

Ondes et nuages d'onde

André Szantai

LMD

Spécialités :

- Imagerie satellite
- Deltaplane (planeur, parapente)

Planètes : Terre et Mars



Morning Glory, Australie du Nord (Jonny Durand)

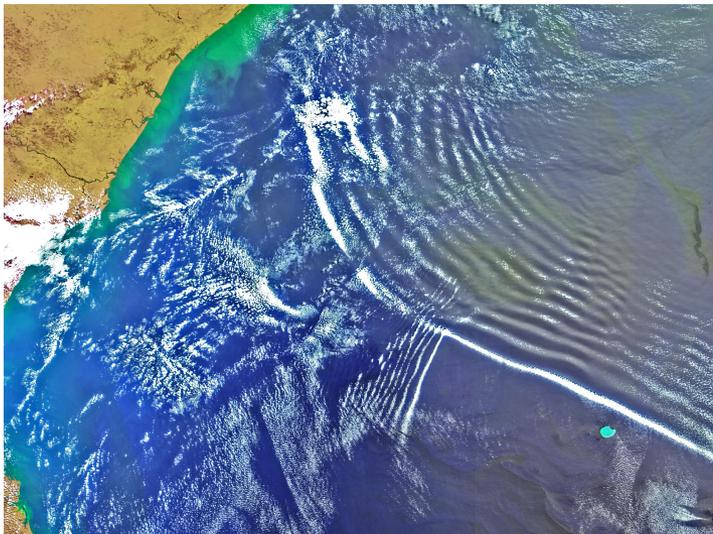
Ondes et nuages

■ Visualisation d'ondes :

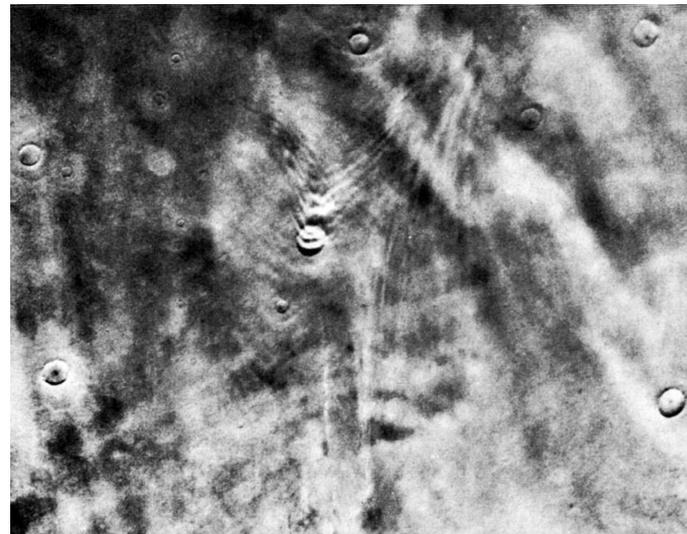
- une ou plusieurs rangées ou alignements de nuages
- observables depuis le sol / par satellite
- stationnaires / non stationnaires

■ Planètes à nuages d'ondes : Terre et Mars

Terre :
Océan Indien,
Mozambique
Ondes de
gravité



(Da Silva and Magalhaes, 2009, Int. J. Remote Sens.)
(image : <https://imageo.egu.org/view/1119>)



Mars :
62°N
Ls=154.1°
Ondes de
gravité
(+brumes)

Viking 1

(Kahn, 1984, JGR)

Caractéristiques des nuages

■ Types :

- **Alto cumulus (stratocumulus, cirrocumulus) lenticularis**
- **(Rues de) cumulus**

■ Exemples :

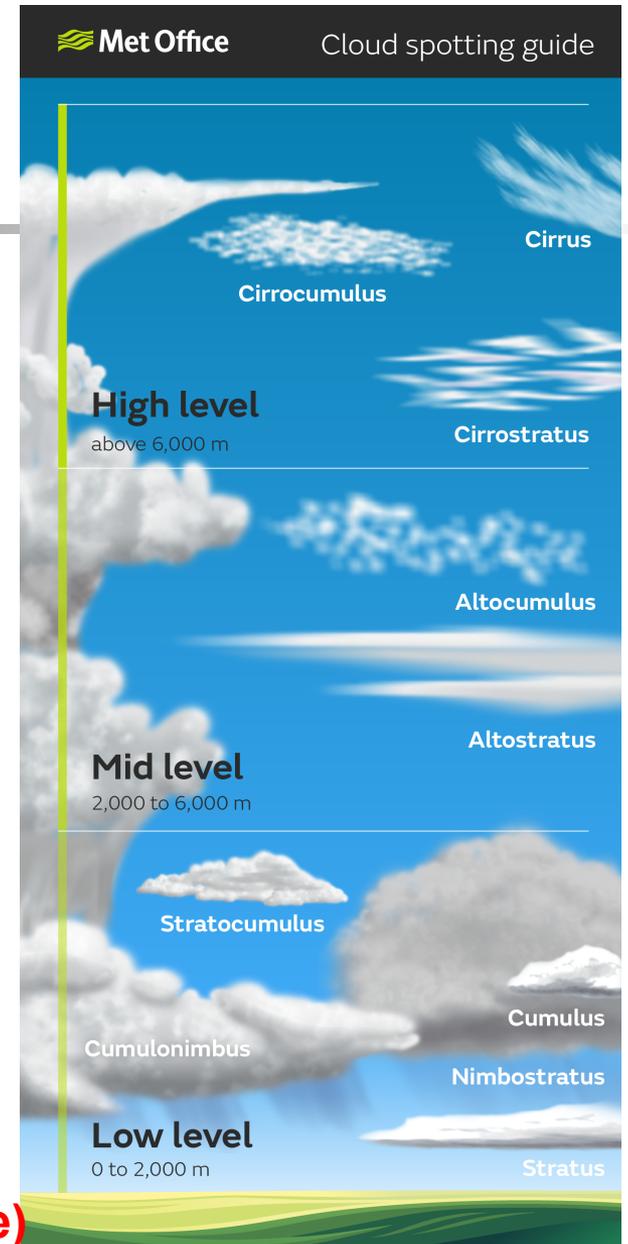
- 1) **Nuages d'ondes de relief**
- 2) **Rues de cumulus**
- 3) **Nuages et ondes de Kelvin-Helmholtz**
- 4) **Morning glories (ondes solitaires)**

13 km

7 km

2 km

(Sur Terre)



1. Nuages d'onde (1)

- **Nuages lenticulaires :**

- **Plus ou moins aplatis, arrondis sur le dessus**
- **Piles d'assiettes**



Altocumulus Lenticularis (vus du sol)



Ac Lenticularis (+ Ci + Cu) vus d'avion (Chili)

1. Formation de nuages d'onde (3)

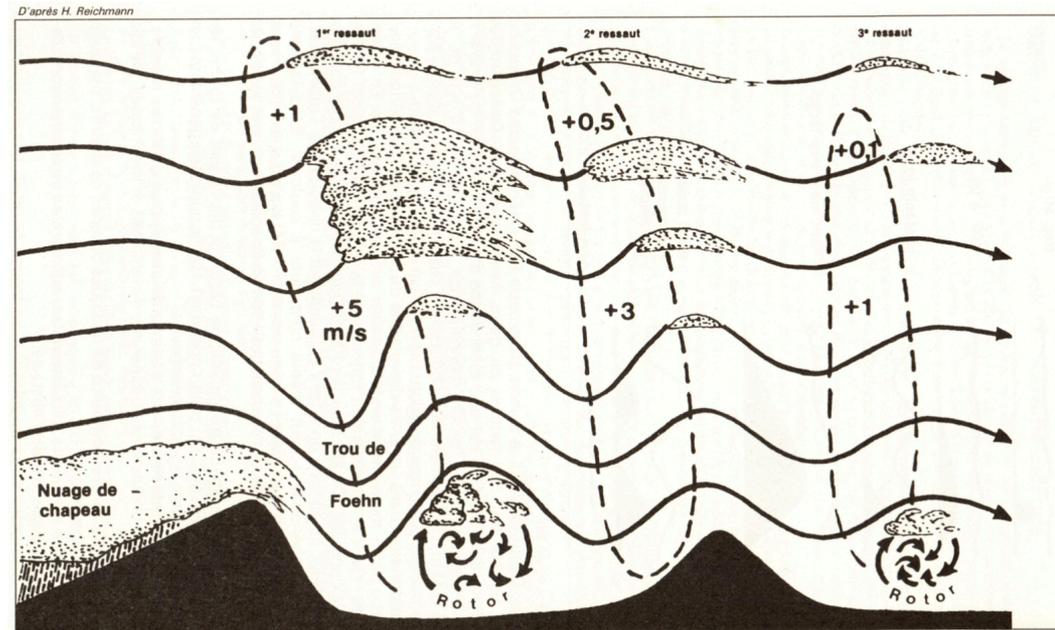


■ Éléments déclenchant d'onde de relief :

- Relief (montagne)

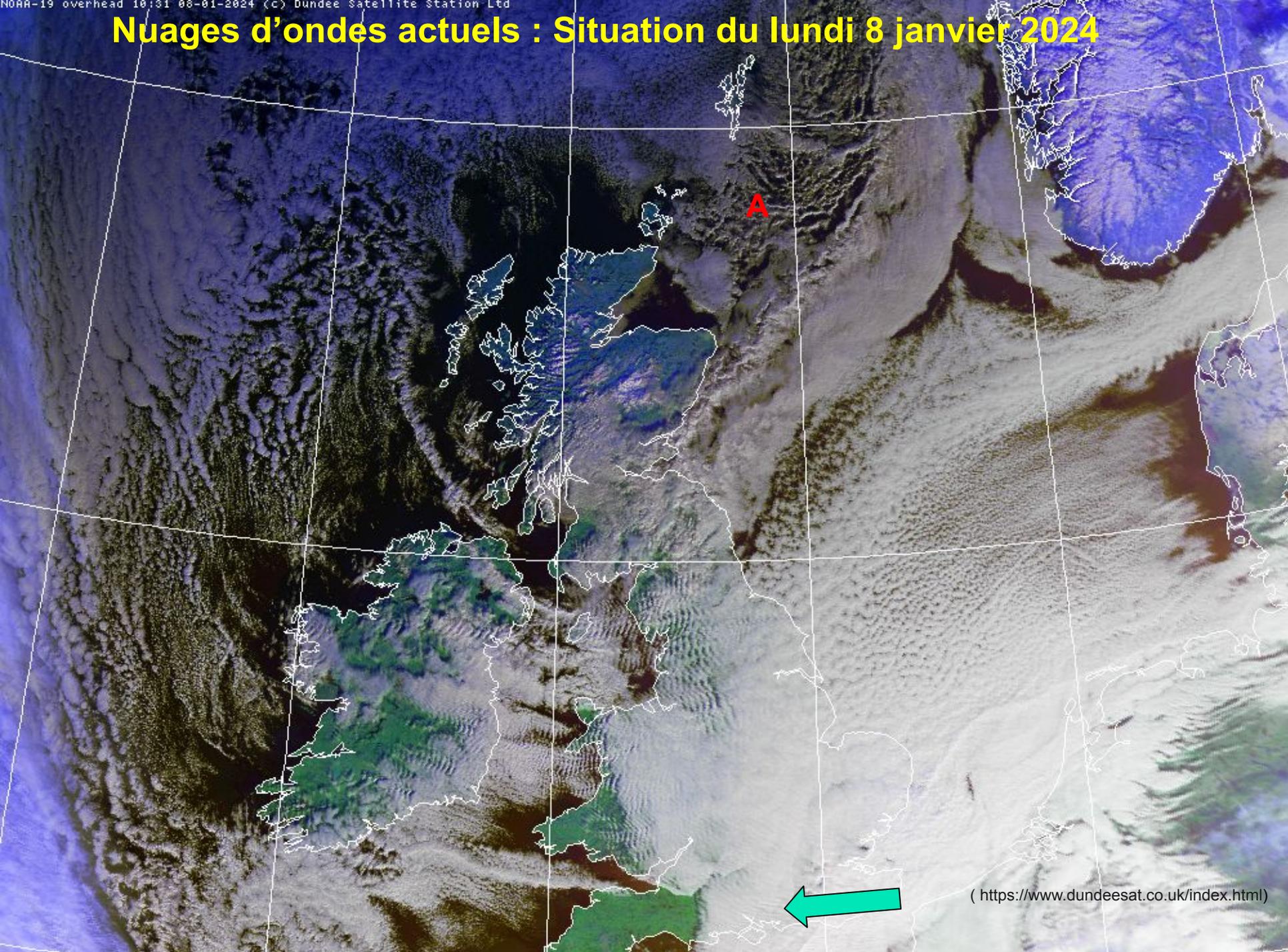
■ Éléments nécessaires à la formation de nuages :

- Température, humidité
- Présence d'une couche stable
- Vitesse de vent suffisante en haut de la crête génératrice (> 20 km/h)
- Vent variable, croissant avec l'altitude



(Extrait de les visiteurs du ciel – H. Aupetit, 1989)

Nuages d'ondes actuels : Situation du lundi 8 janvier 2024



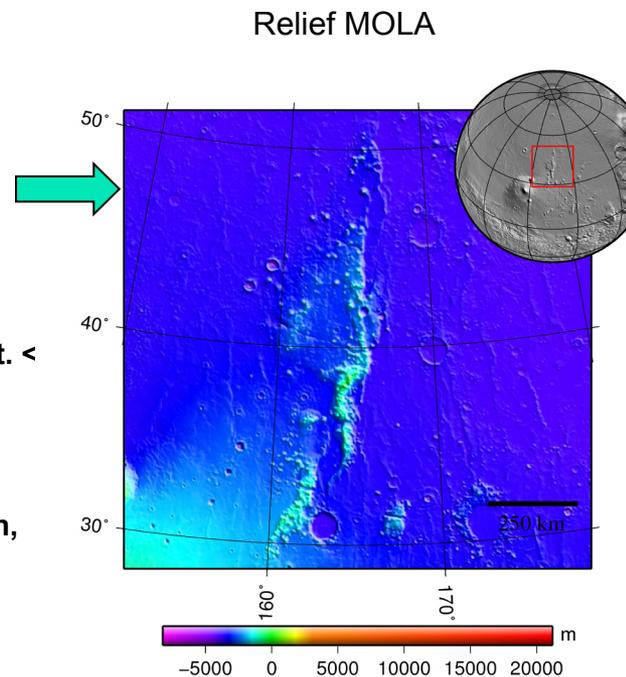
1. Nuages d'onde sur Mars (5)

■ Localisés :

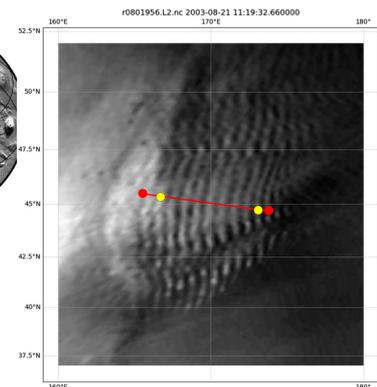
- Derrière des reliefs

■ Exemple : Phlegra Montes :

- Formation de nuages d'onde à l'est de Phlegra Montes => vent d'ouest
- Hiver nord (hors période de tempête globale)
- Ondes de relief dans basses couches (alt. < 10 km)
- Long. d'onde horizontale 20 - 40 km
- D'après article Ogohara & Ro, 2023. Earth, Planets and Space.



MGS - MOC



2. Rues de nuages (1)

vues par satellite

■ Alignements de nuages

- Produits par la convection sur Terre => Cumulus
- Mécanisme de génération moins net sur Mars
- Sur Terre : nuages d'eau liquide (+ glace ?)
- Sur Mars : nuages de glace d'eau (ou de CO₂ ?)

Terre :
Bretagne,
Galles,
Irlande
SW
23-04-2008



(NASA)

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cloud_streets_2.jpg)

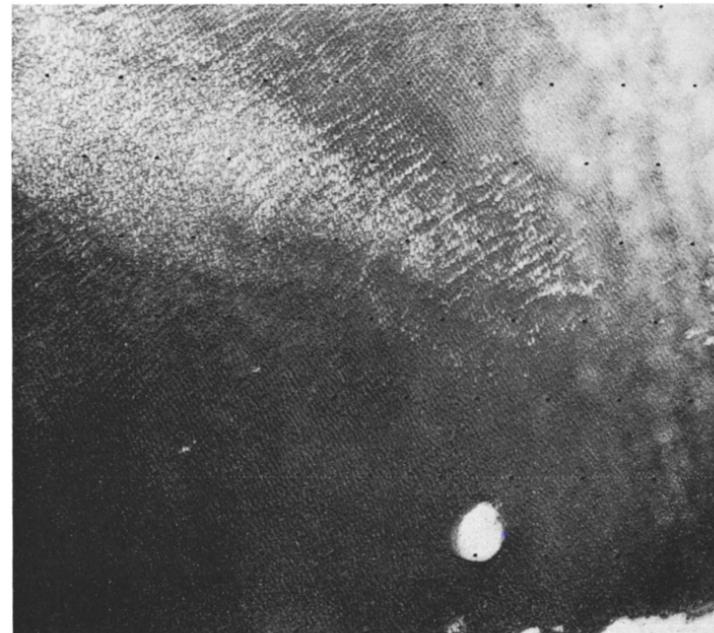


Fig. 2d

Mars :
80.3°N
Ls = 136.3°
(été)
Viking
Orbiter 2

(Kahn,1984
JGR)

2. Rues de nuages (2)

vues du sol

- **Alignements de cumulus**
 - Produits par la convection
 - Orientation possible par une (des) onde(s)



2. Rues de nuages (3) Mécanisme

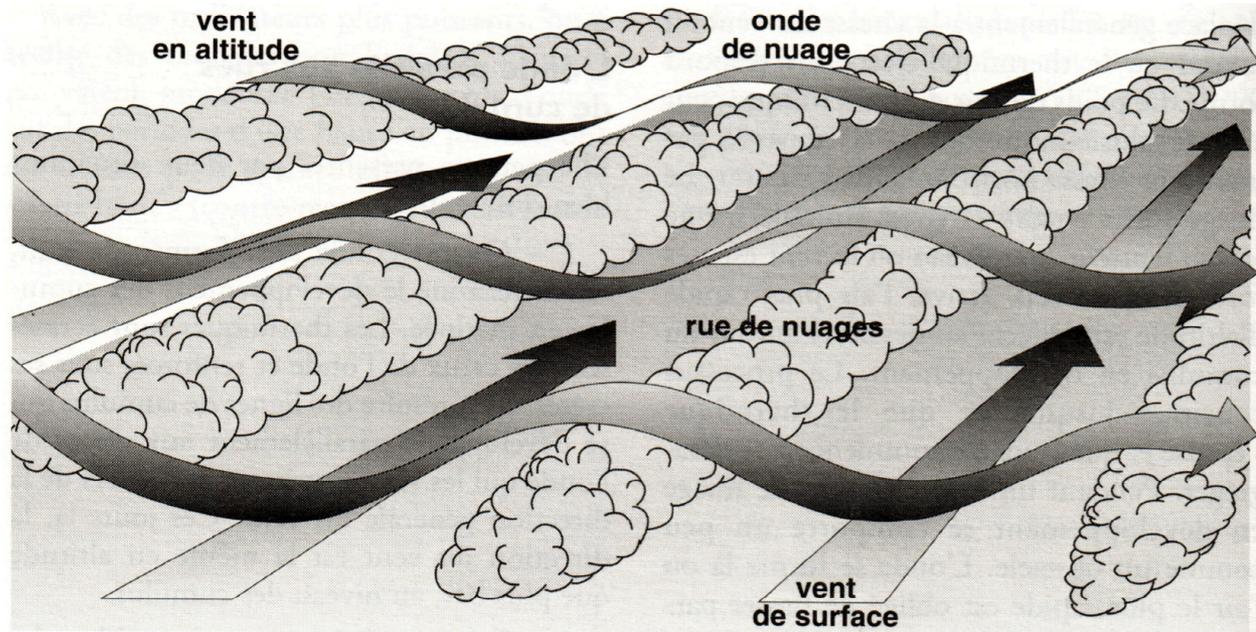


■ Convection => cumulus

- Hauteur limitée par une couche d'inversion

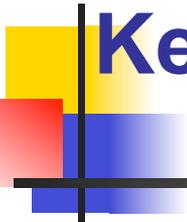
■ Rues de nuages

- Alignement ~ parallèle au vent de surface
- Formation / renforcement de l'onde si vent en altitude ≠ vent de surface



(Extrait de : la météorologie du vol à voile - T. Bradbury, 1989)

3. Ondes de Kelvin-Helmholtz



■ Instabilité de Kelvin-Helmholtz

- Si cisaillement de vent vertical
- Ou si vitesse différente à l'interface entre 2 fluides
- D'où ondes de Kelvin-Helmholtz

■ Type de nuages associés

- Stratocumulus (ou altocumulus) fluctus (classification nuages WMO de 2017)
- Peu courants, courte durée de vie



Vue aérienne (USA)

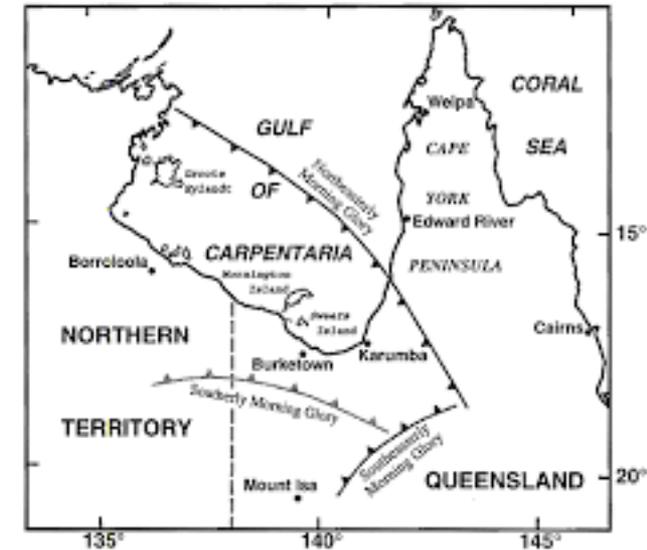


Mont Duval, NSW, Australie

4. Morning glories (1)



- (= Gloire du matin)
- Nuages longs en forme de rouleau
- Ondes solitaires, bores
- Lieu : Nord-Est de l'Australie
 - Péninsule du Cap York
 - Période : septembre-octobre (saison sèche)
- Fréquence :
 - Plusieurs épisodes pendant la saison
 - Rares évènements dans le reste du monde.



4. Morning glories (2) : Formation



■ Plusieurs provenances :

- Les plus fréquentes : venant du NE.

■ Conditions favorables (MG du Nord-Est) :

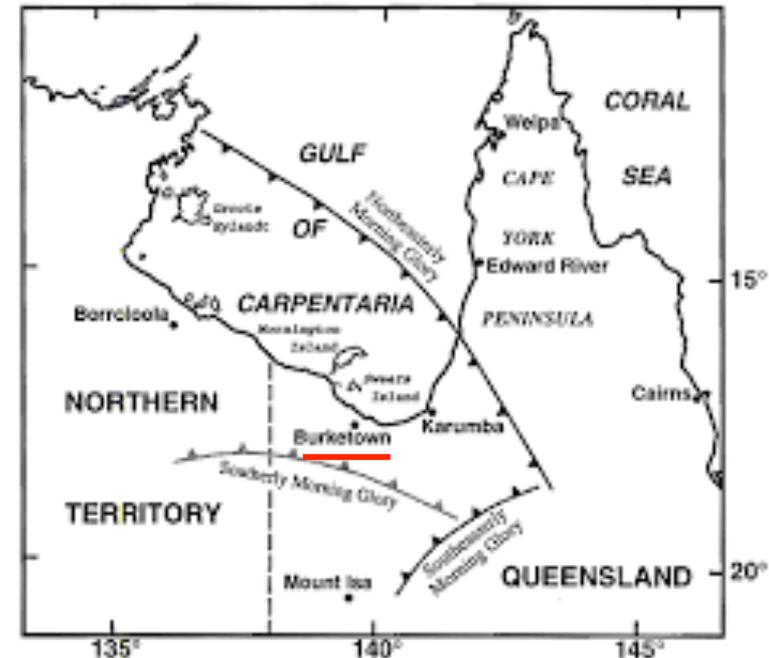
- Anticyclone SE de l'Australie
- Dorsale le long du Cap York
- Brises de mer des 2 cotés du Cap

■ Morning glory (de Nord-Est) :

- Conséquence de la collision des 2 brises de mer sur le Cap York

■ Prévion locale :

- A Burketown, au pub du coin
- (givre sur le frigo, table en bois gondolée)



4. Morning glories (3)

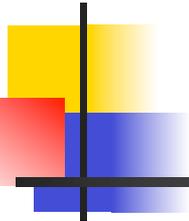
Utilisation pratique



- **Vols de distance en planeur (et delta) :**
 - En général : décollage tôt le matin à l'aube, depuis Burketown
 - En avant d'un nuage : Vz positive (ascendance)
 - Vols possibles vers le S-SW, centaines de km.
 - Vers 12h, décomposition du nuage d'onde (destruction par la convection).



4. Variante : Ondes solitaires sur l'Océan Indien



■ Formation:

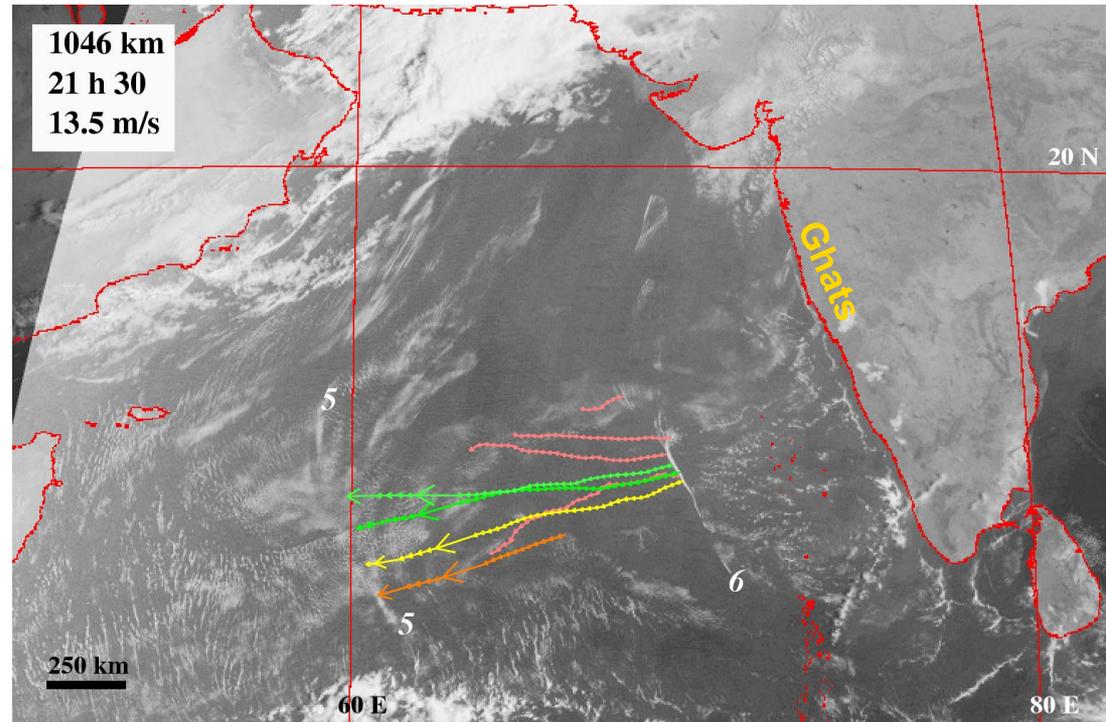
- Hiver (janvier-avril) ; mousson d'hiver (vent de NE)
- A l'ouest de la cote indienne ouest

■ Caractéristiques :

- Durée : 24 h ou +
- Longueur : centaines de km
- Propagation onde: 14 km/h

■ Mécanisme de création probable :

- Interaction entre mousson (de NE) en altitude et brise de mer (vent W-SW) en basse couche en fin d'après-midi.



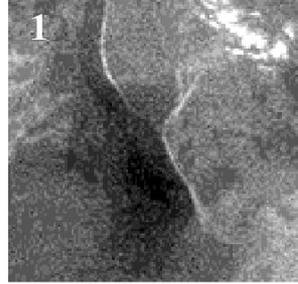
(Szantai et al., 2012, JGR)

Image Meteosat-5 VIS
Trajectoires de l'onde du 6/3/1999, début 9 h ILT
+ restes de l'onde de la veille (5/3)

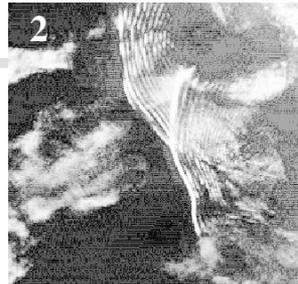
4. Variante :

Ondes solitaires sur l'Océan Indien (2)

t_0

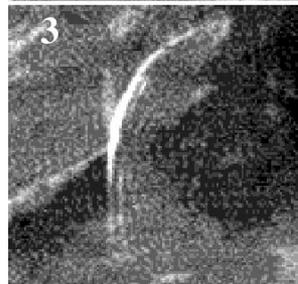


2



$t_0 + 3.5 \text{ h}$

3



$t_0 + 14 \text{ h}$

4



$t_0 + 22 \text{ h}$

5



$t_0 + 29.5 \text{ h}$

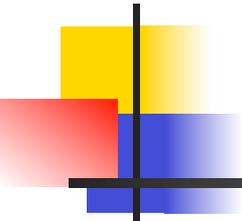
■ 3 couches :

- Marine (0 ~ 800 m),
- intermédiaire mousson avec pollution (~1-4 km),
- Troposphère libre (> 4 km).

■ Propagation :

- Entre 2 couches
- Favorise la convection après son passage
- Etalement et dissipation progressive.

Une trajectoire de l'onde du 3/3/1999



Questions ?

Nuages d'ondes actuels : Situation du lundi 8 janvier 2024

- Nuages d'onde sur Angleterre centrale, Galles, île de Man, et Irlande-est.
- Anticyclone avec au sud du vent d'est fort
- Génération d'ondes à l'ouest des reliefs.
- Image NOAA AVHRR 10:31 UTC
- Prévis à 12 h ECMWF (P + vent 850 hPa) et GFS (RH + streamlines vent 850hPa)

Mean sea level pressure and 850 hPa wind speed

Base time: Mon 08 Jan 2024 00 UTC Valid time: Mon 08 Jan 2024 12 UTC (+12h) Area : Europe

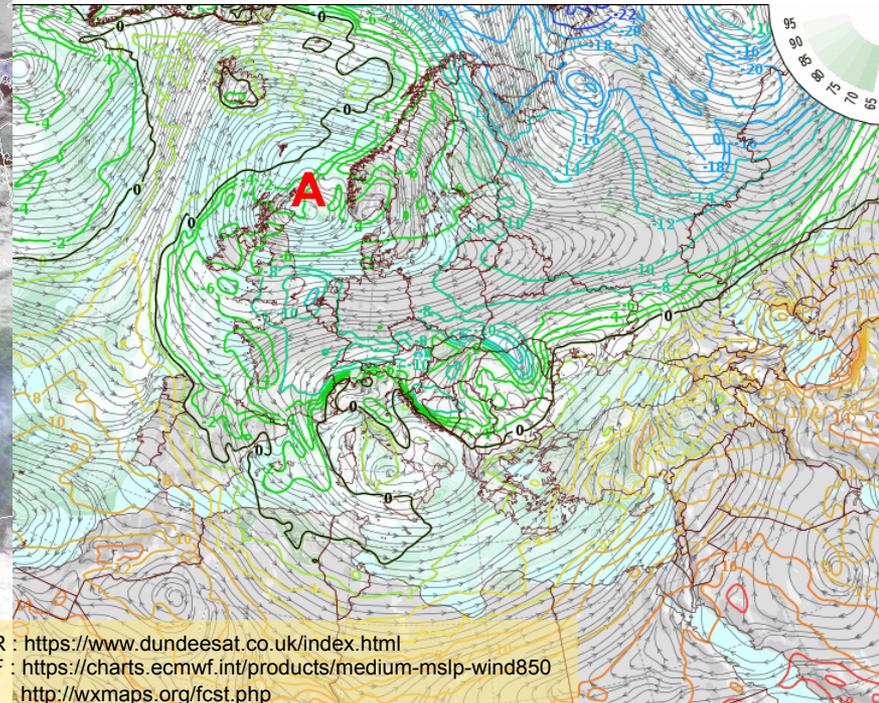
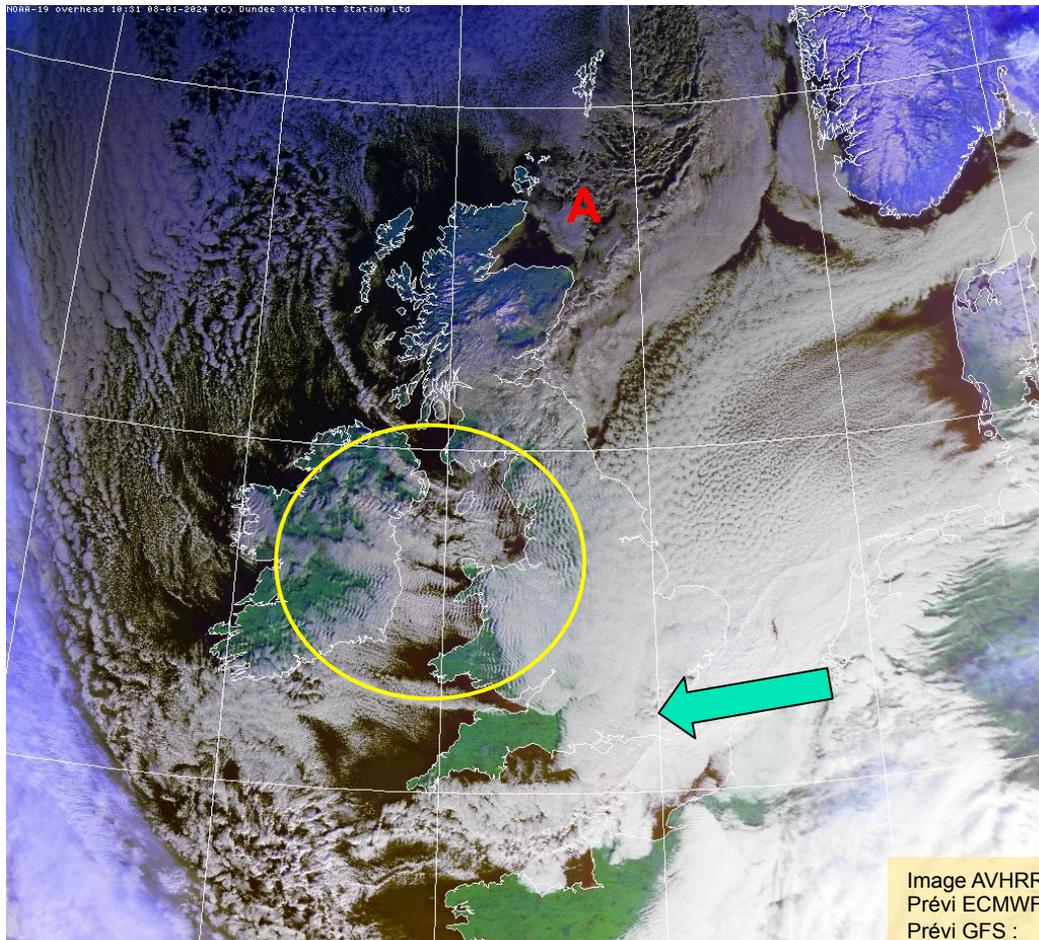
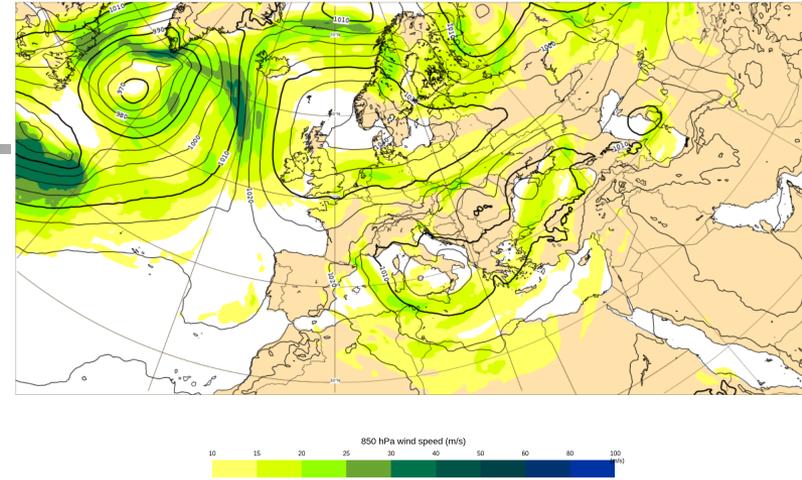


Image AVHRR : <https://www.dundeesat.co.uk/index.html>
Prévi ECMWF : <https://charts.ecmwf.int/products/medium-mslp-wind850>
Prévi GFS : <http://wxmaps.org/fcst.php>

Issued: 00708JAN2024 Valid: 127 Mon 08 JAN 2024

850mb Temperature (C), RH (%), Streamlines