

Formation VFR - TURBULENCE

Aérodrome d'Orléans – Saint Denis de l'Hôtel

Sébastien LIGER et Gaétan GIROUDET

TURBULENCE / CISAILLEMENT

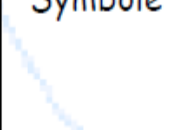
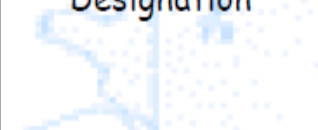


- Phénomènes d'échelle aérologique
- Zonage , Régions à risque → TEMSI
- Turbulence = variation de la direction et/ou vitesse du vent
→ accélérations verticales ou horizontales (secousses)
- Cisaillement = changement soutenu dans la direction et/ou vitesse du vent dans l'espace
→ modifier la trajectoire de l'aéronef .
- OACI : **potentiel de cisaillement:**
pour 100ft de trajectoire verticale
 - léger : inf à 4kt
 - modéré : 5 à 8 kt
 - fort : 9 à 12 kt
 - très fort : sup à 12kt
- WS dans des METAR

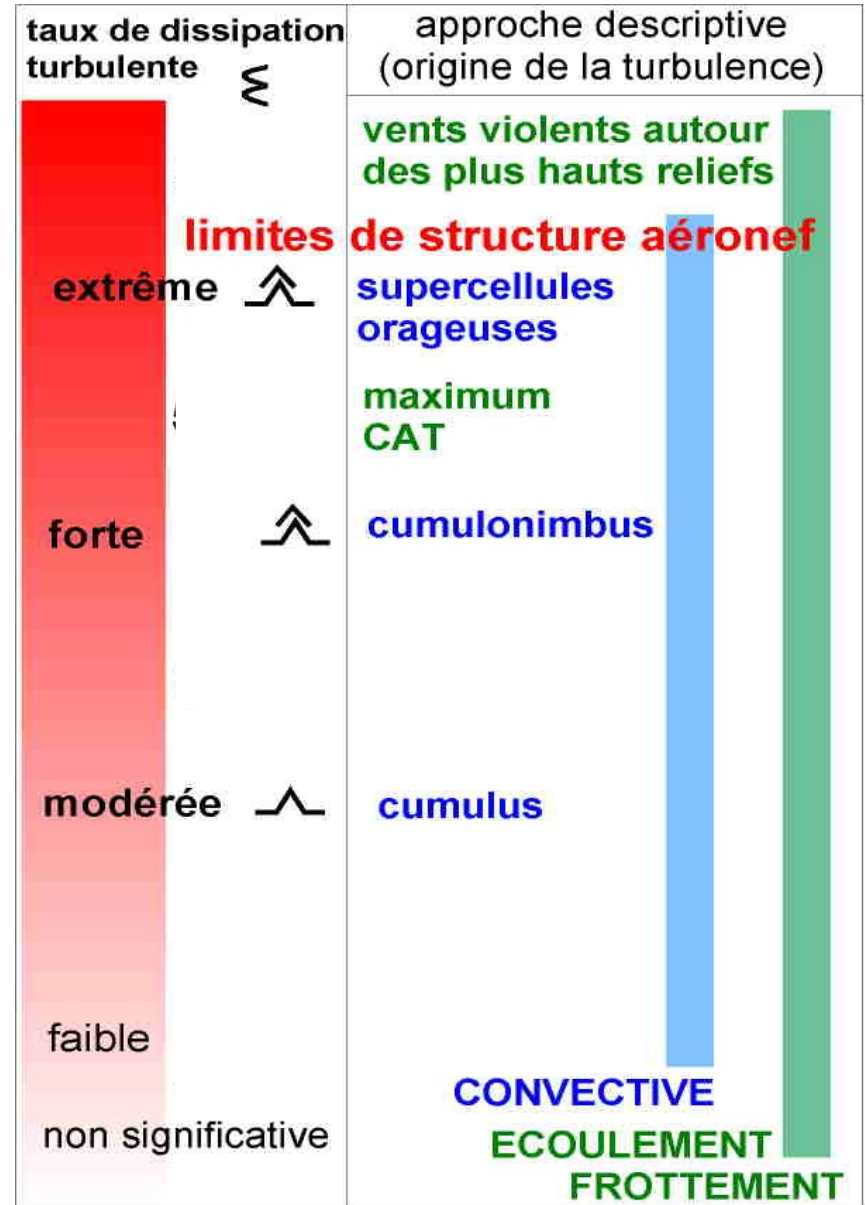
Potentiel de turbulence :

EDR = taux de dissipation turbulente (cm^2/s^3)

= dissipation de l'énergie cinétique en énergie thermique

Associé à une méthode descriptive le résultat aboutit à un symbolisme normalisé : TEMSI

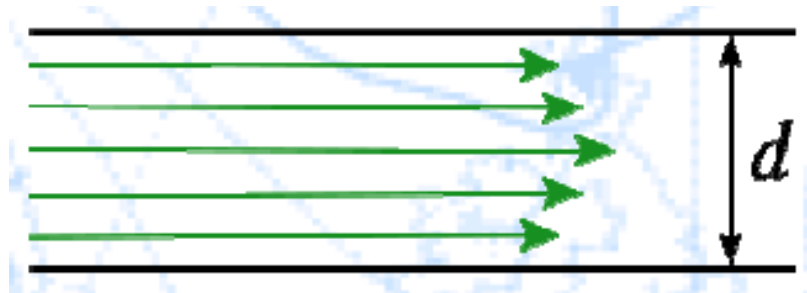
Symbole	Désignation	Taux turbu Expr
		
	Nulle	
	Faible	
	Modérée	
	Forte /Sévère	



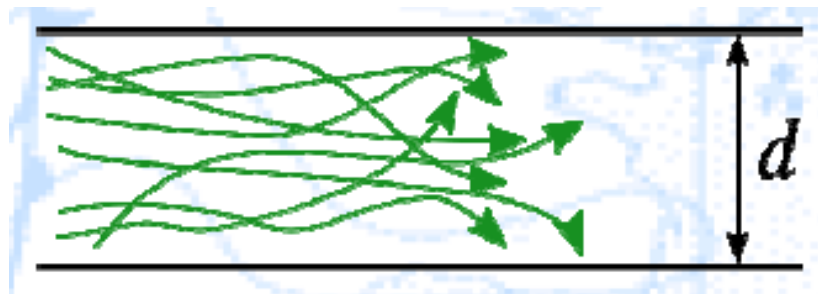
Généralités

L'air = un fluide

Écoulement laminaire



Écoulement turbulent

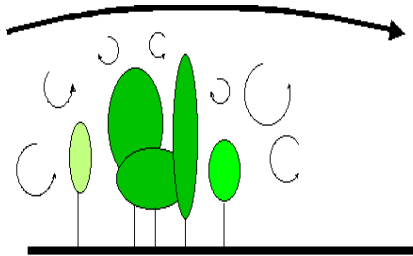


Générée par :

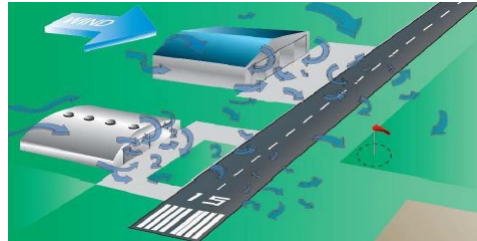
- causes dynamiques (frottement, écoulement)
- causes radiatives et thermiques (convection C_u, C_b)

Turbulence de frottement

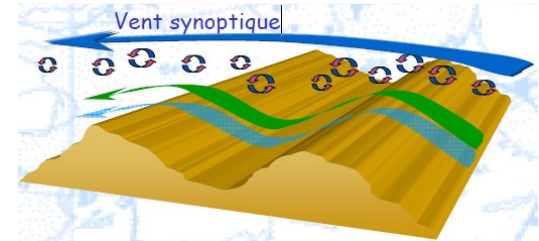
- force du vent (>15-20 kt)
- nature du sol et de l'environnement



Végétations



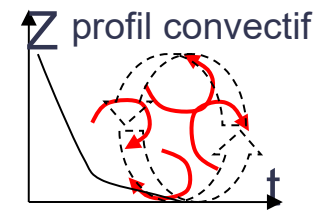
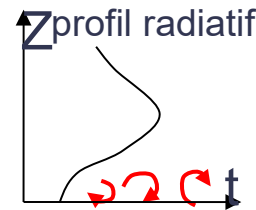
Bâtiments



Petits reliefs

- structure thermique de la masse d'air

- en air stable : 150ft
- en air instable 2000 m



Visualisation : Sc/Cu fractus

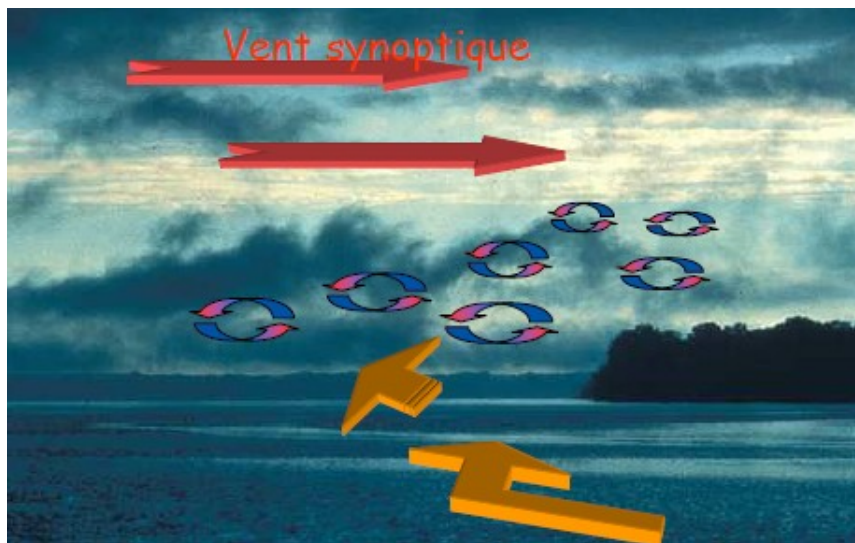
Turbulence d'écoulement

création de cisaillement de vent

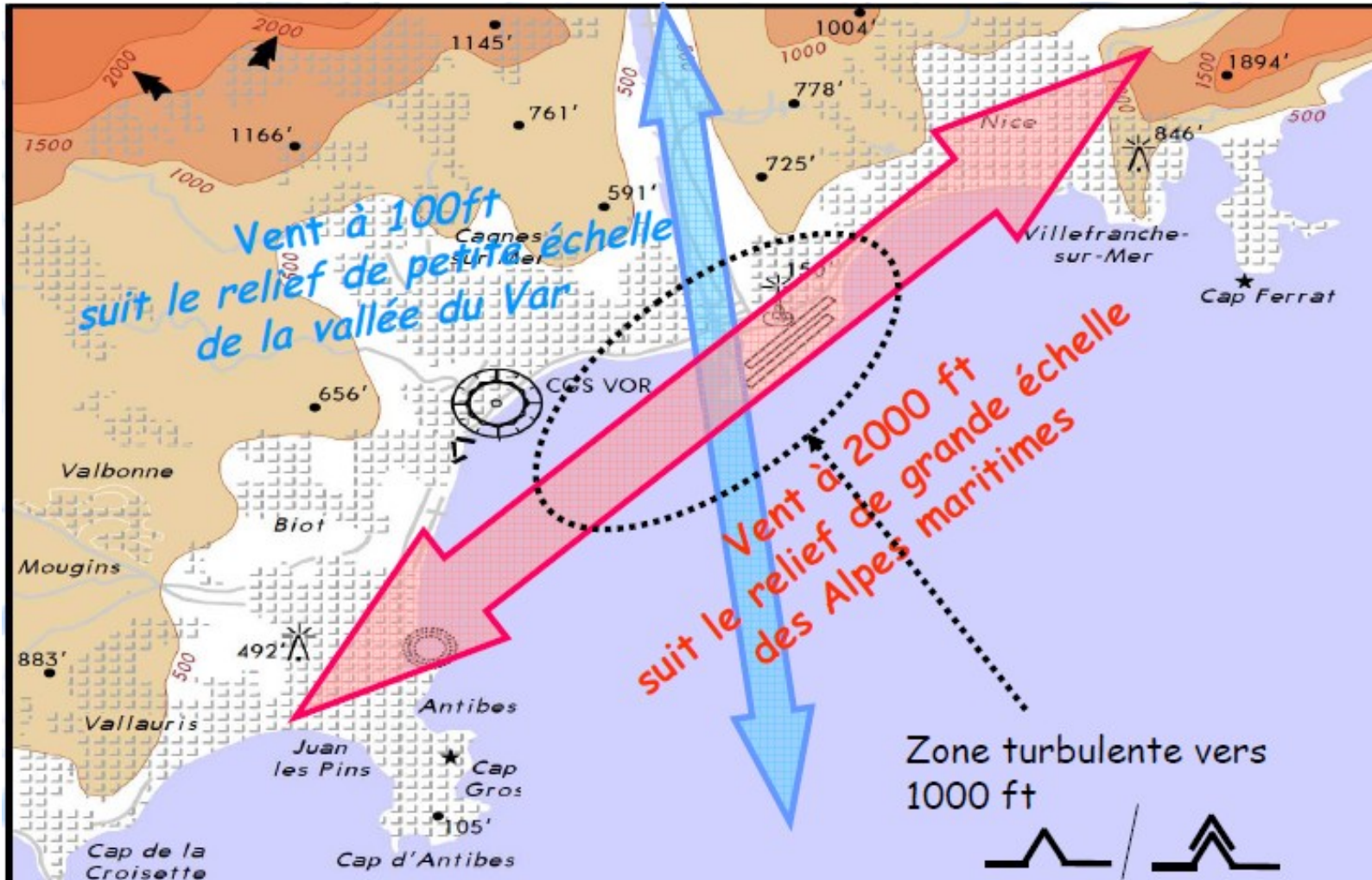
- localisation:
 - le relief
 - les fronts
 - les inversions de températures
 - les brises
 - les sillages

Frottement entre 2 tranches atmosphériques de caractéristiques différentes

- vitesse / direction
- distribution thermique

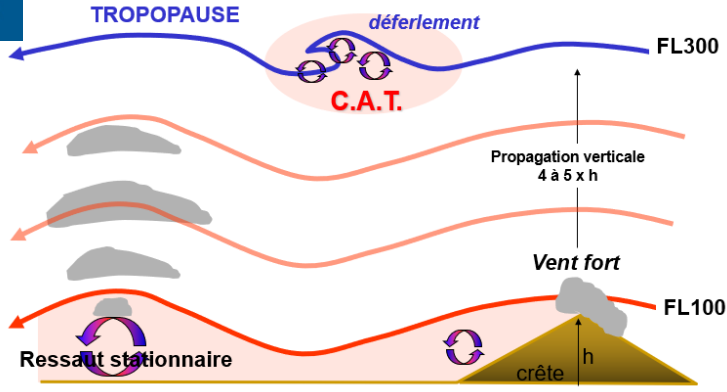


Cas de l'aéroport de Nice: canalisation par le relief

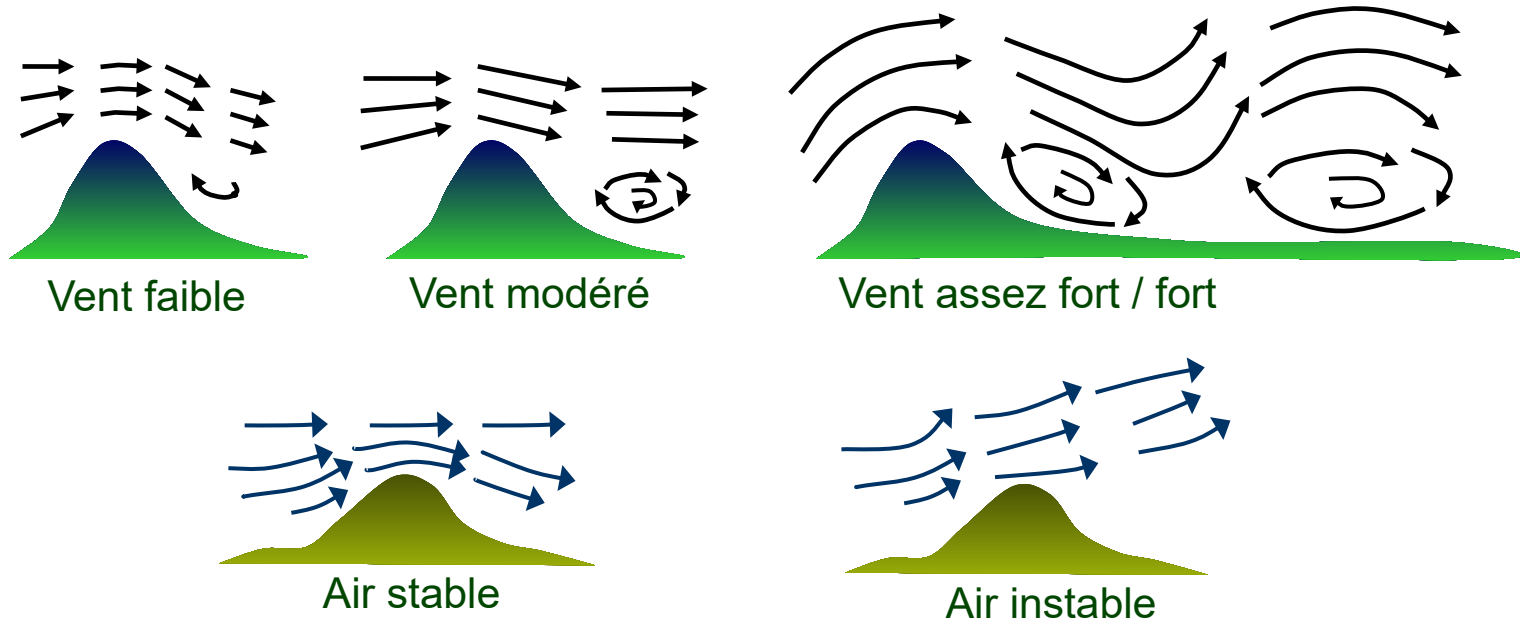


Équipement spécifique à l'aéroport : LIDAR

Turbulence orographique



Déferlement d'onde orographique : ondes de kelvin Helmholtz

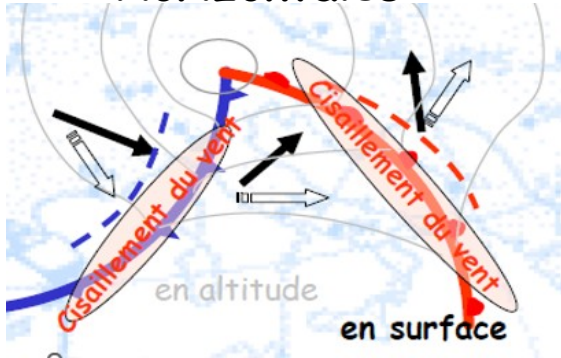


Situations les plus favorables : vent fort + air stable

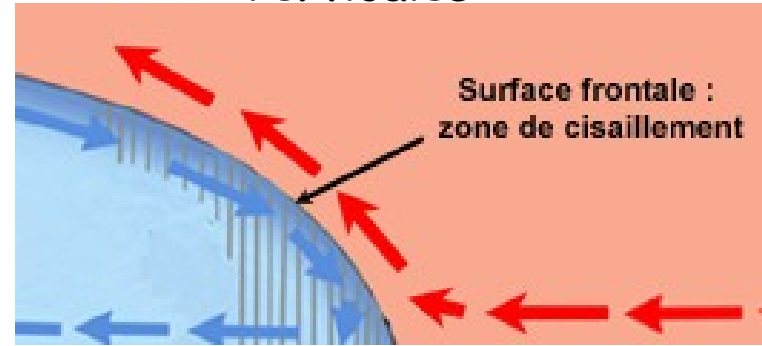
Turbulence frontale

- variations de direction et aux contrastes thermiques

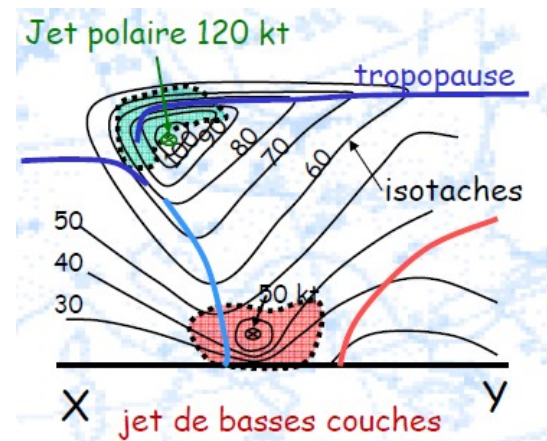
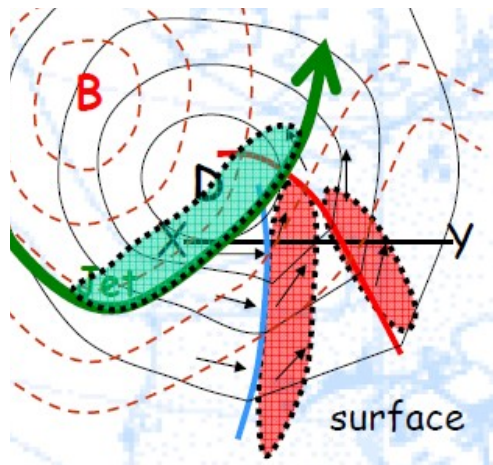
Horizontales



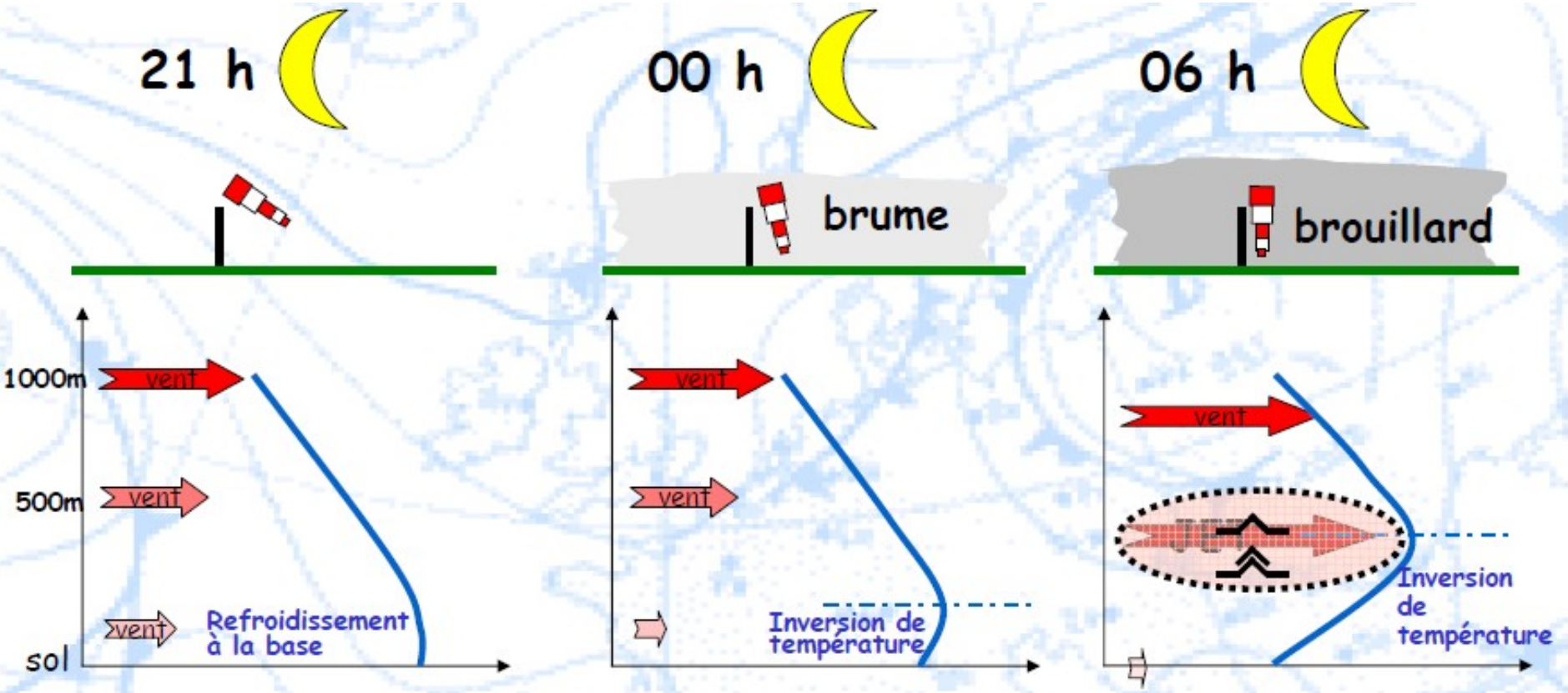
Verticales



- variations de vitesse (accélération)



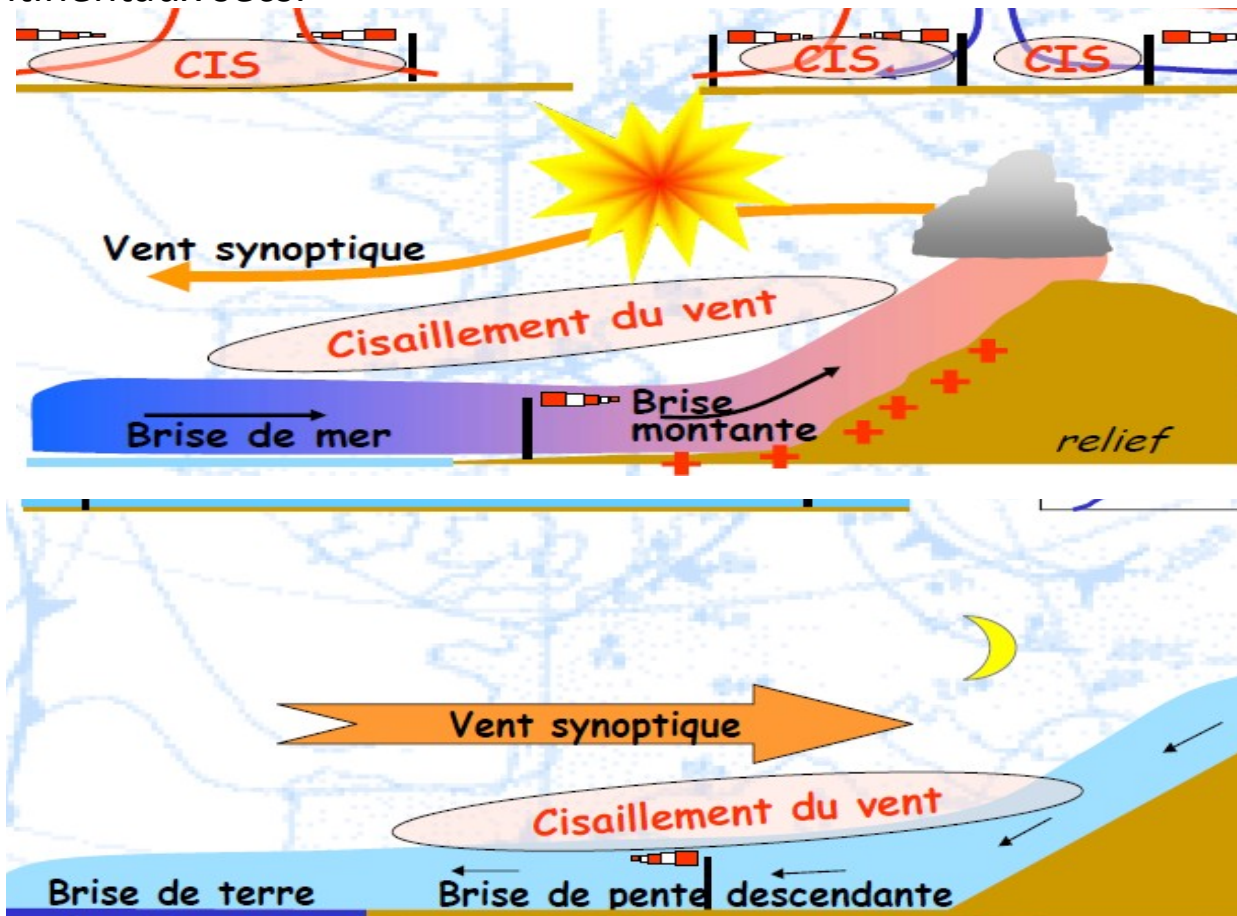
Inversion de températures



Turbulence de brises

Conditions favorables :

- un ciel clair à peu nuageux ;
- un gradient horizontal de pression faible ;
- des sols continentaux secs.

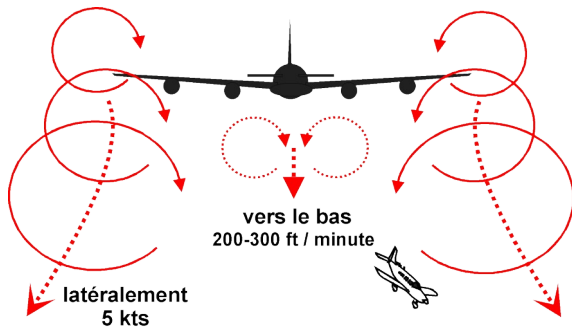


Turbulence de sillage

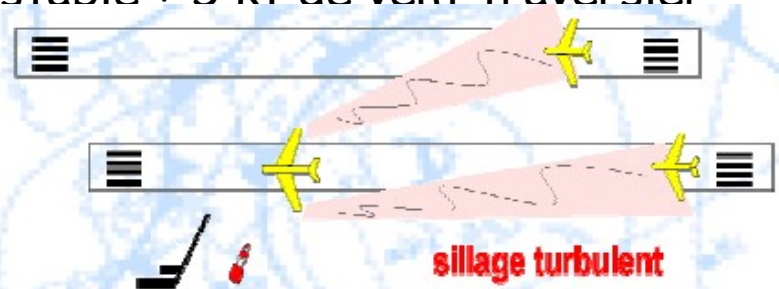
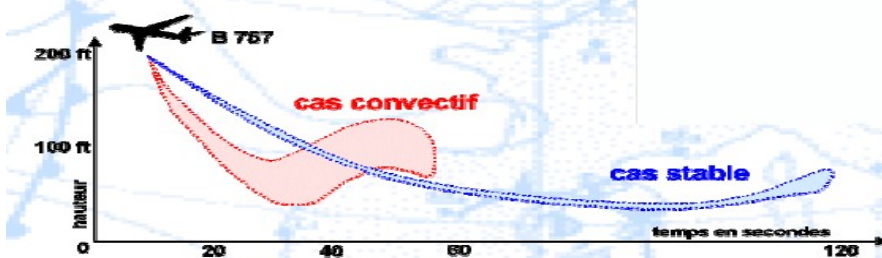
- sillage nuageux.



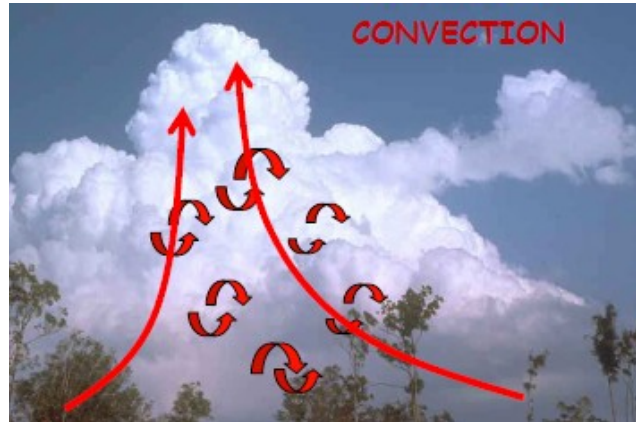
- sillage d'origine aérodynamique



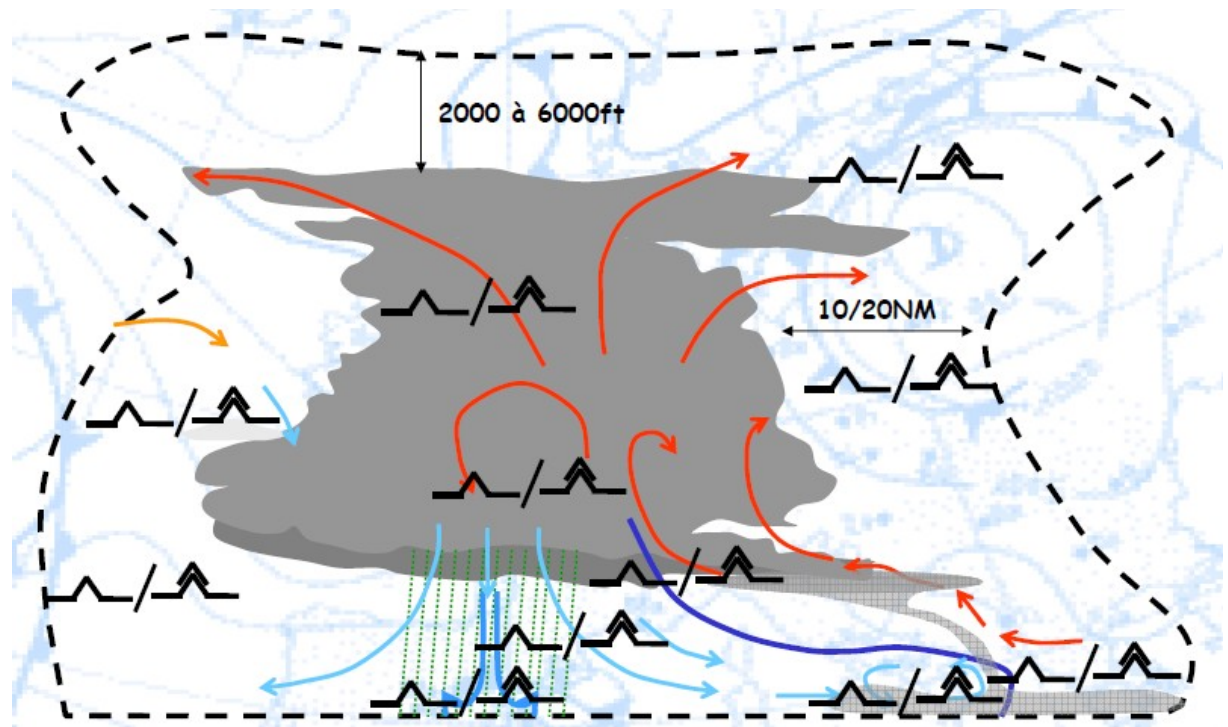
Situation la plus défavorable : Atmosphère stable + 5 kt de vent traversier



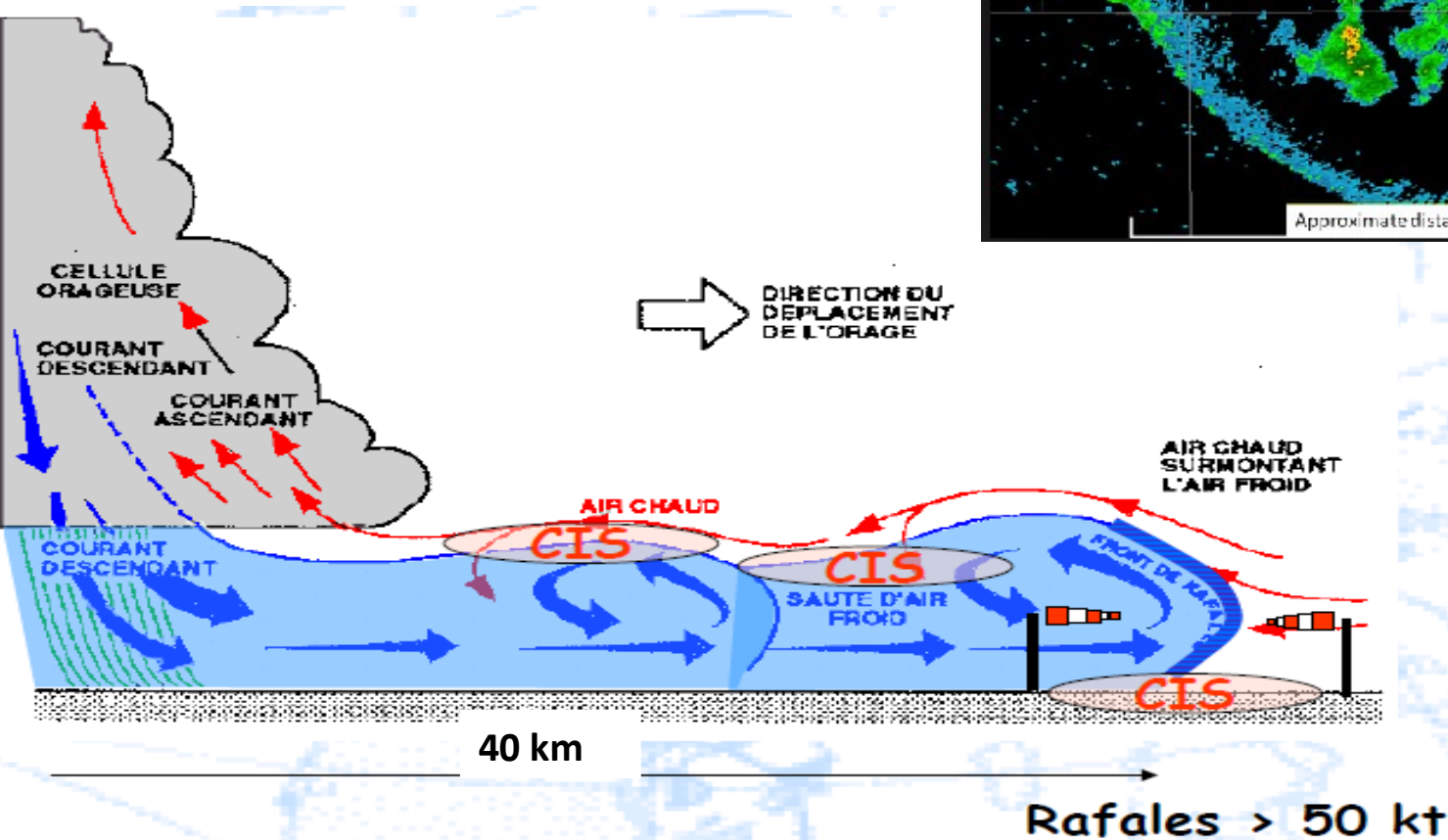
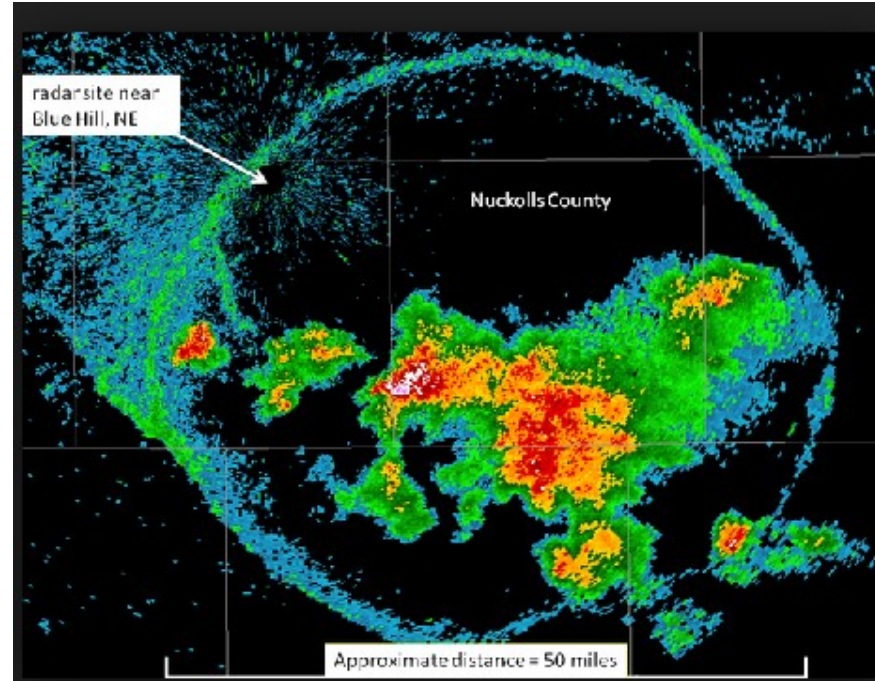
Turbulence convective



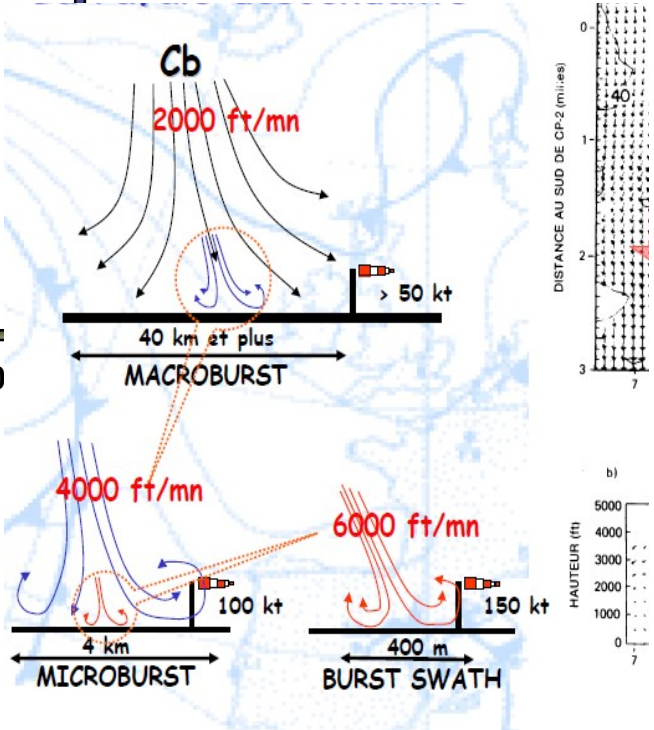
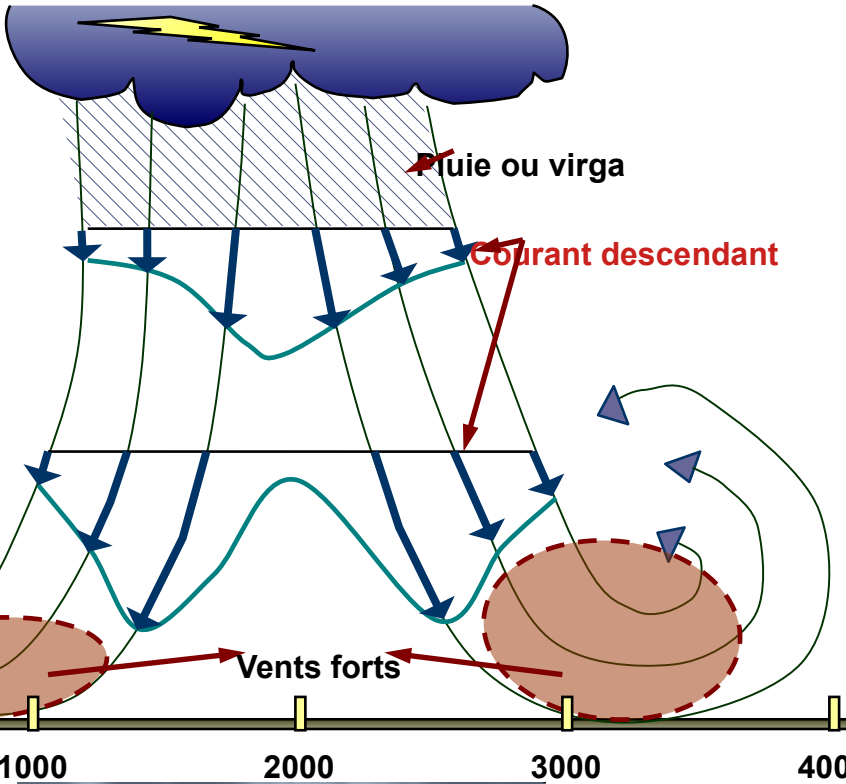
- Associée à une cellule convective (Cu, TCU, CB)
- Enveloppe turbulente



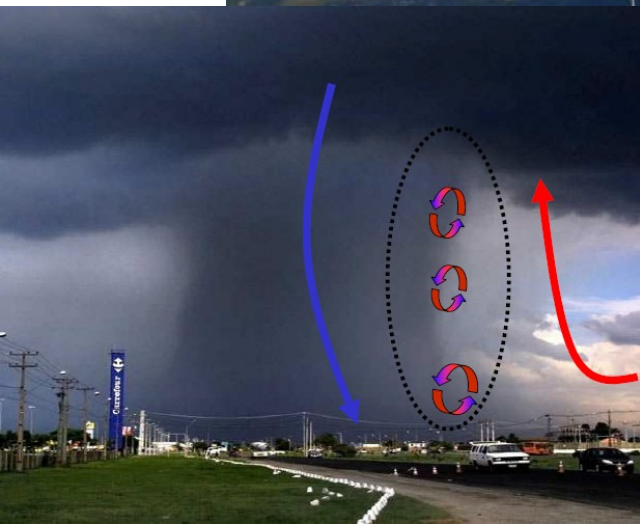
FRONTS DE RAFALES SOUS CB : courant de densité



FRONTS DE RAFALES SOUS CB : Downburst



WS sous CB à ROISSY





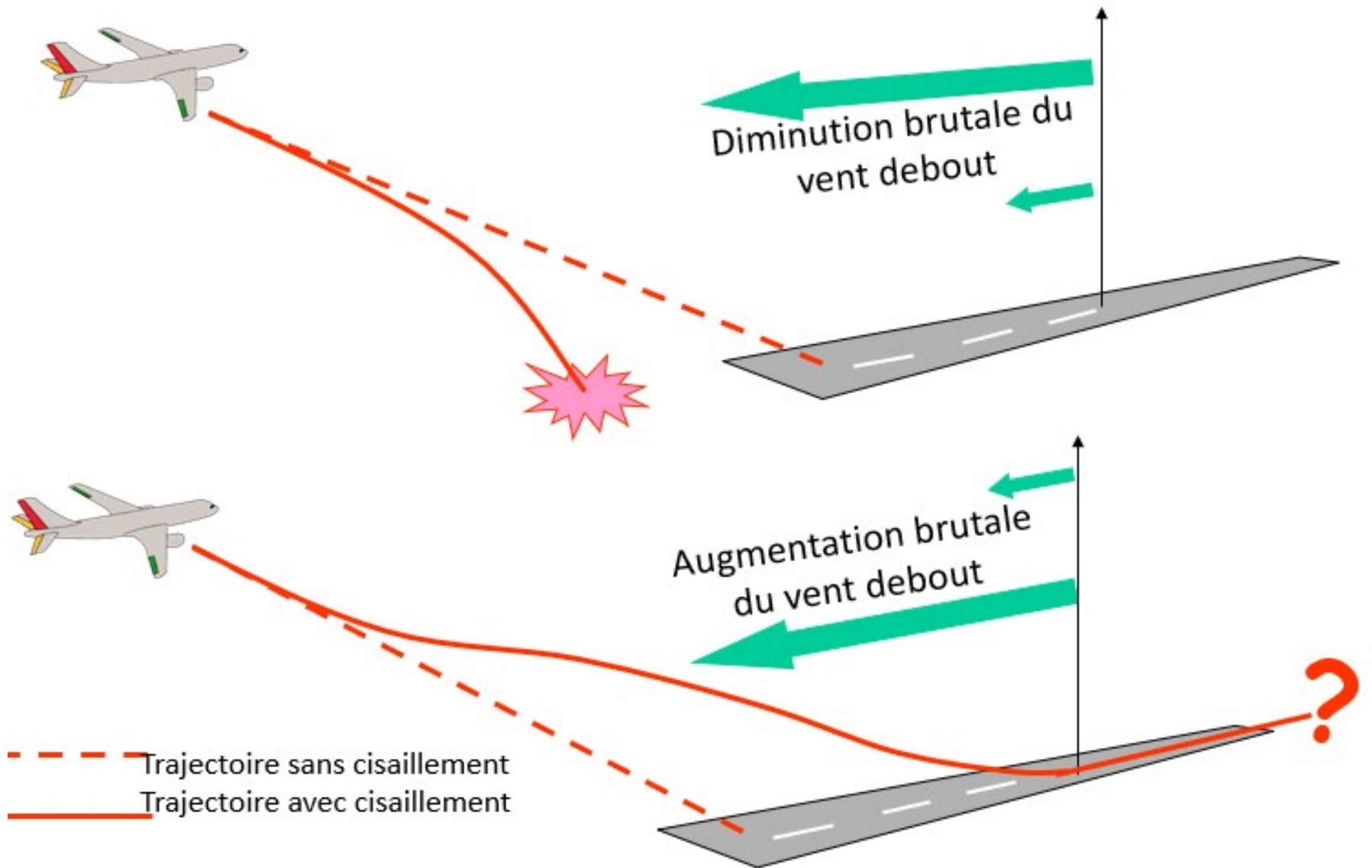
?



Microburst sec Virga d'Ac souvent en cours/fin de nuit



Avion en approche finale





**METEO
FRANCE**

À VOS CÔTÉS DANS UN
CLIMAT QUI CHANGE

Selon Enquête du BEA

Phénomène METEO	Part des occurrences de cisaillement de vent
Activité convective (orages, microburst, front de rafale)	50 %
Averse de pluie ou neige	15 %
Activité frontale	15 %
Forts vents de surface	5 %
Jet streams de basse altitude	5 %
Autre causes (inversion de température, brise de mer, ondes orographiques,...)	10 %