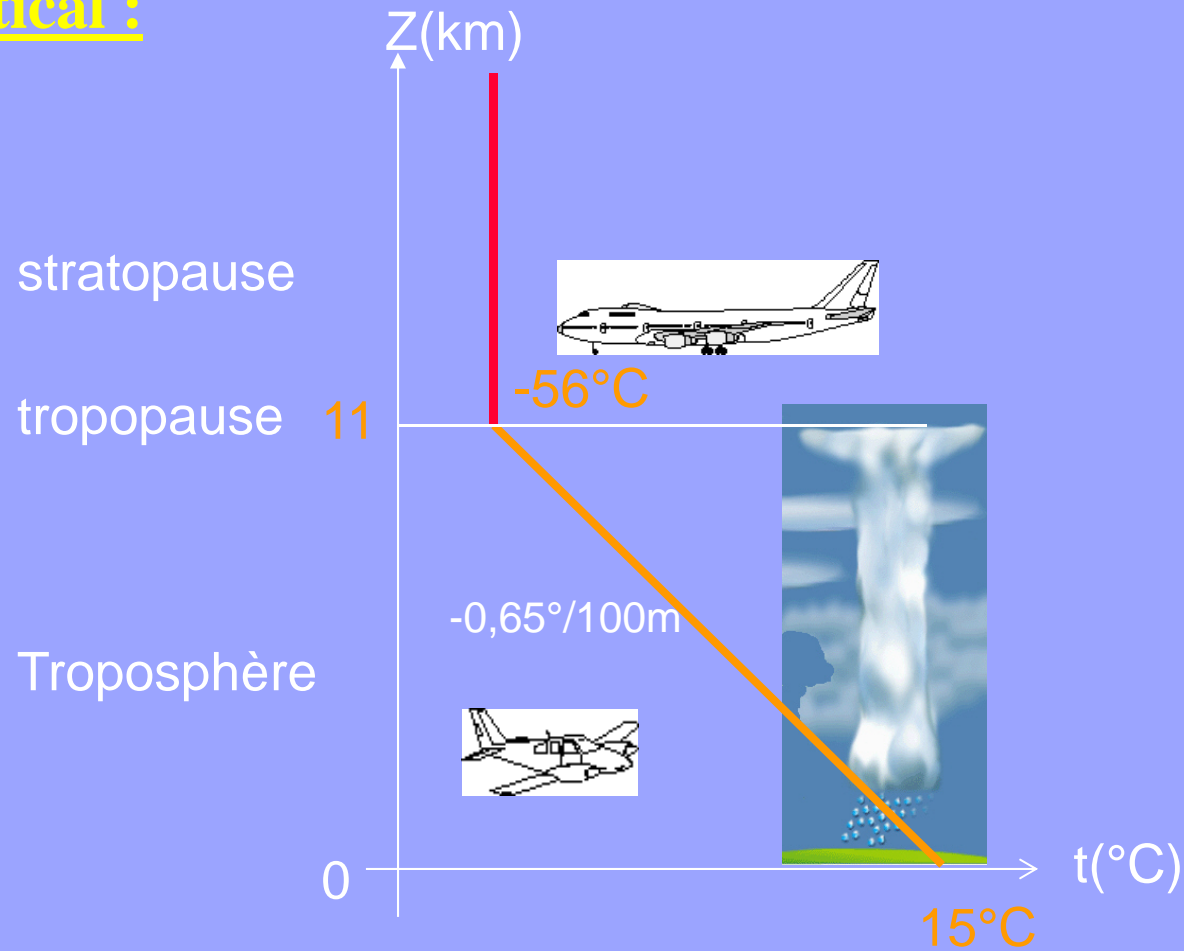




- **Le Kelvin (K), qui quantifie le mouvement absolu de la matière : c'est la température absolue $0\text{ K} = -273.15^\circ\text{C}$**
- **L'échelle Celsius ($^\circ\text{C}$) c'est une échelle relative et centésimale entre 2 points fixes le mélange eau pure/glace fondante et l'eau pure en ébullition.**
- **L'échelle Fahrenheit ($^\circ\text{F}$) c'est une échelle non centésimale dont les points fixes sont la température minimale du 18eme siècle et la température humaine.**
- **$T^\circ\text{C} = (F-32)*5/9$ $T^\circ\text{F} = (T^\circ\text{C}*9/5)$**

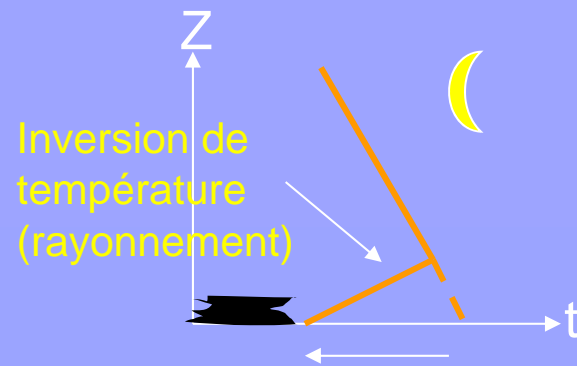


Profil vertical :

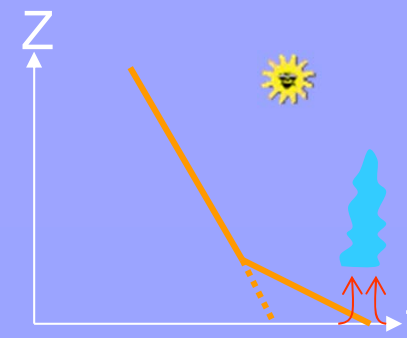




Influence de la surface :



Refroidissement de l'air par
conduction (sol froid)

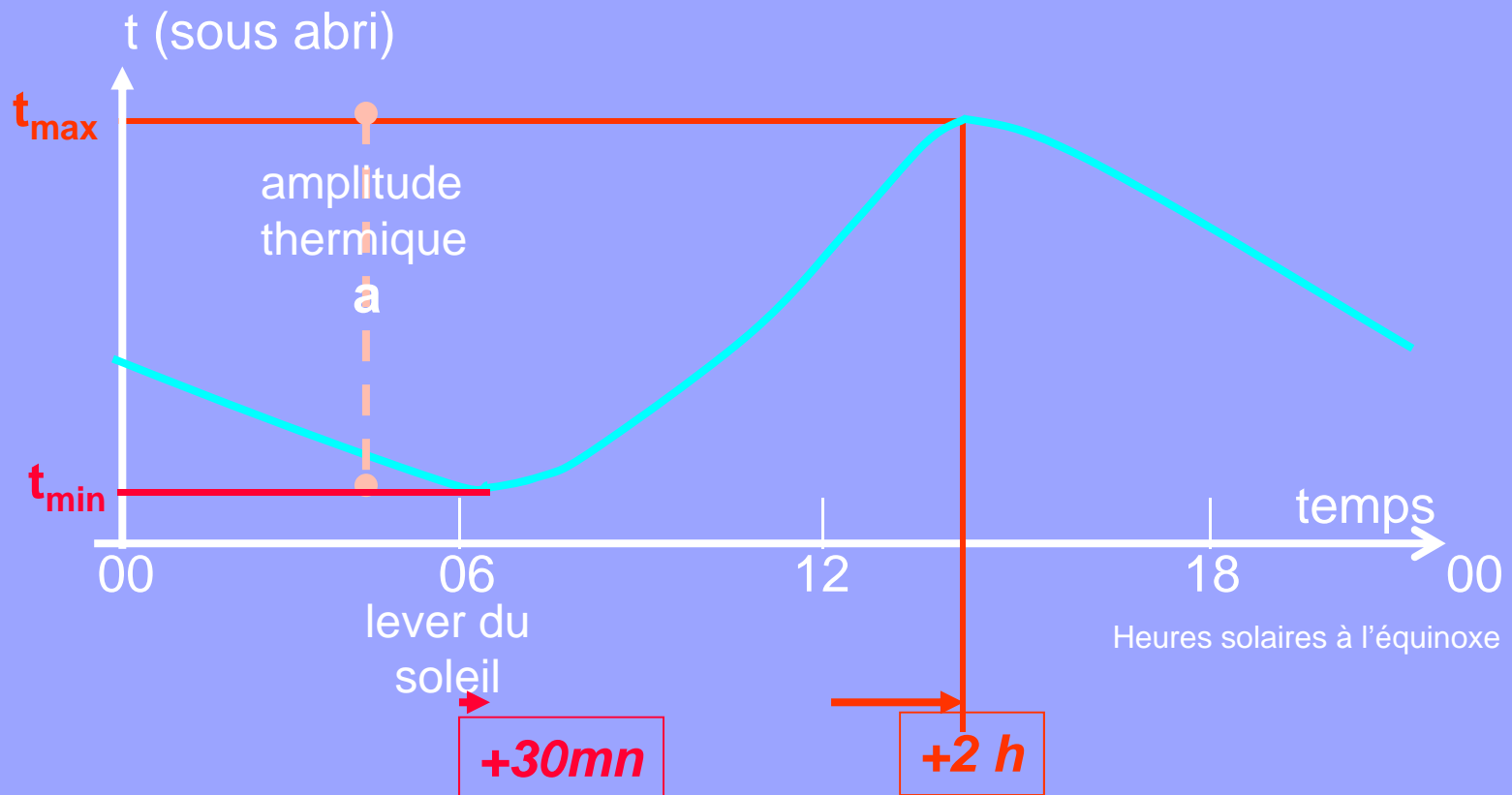


Réchauffement de l'air par
conduction (sol chaud), puis
convection



Variations locales :

En surface : variations régulières, cycle jour/nuit





Effet local sur les variations :

En surface : amplitude thermique

$$a = t_{\max} - t_{\min}$$

Intensité radiation solaire

saison (été)

latitude

Atmosphère

vent

nuages

humidité

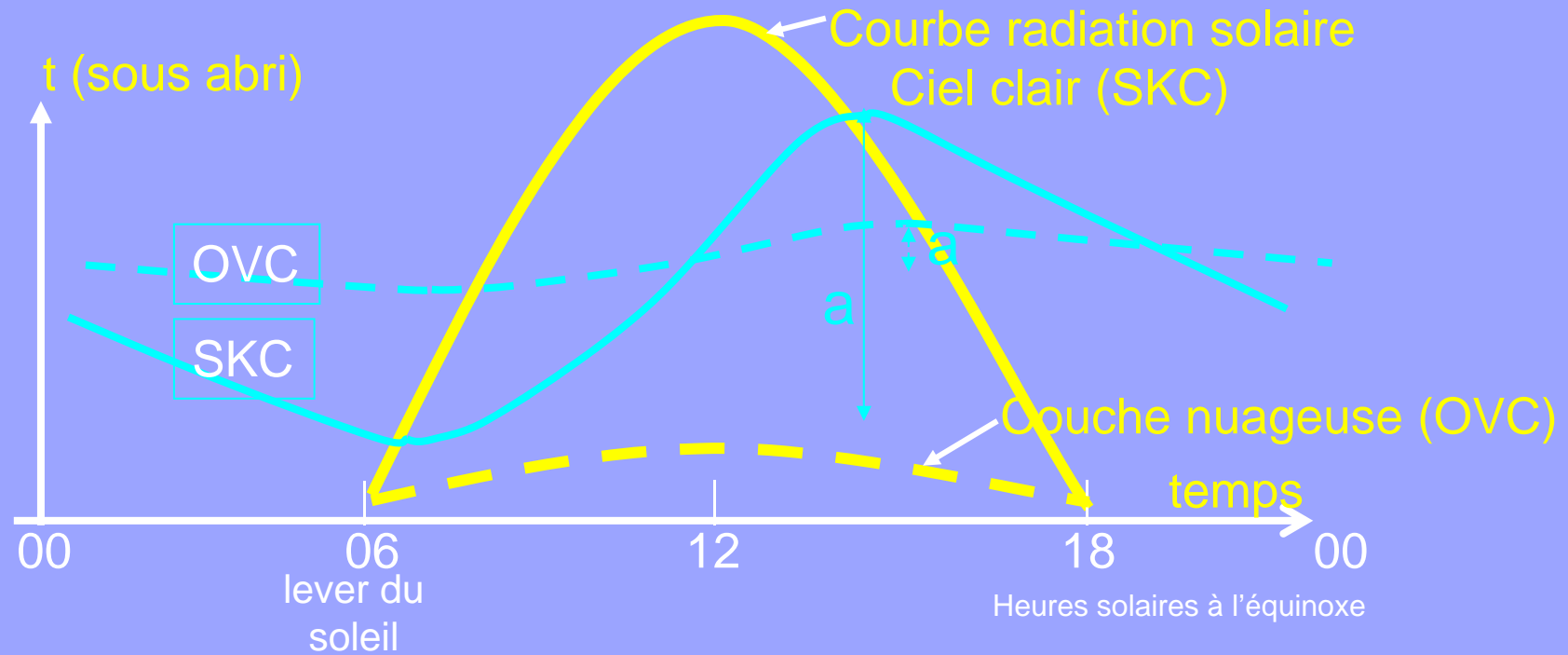
Surface

continentalité



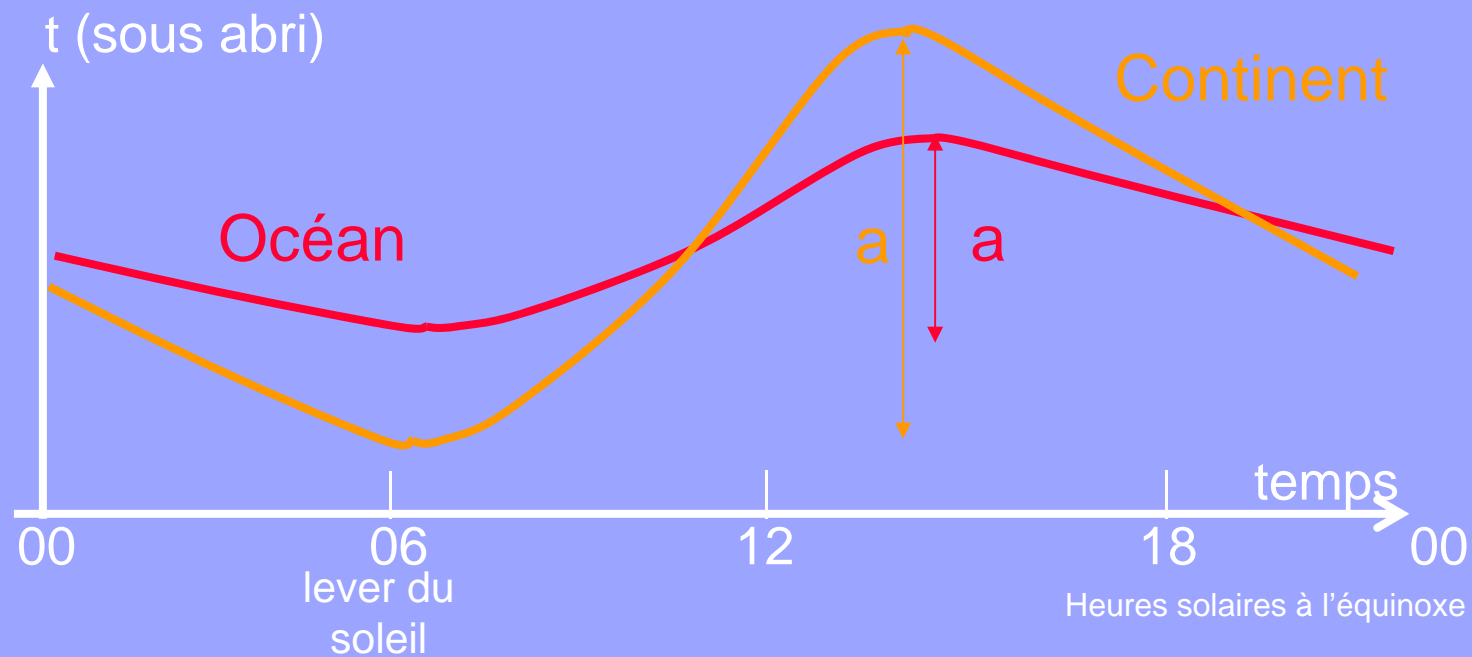


Influence d'une couche nuageuse :





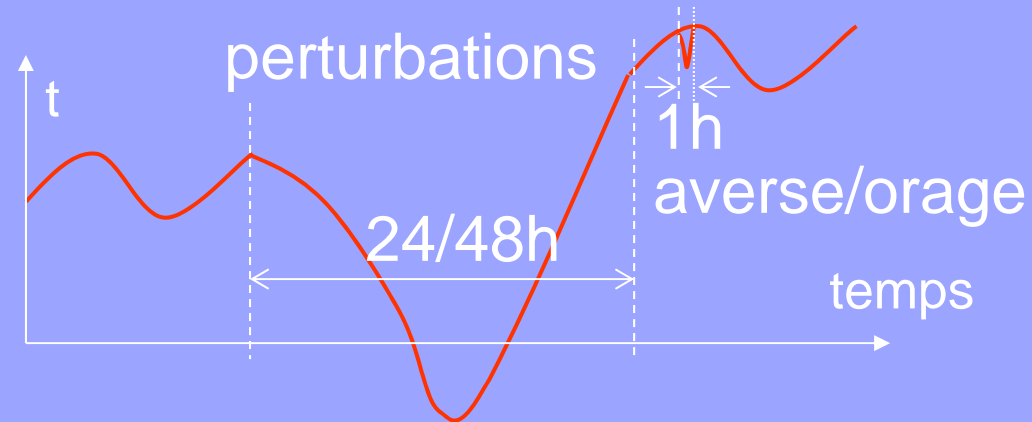
Influence de la continentalité:





Variations accidentelles:

En surface : variations accidentelles (régions tempérées)

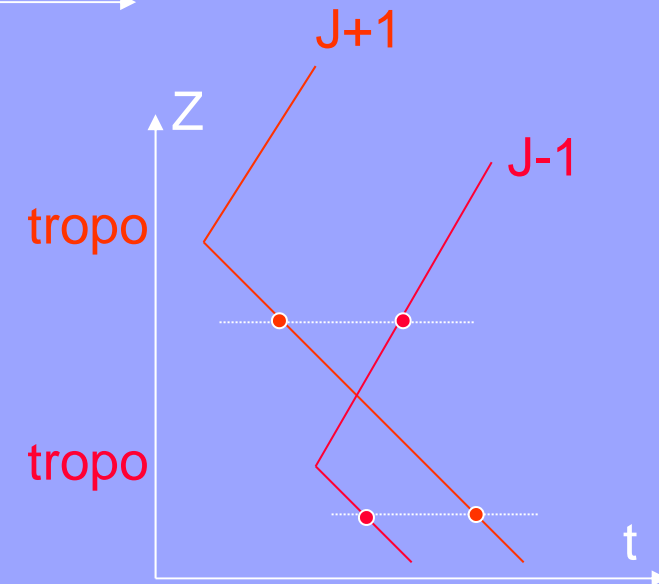


En altitude

influence surface diminue

amplitude plus faible

accidents liés aux mouvements
atmosphériques





Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Energie & température

Importance aéronautique de la température:

La température conditionne la masse volumique de l'air

portance

distance de décollage, respect des pentes

rendement moteur, consommation

...

Température $< 0^{\circ}\text{C}$ \Rightarrow givrage potentiel DANS LES NUAGES



Quoi retenir ?

- Décroissance standard: $-0,65^{\circ}/100\text{m}$ ou $-2^{\circ}/1000\text{ ft}$
- Influence sur paramètres de vol
- Variations sont de diverses sources
- Pour l'instant on ne considère que l'air sec !



• I LA PRESSION ATMOSPHERIQUE

- DEFINITION

C'est le poids de la colonne d'air s'étendant jusqu'à la limite supérieure de l'atmosphère, au dessus d'une surface unité



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



II MESURE, UNITES

- EXPERIENCE DE TORRICELLI
- INSTRUMENTS DE MESURE



III VARIATION DE LA PRESSION

- EN SURFACE

- VARIATIONS NYCTHEMERALE

- VARIATIONS ANNUELLE

- SUR LES CONTINENTS

- P atm Hiver > Eté

- SUR LA MER

- P atm Eté > Hiver

- VARIATIONS IRREGULIERES

- LENTE ET REGULIERE: migration des centres de pressions

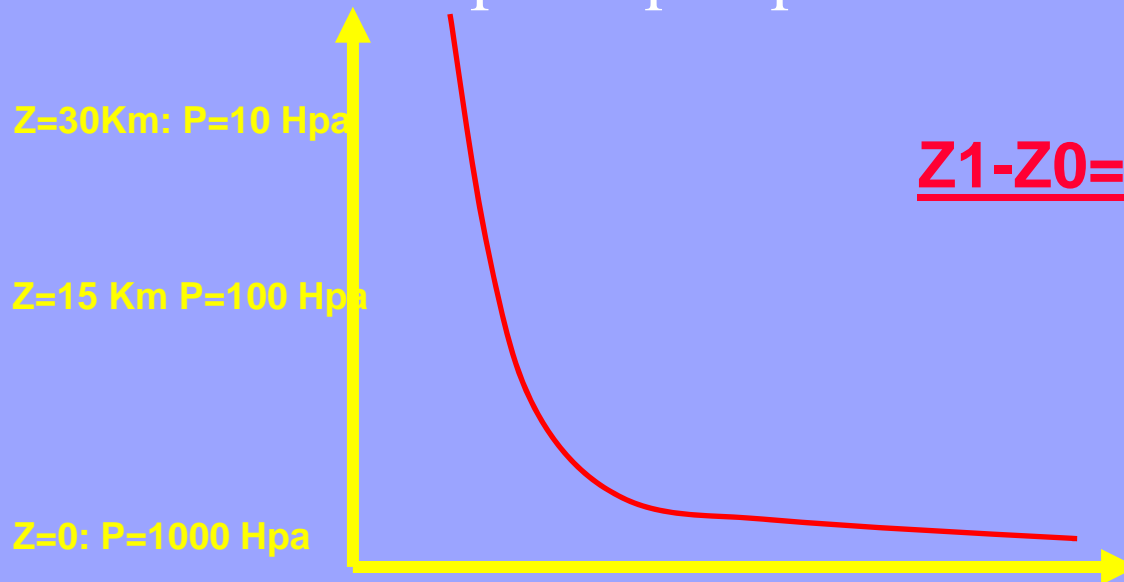
- RAPIDE ET BRUSQUE: arrivée de perturbations ,cyclones



III VARIATION DE LA PRESSION

- AVEC L'ALTITUDE

Décroissance exponentielle de la Pression
Atmosphérique quand l'altitude augmente

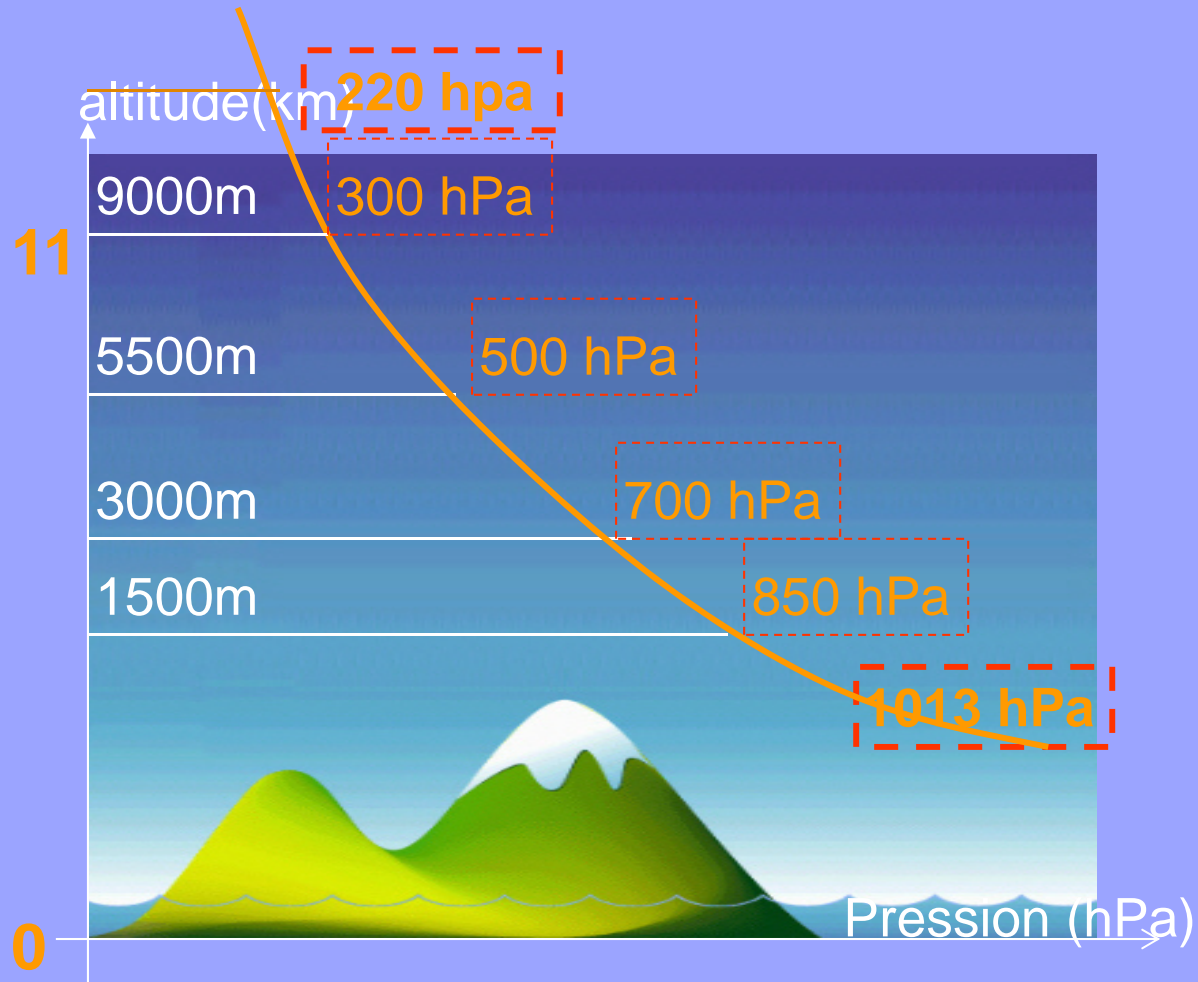


Loi de LAPLACE

$Z1-Z0= 67.445 T_v M \text{ LOG}(P0/P1)$



Correspondances :





IV REPRESENTATION DU CHAMP DE PRESSION

- EN SURFACE

Avoir une représentation plane du champ de pression, quelque soit l'altitude de la station météo qui a fait la mesure de pression. On ramène par calcul cette pression au niveau de la mer (QFF = réel et QNH en atmosphère standard)

- VOCABULAIRE

ISOBARE

DEPRESSION

ANTICYCLONE

THALWEG

DORSALE

MARAI BAROMETRIQUE

COL



IV REPRESENTATION DU CHAMP DE PRESSION

- EN ALTITUDE

On fixe une isobare et analogie à la méthode topographique on analyse les creux et les bosses de cette surface

- **VOCABULAIRE**

Les hauts géopotentiels sont associés aux hautes pressions, notés H

Les bas géopotentiels sont associés aux basses pressions, notés L

Notion de géopotentiel



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



RELATION ENTRE CHAMPS DE PRESSION ET LE CHAMP DE TEMPERATURE

- **EN ALTITUDE :**
 - **LES HAUTES PRESSIONS SONT ASSOCIEES AUX HAUTES TEMPERATURES, LES BASSES PRESSIONS SONT ASSOCIEES AUX BASSES TEMPERATURES**

Un anticyclone alimenté en altitude par de l'air chaud se renforce coté air chaud

Une dépression alimentée en altitude par de l'air froid se creuse coté air froid

par analogie

Un anticyclone alimenté en altitude par de l'air froid se rétracte coté air froid

Une dépression alimentée en altitude par de l'air chaud se comble coté air chaud



VI CENTRES D'ACTION DYNAMIQUE

- **DEFINITION**

Un centre d'action dynamique (**ANTICYCLONE** ou **DEPRESSION**)

est le résultat de mouvements mécaniques subis par une masse d'air

(**SUBSIDENCE** ou **ASCENDANCE**)

sa nature est observée en surface et se conserve en altitude



VI CENTRES D'ACTION THERMIQUE

- **DEFINITION**

Un centre d'action thermique (ANTICYCLONE ou DEPRESSION) prend naissance sur une surface (maritime ou continentale) qui va transmettre de l'énergie à la masse d'air .

Si la surface réchauffe la masse d'air ,on aboutira à une dépression thermique.

Si la surface refroidie la masse d'air , on aboutira à un anticyclone thermique.

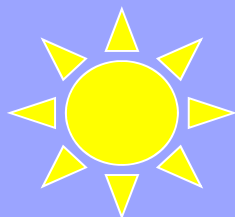
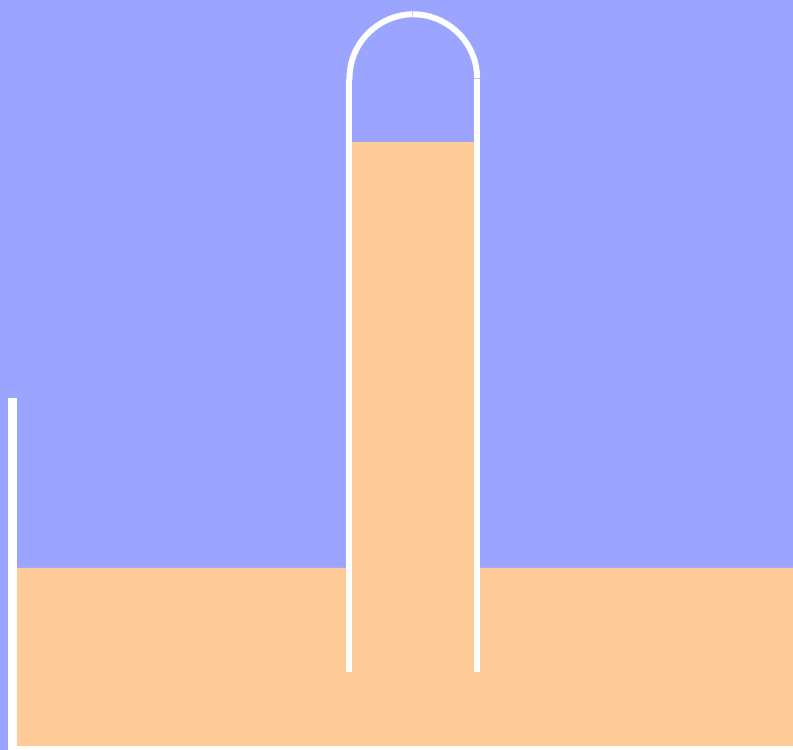
LA NATURE DE CES CENTRES D' ACTIONS NE SE CONSERVENT PAS AVEC L' ALTITUDE



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro

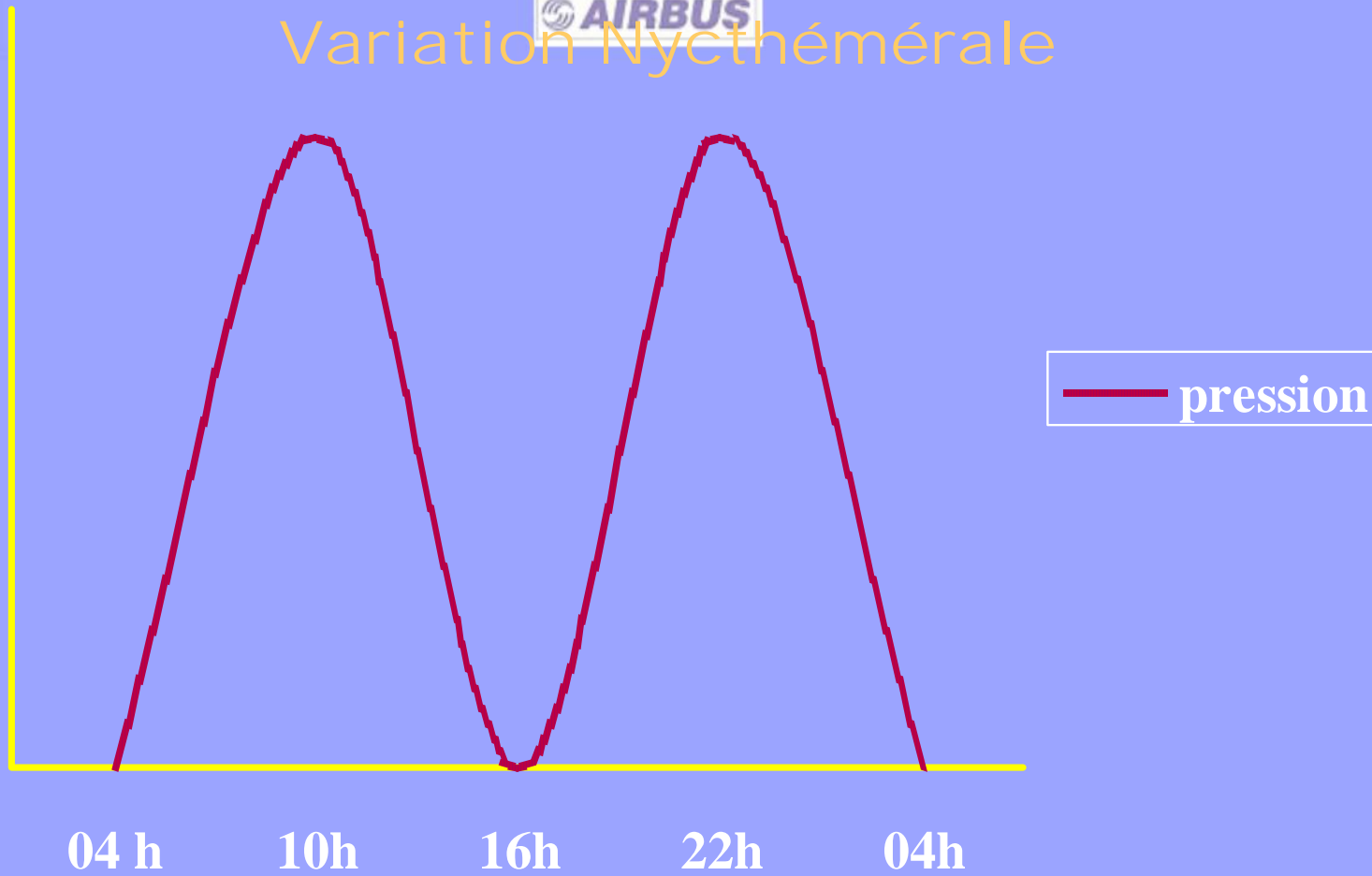


EXPERIENCE DE TORRICELLI



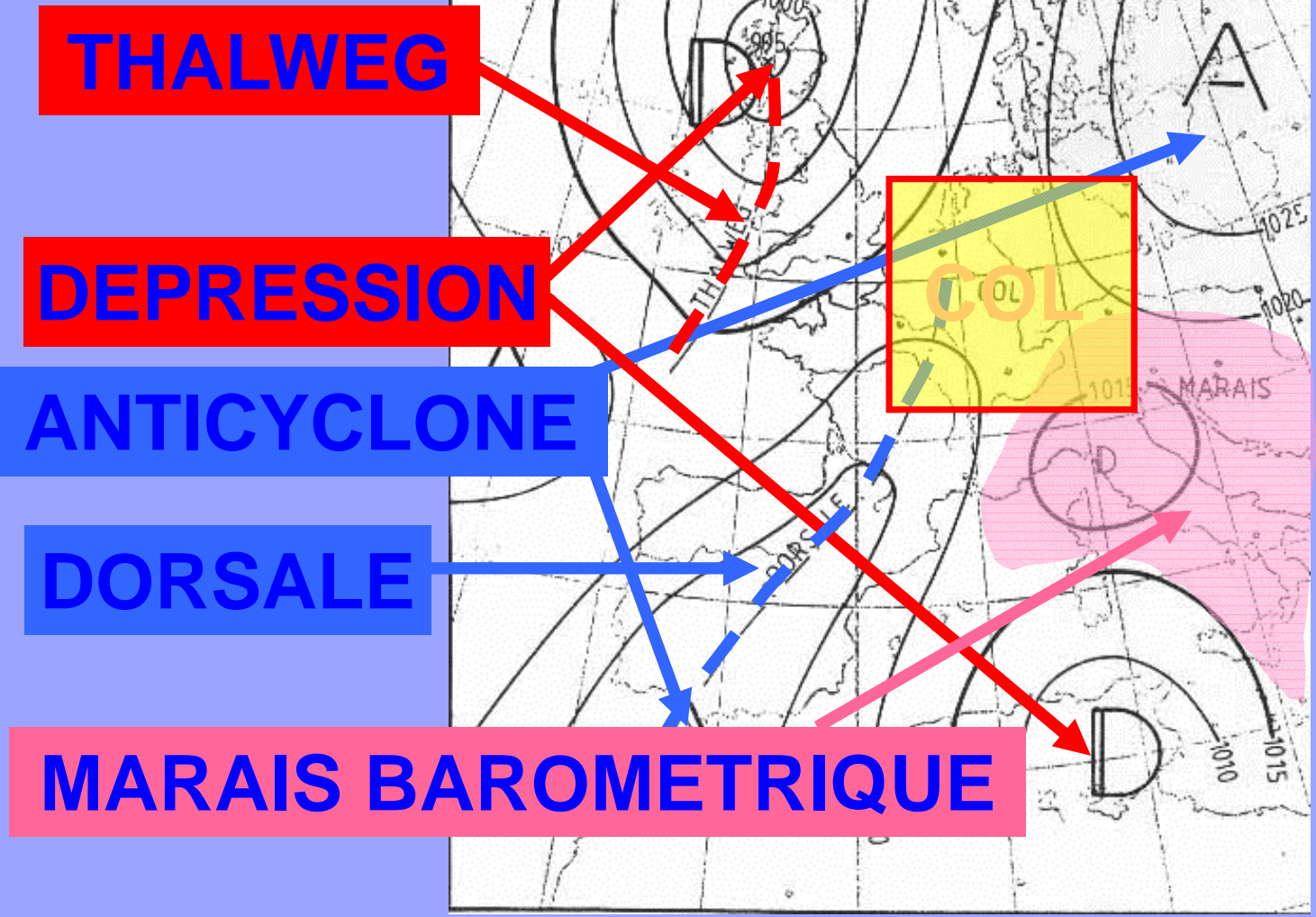


Variation Nyctémérale





Figures isobariques



THALWEG

DEPRESSION

ANTICYCLONE

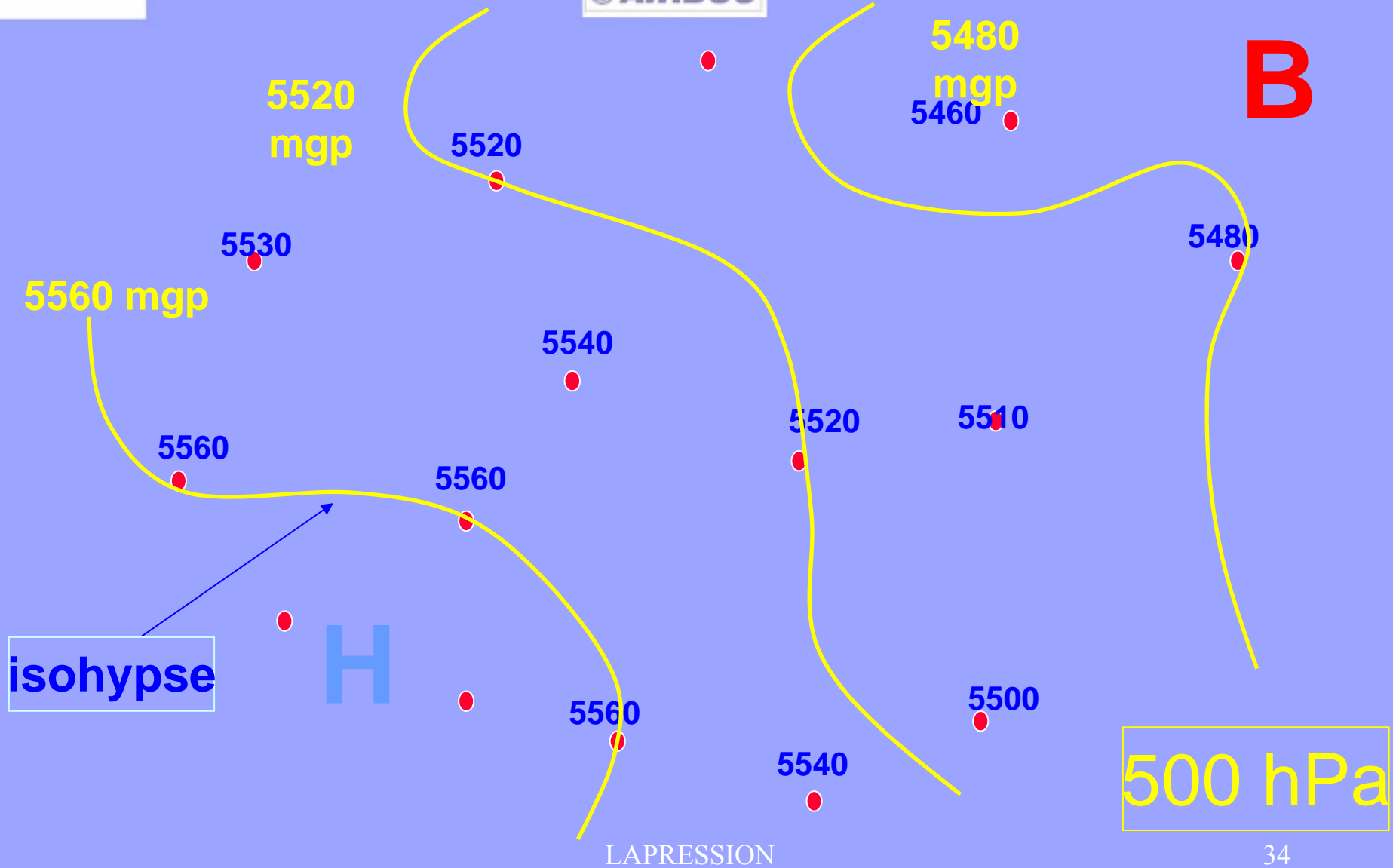
DORSALE

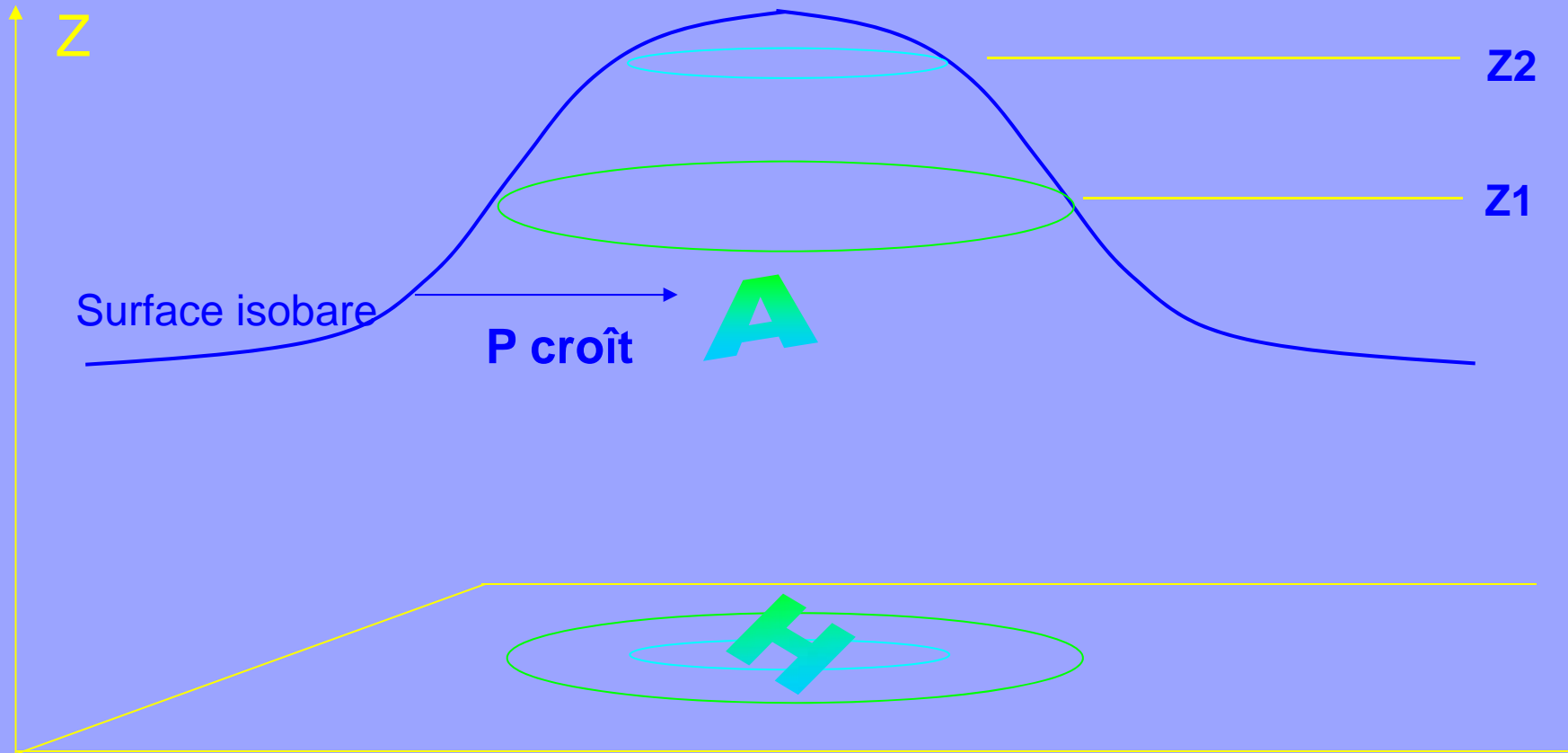
MARAIS BAROMETRIQUE

LAPRESSION



Représentation du champ de pression en altitude





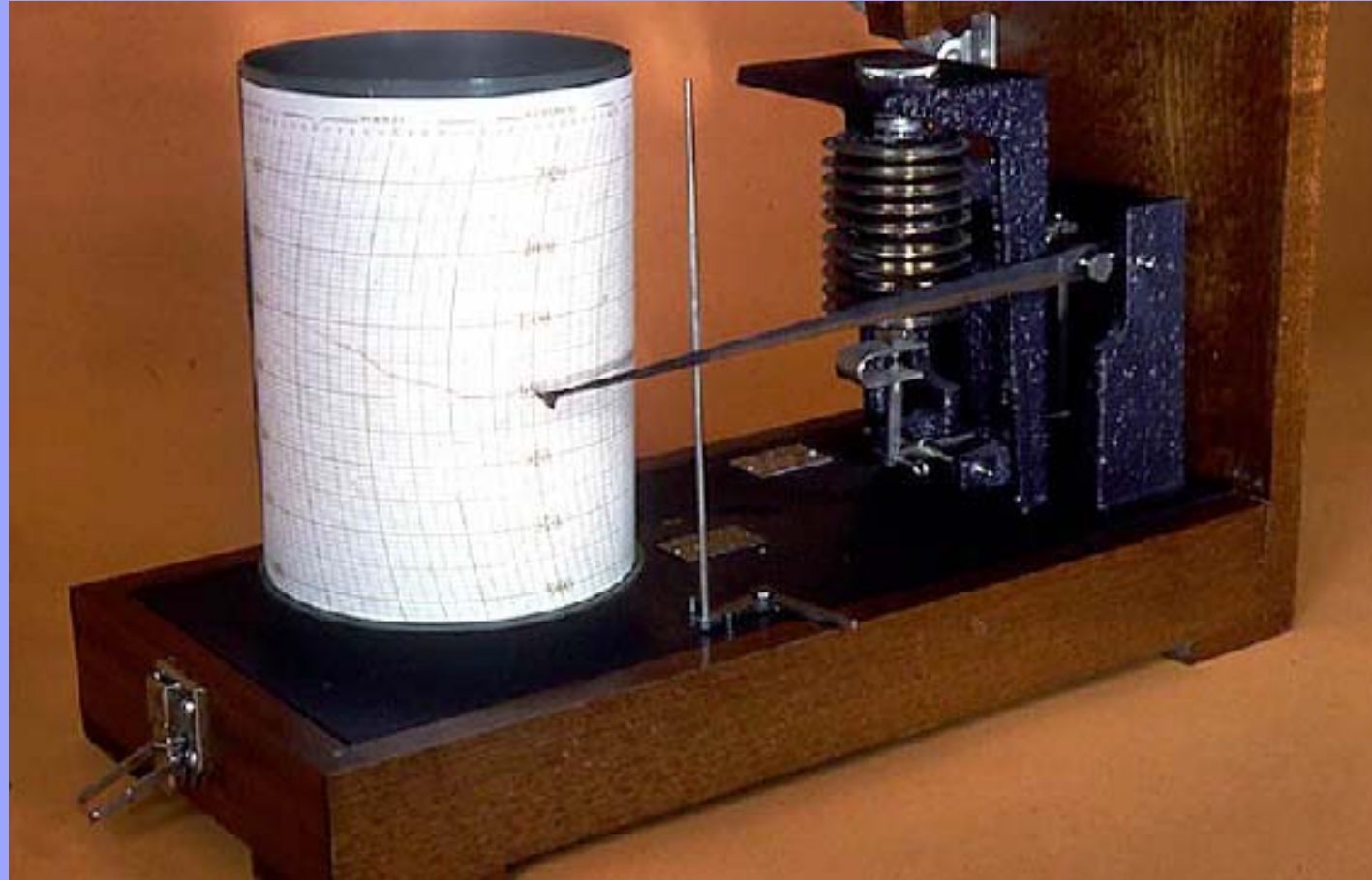


BAROMETRE ANEROÏDE



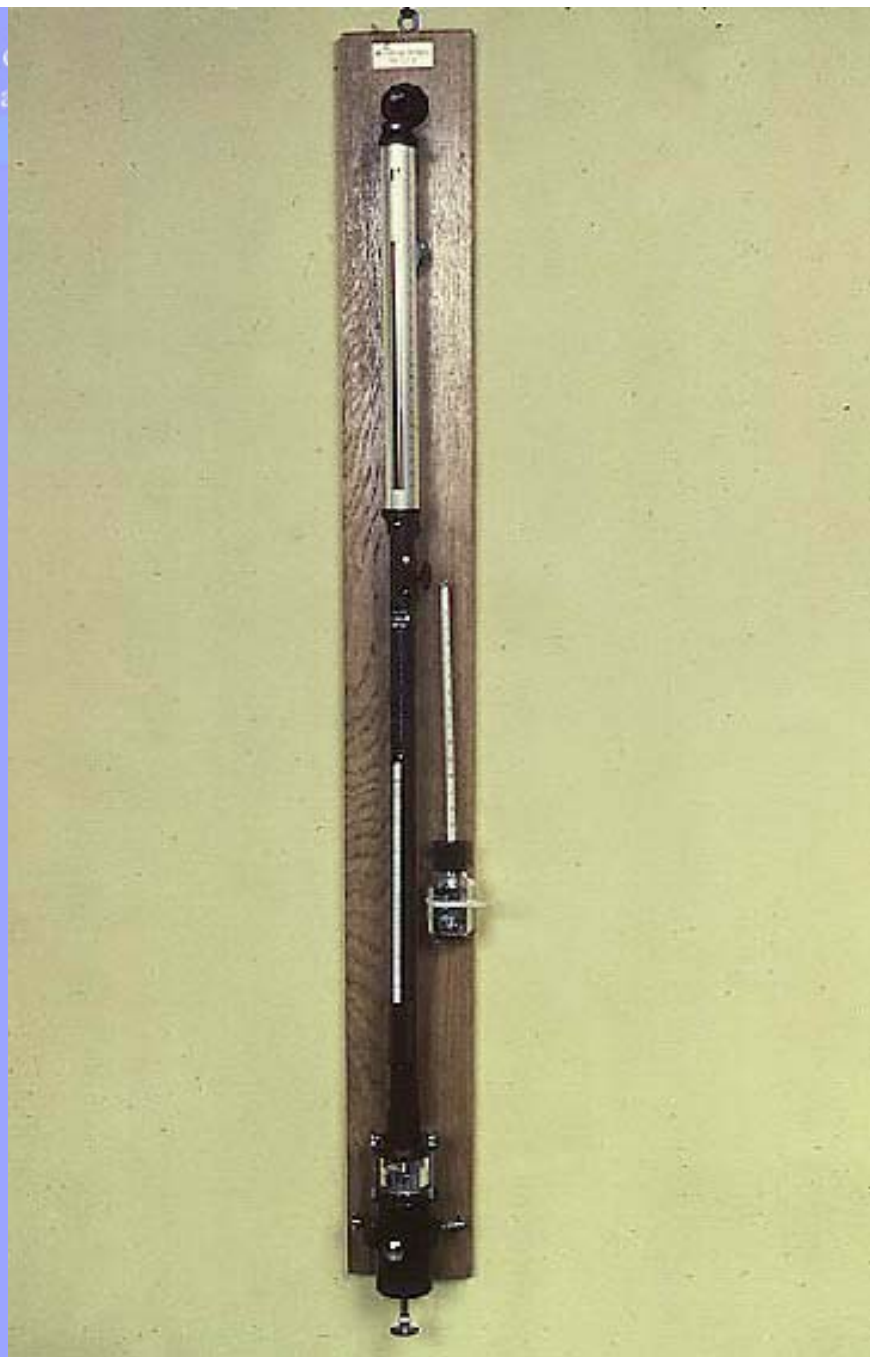


BAROGRAPHE





Aéro-club
René Barbier



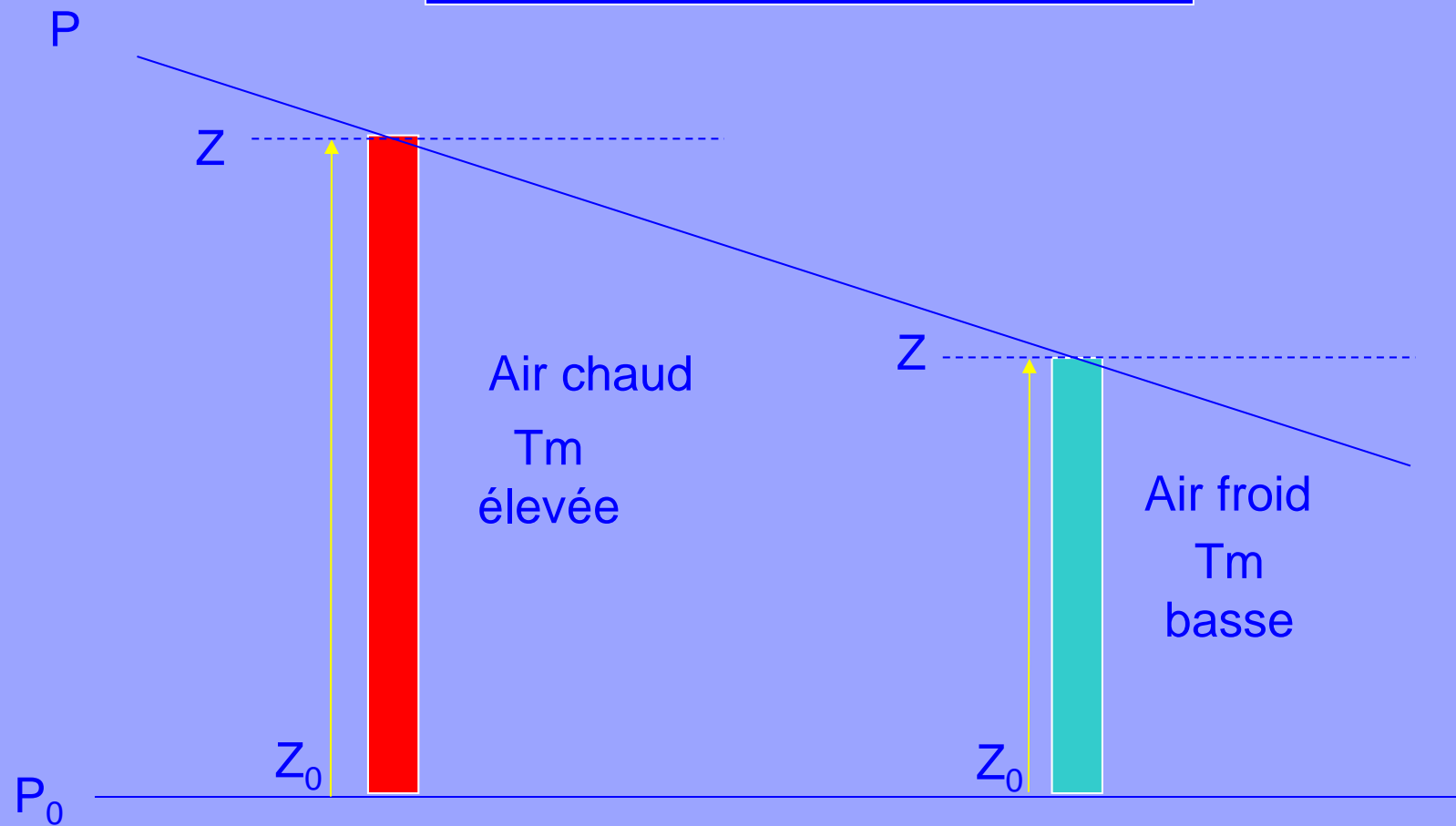
LAPRESSION

Baromètre fortin



Importance de la température

$$Z - Z_0 \approx 67.445 \cdot T_m \cdot \text{Log} \frac{P_0}{P}$$



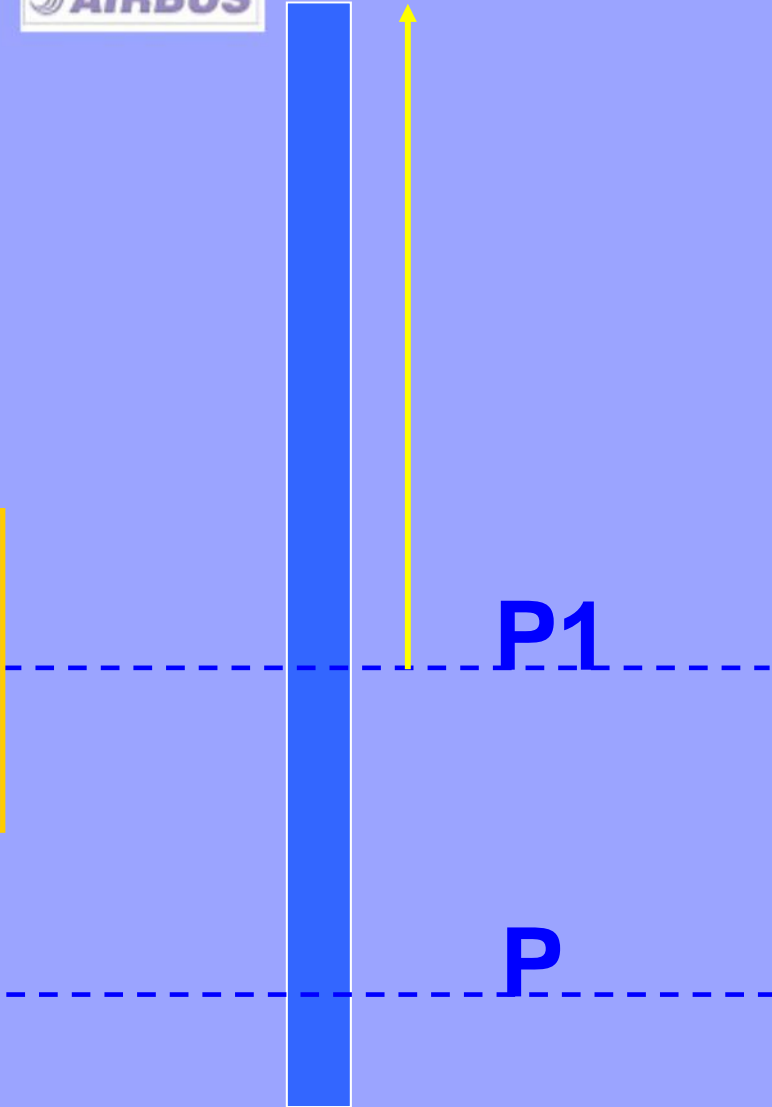


variation verticale de la pression

- cas général des fluides

$$p = h\rho g$$

$P_1 < P$
la pression
diminue avec la
hauteur



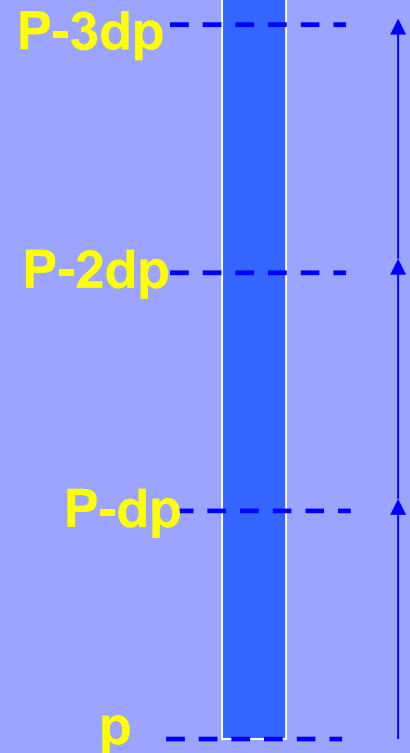


variation verticale de la pression

- cas d'un liquide

$$dp = h\rho g$$

ρ constant



Conséquence:
 $dp/h = \underline{\text{constant}}$



variation verticale de la pression

- cas d'un gaz

$$dp = -\rho g dz$$

($dp = \rho gh$)

ρ diminue
avec
l'altitude

P-3dp

P-2dp

P-dp

p

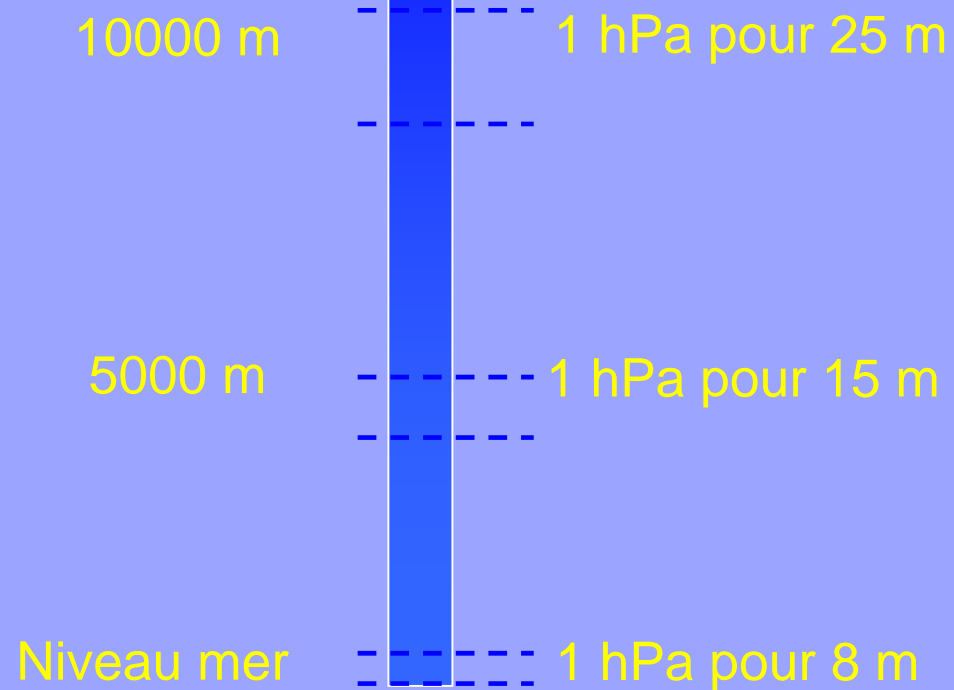
LAPRESSION

Conséquence:

dp/dz
=diminue avec
l'altitude



Exemples de variation verticale





calcul du gradient vertical de la pression cas de l'air sec

$$Dp = -\rho \cdot g \cdot Dz$$

$$P = \rho \cdot Ra \cdot T$$



$$\rho = \frac{P}{Ra \cdot T}$$

$$Dz = \frac{-Ra}{g} \cdot T \frac{Dp}{P}$$



Loi de Laplace

- calcul de l'épaisseur réelle d'une tranche atmosphérique

$$dz = \frac{Ra}{g} T \frac{dp}{P}$$

- On intègre la relation en supposant que $T = T_m$ (température moyenne de la tranche)

Si $g \approx 9,8$

$$z - z_0 \approx 67.445.T_m.Log \frac{P_0}{P}$$

En mètres



notion de géopotentiel

$$dz = \frac{Ra}{g} T \frac{dp}{P}$$



$$g \cdot dz = Ra \cdot T \cdot \frac{dp}{P}$$

$$g \cdot dz = G \cdot dZ$$

$$G = 9,8$$

dZ= travail exprimé en mètres
géopotentiels (mgp)
1 mgp = 9,8 joules



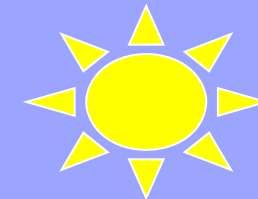
géopotential

$$z - z_0 \approx 67.445.Tm.Log \frac{P_0}{P}$$

En mètres

$$z - z_0 = 67.445.Tm.Log \frac{P_0}{P}$$

En mètres géopotential





Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Humidité

La place de l'eau

Cycle de l'eau

Généralités

Teneur en vapeur d'eau

Les transformations adiabatiques

Les transformations isobares

Autres processus de condensation

Stabilité et instabilité

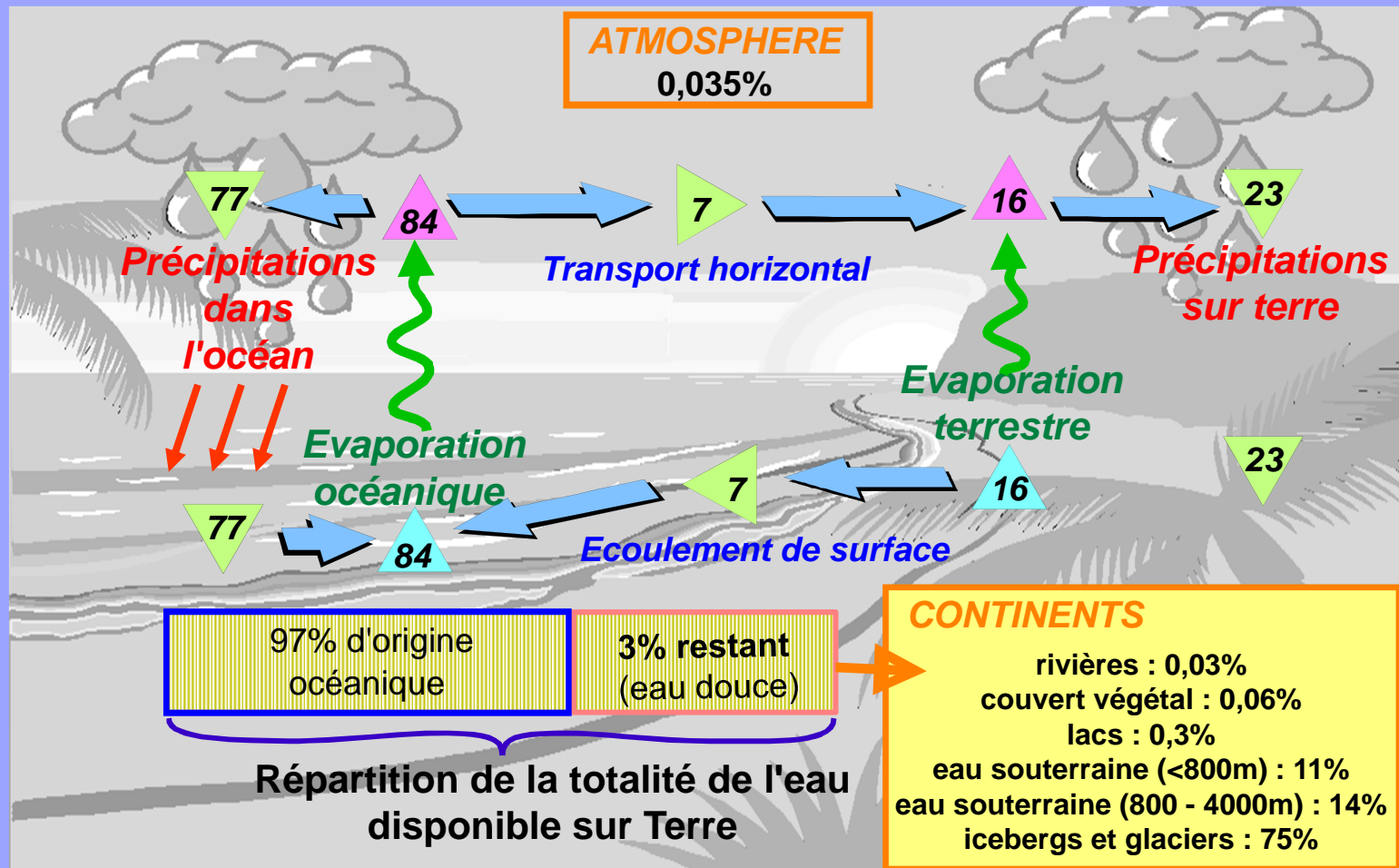


La place de l'eau dans l'atmosphère:

- Terre + Atmosphère
 - 1,4 milliard de km³ d'eau
 - *97% sont représentés par les océans*
- Atmosphère seule
 - 13 000 km³ d'eau soit 1/100 000 du volume terre+atmosphère
 - *(petite mer intérieure de 80 km x 80 km et profonde de 2000m).*
 - 0,25% de la masse atmosphérique dont 1% sous forme condensée (*nuages recouvrant la moitié de la surface de la terre*)

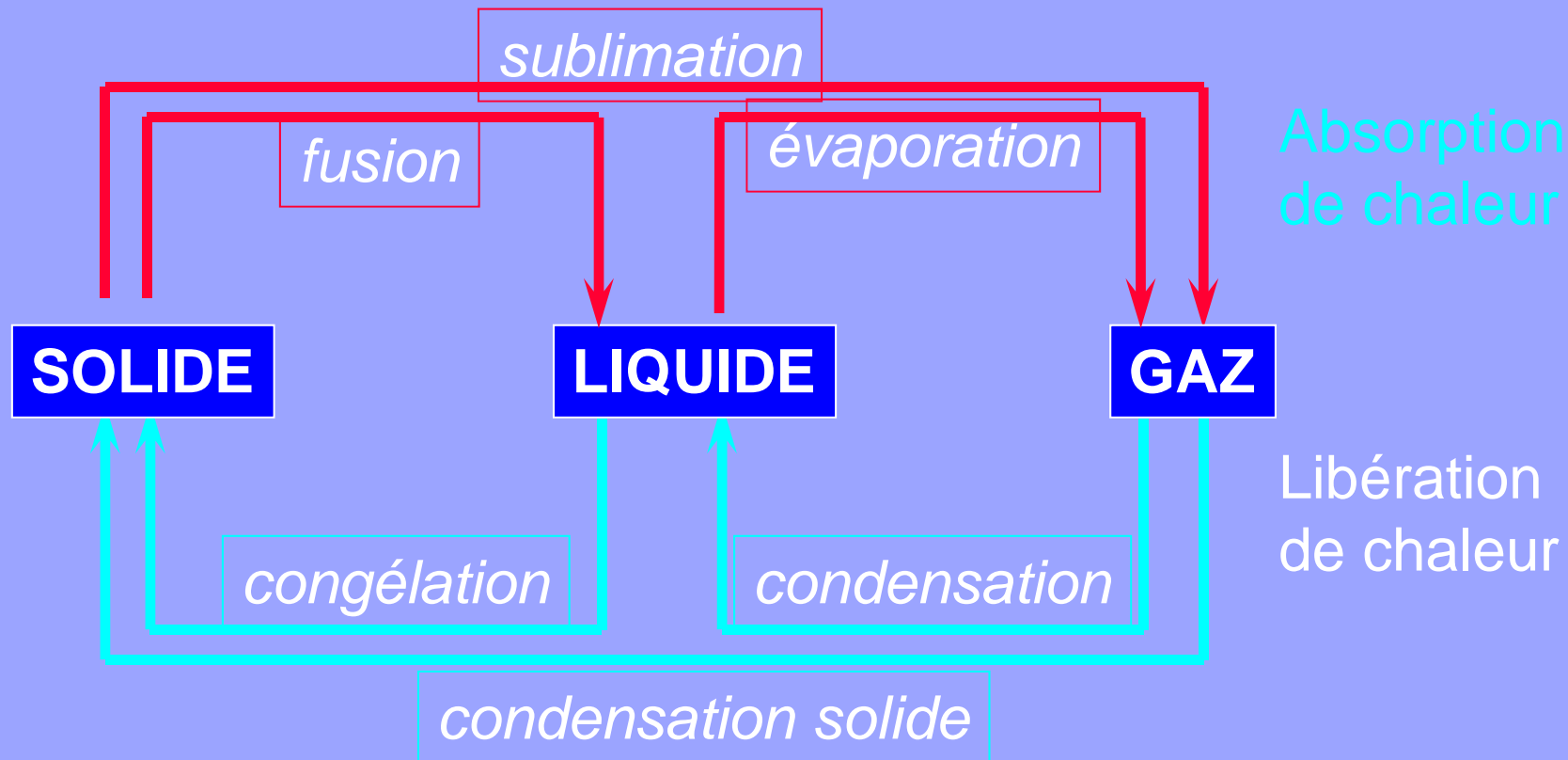


Cycle de l'eau:



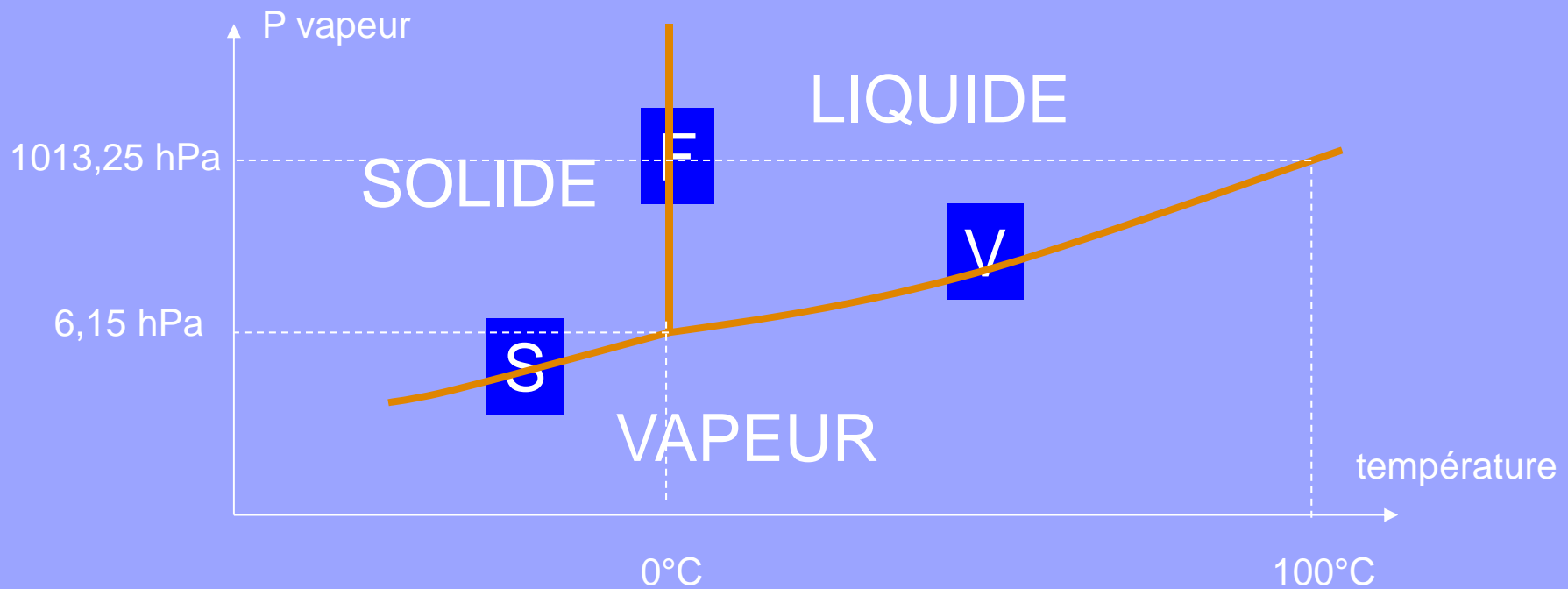


Changements d'état:





Equilibre entre les états:

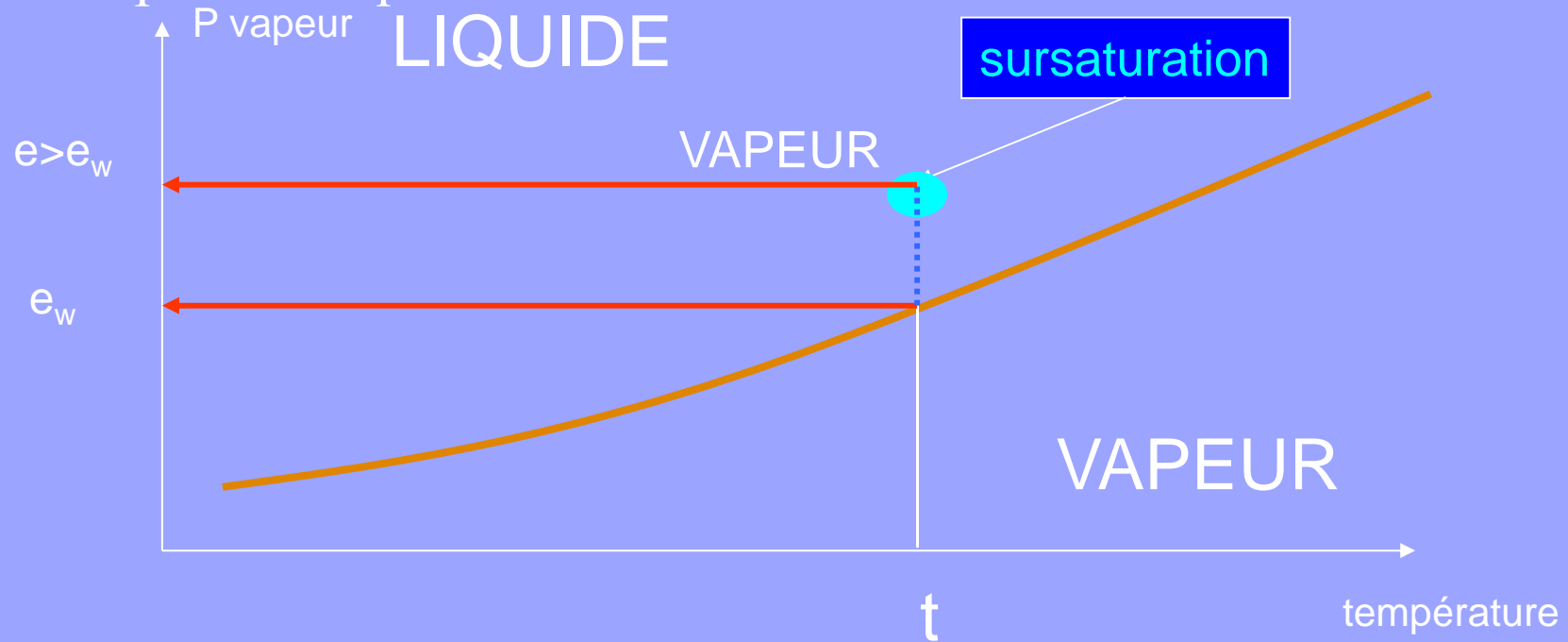


V courbe de vaporisation ou courbe de tension saturante de la vapeur



Retard aux changements d'état:

- vapeur \Rightarrow liquide : la sursaturation

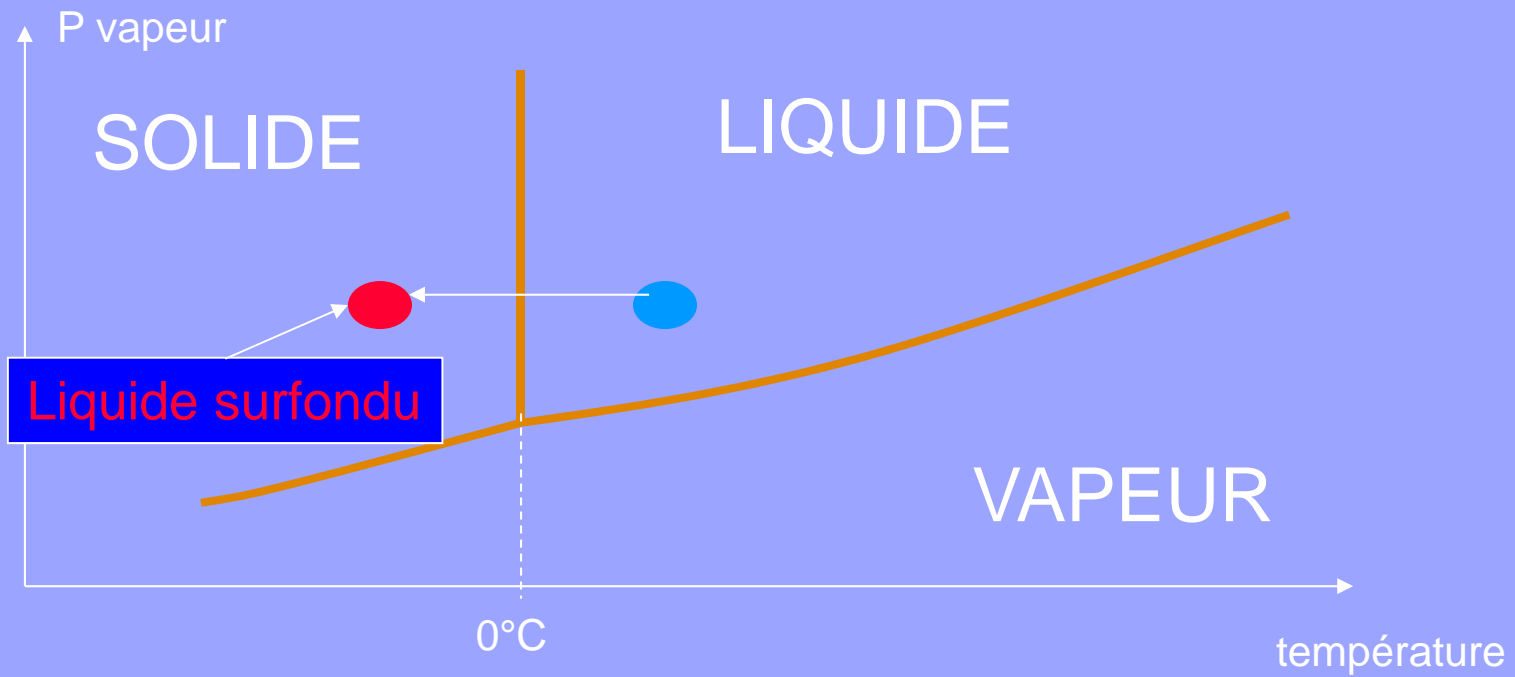


Moyennant la présence de noyaux de condensation, la sursaturation n'existe pratiquement pas dans l'atmosphère



Retard aux changements d'état:

- liquide \Rightarrow solide : la surfusion

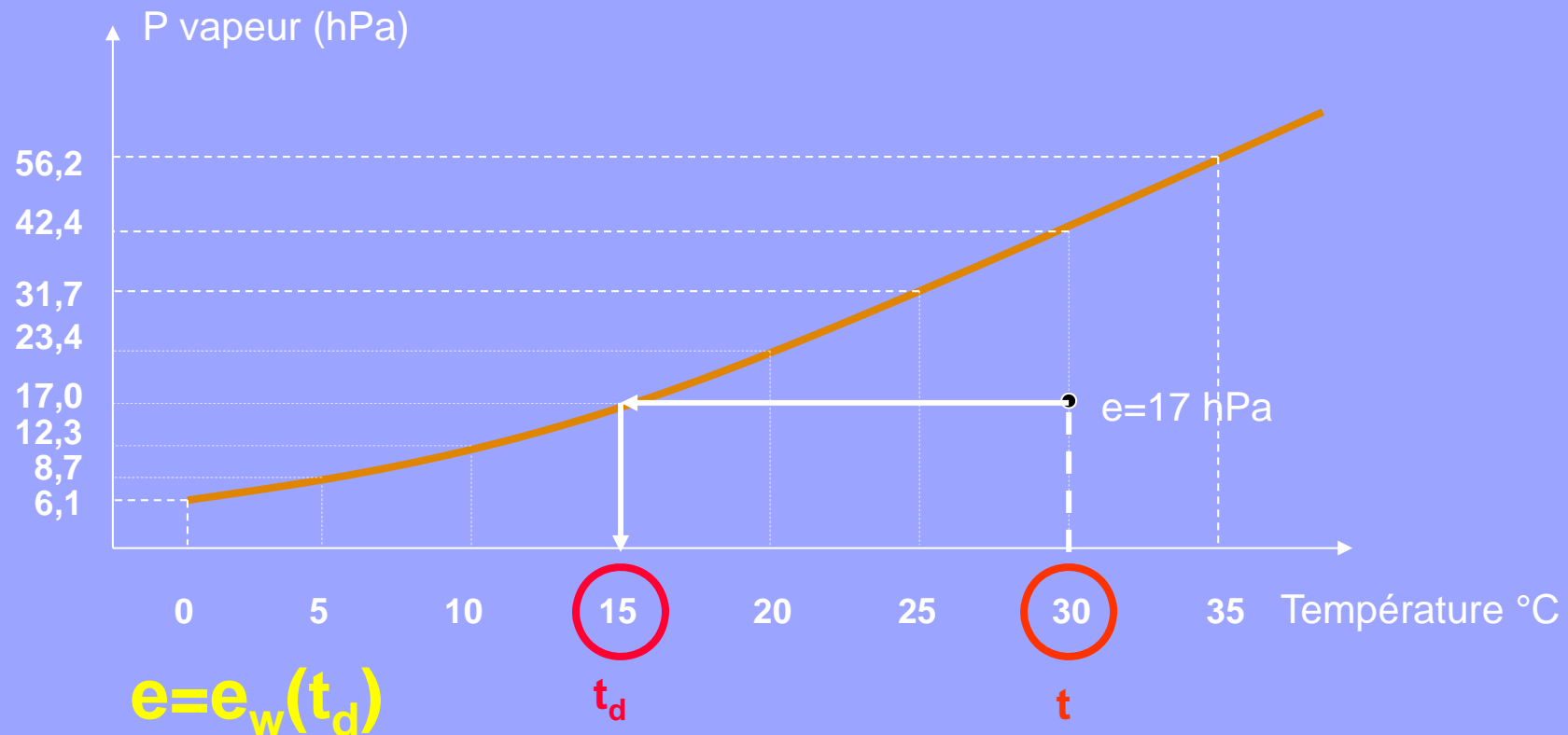


Surfusion généralisée dans les nuages entre 0 et -10°C/-15°C



Teneur en vapeur d'eau

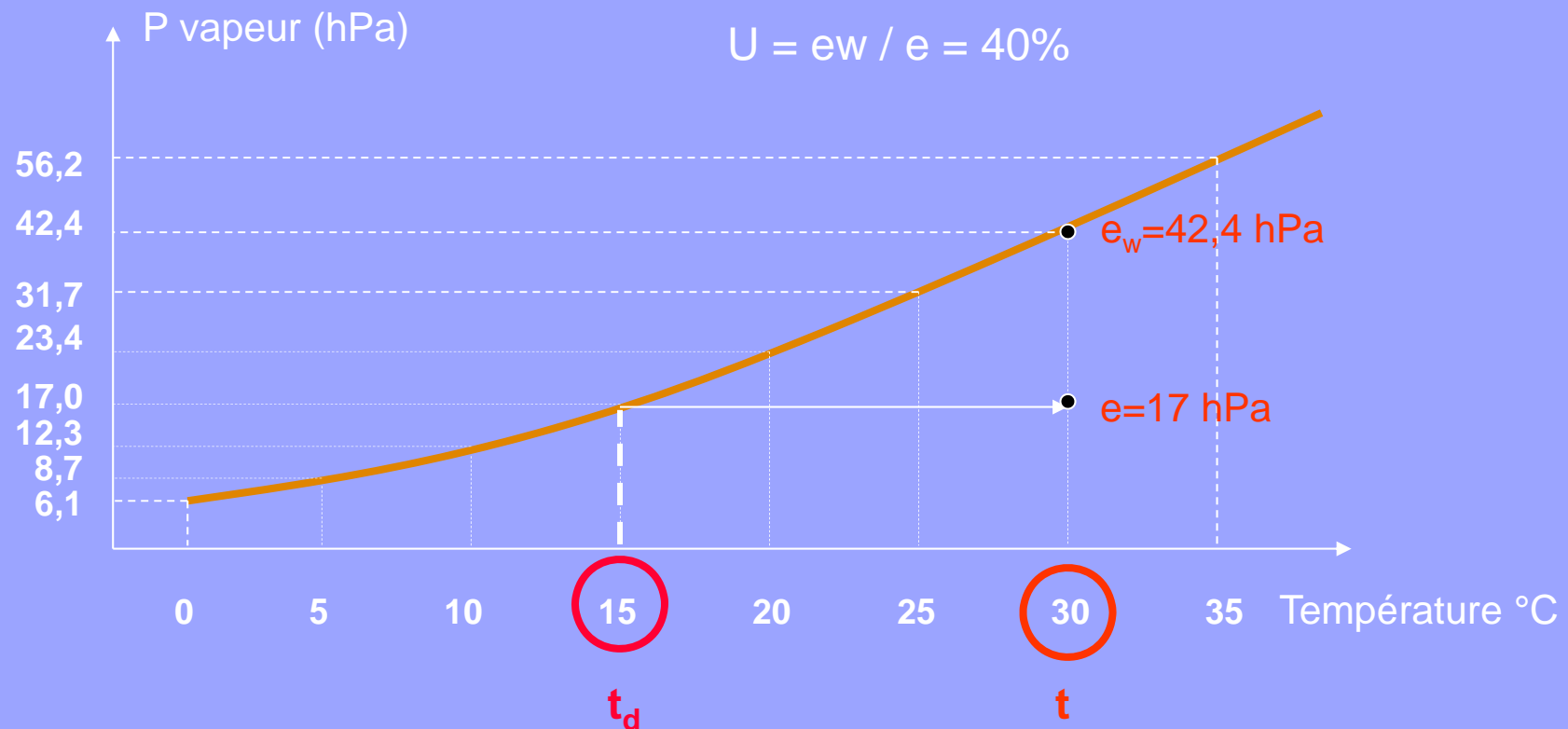
- La température du point de rosée t_d
 - température à laquelle il faut refroidir à pression constante un volume d'air atmosphérique pour qu'il soit juste saturé





L'humidité relative U :

rapport de la tension réelle de la vapeur à la tension saturante



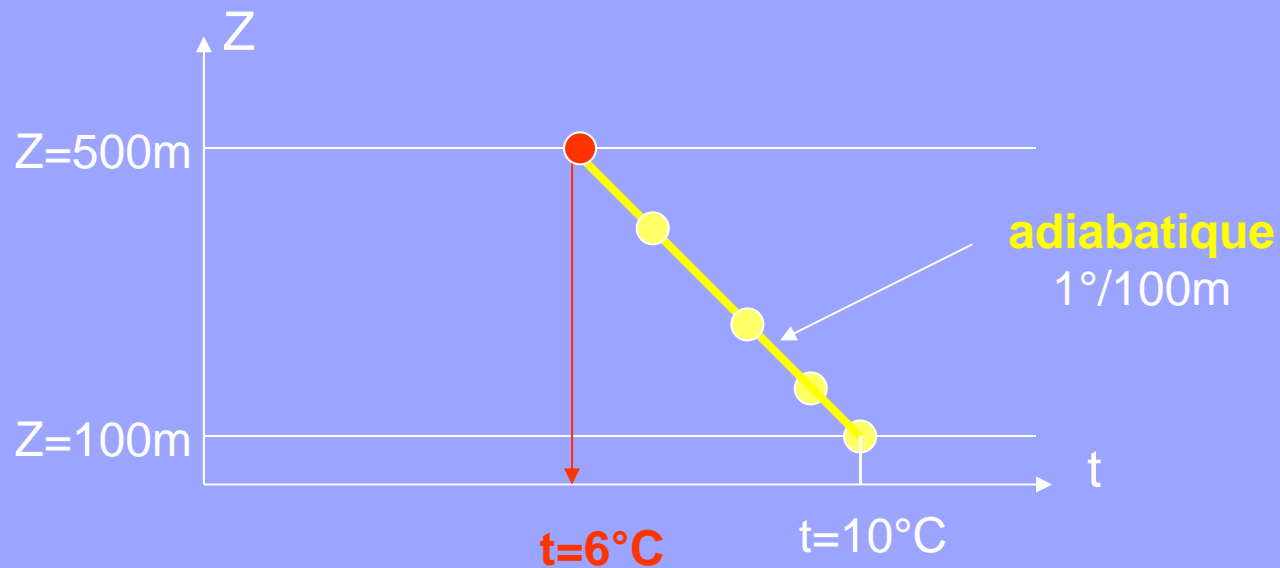


Transformations adiabatiques :

- Avec une quantité de vapeur fixe et en l'absence de condensation \Rightarrow l'air atmosphérique est considéré comme un gaz parfait évoluant sans échange de chaleur avec le milieu extérieur (évolution adiabatique ou isentropique)
- La quantité de vapeur étant relativement faible en regard de celle de l'air sec, l'air atmosphérique évolue comme de l'air sec.



Transformations adiabatiques : représentation graphique

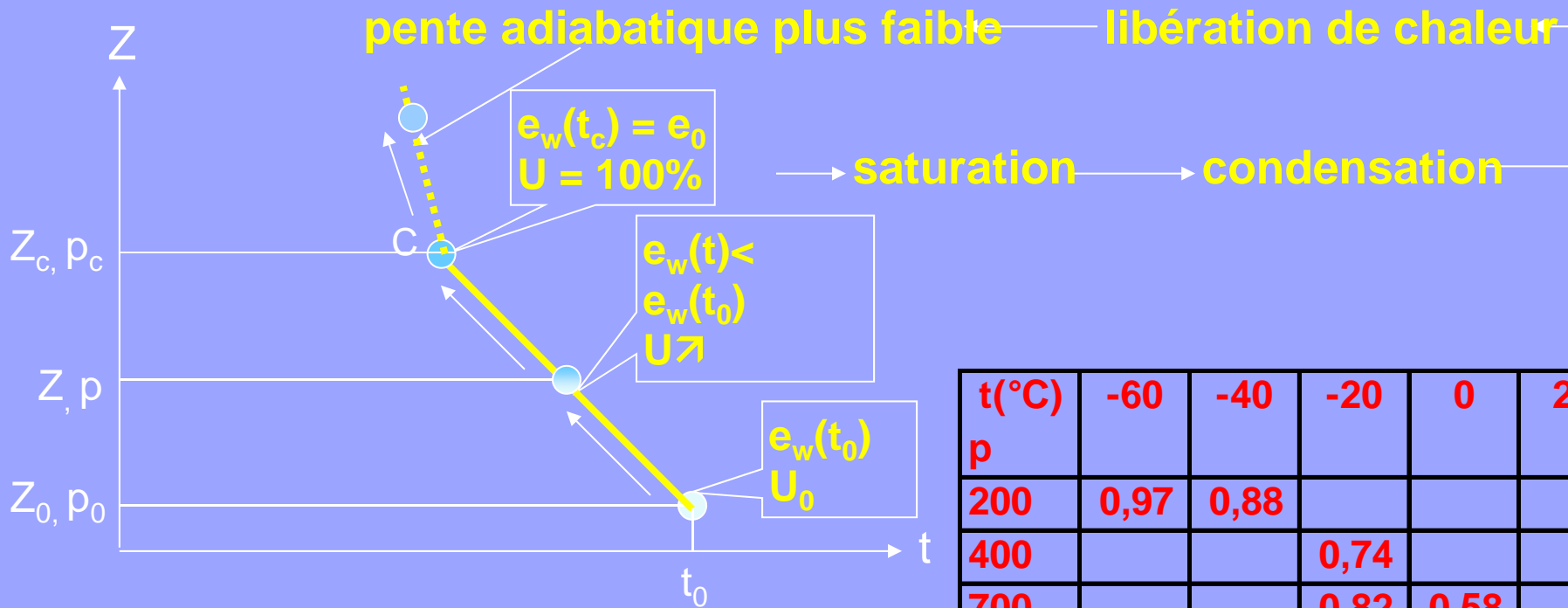


le gradient adiabatique sec

$$dT/dZ = 1^\circ/100\text{m} \text{ (} 3^\circ/1000' \text{)}$$



Transformations adiabatiques : Saturation et condensation par détente



t(°C)	-60	-40	-20	0	20
p					
200	0,97	0,88			
400			0,74		
700			0,82	0,58	
1000			0,86	0,65	0,42

Le gradient adiabatique saturé en °C/100m ⇒
ou gradient pseudo-adiabatique (fonction de p et t)



- **OK, mais ça veut dire quoi ?**
 - - $2^{\circ}/1000$ ft décroissance température,
 - - $3^{\circ}/1000$ ft décroissance température particule d'air sec,
 - **Quand la particule n'est pas sèche, pas de loi approximative mais précise.**



SATUREE

NON SATUREE

Élévation selon la pseudo-adiabatique

Intersection adiabatique sèche et iso rapport de mélange

Diminution adiabatique jusqu'a 1000 hpa

POINT DE CONDENSATION

T° POTENTIELLE Θ

Diminution selon la pseudo-adiabatique
1000hpa pression initiale P_0

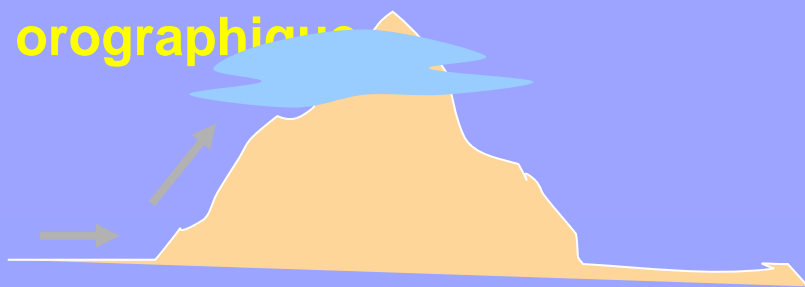
T° pseudo-adiabatique pot du thermomètre mouillé $\Theta'w$

T° pseudo-adiabatique du thermomètre mouillé $T'w$

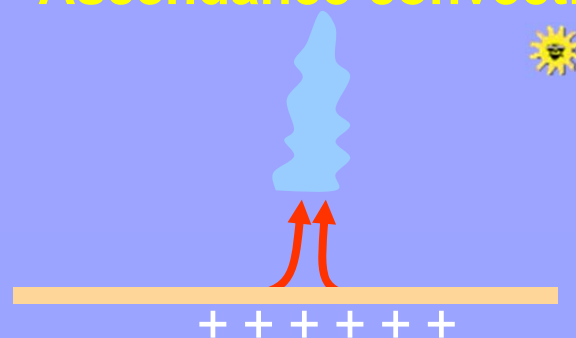


Processus de condensation par ascendance (détente)

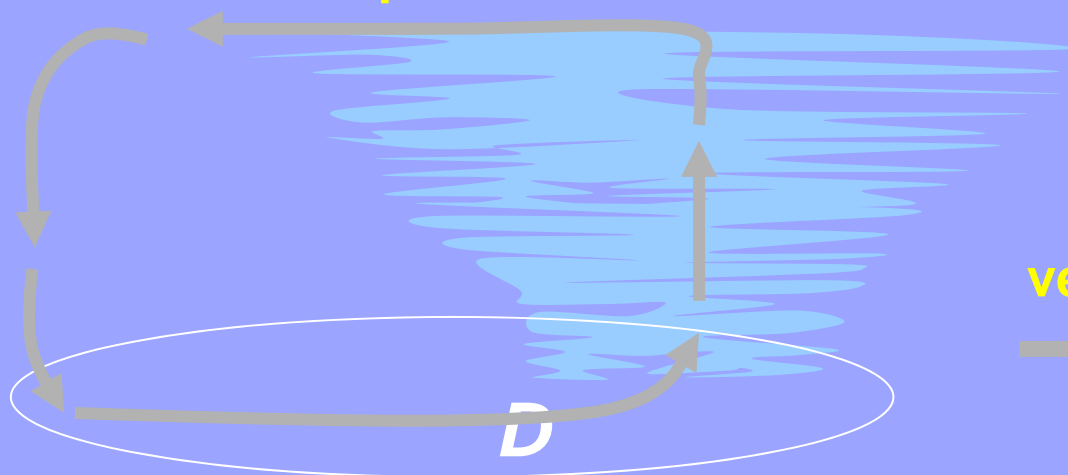
Ascendance orographique



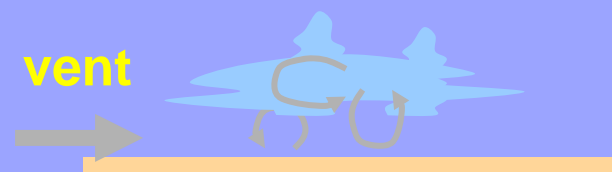
Ascendance convective



Ascendance dépressionnaire



Ascendance par turbulence



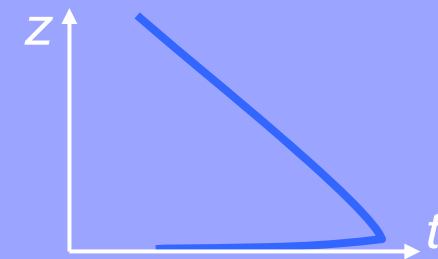
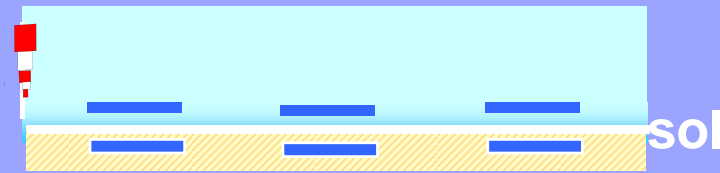


Processus de condensation par refroidissement en surface:

Ciel clair, sol continental

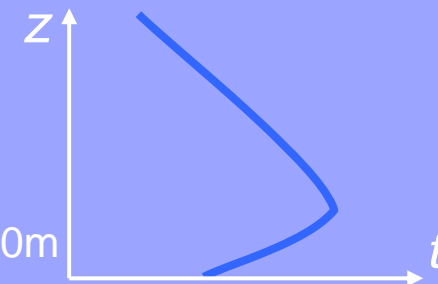
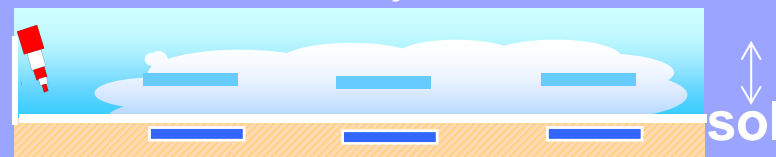
vent calme

rosée, gelée blanche



vent faible

brouillard de rayonnement

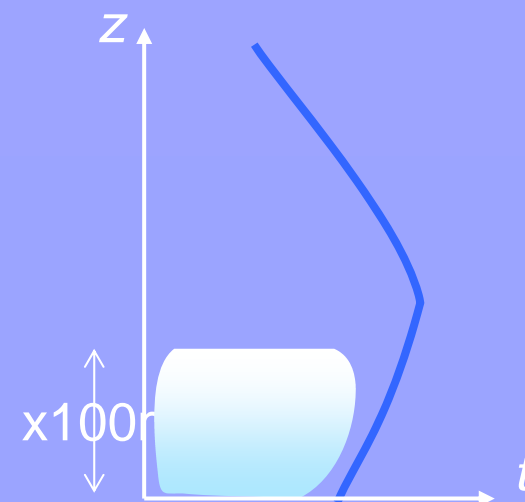




Brouillard d'advection:

Advection d'air chaud et humide sur un sol froid

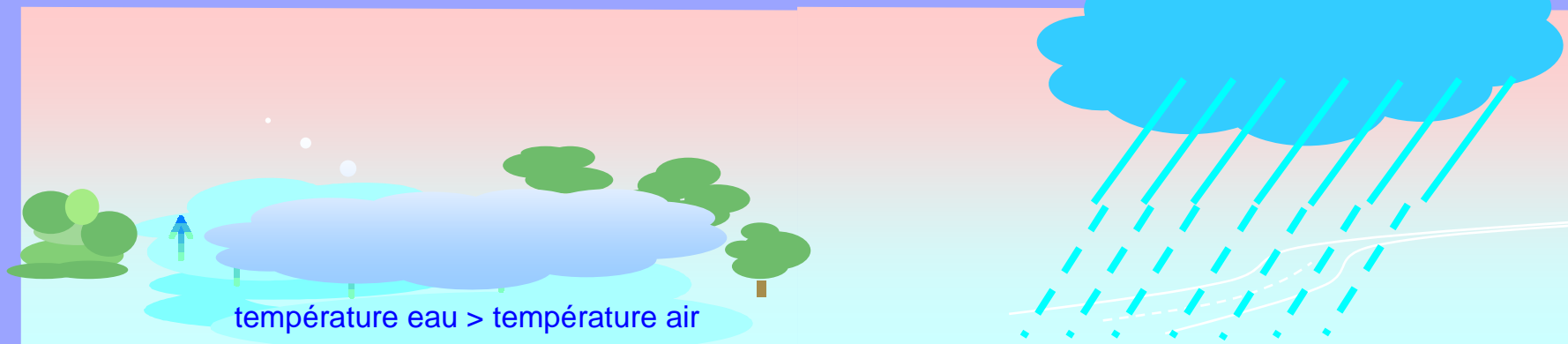
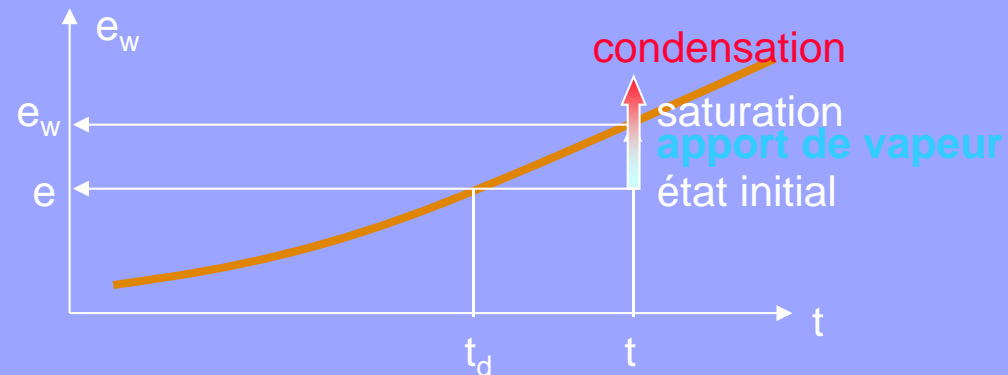
brouillard d'advection





Autres processus de saturation:

Apport de vapeur d'eau



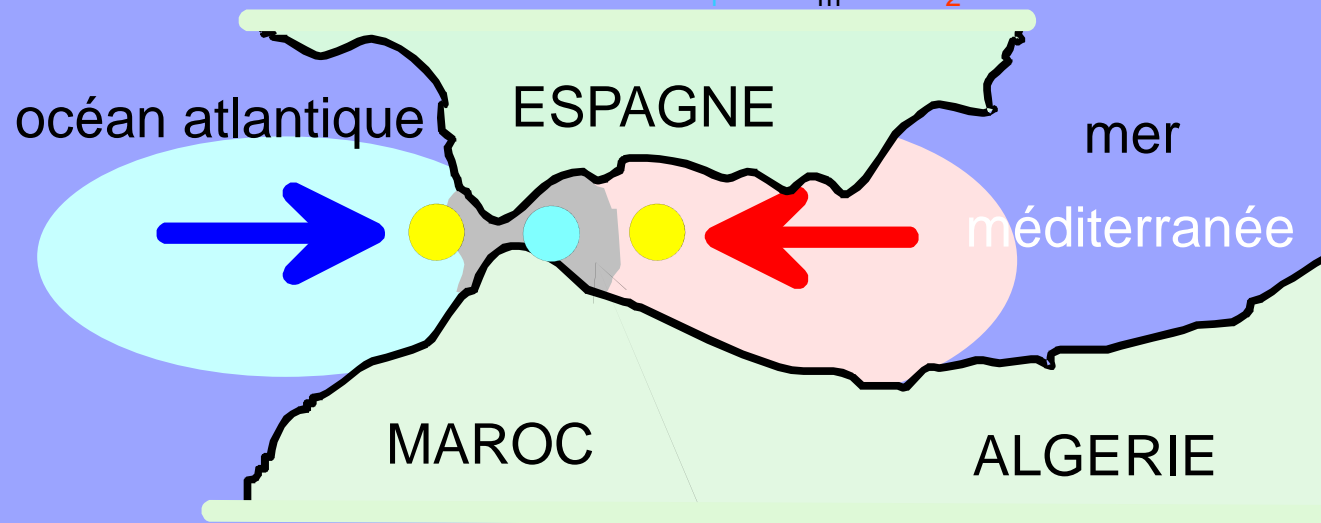
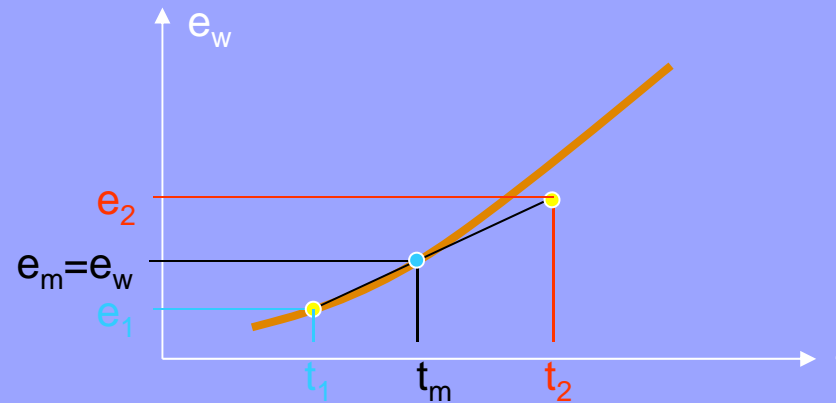
brouillard d'évaporation

brouillards/ST «frontaux»



Autres processus de saturation :

Par mélange



brouillard



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Humidité

Sursaturation :

Les traînées de condensation



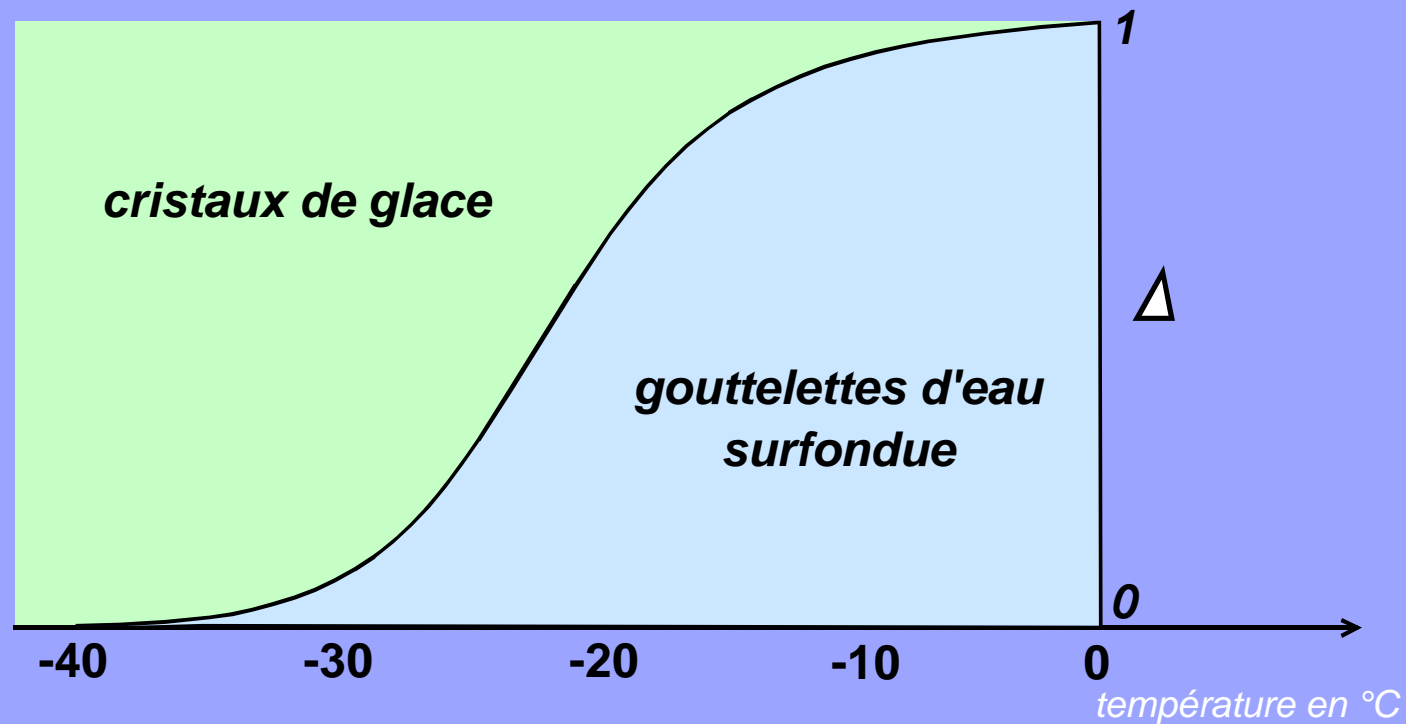
COndensation TRail : COTRA



Surfusion :

Répartition cristaux - gouttelettes à température négative

$$\Delta = \frac{\text{Nombre de gouttelettes surfondues}}{\text{Nombre total de cristaux et gouttelettes}}$$





NOTION DE STABILITE ET INSTABILITE

- **Une particule à même température virtuelle et pression que son environnement peut alors être définie en équilibre :**
 - **Stable**, si sollicitée verticalement elle revient en position initiale
 - **Instable**, si sollicitée verticalement elle continue de s'écarter de l'équilibre,
 - **Conditionnel**, si son état d'équilibre dépend de la sollicitation initiale,
 - **Indifférent**, si sollicitée verticalement elle reste là où elle est abandonnée.
- **L'inversion thermique est dans la troposphère la limite supérieure la plus fréquente d'un déplacement vertical par rupture d'équilibre.**

ILLUSTRATION



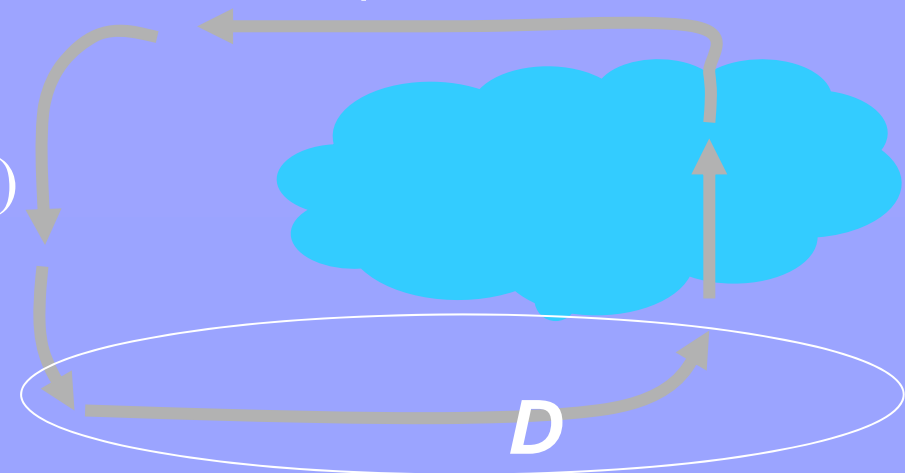
Stabilité et instabilité verticale:

deux grands types de mouvements verticaux affectent l'atmosphère :

à l'échelle synoptique:

soulèvement en bloc d'une
masse d'air ($V_z \# \text{cm/s} \rightarrow \text{dm/s}$)

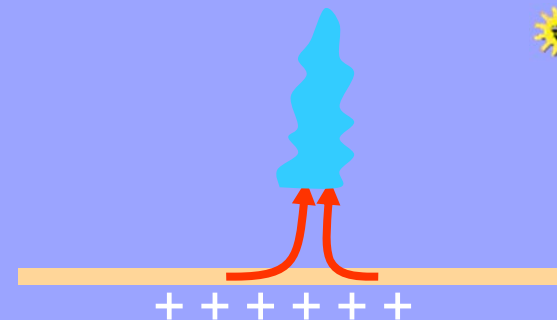
ascendance dépressionnaire

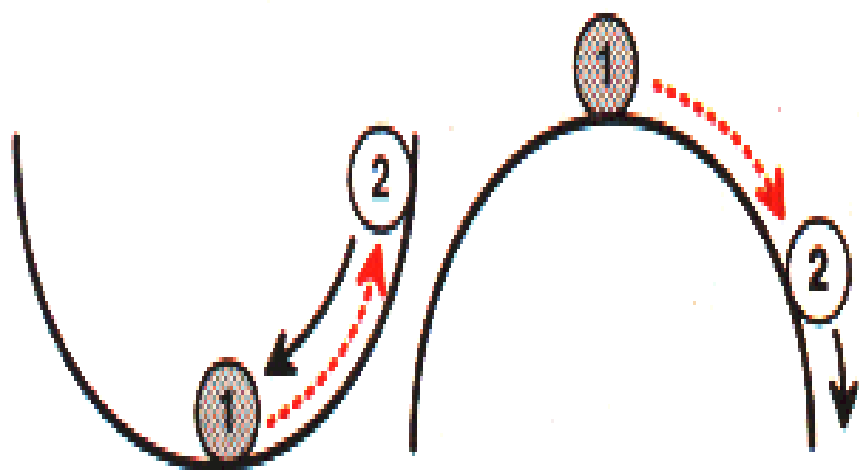


à l'échelle aérologique :

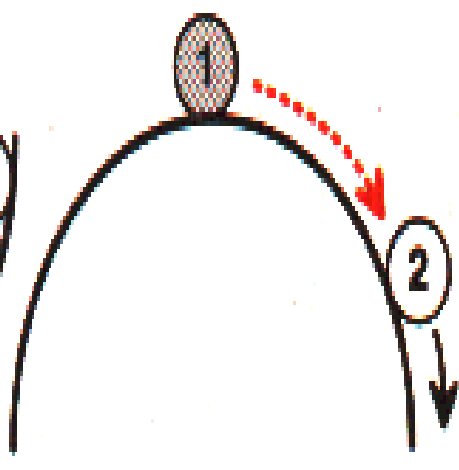
mouvements rapides et
variables de «bulles»
atmosphériques ($V_z \# \text{m/s}$)

ascendance convective





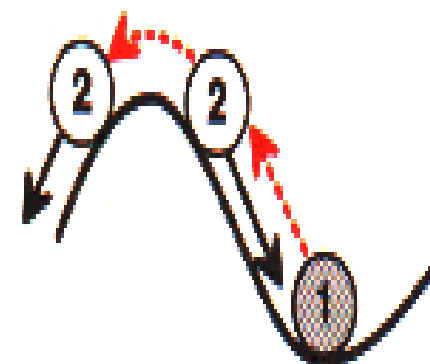
EQUILIBRE STABLE



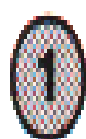
EQUILIBRE INSTABLE



EQUILIBRE INDIFFERENT



EQUILIBRE CONDITIONNEL



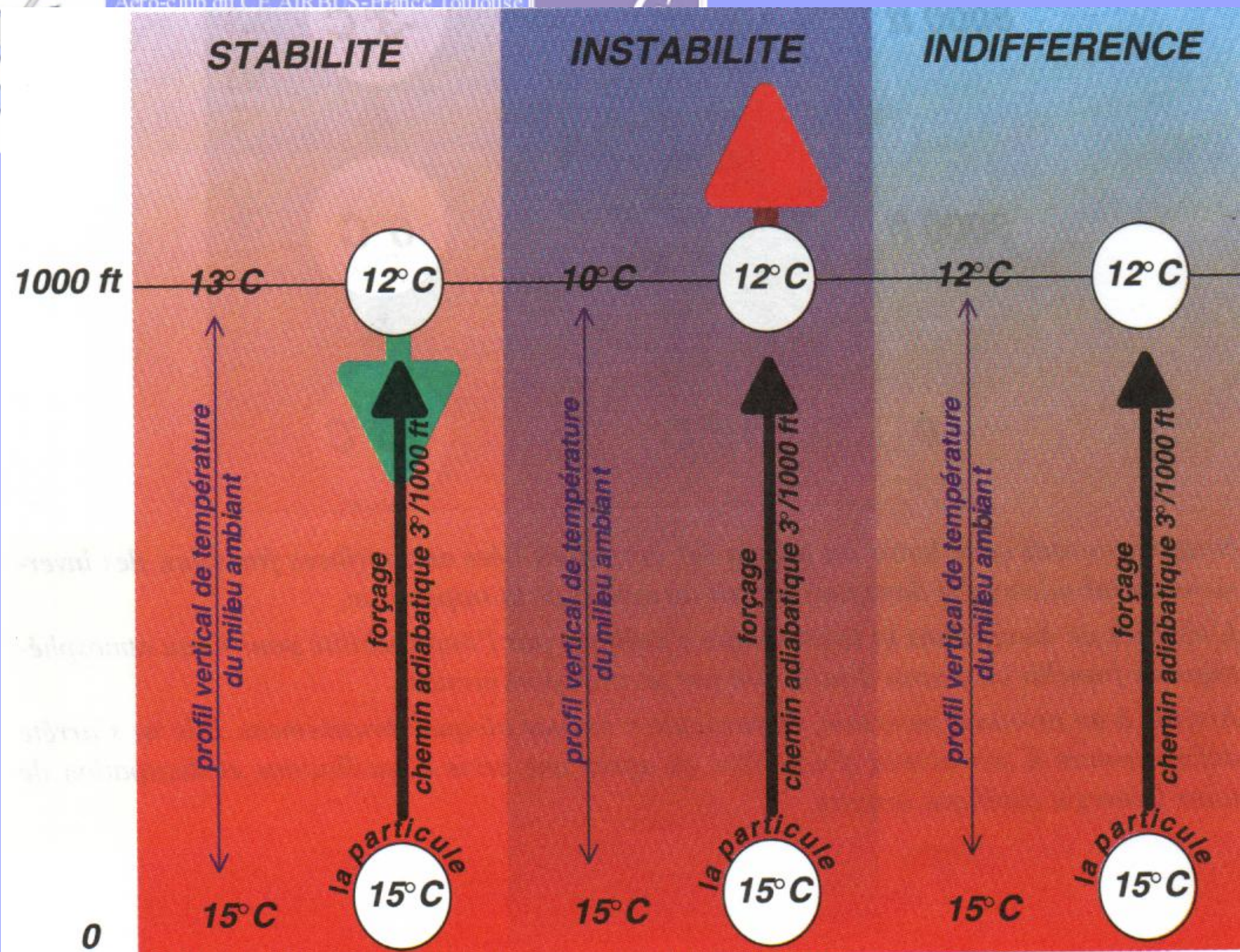
Bille au repos



Bille déplacée



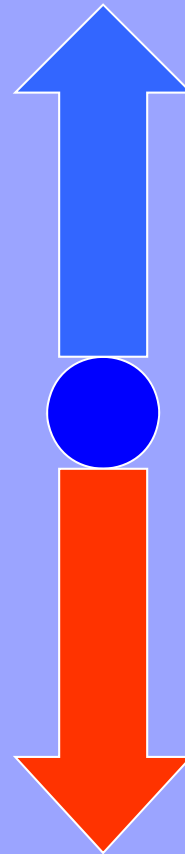
chemin suivi par la bille après déplacement



0



RETOUR



**POUSSEE
D'ARCH**

PARTICULE

POIDS



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Humidité

Ce qu'il faut retenir:

En fonction du critère de stabilité ou d'instabilité de la masse d'air.

Une masse d'air instable aura pour conséquence des nuages
Cumuliformes (Cu, Tcu, Cb, bonne visibilité)

A l'inverse, une masse d'air stable aura pour conséquence des
nuages de type stratiforme. (St, Ns, mauvaise visibilité))



Nuages

Généralités

Formation

Classification

Les nuages supérieurs

Les nuages moyens

Les nuages inférieurs

Description nuageuse

Précipitations

Généralités

Formation

Mesure

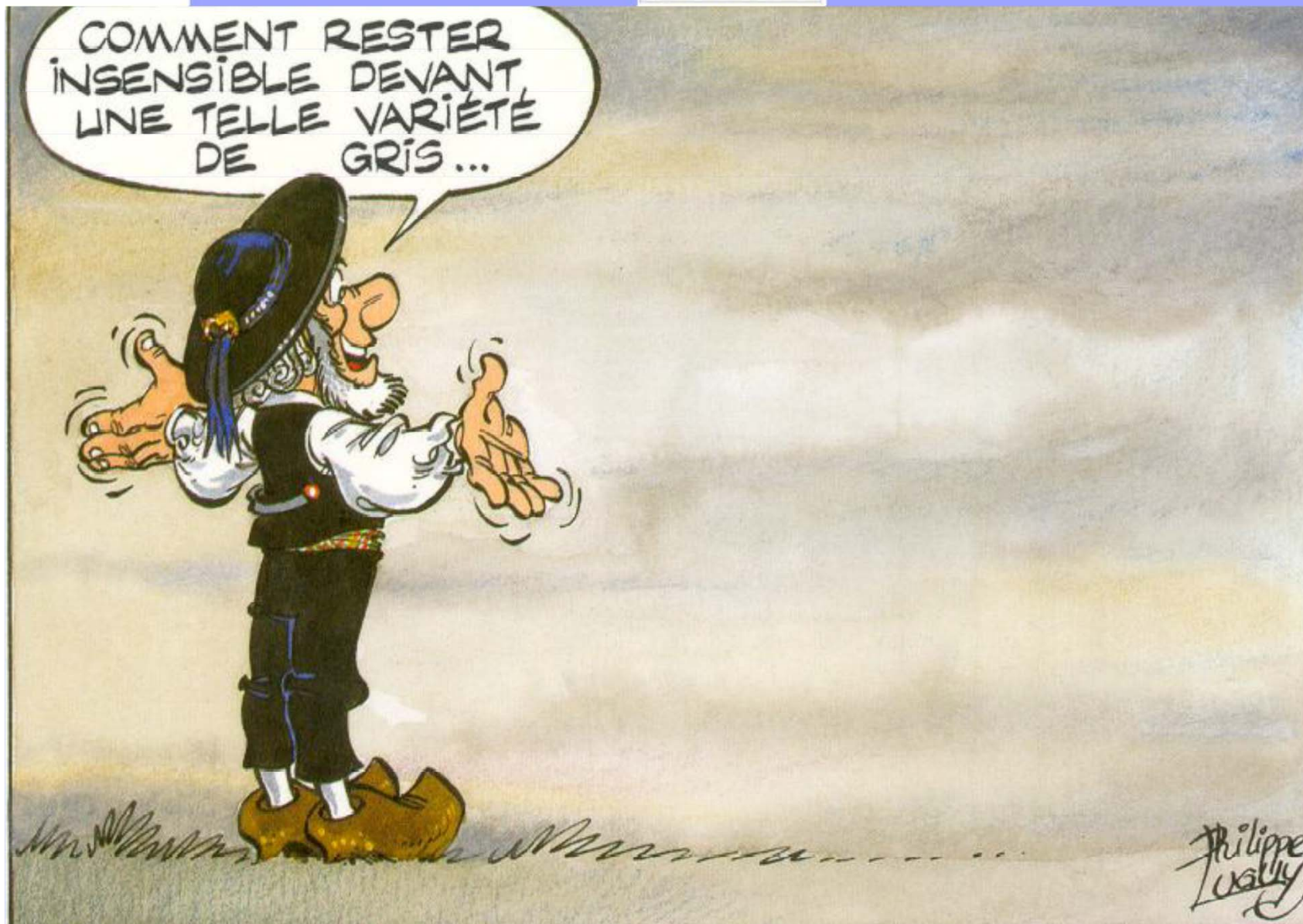
Climatologie



Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Nuages et précipitations





Formation des nuages :

- 90 % Ascendance d'air humide (détente adiabatique)
 - zones dépressionnaires
 - au voisinages des reliefs
 - la convection
 - la turbulence

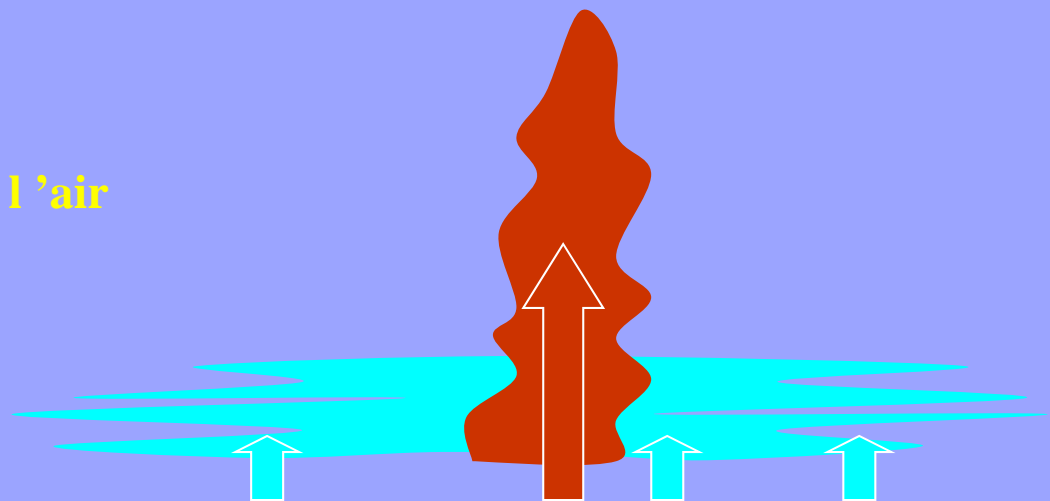
développement ou épaisseur du nuage liés

- à la structure thermique de l'atmosphère
- aux mouvements verticaux
- à l'humidité
- au vent horizontal

aspect lié au degré d'instabilité de l'air

● **stabilité** = aspect stratiforme

● **instabilité** = aspect bourgeonnant





Formation des nuages :

- 10% restant
 - refroidissement isobare (brouillards en surface)
 - apport supplémentaire de vapeur (brouillards en surface, nuages frontaux, traînées de condensation)
 - apport supplémentaire de noyaux (traînées de condensation)

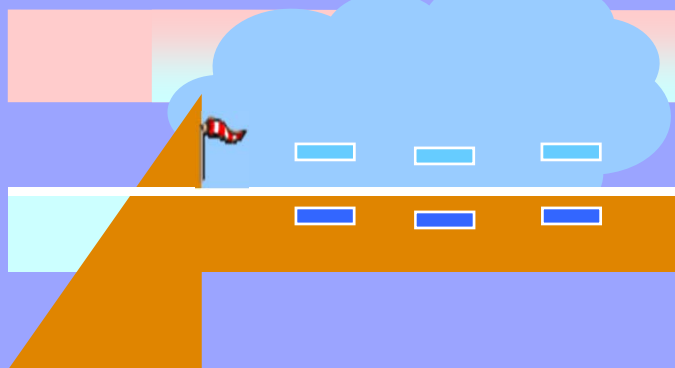
brouillard de rayonnement



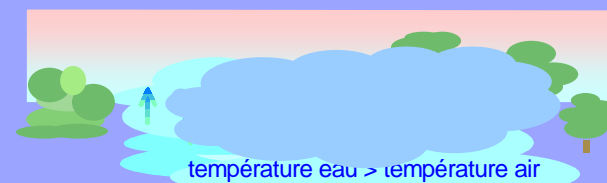
Traînées de condensation



brouillard d'advection



brouillard d'évaporation





Classification internationale :

- **Critères d'identification**

- **étage : hauteur de la base**

hauteur en km	pôles	tempérées	tropicales	
supérieur	3 ↔ 8	5 ↔ 13	6 ↔ 18	CIRRO
moyen	2 ↔ 4	2 ↔ 7	2 ↔ 8	ALTO
inférieur	sfc ↔ 2	sfc ↔ 2	sfc ↔ 2	

- **forme**



étalée, en voile, en couches (strates)
⇒ stable ⇒ **STRATUS**



bourgeonnante, isolée, arrondie «choux fleurs»
⇒ instable ⇒ **CUMULUS**

- **épaisseur, développement**

- **>3000 / 4000m ⇒ NIMBUS (pluvieux)**



Classification internationale :

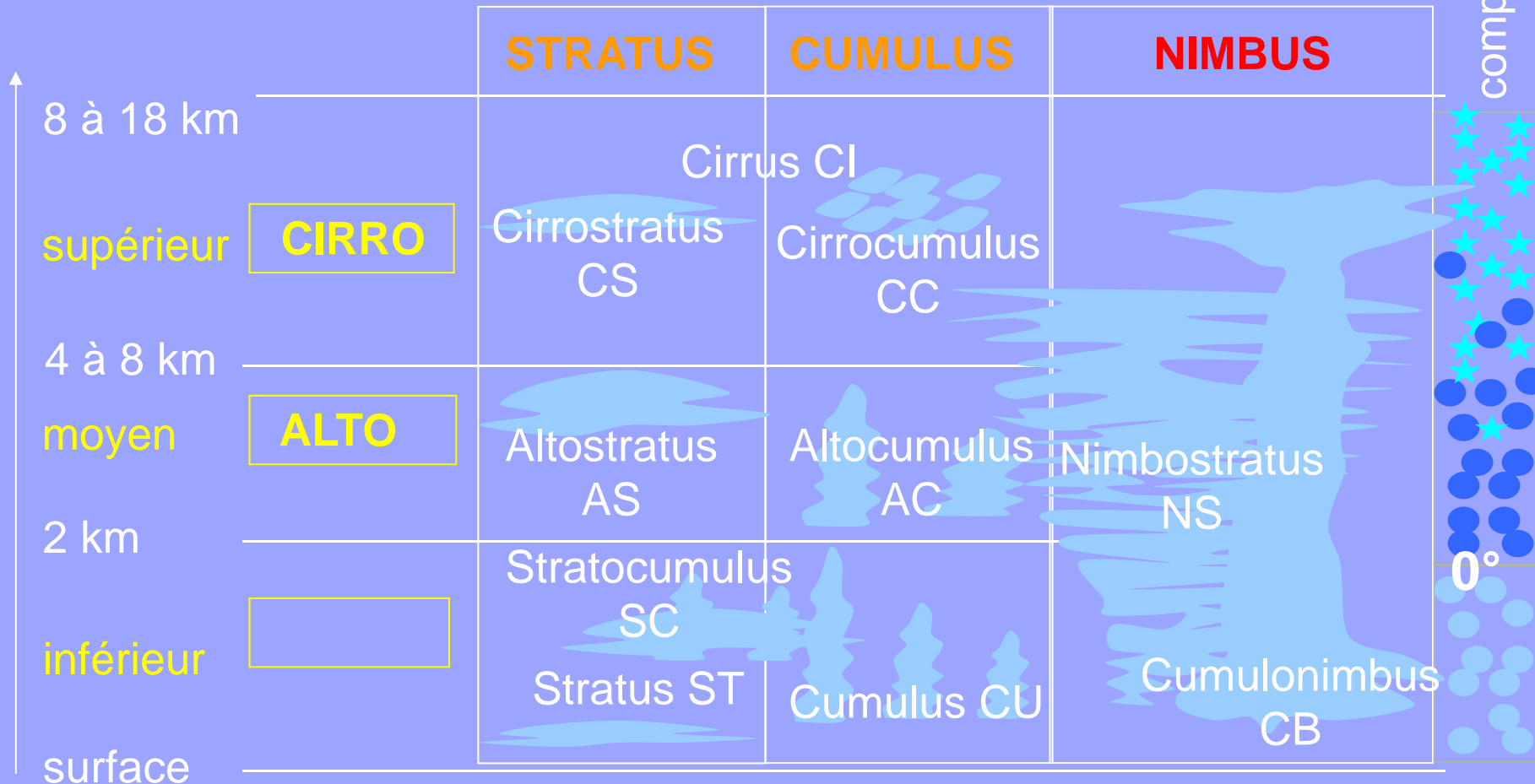
3 critères :

hauteur de la base

forme

et épaisseur

composition



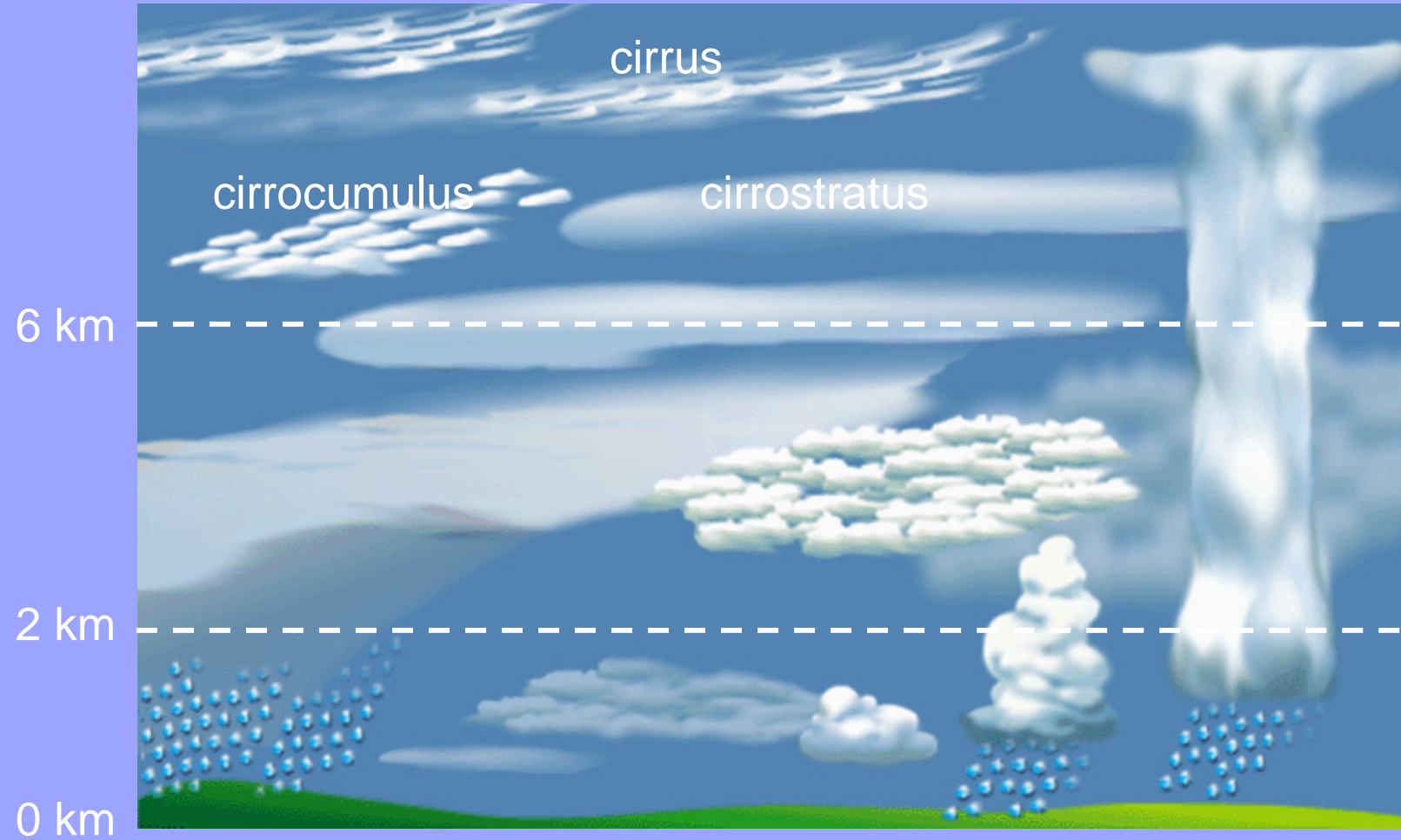


Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Nuages

étage supérieur :



Photos

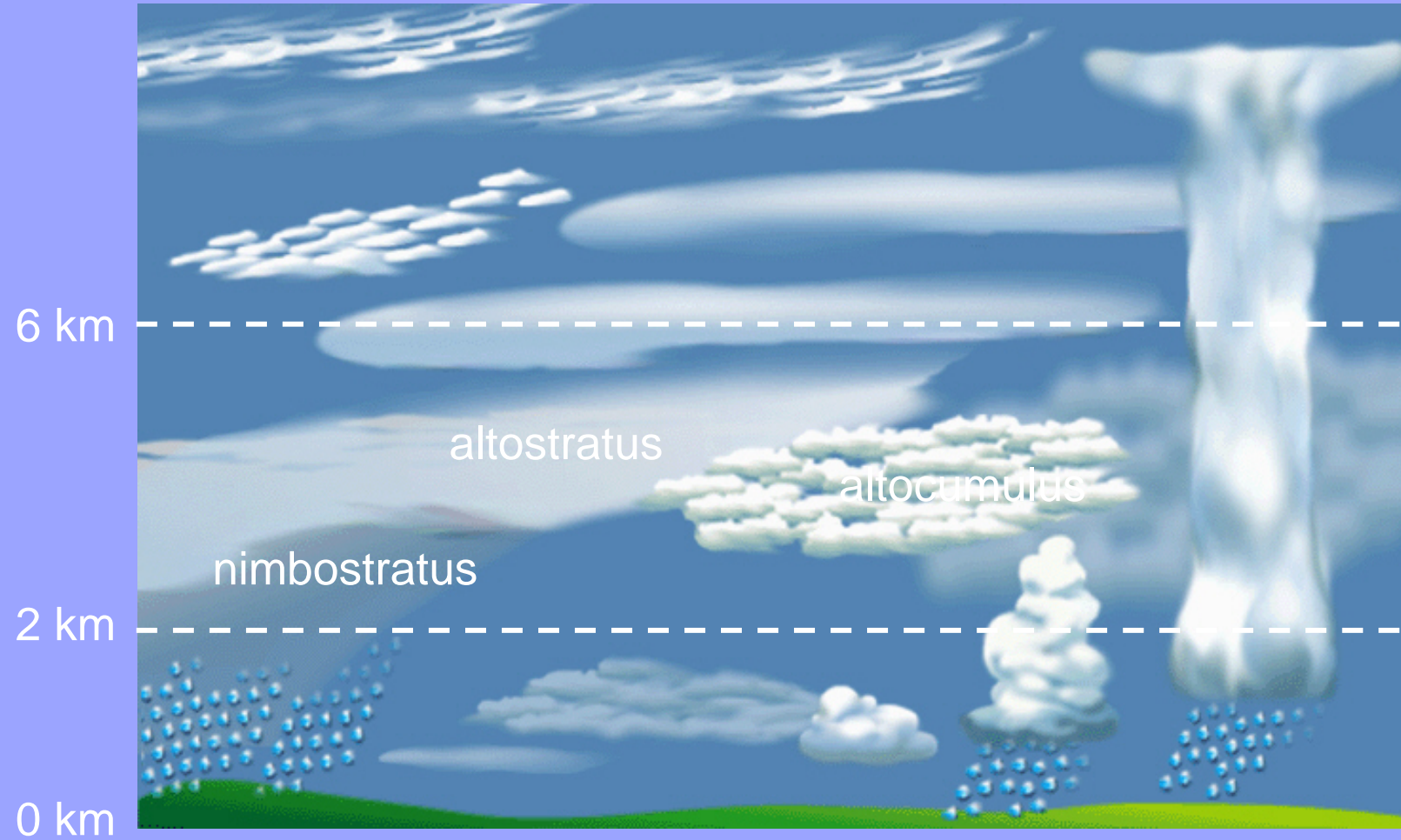


Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Nuages

étage moyen :



Photos

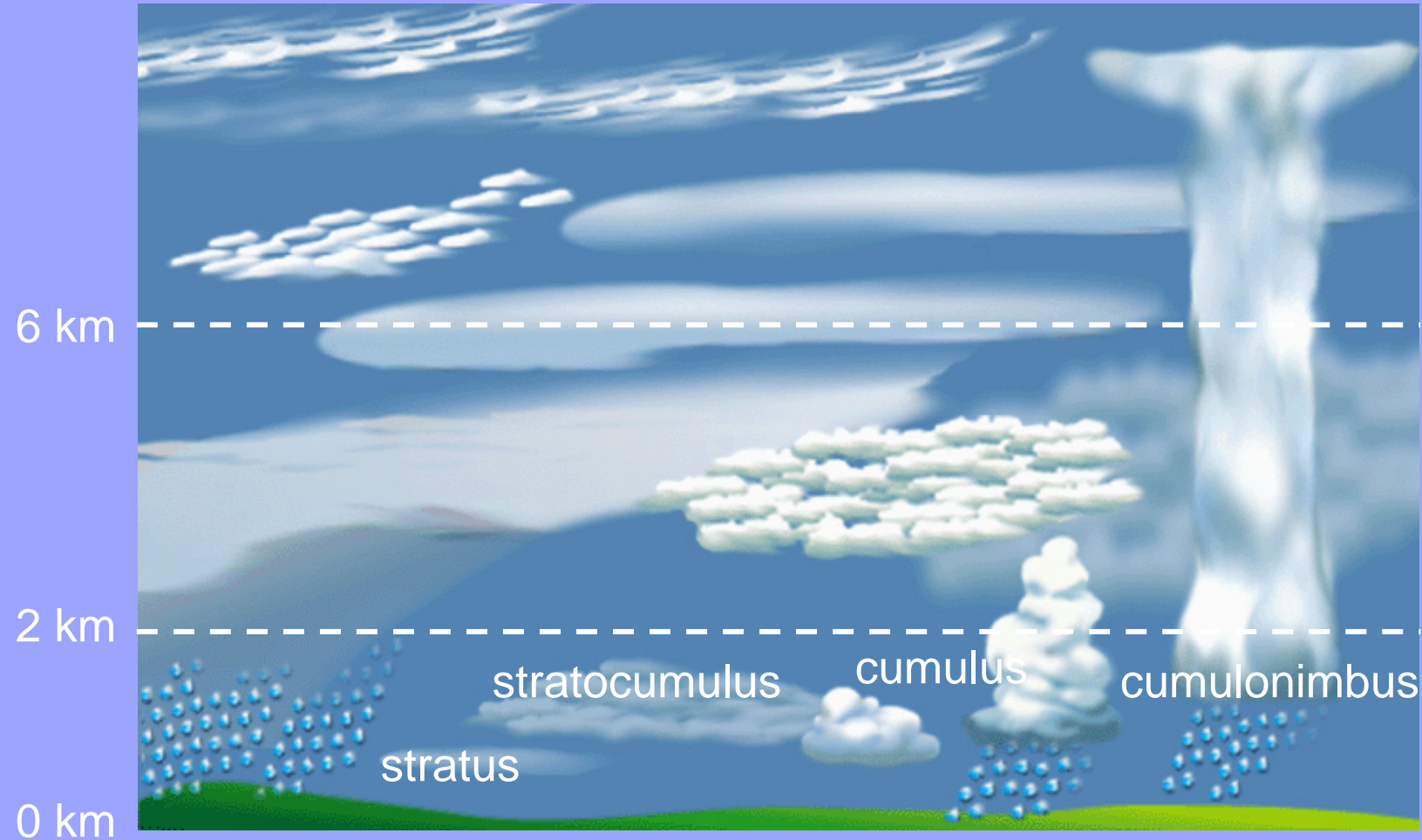


Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Nuages

étage inférieur :



Photos

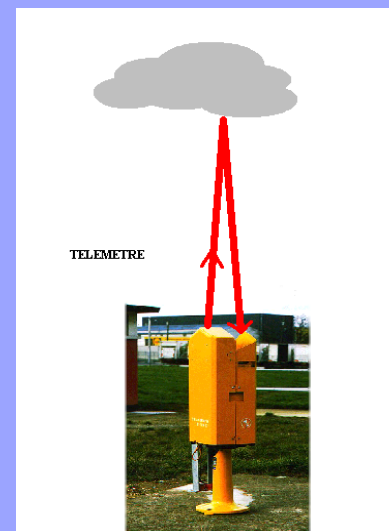


Description nuageuse :

- **Nébulosité : estimée par l'observation humaine**
 - **ciel clair : aucun nuage** SKC pour sky clear
 - **rare nuages : couche de 1 à 2/8** FEW pour few
 - **nuages épars : couche de 3 à 4/8** SCT pour scattered
 - **nuages fragmentés : couche de 5 à 7/8** BKN pour broken
 - **ciel couvert : couverture totale du ciel** OVC pour overcast
- *règle 1-3-5 ou FEW-SCT-BKN : description des couches successives de nuages à partir de la surface*
 - la première de nébulosité au moins FEW
 - la deuxième de nébulosité au moins SCT
 - la troisième de nébulosité au moins BKN
 - les CB et TCU quelque soit leur nébulosité



Nuages



Description nuageuse :

- **Hauteur de la base :**

- estimation au-dessus de 5000 ft
- jusqu'à 5000 ft de hauteur peut être mesurée par un télémètre (ou ceilomètre)
- En réglementation , le plafond est la 1^{er} couche la plus basse en dessous de 6000 m recouvrant plus de la moitié du ciel (nébulosité au moins BKN)

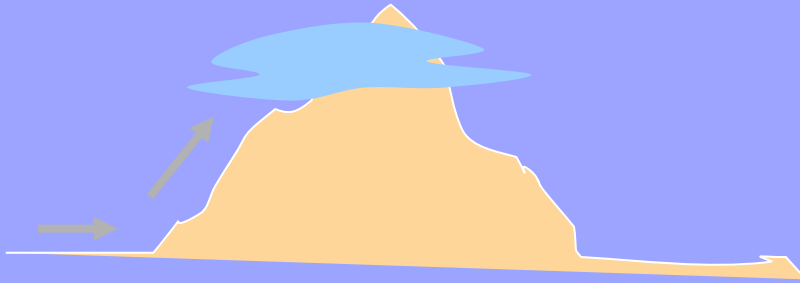
- **Genre : observation humaine**

- | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|
| – Cirrus : CI | Cirrostratus : CS | Cirrocumulus : CC |
| – Altostratus : AS | Alto cumulus : AC | Nimbostratus : NS |
| – Stratus : ST | Stratocumulus : SC | Cumulus : CU |
| – Cumulus Congestus : TCU | | Cumulonimbus : CB |

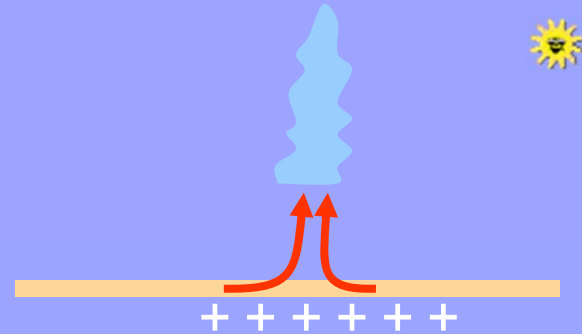


Processus de condensation par ascendance :

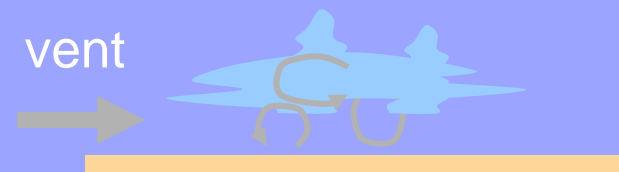
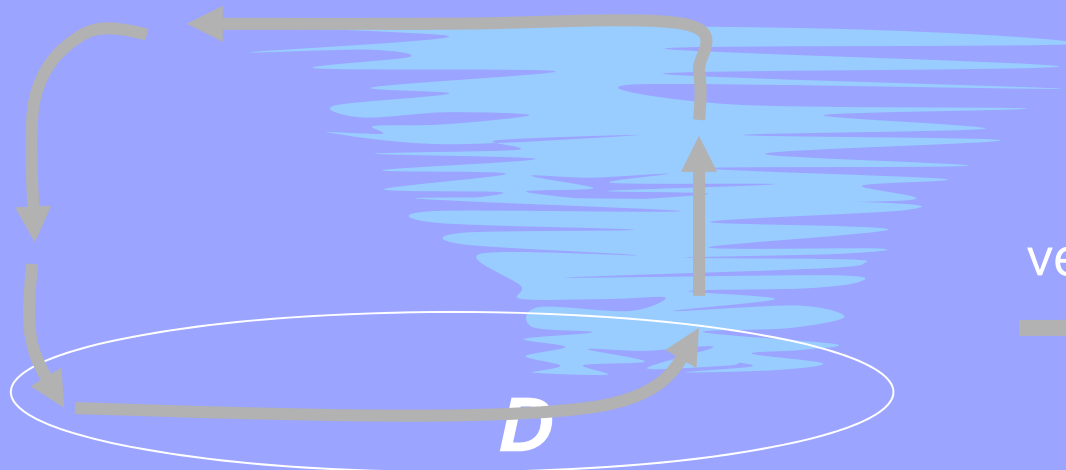
Ascendance orographique



Ascendance convective



Ascendance dépressionnaire



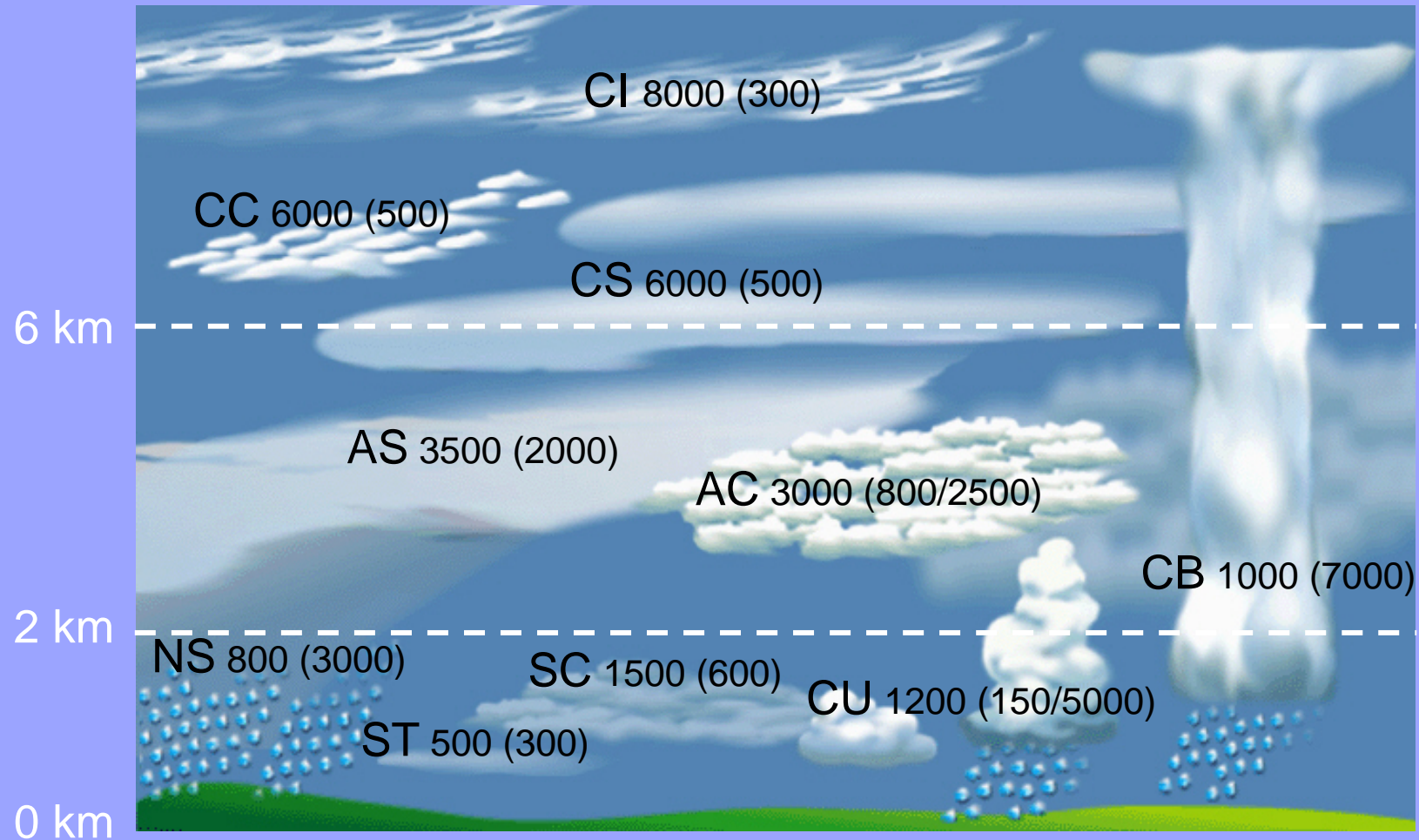


Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Nuages

Hauteurs de la base et épaisseurs typiques :





Aéro-club du CE AIRBUS-France Toulouse
René Barbaro



Précipitations





Définitions :

- chute d'eau liquide ou solide en provenance d'un nuage
- les cristaux et gouttelettes composant un nuage sont de dimensions suffisamment faibles pour rester en suspension dans l'atmosphère. Ils ne peuvent chuter que par l'accroissement de leur poids et donc de leur taille
- on parle de gouttelettes lorsque elles sont suffisamment petites pour rester en suspension, elles deviennent des gouttes lorsque leur taille leur permet d'avoir une vitesse de chute significative
- la frontière, en dimension, se situe aux alentours de 200μ
 - de 2 à 200μ : suspension effective
 - de 200 à 500μ : bruine, virga en altitude
 - $>500\mu$; domaine des précipitations



Nature des précipitations:

- **la pluie (///, ●, RA) : précipitation de gouttes dispersées de $\varnothing > 0,5\text{mm}$**
- **la bruine (., DZ) : précipitation assez uniforme de fines gouttes très rapprochées les unes des autres de $\varnothing < 0,5\text{mm}$**
- **la neige (*, SN) : précipitation de cristaux de glace généralement agglomérés en flocons de dimension de 2 à 20mm**
- **la grêle (Δ , GR) : précipitation de globules ou morceau de glace de dimension de 5 à ($>$)50 mm**
- **le grésil (Δ , GS) : précipitation de particules de glace de dimension $< 5\text{ mm}$**



Nature des précipitations :

- **la neige en grains (*, SG) : très petits grains de glace plats ou allongés de dimension < 1mm**
- **la neige roulée (Δ , GS) : grains de glace sphériques parfois coniques de dimension entre 2 et 5mm**
- **granule de glace (PL) : particules de glace de 1 à 5mm, provenant de la congélation de gouttes**
- **poudrin de glace (IC) : très petits cristaux de glace (aiguilles, plaques...) si ténus qu'ils semblent rester en suspension**



Nature des précipitations :

Remarques

une précipitation solide qui traverse une couche d'air à température positive se transforme en précipitation de pluie ou de bruine

une précipitation liquide qui traverse une couche d'air à température négative reste liquide mais surfondue (FZRA ou FZDZ)