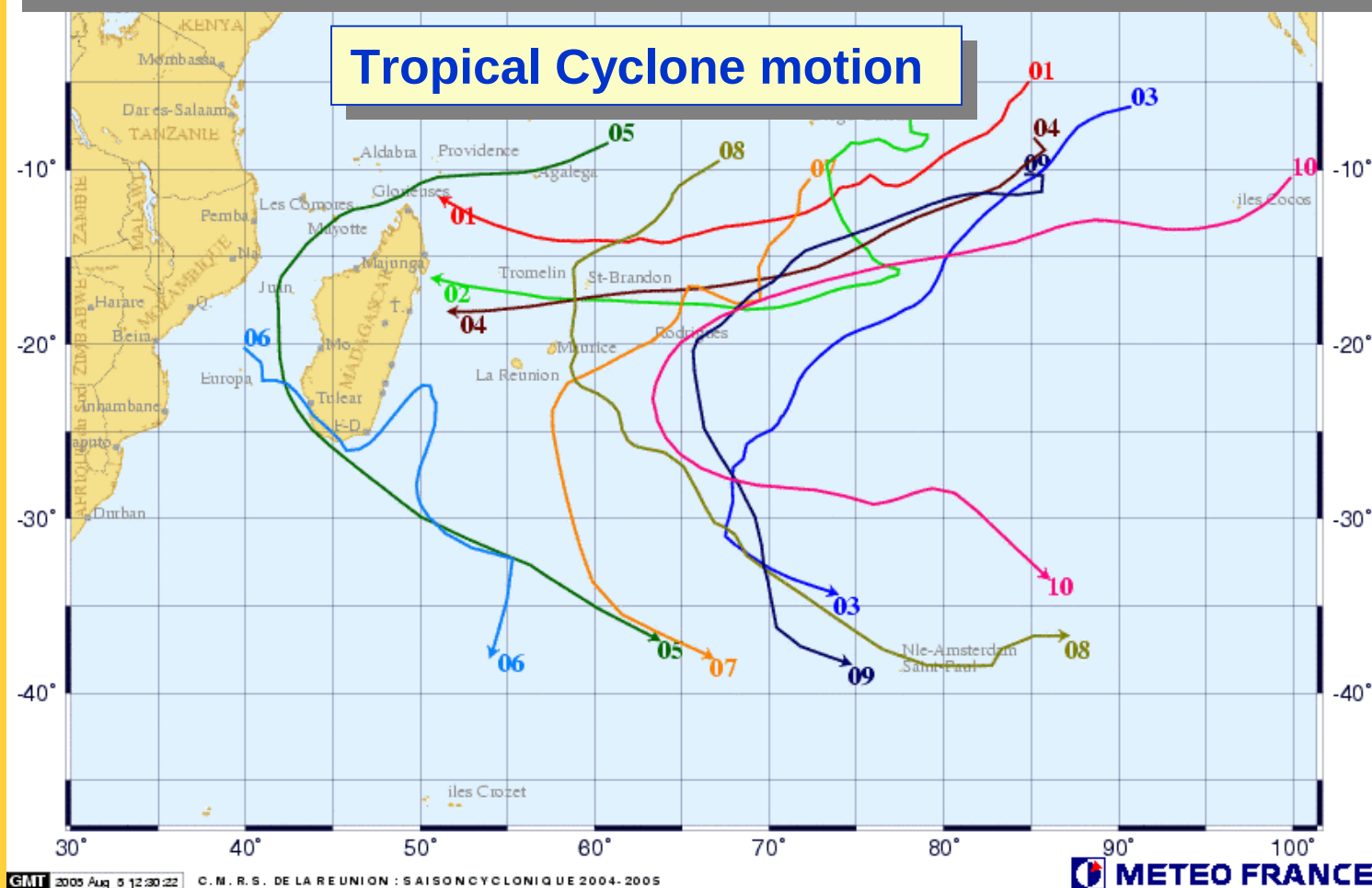
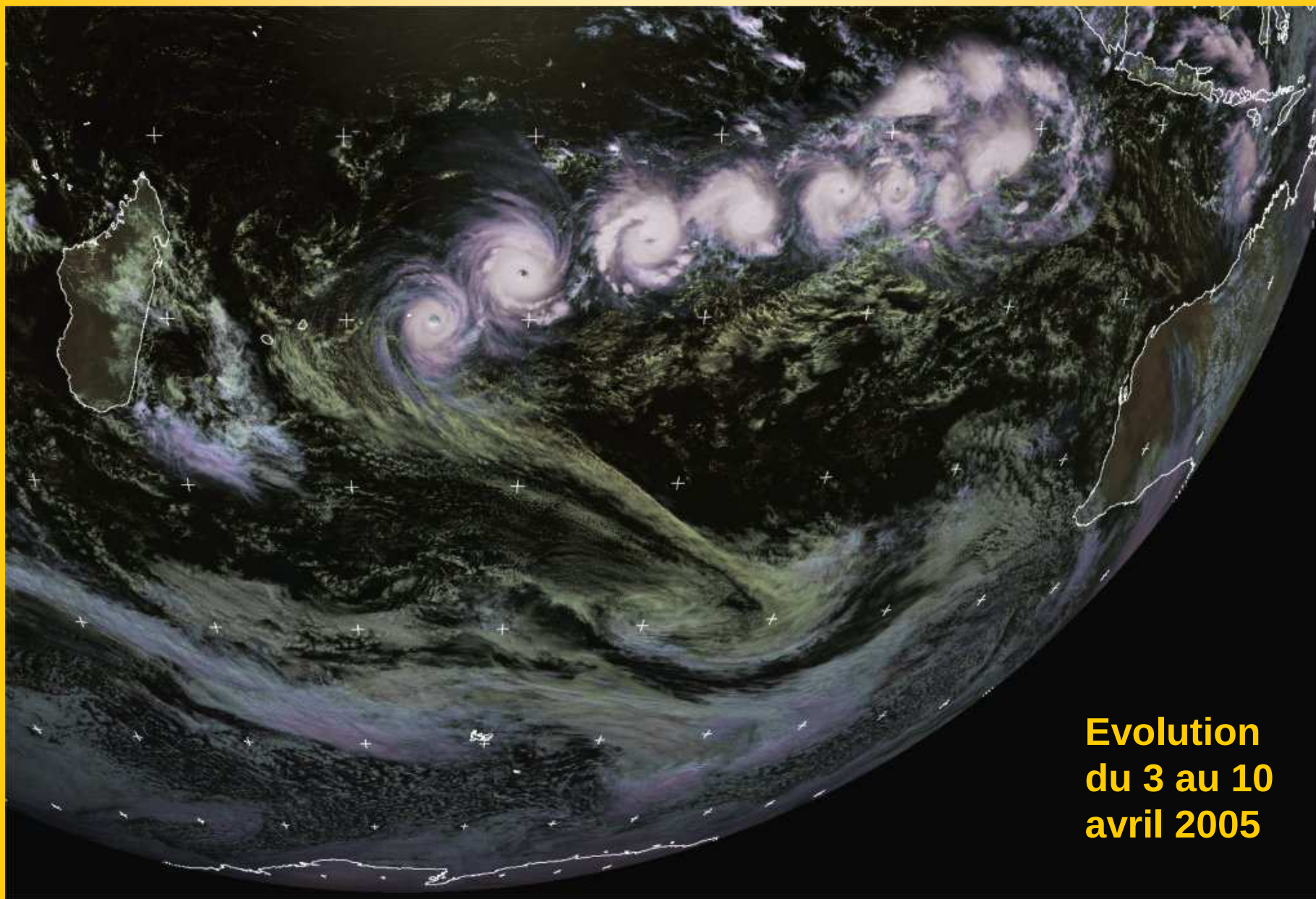




Le déplacement des perturbations tropicales

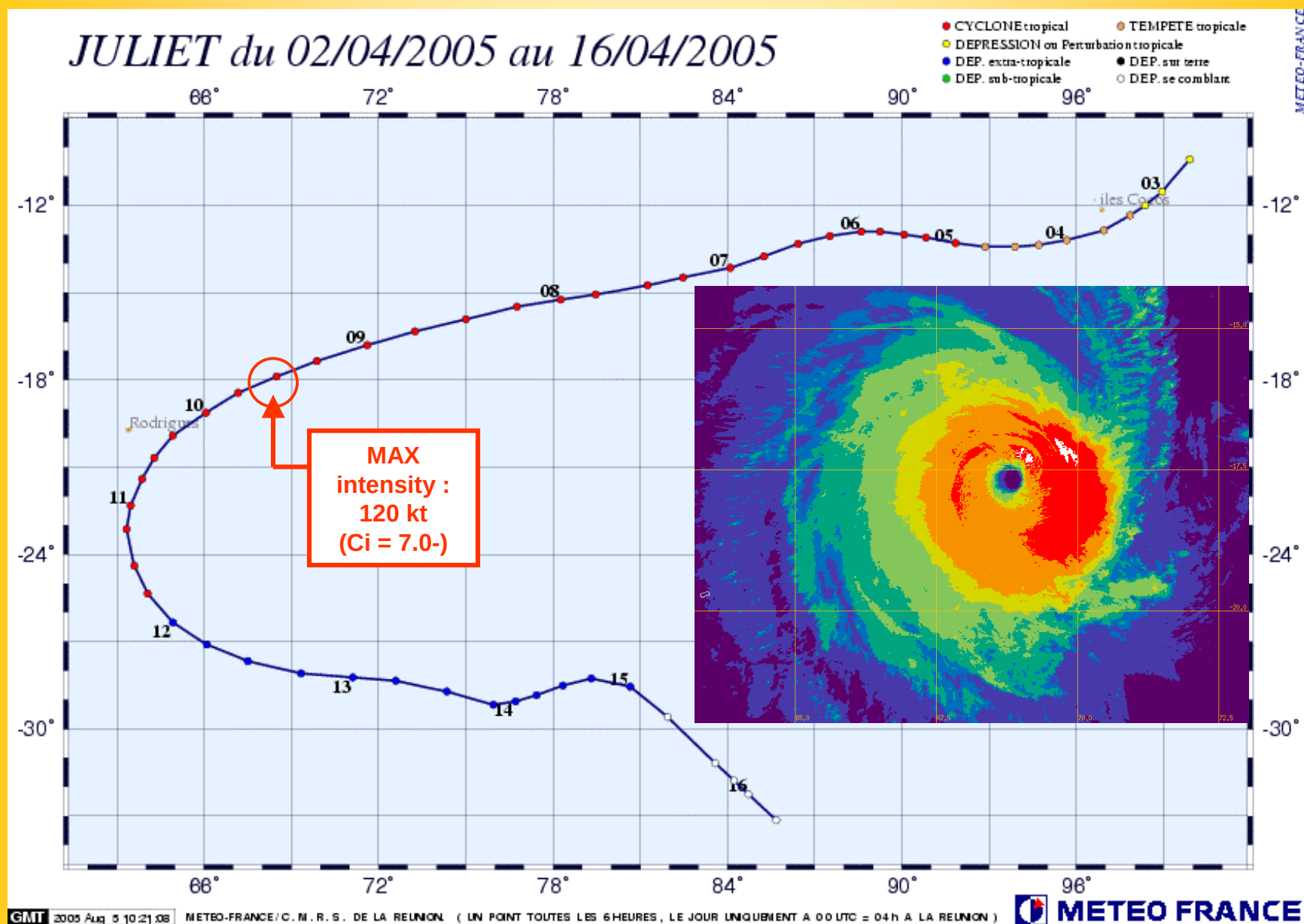




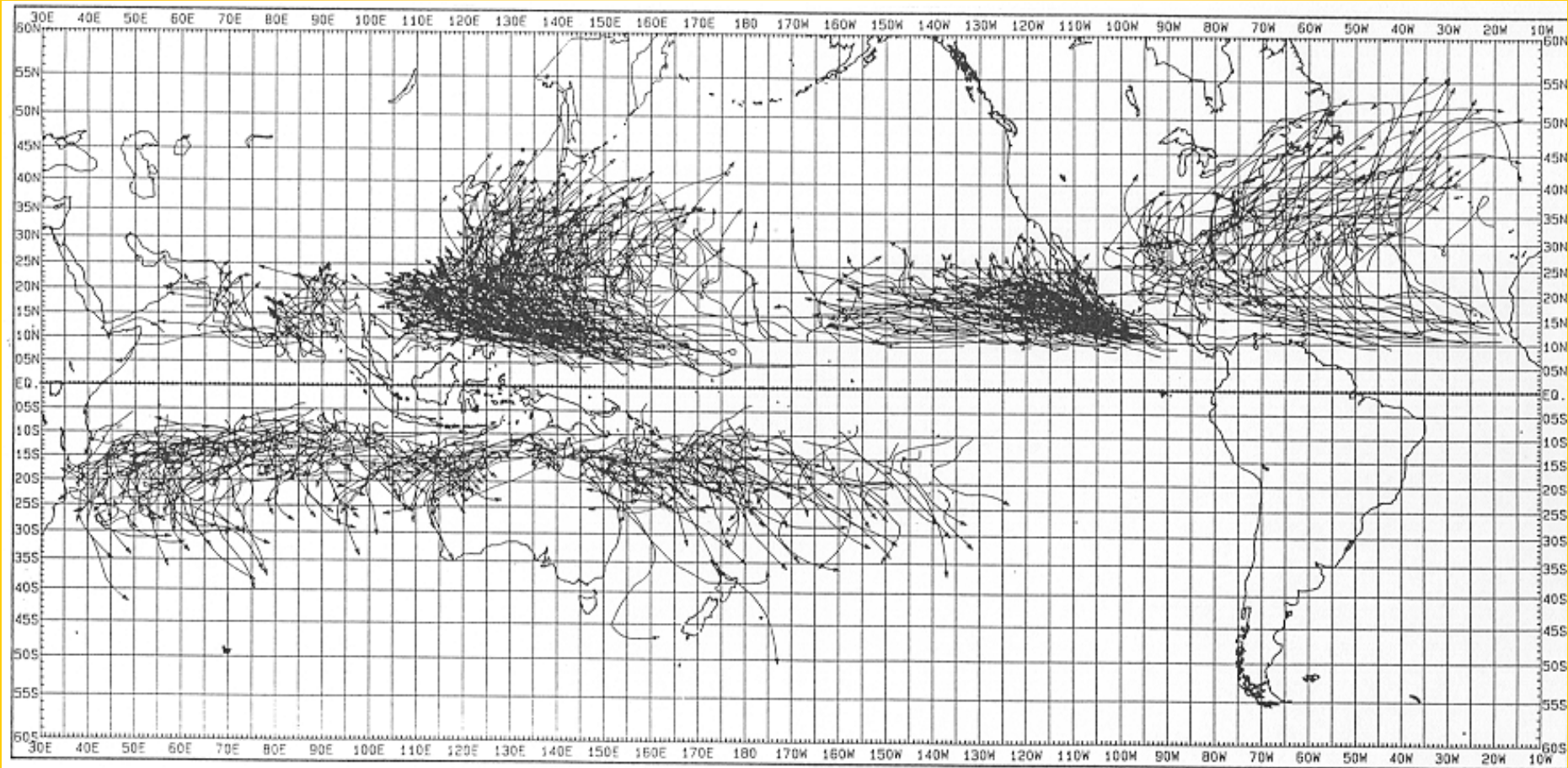
**Evolution
du 3 au 10
avril 2005**

CT JULIET

Trajectoire du cyclone tropical Juliet

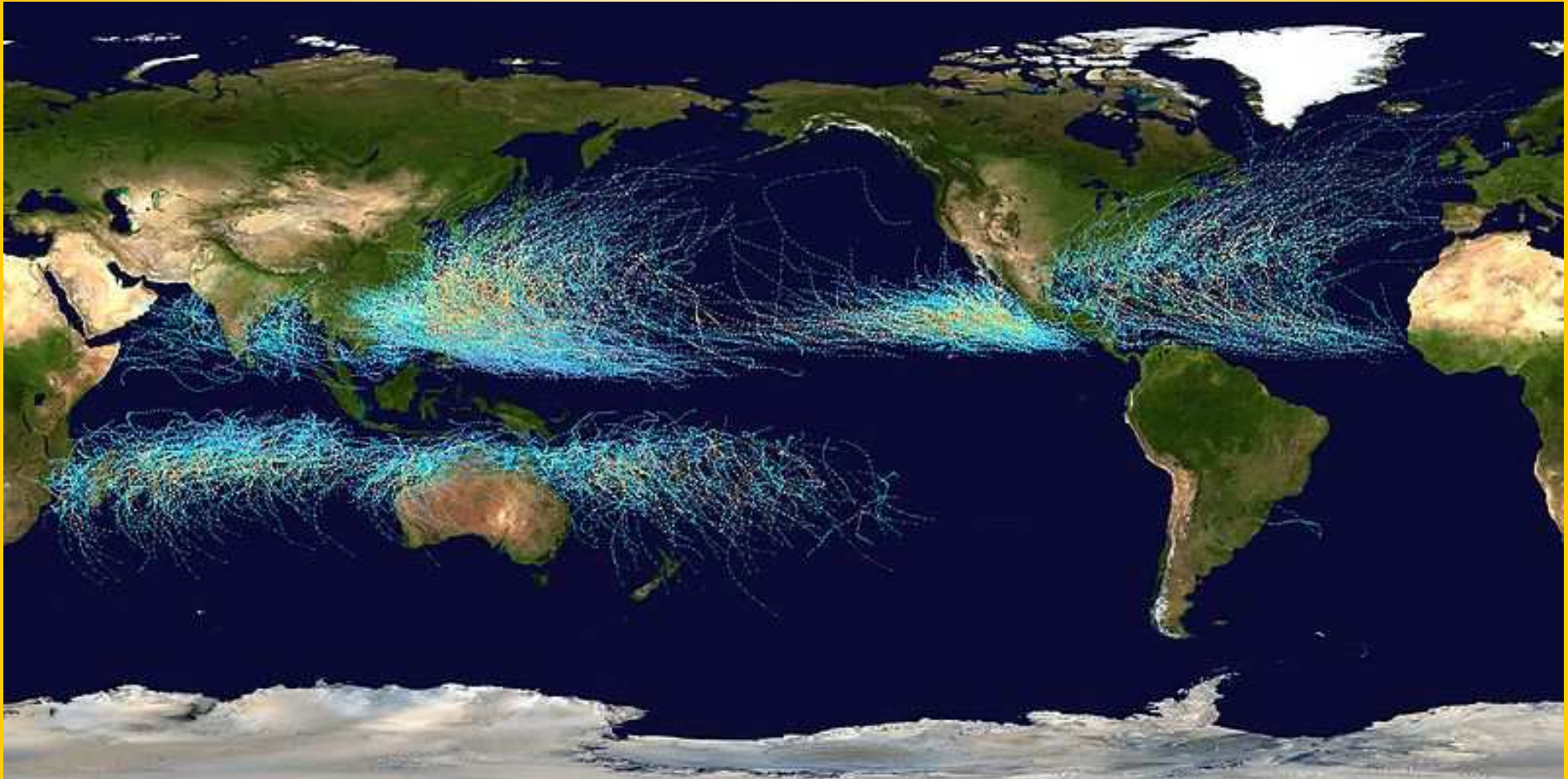


**Ensemble des trajectoires des perturbations tropicales
(avec vents maximaux supérieurs à 34 kt) ayant évolué à
la surface du globe sur la période 1979-1988.**



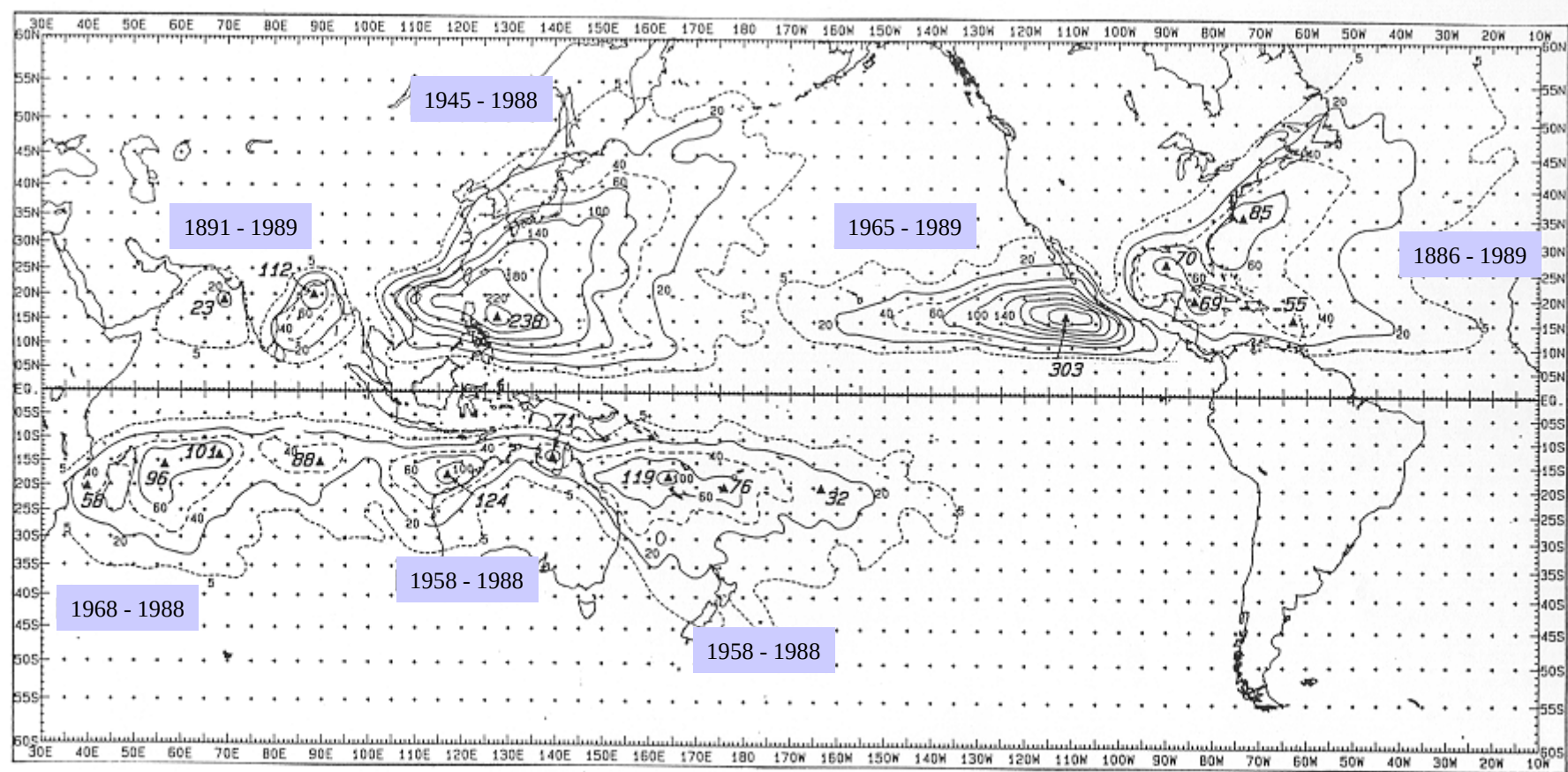
**Tracks of tropical cyclones
(with maximum winds greater than 63 km/h, 34kt)
for the period 1979-1988.**

**Ensemble des trajectoires des perturbations tropicales
(avec vents maximaux supérieurs à 34 kt) ayant évolué à
la surface du globe sur la période 1985-2005.**



**Tracks of tropical cyclones
(with maximum winds greater than 63 km/h, 34kt)
for the period 1985-2005.**

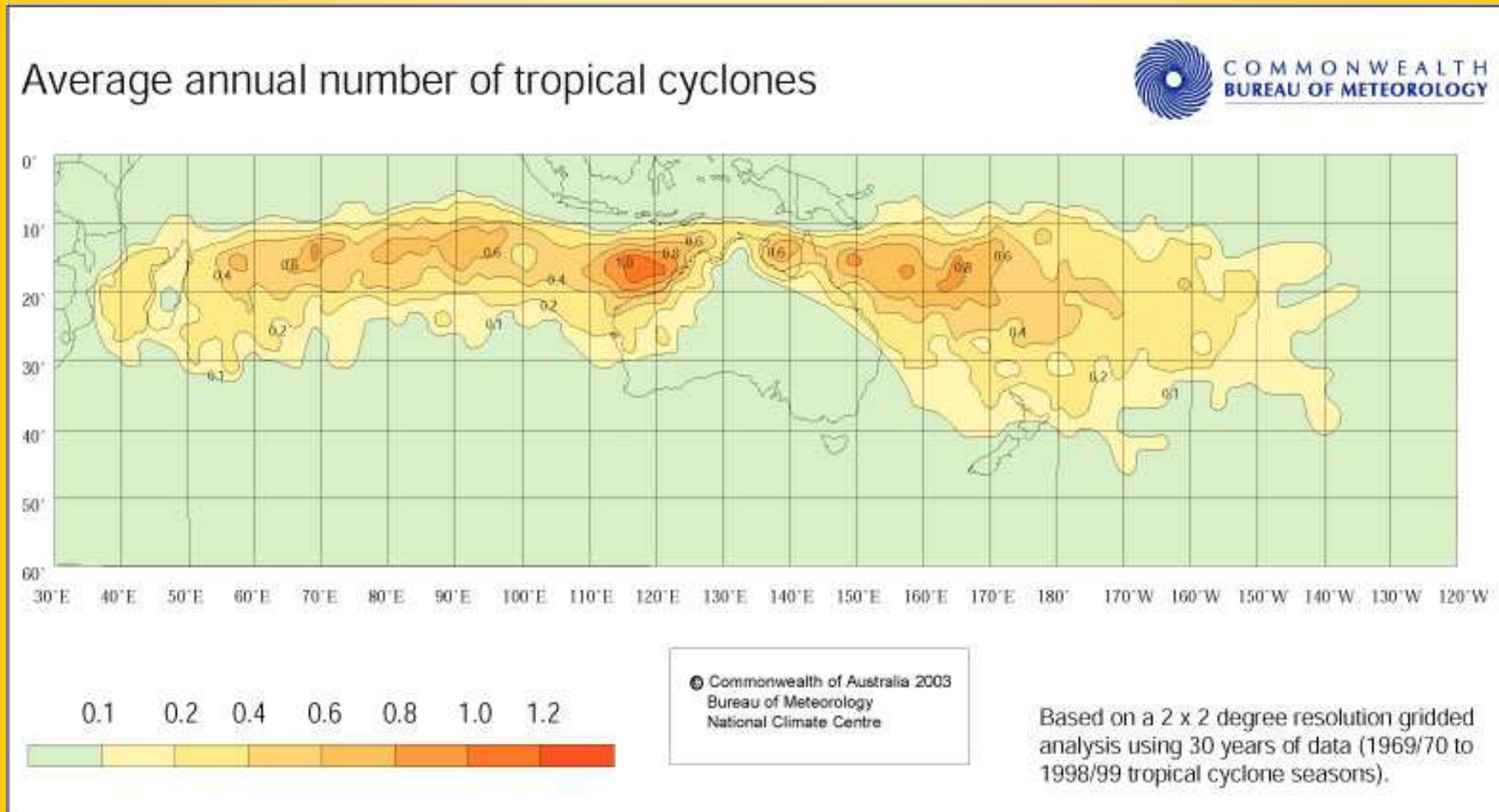
Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales



Exprimée comme le nombre d'individus passant sur une période de 100 ans à moins de 140 km d'un point quelconque. Les triangles noirs indiquent les maxima. Les périodes de données ayant abouti à cette statistique sont indiquées pour chaque bassin cyclonique.

Frequency of tropical cyclones per 100 years within 140 km of any point.
Solid triangles indicate maxima, with values shown. Period of record is shown in boxes for each basin.

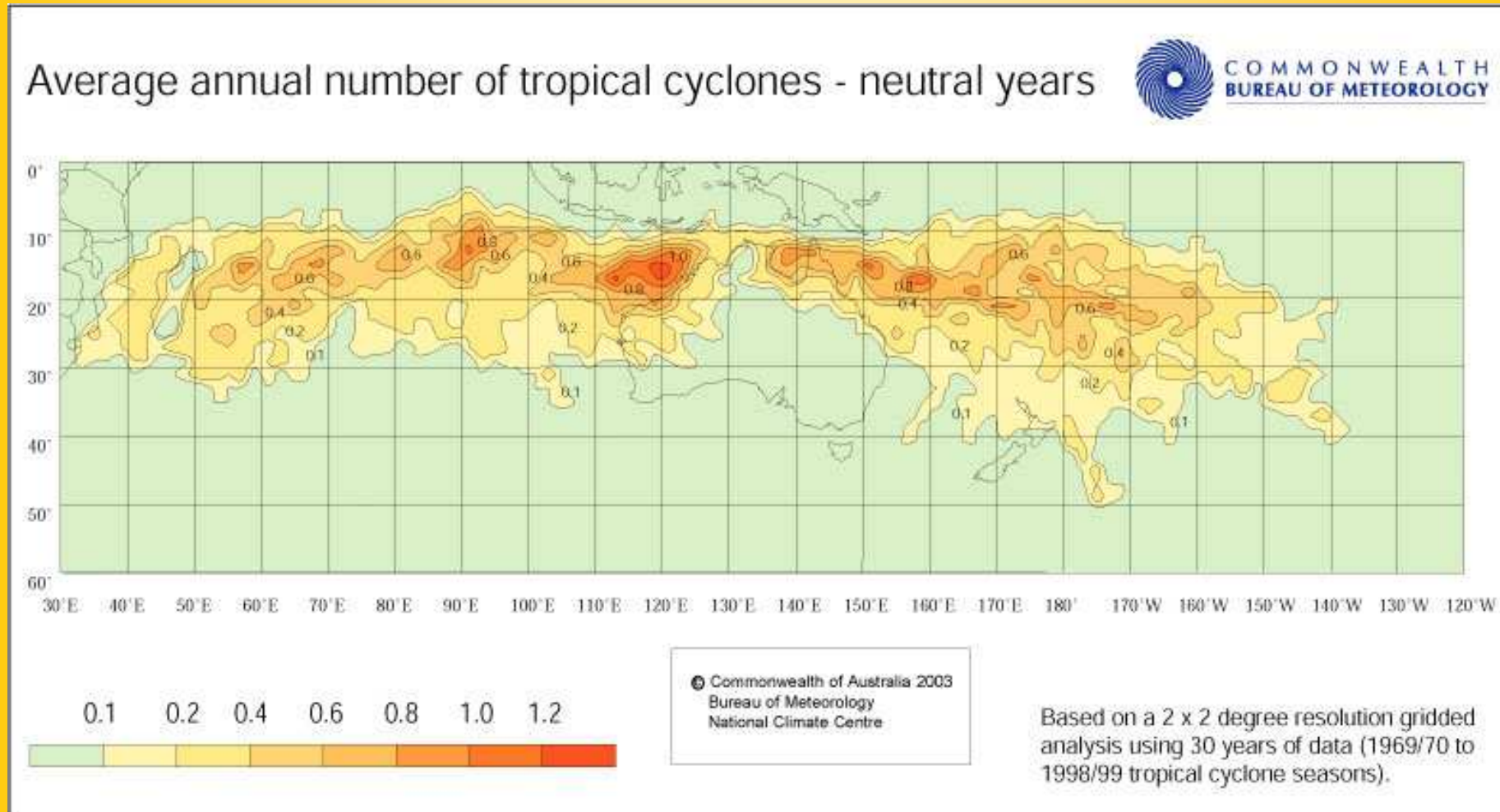
Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales : hémisphère Sud



Fréquence annuelle d'occurrence : données globales

(période de référence : 30 ans (saisons cycloniques 1969/1970 à 1998/1999)).

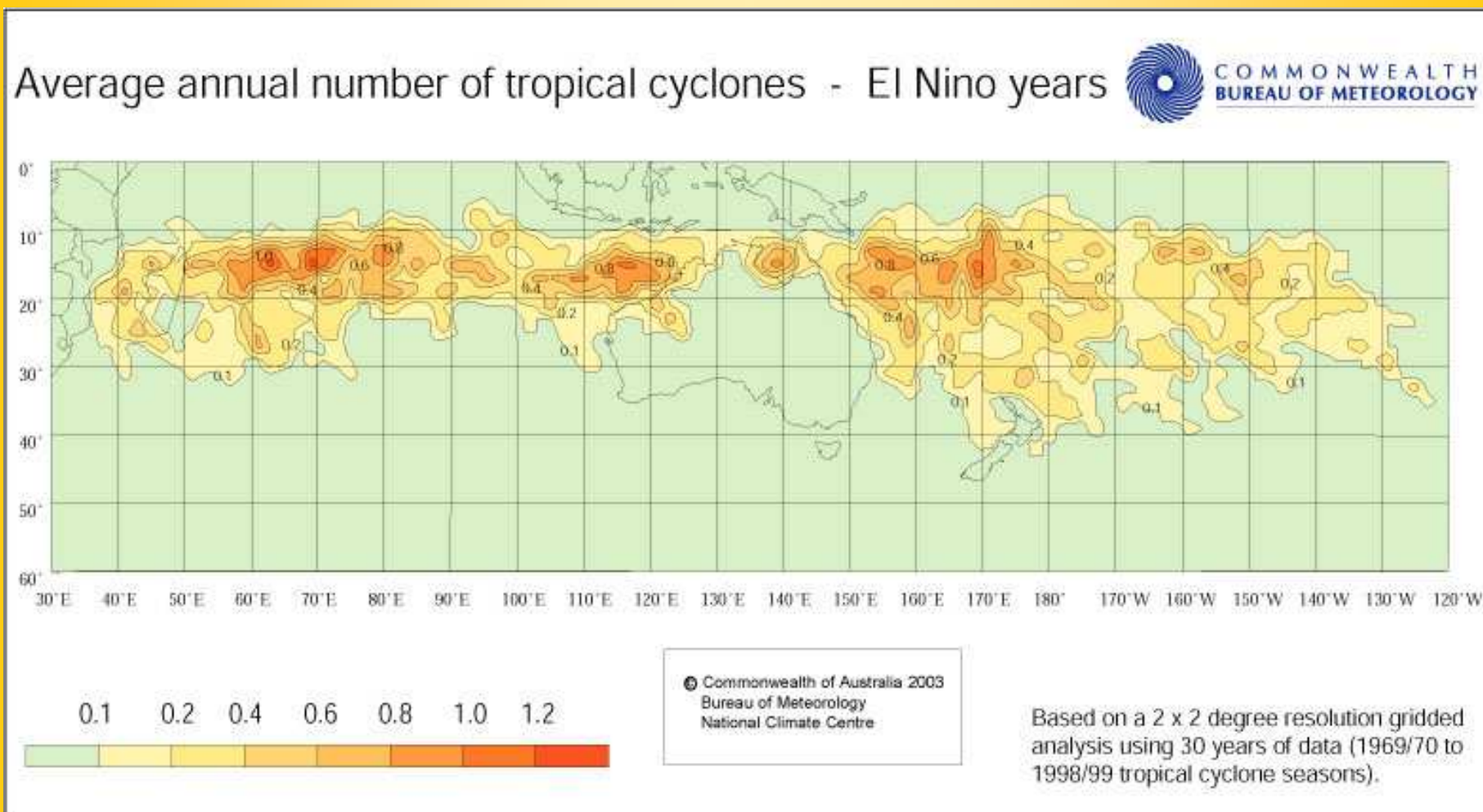
Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales : hémisphère Sud



Fréquence annuelle d'occurrence : années normales.

(période de référence : 30 ans (saisons cycloniques 1969/1970 à 1998/1999)).

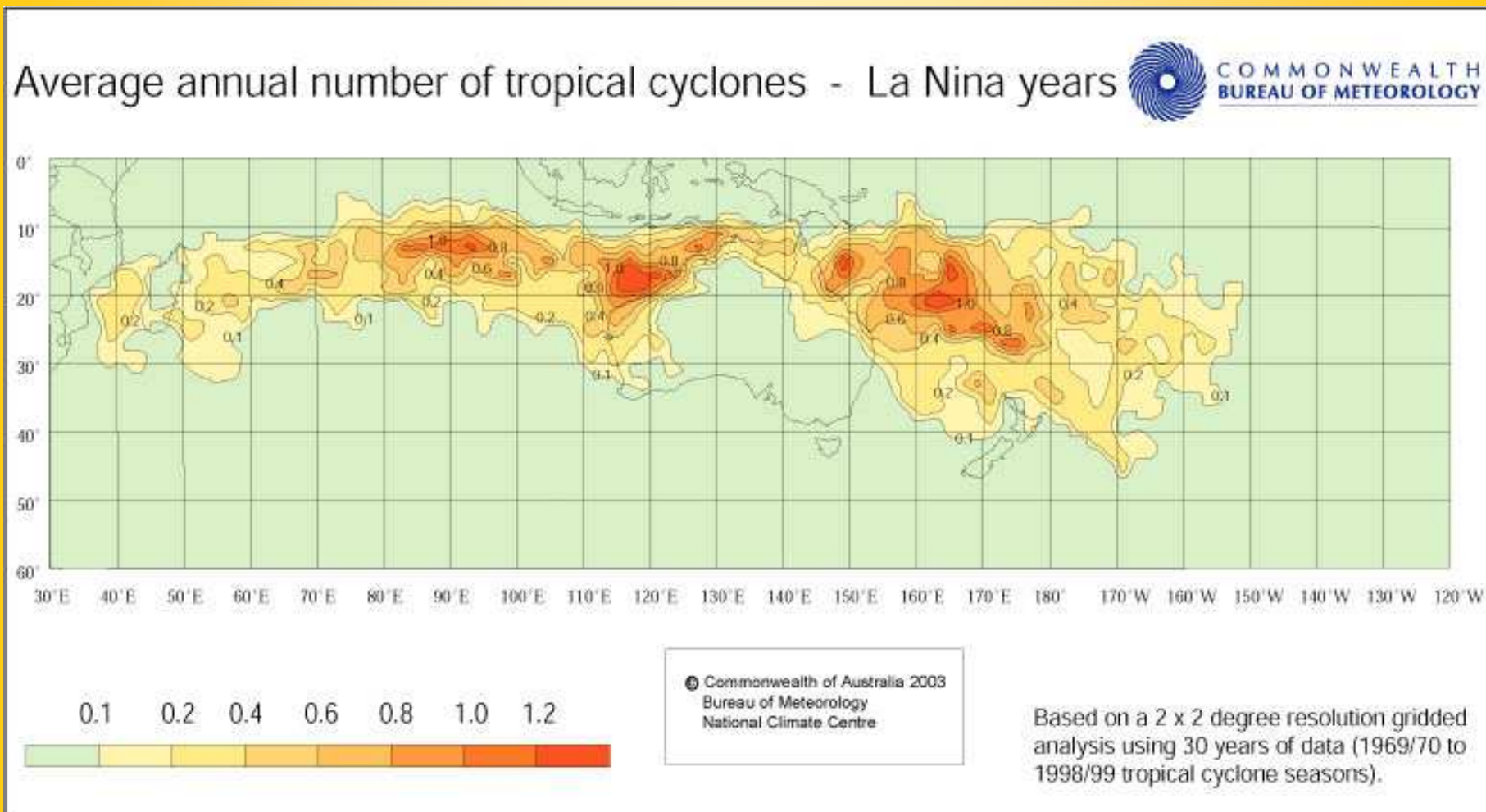
Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales : hémisphère Sud



Fréquence annuelle d'occurrence : années El Niño.

(période de référence : 30 ans (saisons cycloniques 1969/1970 à 1998/1999)).

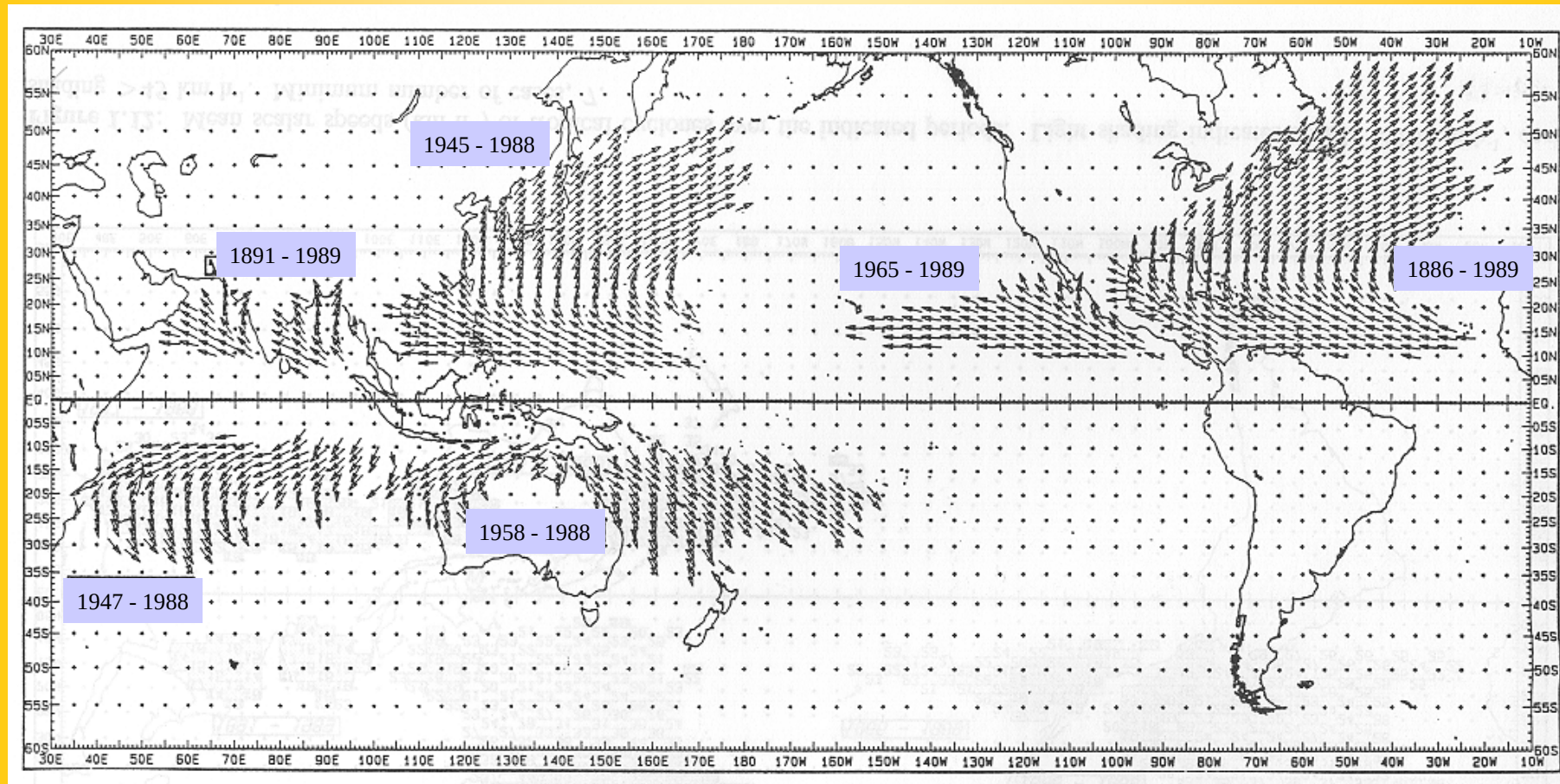
Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales : hémisphère Sud



Fréquence annuelle d'occurrence : années La Niña.

(période de référence : 30 ans (saisons cycloniques 1969/1970 à 1998/1999)).

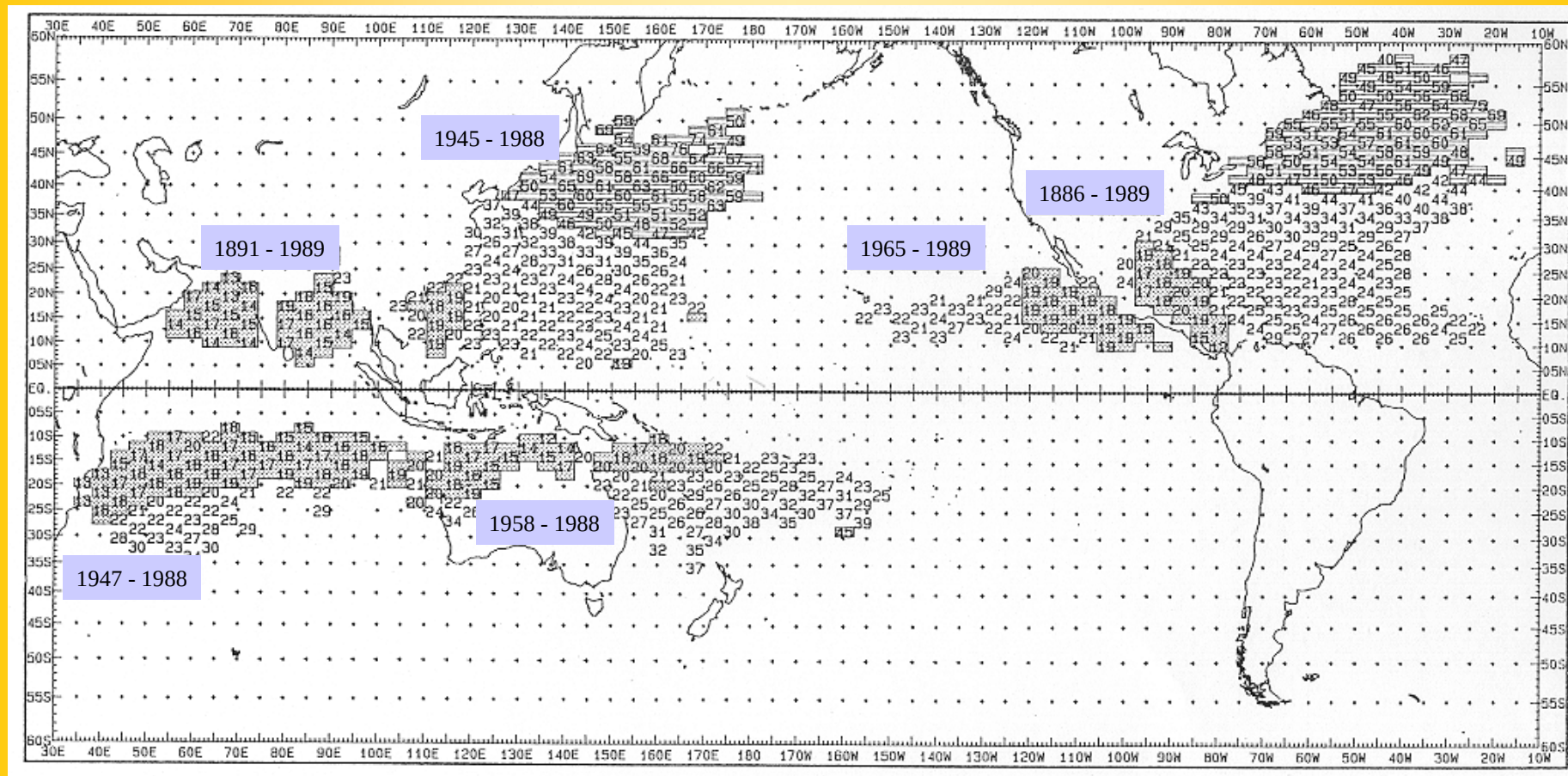
Direction moyenne de déplacement des perturbations tropicales



Les périodes de référence sont indiquées au niveau de chaque bassin cyclonique.

Mean direction of tropical cyclone motion (over the periods indicated in the different basins).

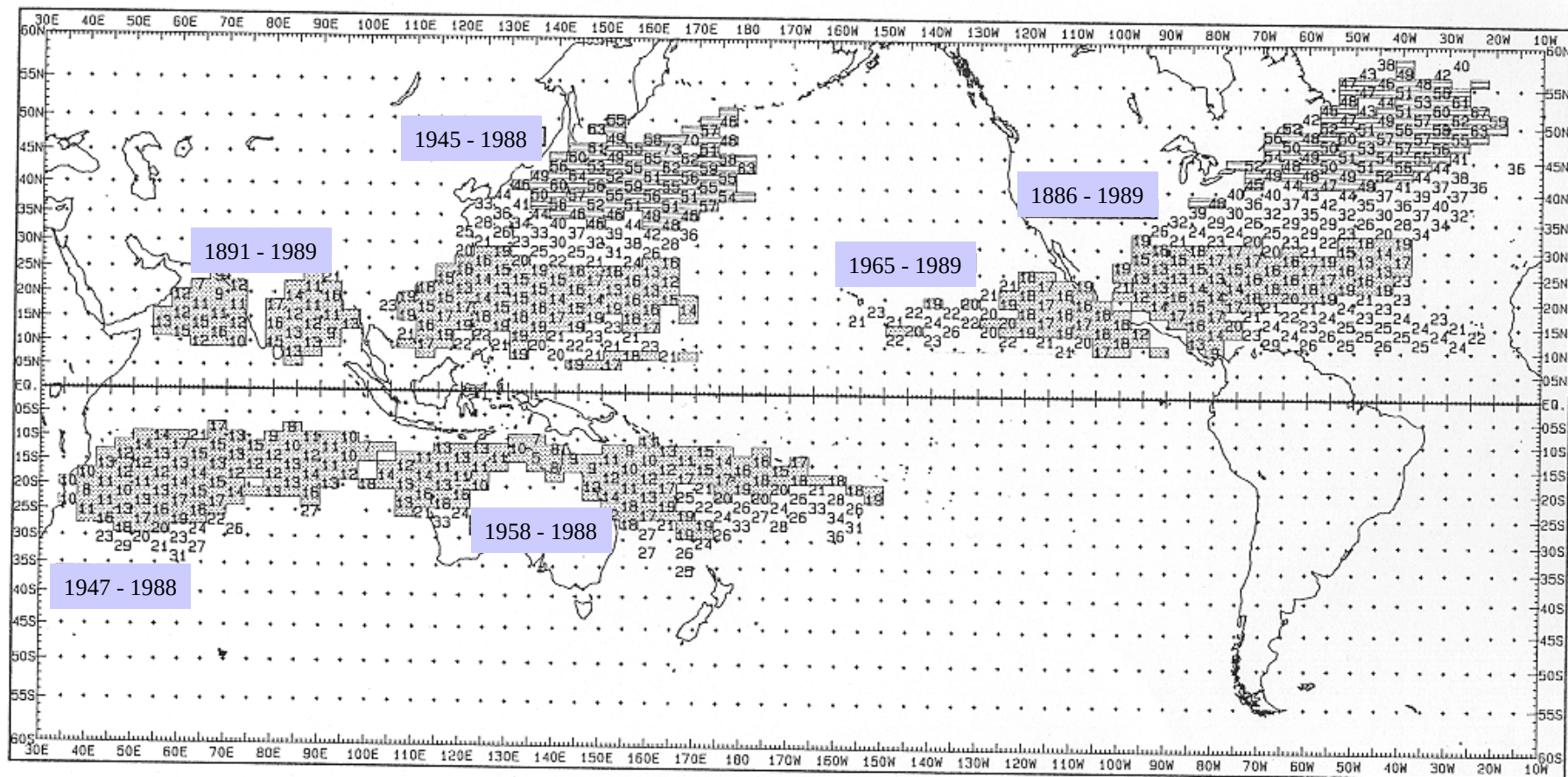
Vitesses scalaires moyennes (km/h) des perturbations tropicales



Les périodes de référence sont indiquées au niveau de chaque bassin cyclonique. Les zones où les vitesses sont < 20 km/h et > à 45 km/h sont respectivement en grisé léger et sombre.

Mean scalar speeds (km/h) of tropical cyclone motion (over the periods indicated in the different basins). Light shading indicates speeds < to 20 km/h, dark shading > to 45 km/h. Minimum number of cases, 7.

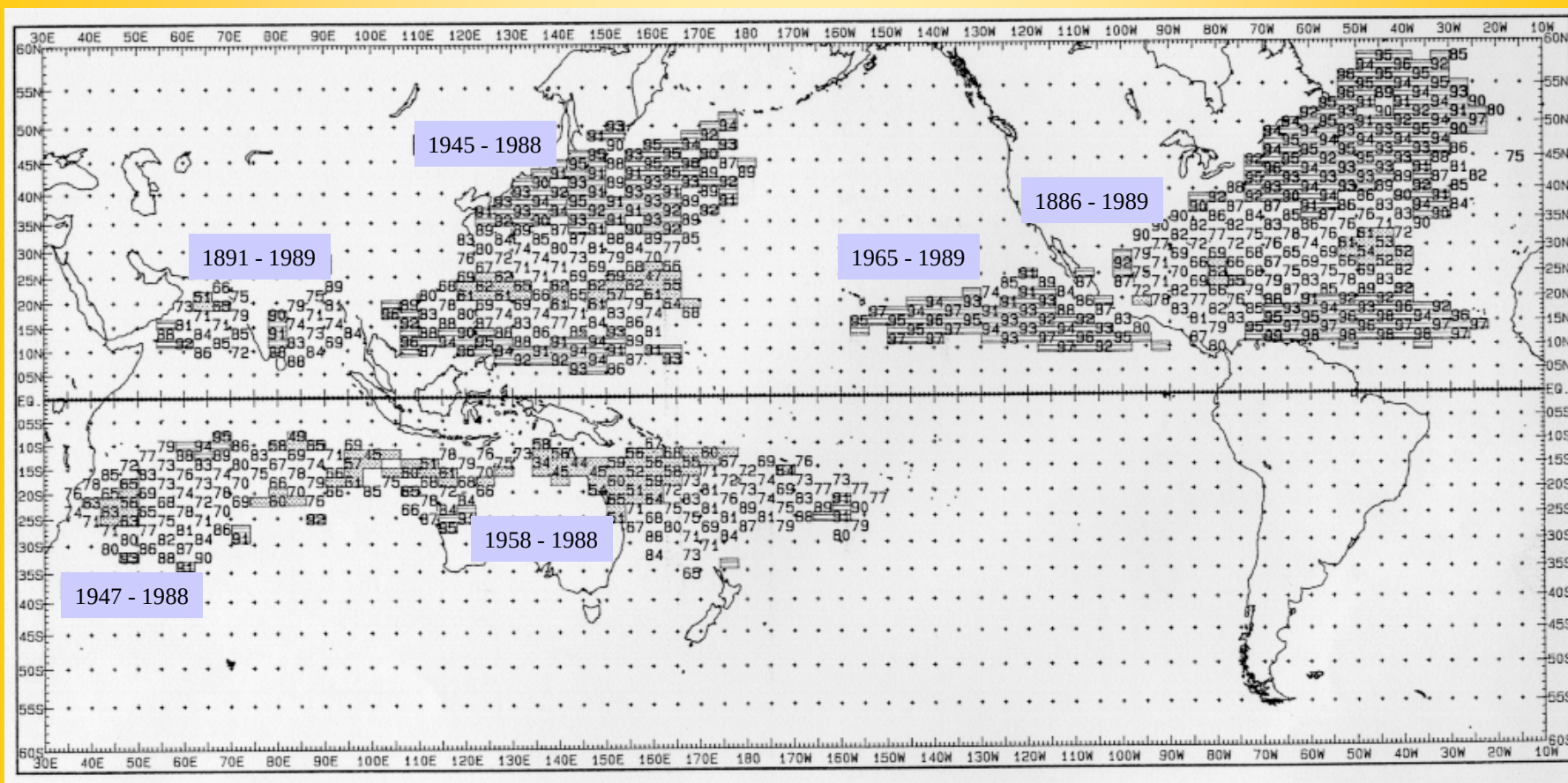
Vitesses vectorielles moyennes (km/h) des perturbations tropicales



Les périodes de référence sont indiquées au niveau de chaque bassin cyclonique. Les zones où les vitesses sont < 20 km/h et > 45 km/h sont respectivement en gris léger et sombre.

Mean vector speeds (km/h) of tropical cyclone motion (over the periods indicated in the different basins). Light shading indicates speeds < 20 km/h, dark shading > 45 km/h. Minimum number of cases, 7.

Régularité des déplacements des perturbations tropicales



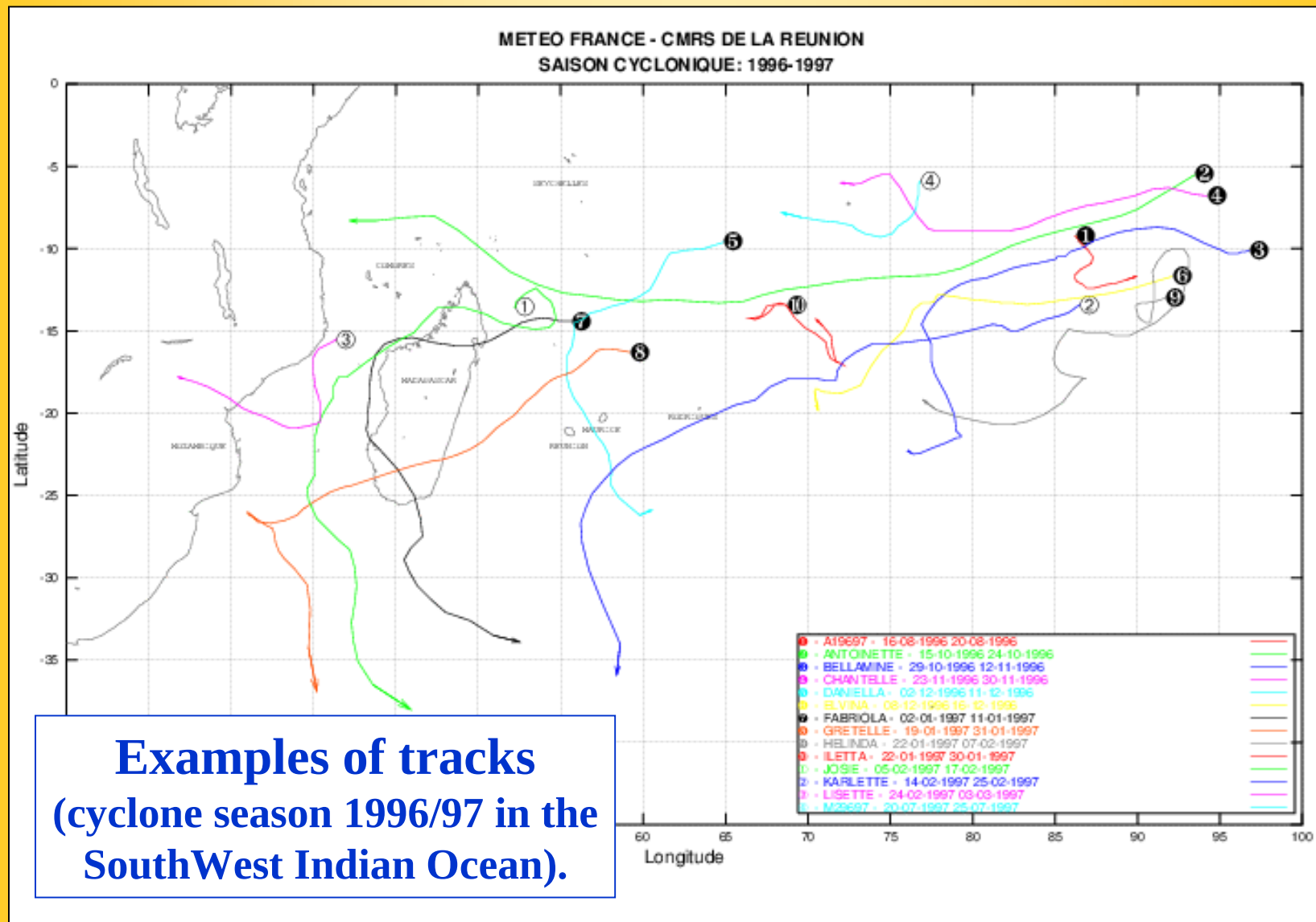
Les périodes de référence sont indiquées au niveau de chaque bassin cyclonique. L'index est défini par : $100 \times (\text{vitesse vectorielle}) / (\text{vitesse scalaire})$.

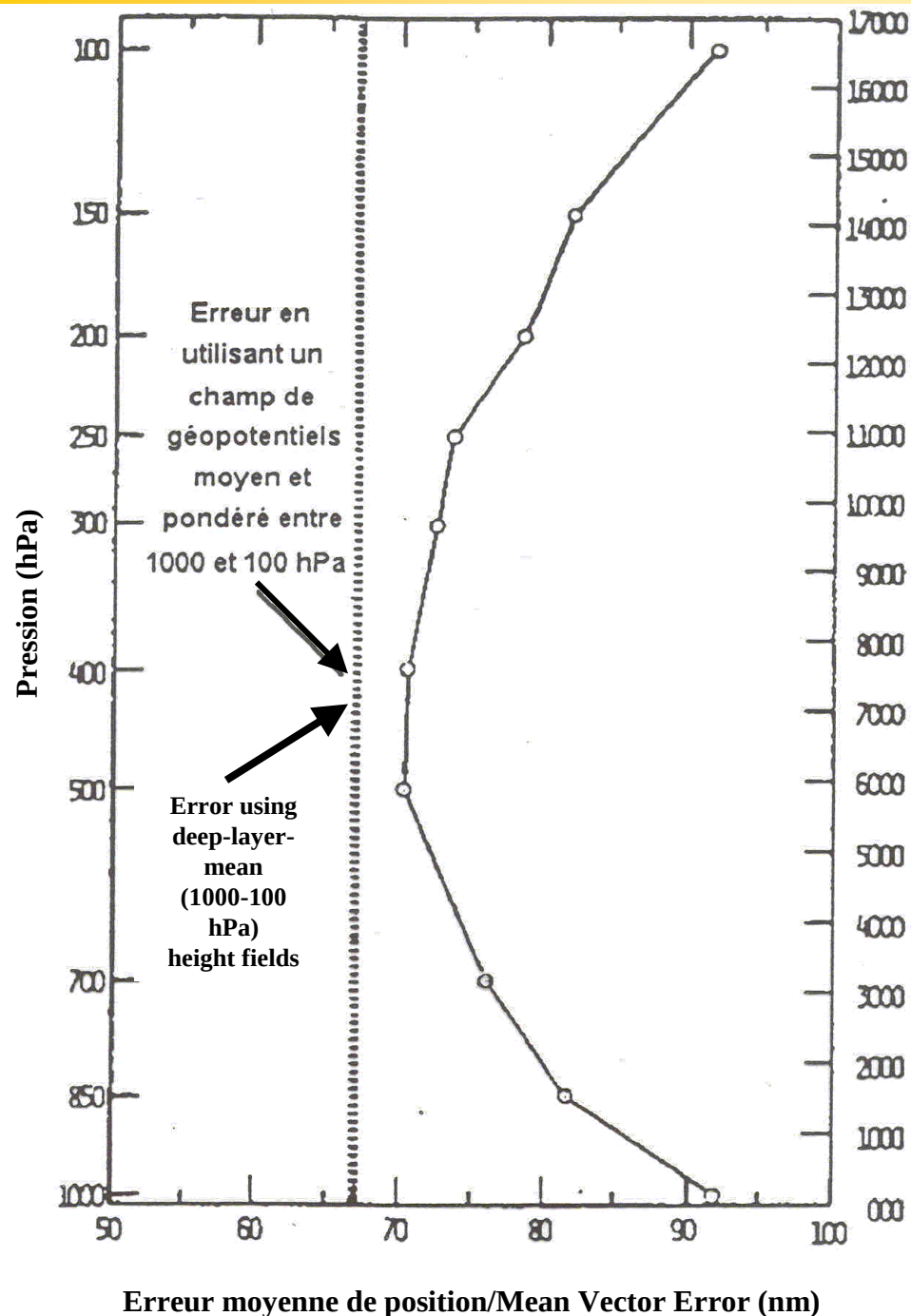
Les zones où l'index est < 65 et > 90 sont respectivement en grisé léger et sombre.

Steadiness of tropical cyclone motion (over the periods indicated in the different basins). Index defined by $100 \times (\text{vector speed}) / (\text{scalar speed})$.

Light shading indicates index < 65 , dark shading > 90 . Minimum number of cases, 7.

Exemples de trajectoires (Saison cyclonique 1996-1997 dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien)





Influence du niveau choisi comme source des prédicteurs sur la performance des modèles statistico-dynamiques

Prévisions à 12 heures produites par 10 modèles simples ayant leurs prédicteurs choisis parmi l'un des 10 niveaux standards.

La verticale en pointillé indique la performance d'un modèle équivalent utilisant un flux moyen pondéré.

Profile of dependent data 12h forecast error produced by 10 different simple statistical models, each having geopotential height predictors limited to one of 10 specified levels, 1000 to 100 hPa. Dashed vertical line gives model error using a pressure weighted deep-layer-mean height field. Data set consisted of 994 cases over period 1965-1977 (Neumann, 1979).

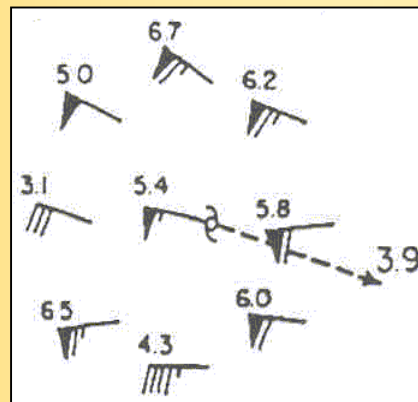
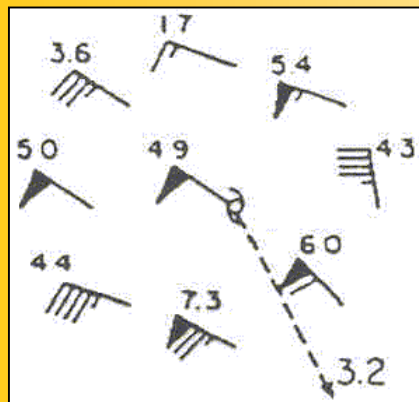
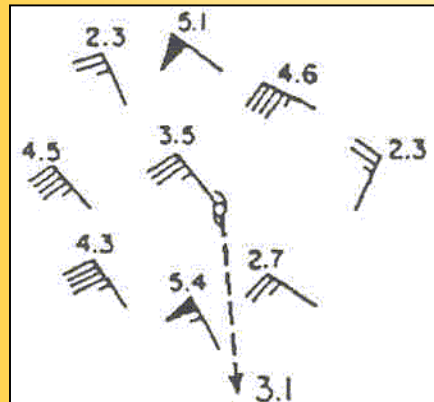
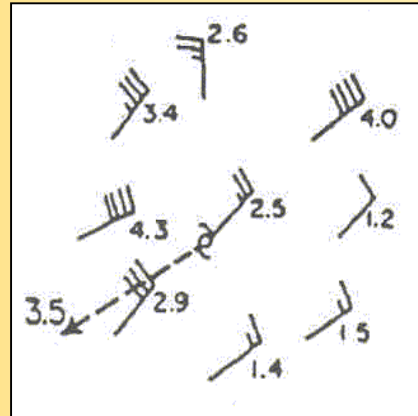
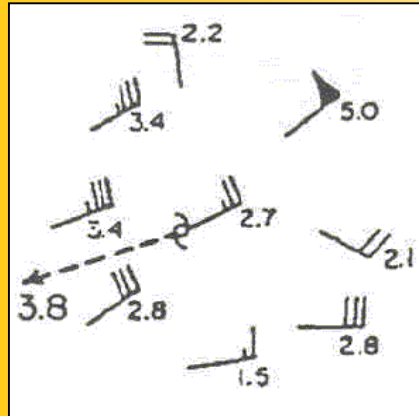
Comparaison du déplacement moyen et du courant de base

Cas de cinq cyclones composites de l'hémisphère sud (d'après Holland).

Le flux est un flux moyen pondéré entre 800 et 300 hPa. Le courant de base moyen est représenté au centre, la flèche en tiret représentant le déplacement du cyclone.

Pour la représentation du vent, la convention adoptée est : une barbule = 1 m/s.

Echelle (°lat)
0 2 4 6

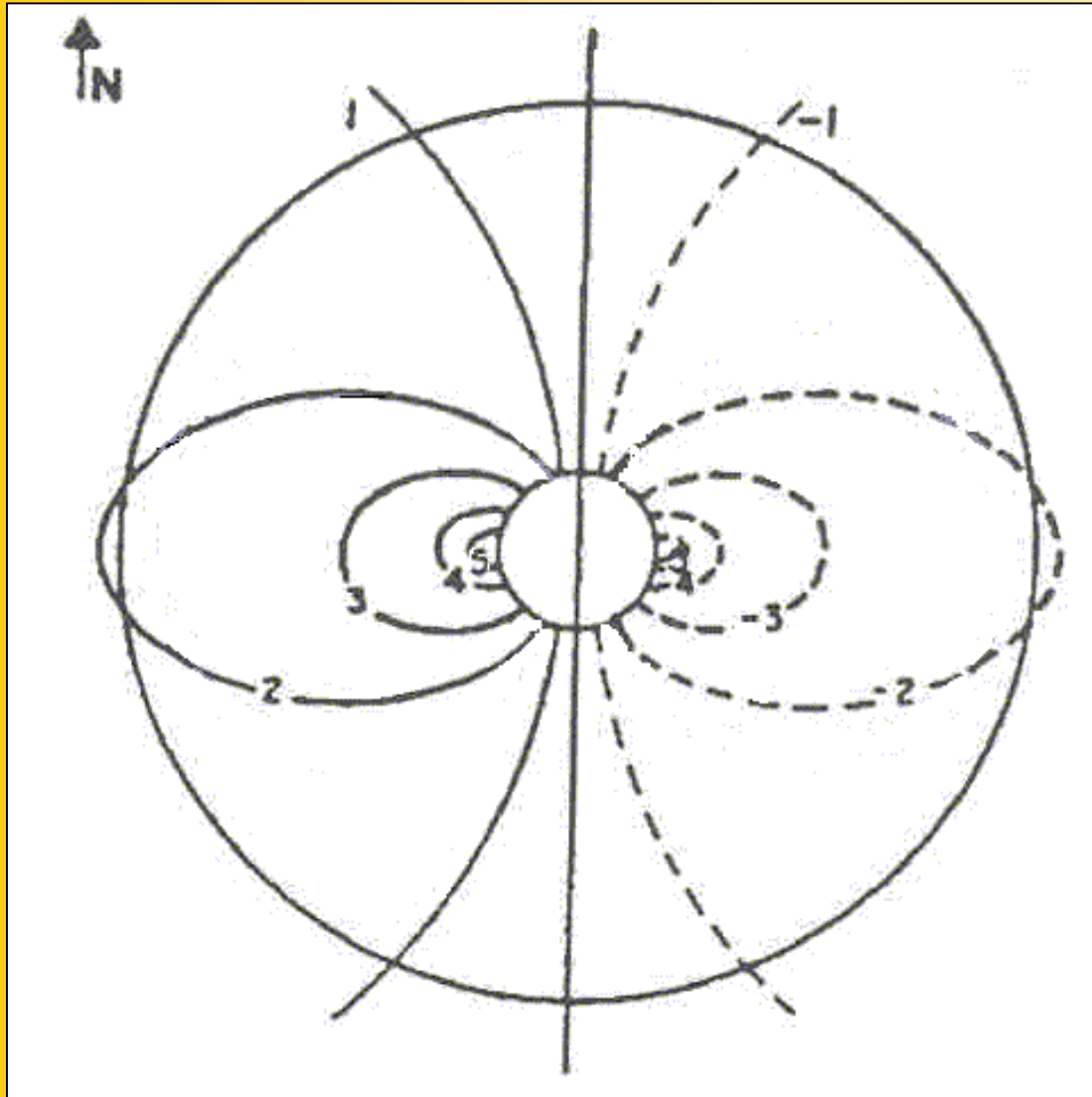


Comparison between mean motion and environmental basic currents for five composite Southern hemisphere cyclones (from Holland).

Each inset contains the 800-300 hPa mass-weighted mean-current (after the symmetric cyclone wind field has been removed) at eight octants and a nominal radius of 6° latitude. The azimuthally averaged basic current is shown at the center, and the cyclone motion is indicated by the dashed arrow.

Speed convention is one barb = 1 m/s and actual speeds are also shown.

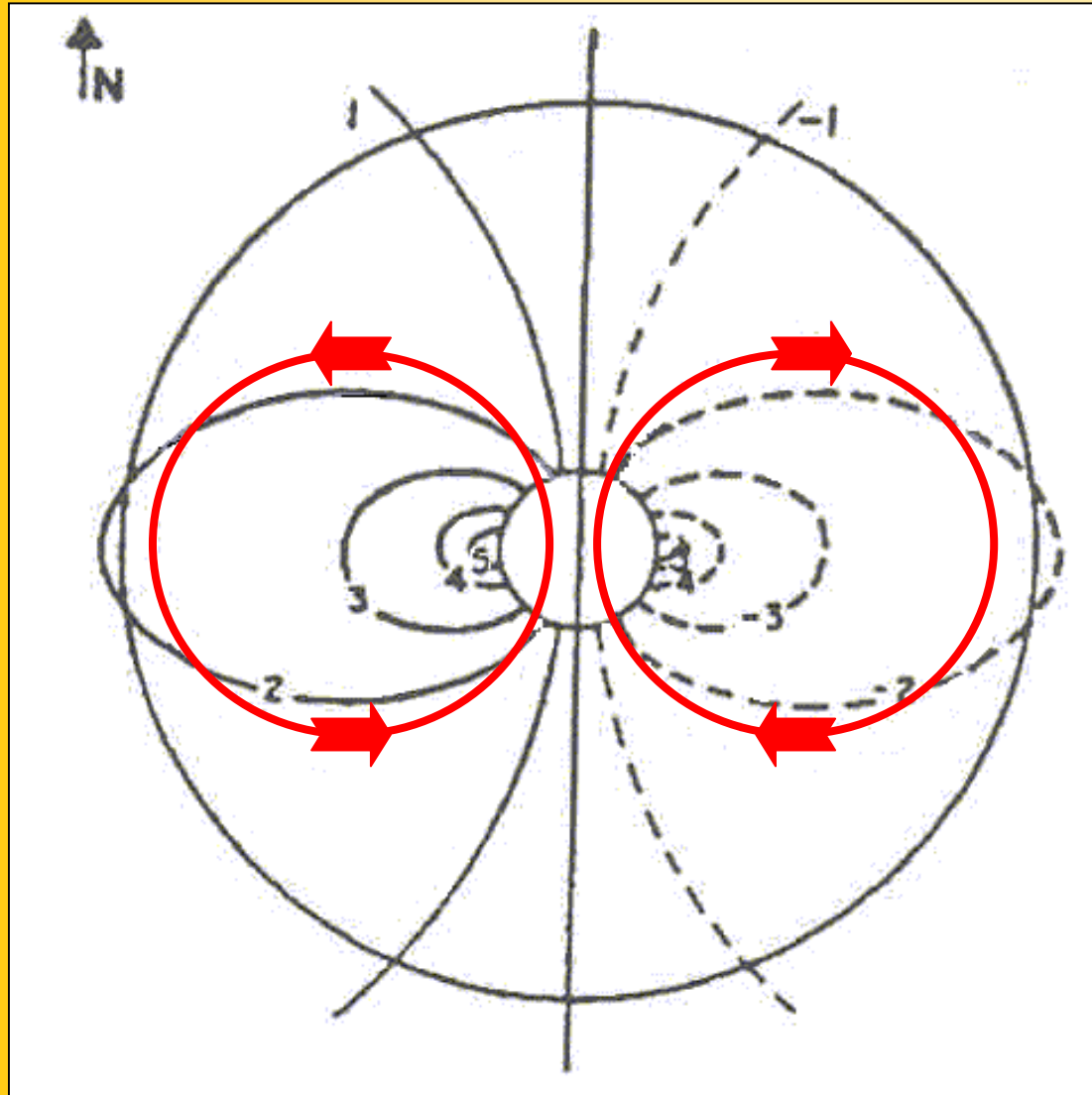
Effet béta (1)



Champ de $\delta\zeta/\delta t$ (unités arbitraires), centré sur un cyclone symétrique et non divergent de l'hémisphère nord, en l'absence de flux environnant (Holland).

Field of $\delta\zeta/\delta t$, in arbitrary units, centered on a non-divergent and symmetric cyclone on a northern hemisphere beta plane, with no basic flow (from Holland).

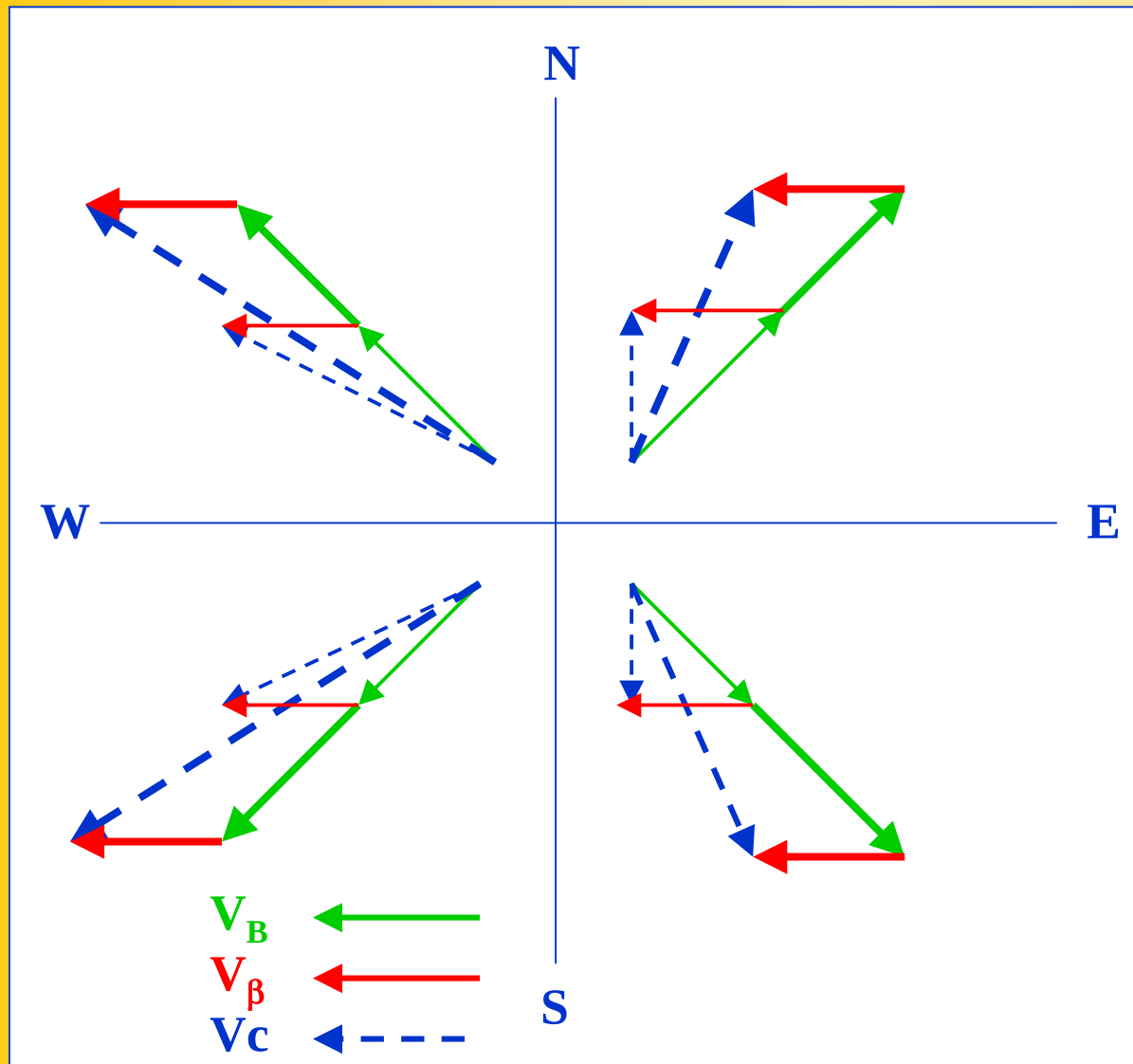
Effet bêta (1)



Champ de $\delta\zeta/\delta t$ (unités arbitraires), centré sur un cyclone symétrique et non divergent de l'hémisphère nord, en l'absence de flux environnant (Holland).

Field of $\delta\zeta/\delta t$, in arbitrary units, centered on a non-divergent and symmetric cyclone on a northern hemisphere beta plane, with no basic flow (from Holland). In red is shown the secondary circulation resulting from the vorticity changes

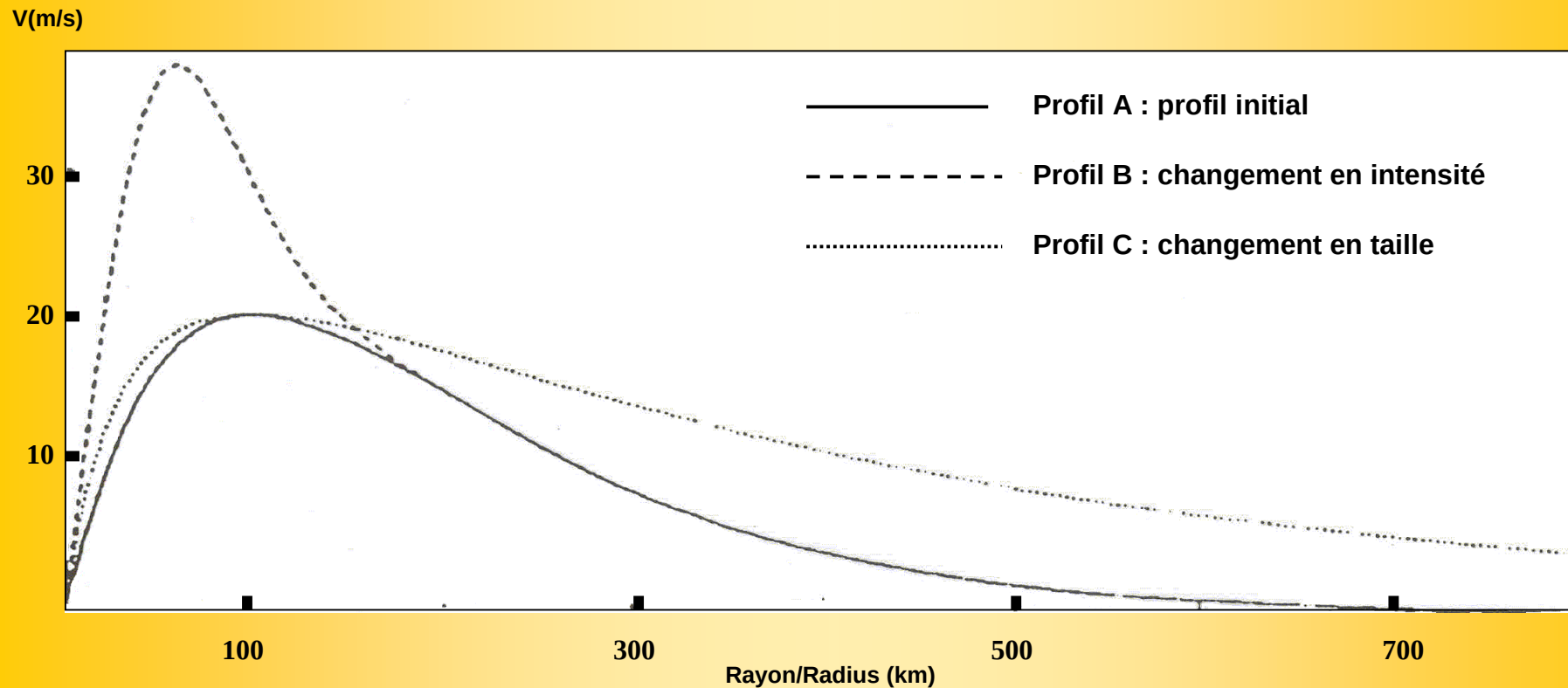
Effet béta (2)



Représentation schématique de la composition de l'effet β (V_β) et de différents flux de base (V_b), et du mouvement (V_c) en résultant pour un cyclone tropical (d'après Holland).

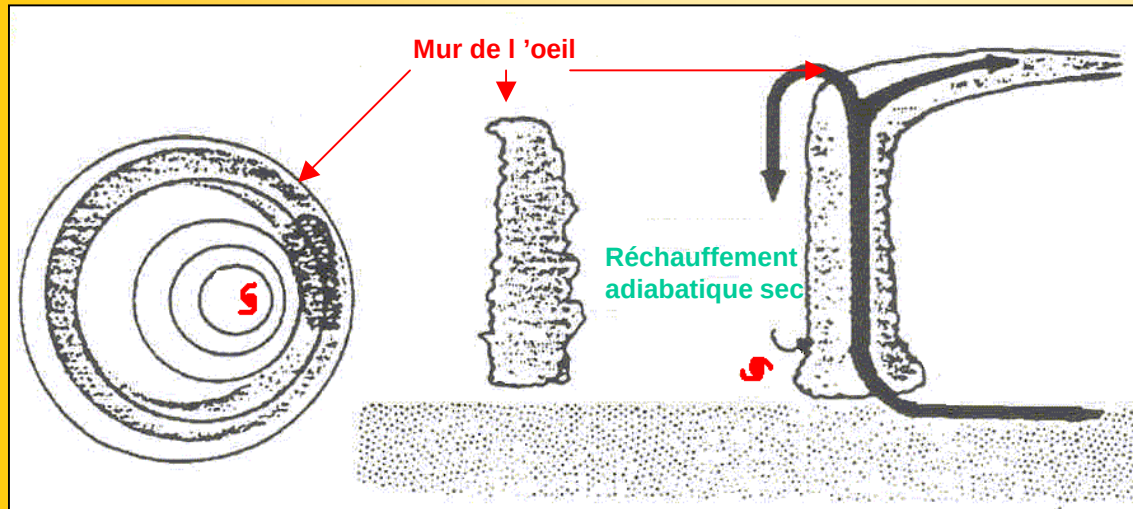
Diagram of the composition between the beta-effect β (V_β) and different basic flows (V_B) and the resulting motion (V_C) for a tropical cyclone (from Holland).

Profils du vent tangentiel, illustrant un changement en intensité ou en taille

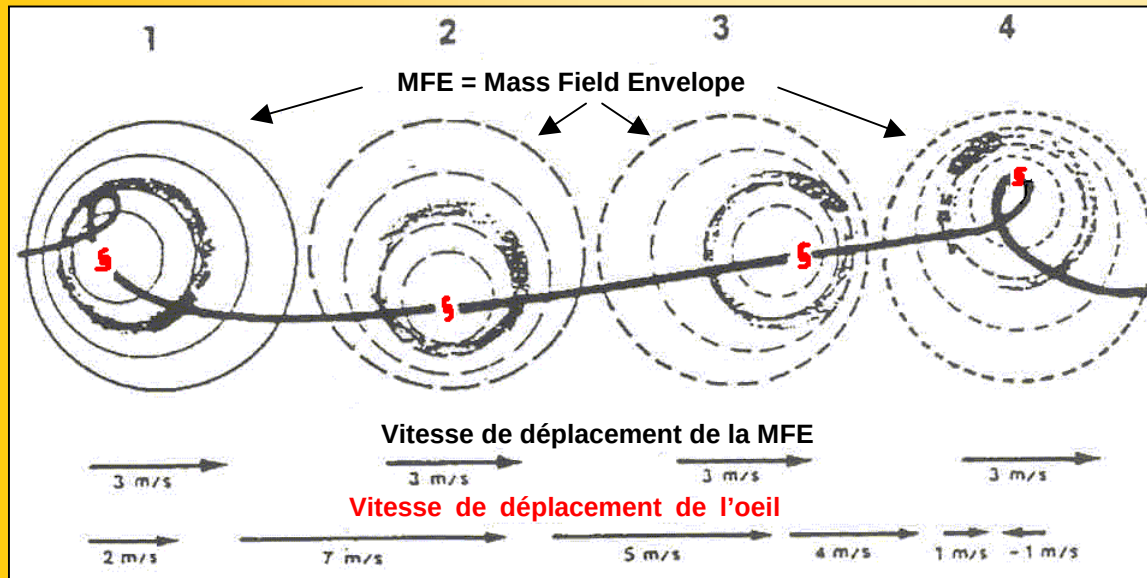


Tangential wind profiles to illustrate change in intensity (case B, dashed) or change in size (case C, dotted) for a tropical cyclone (case A, initial profile).

Représentation schématique du mouvement trochoïdal



Le mouvement trochoïdal peut résulter de la présence d'un point chaud dans le mur de l'œil d'un cyclone tropical.

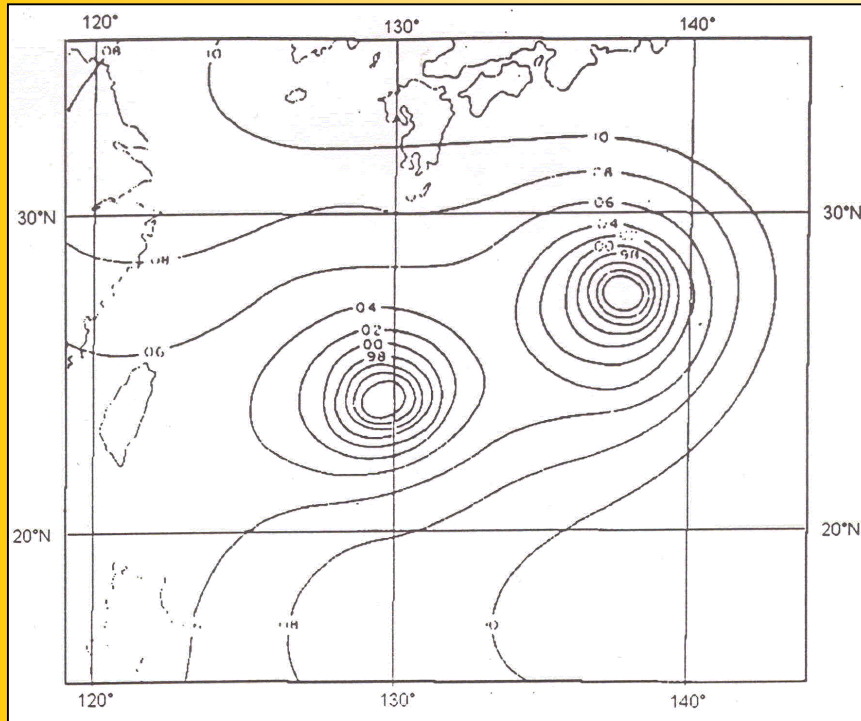


The trochoidal movement may result from a warm spot in the tropical cyclone eyewall.

Illustration de l'effet FUJIWHARA

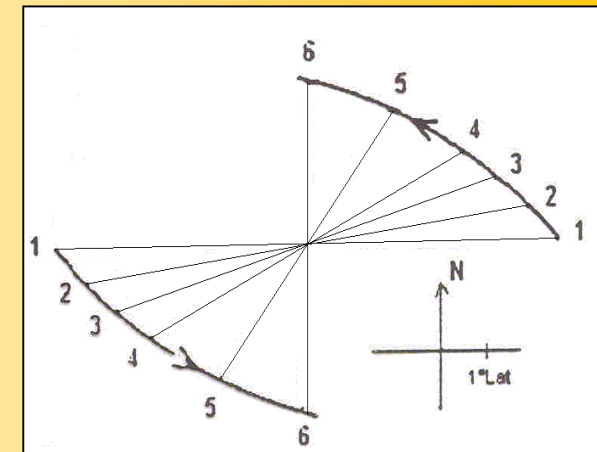
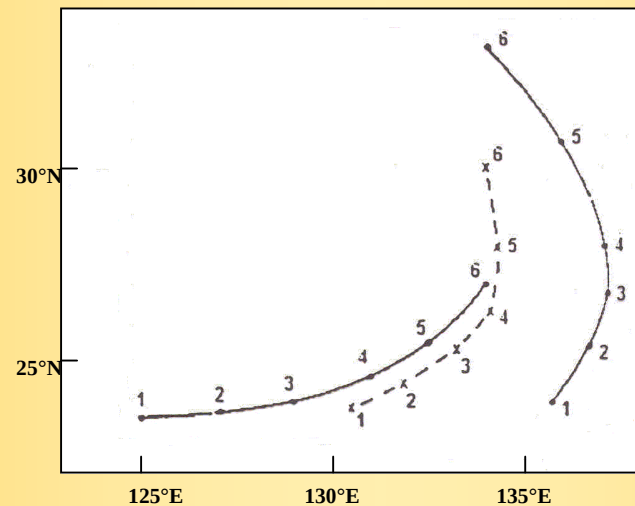
Analyse en surface du 25/08/1945 sur le Pacifique nord-ouest.

Surface analysis chart for 08/25/1945 over the North West Pacific.



Trajectoires des deux cyclones et de leur centre de rotation à partir du 24/08/1945 (positions de 12h en 12h).

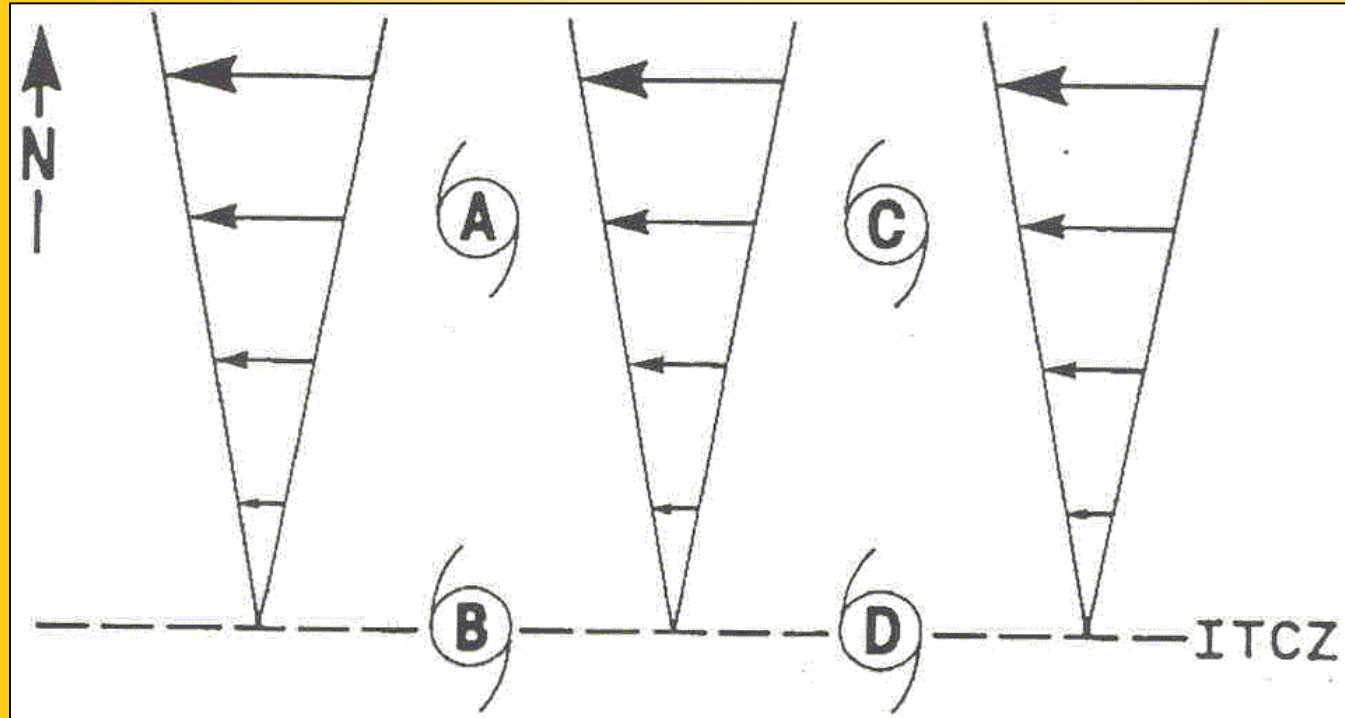
Tracks of the 2 cyclones and of their centroid of rotation (12 hourly positions starting 08/24/1945).



Mouvement relatif des deux cyclones.

Relative motion of the binary cyclones

Illustration de l'influence du cisaillement horizontal du flux directeur sur l'effet Fujiwhara (Hém. nord)

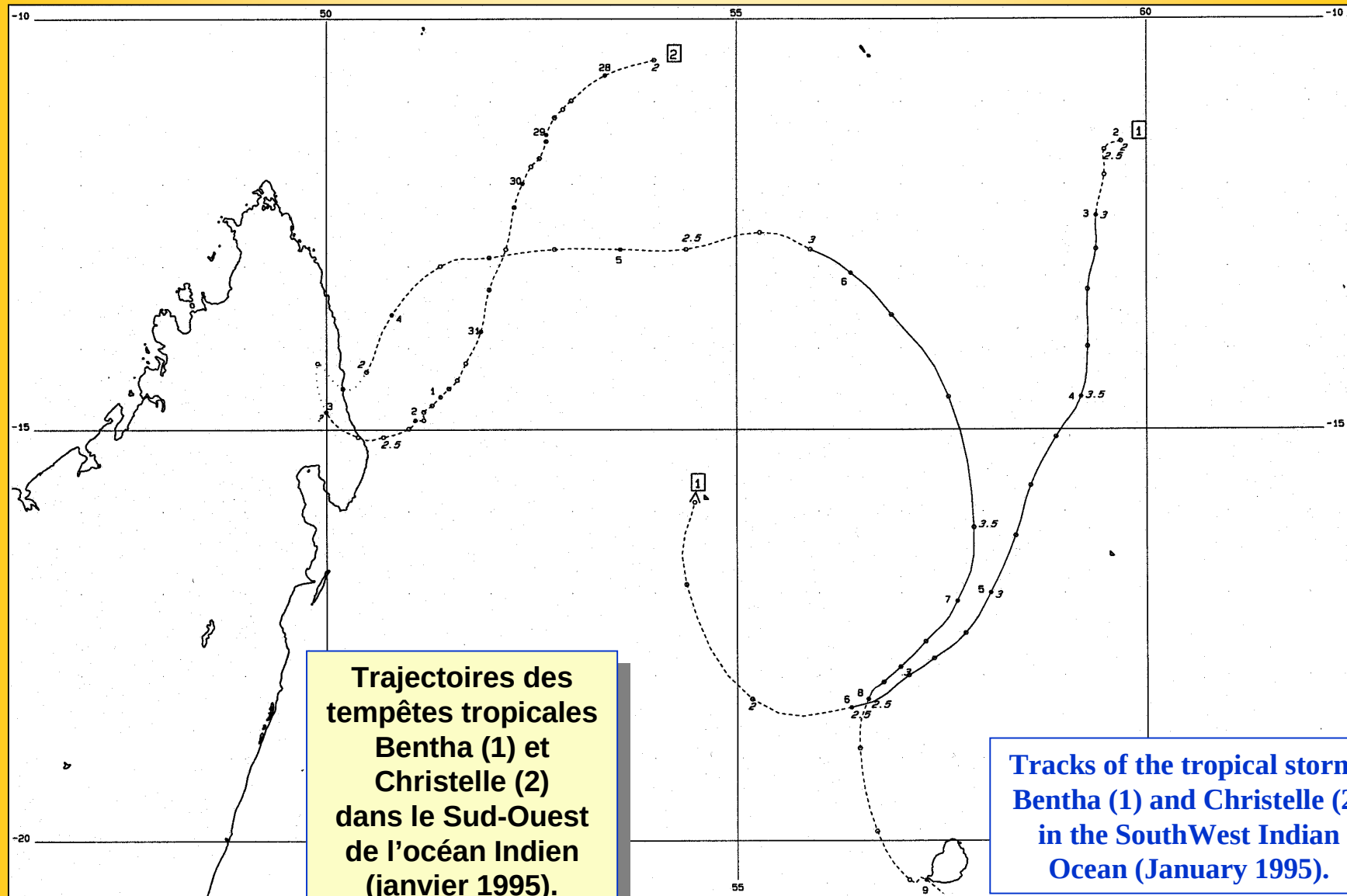


Schematic indicating influence of ITCZ-type horizontal wind shear on the relative motion of binary tropical cyclones.

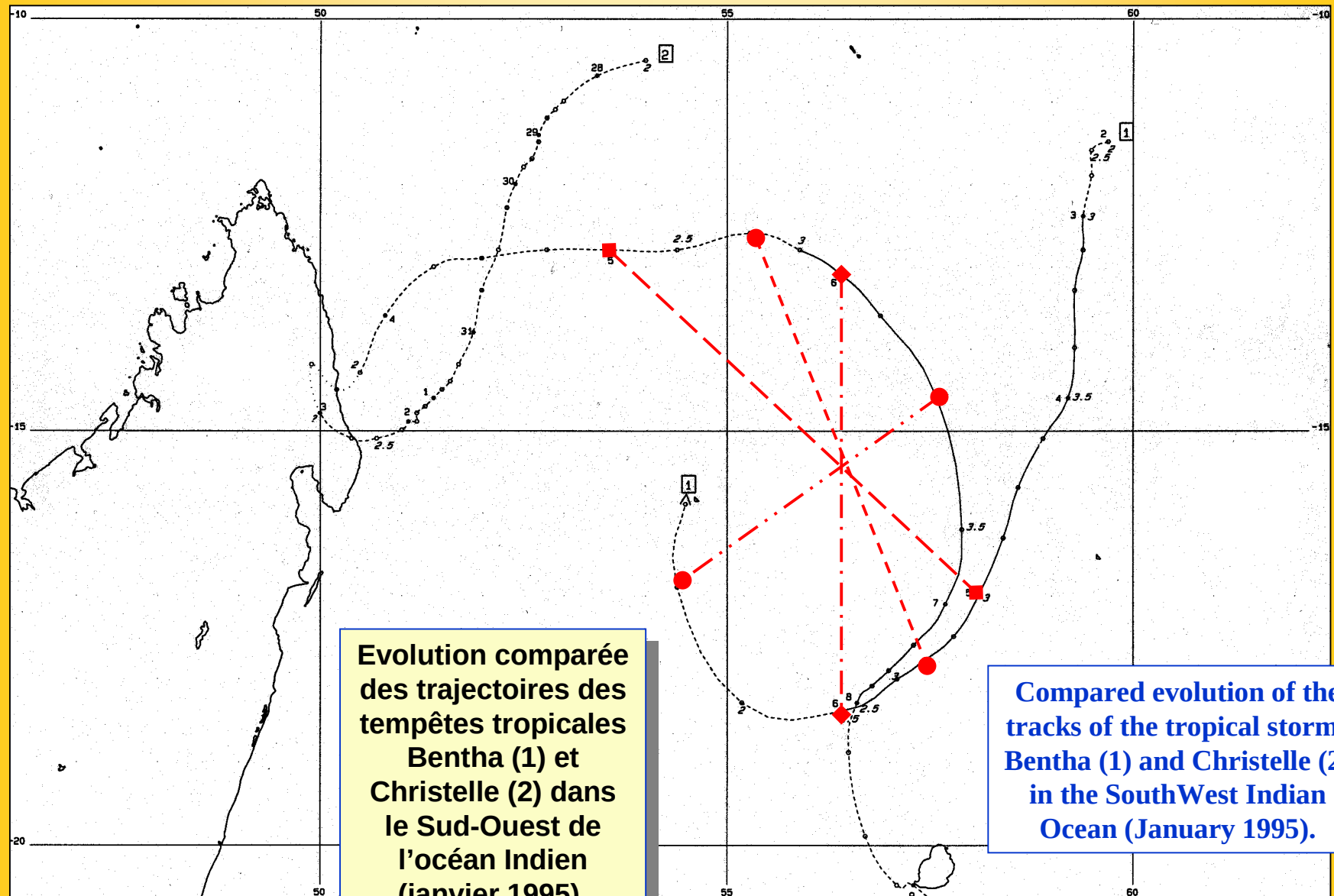
Les paires A/B ou C/D, contrairement aux paires A/C ou B/D, devraient voir une tendance accrue à la rotation dans le sens cyclonique. Ceux de la paire B/C devraient avoir une tendance marquée à se rapprocher, tandis qu'en raison du cisaillement, ceux de la paire A/D devraient avoir tendance à s'écarter mutuellement.

Cyclone pairs A/B or C/D would be expected to increase their relative counterclockwise rotation. By contrast, pairs A/C or B/D would not have any additional rotation effect due to the shear. Binary pair B/C would have an additional tendency to approach, whereas pair A/D would appear to separate due to the wind shear.

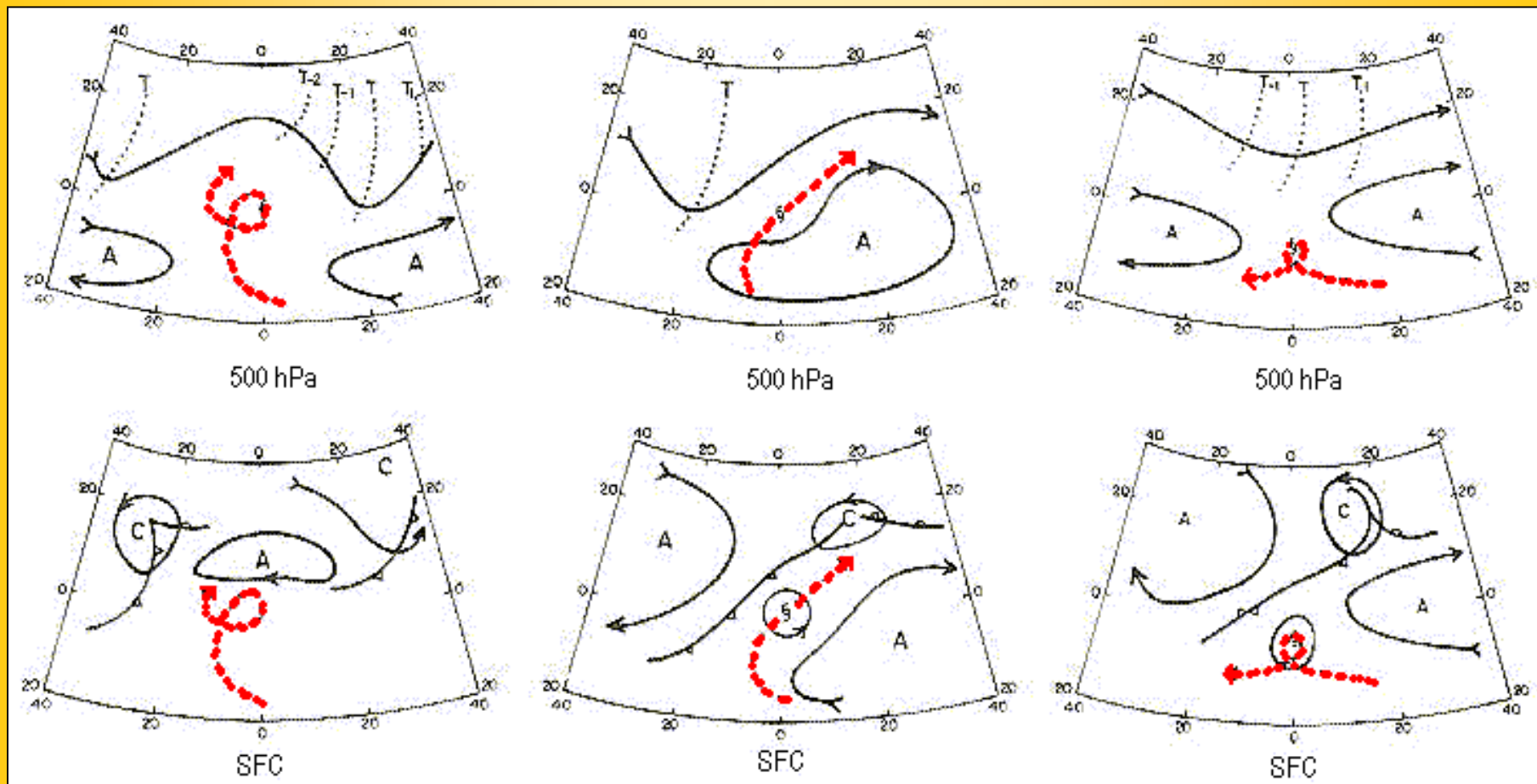
Effet FUJIWHARA (1)



Effet FUJIWHARA (2)



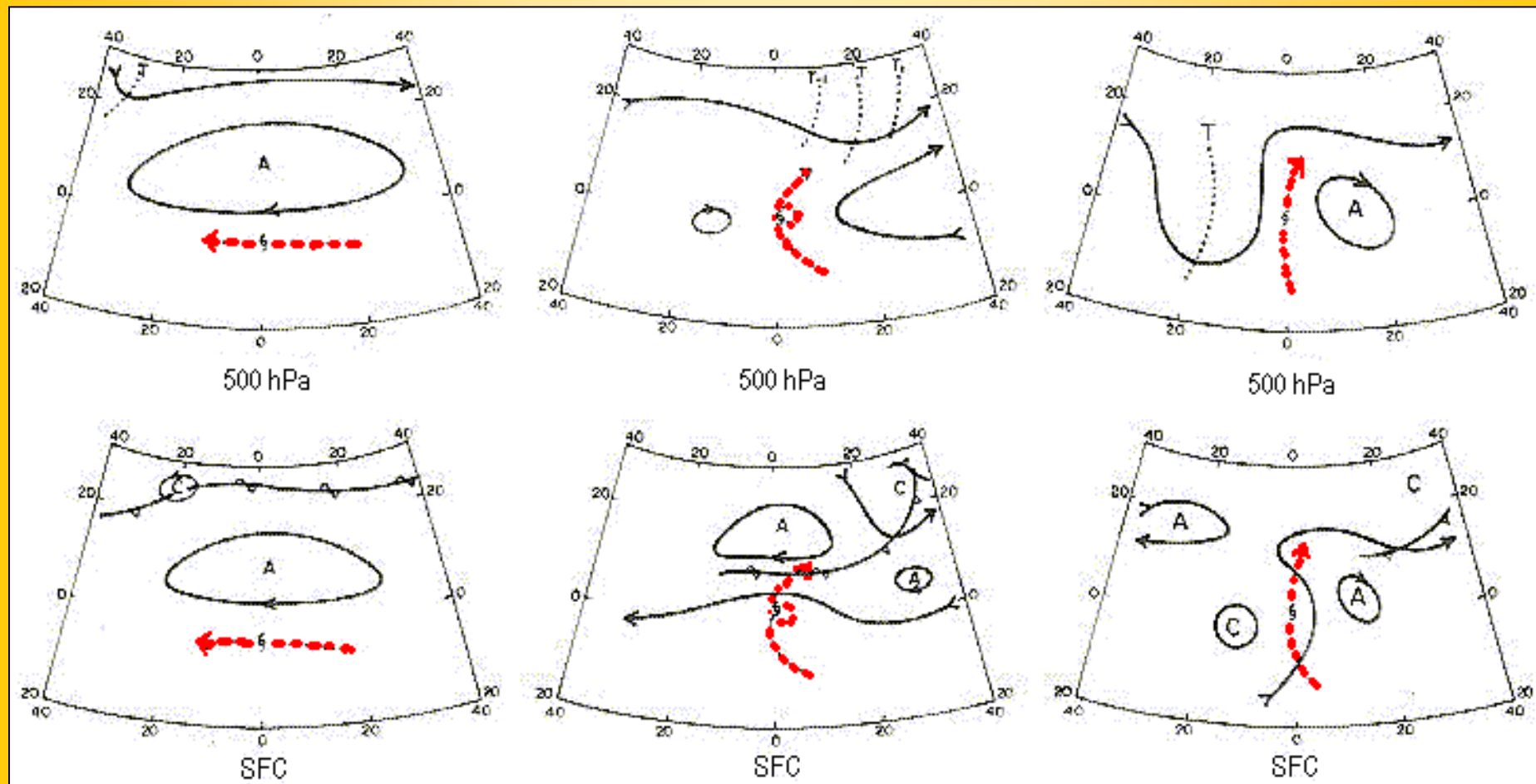
Quelques situations types de déplacement (1)



Schémas idéalisés des configurations à 500 hPa et des configurations correspondantes en surface, associées à différents types de déplacements.

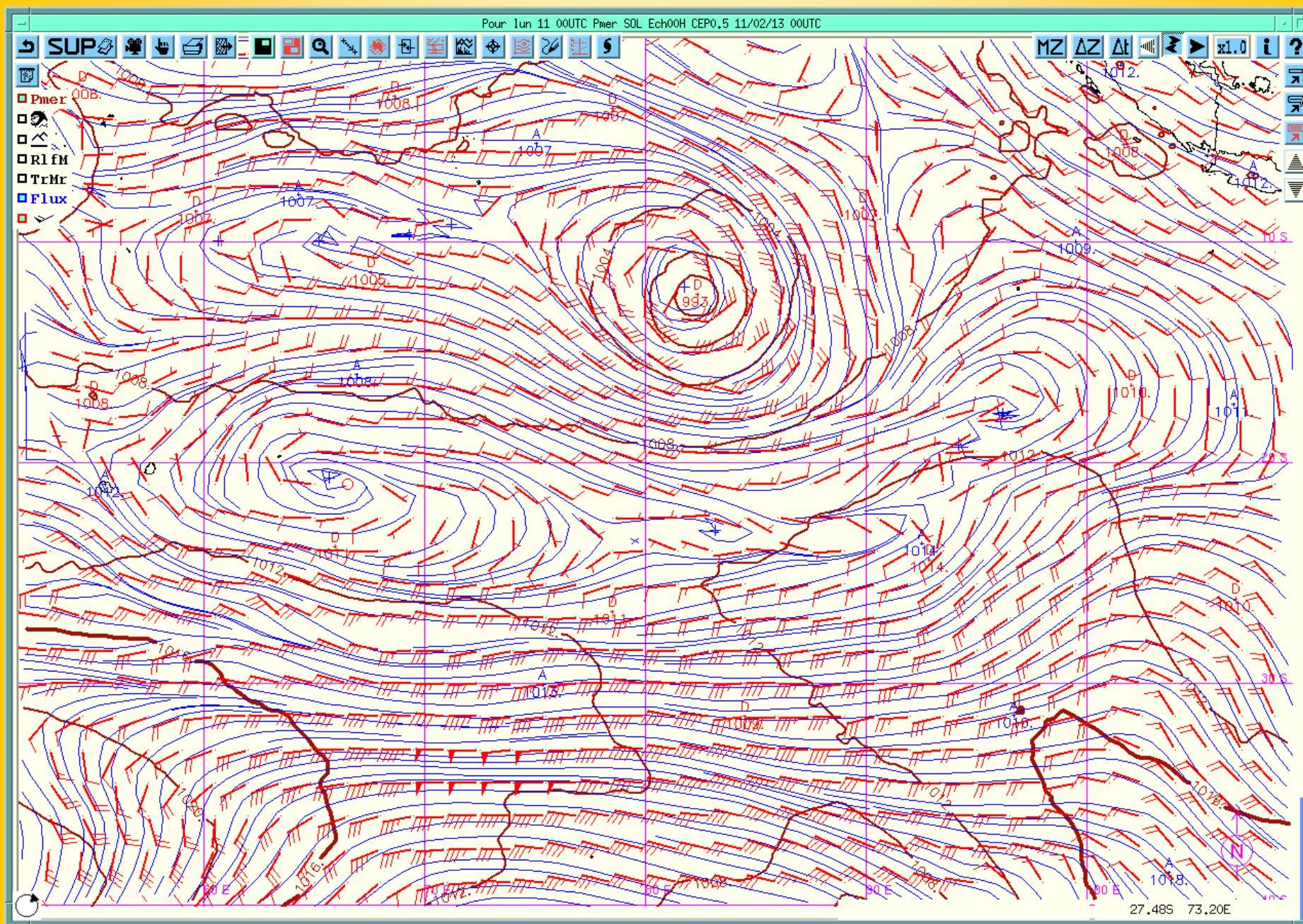
Idealized 500 hPa pattern (above) and corresponding surface pattern (below) depicting the type of motion predicted.

Quelques situations types de déplacement (2)

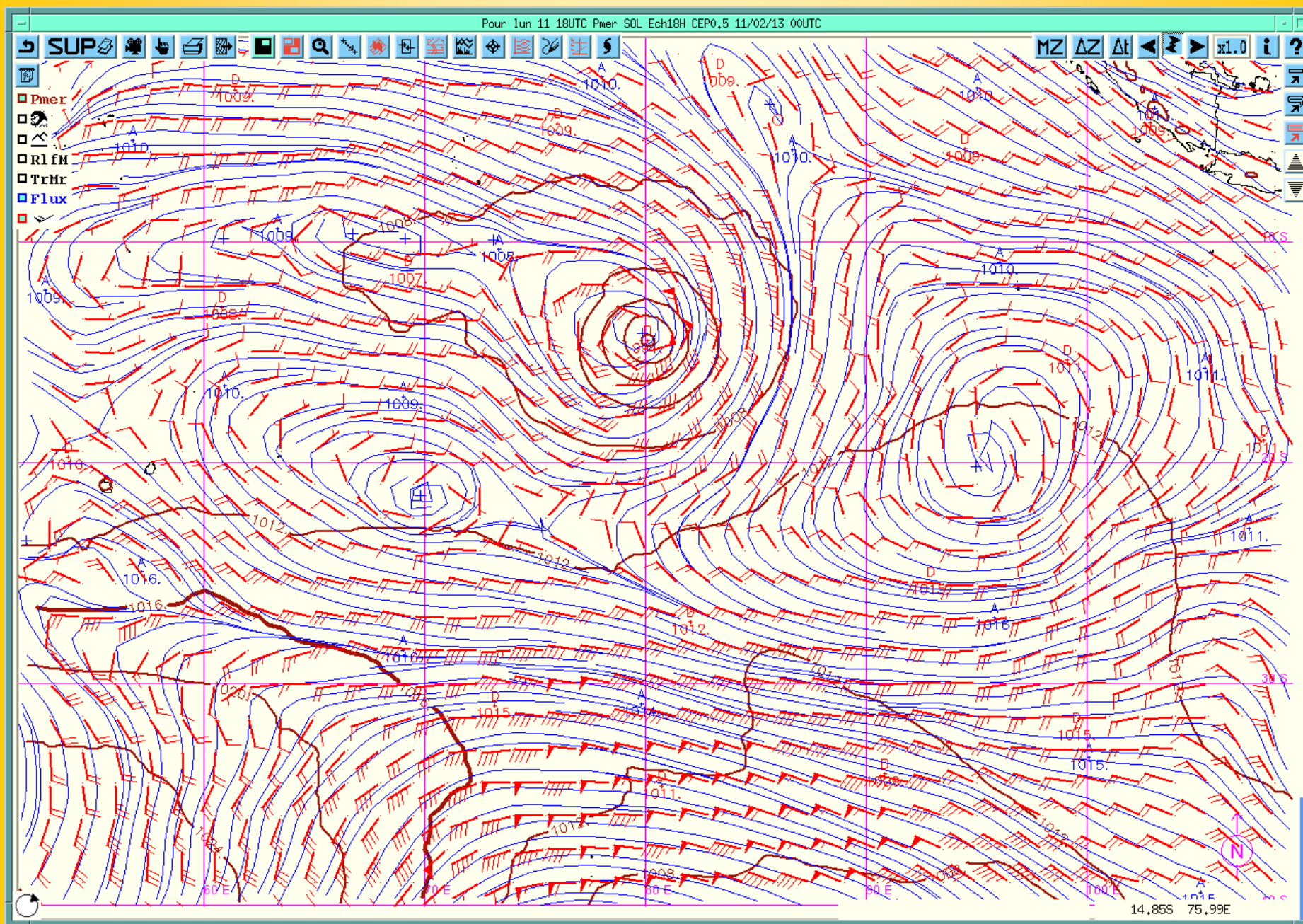


Schémas idéalisés des configurations à 500 hPa et des configurations correspondantes en surface, associées à différents types de déplacement.

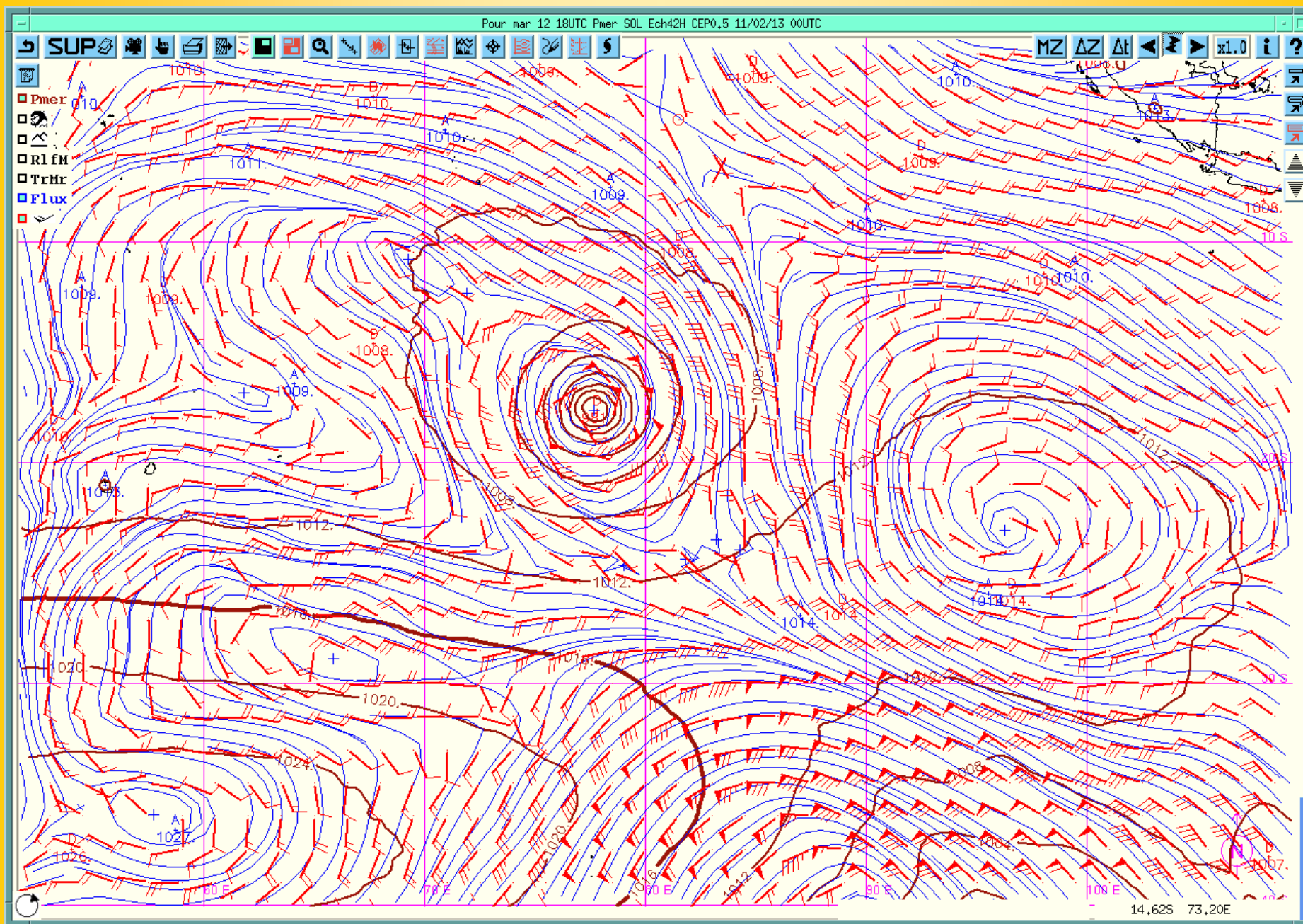
Idealized 500 hPa pattern (above) and corresponding surface pattern (below) depicting the type of motion predicted.



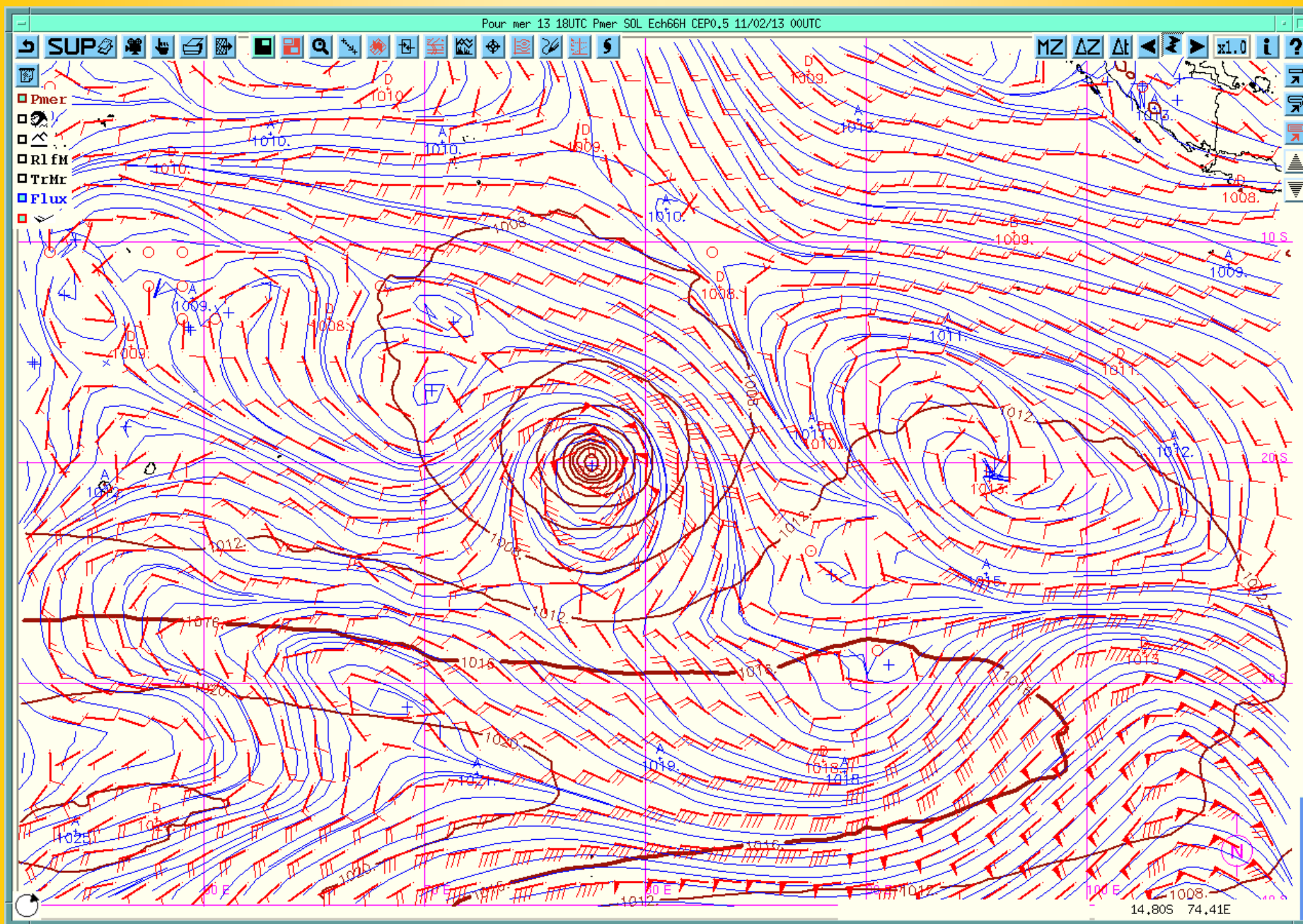
Pmer et Flux à 500 hPa analysé par le CEP le 11/02/2013.



Pmer et Flux à 500 hPa : CEP du 11/02/2013 à 00 utc + 18h.

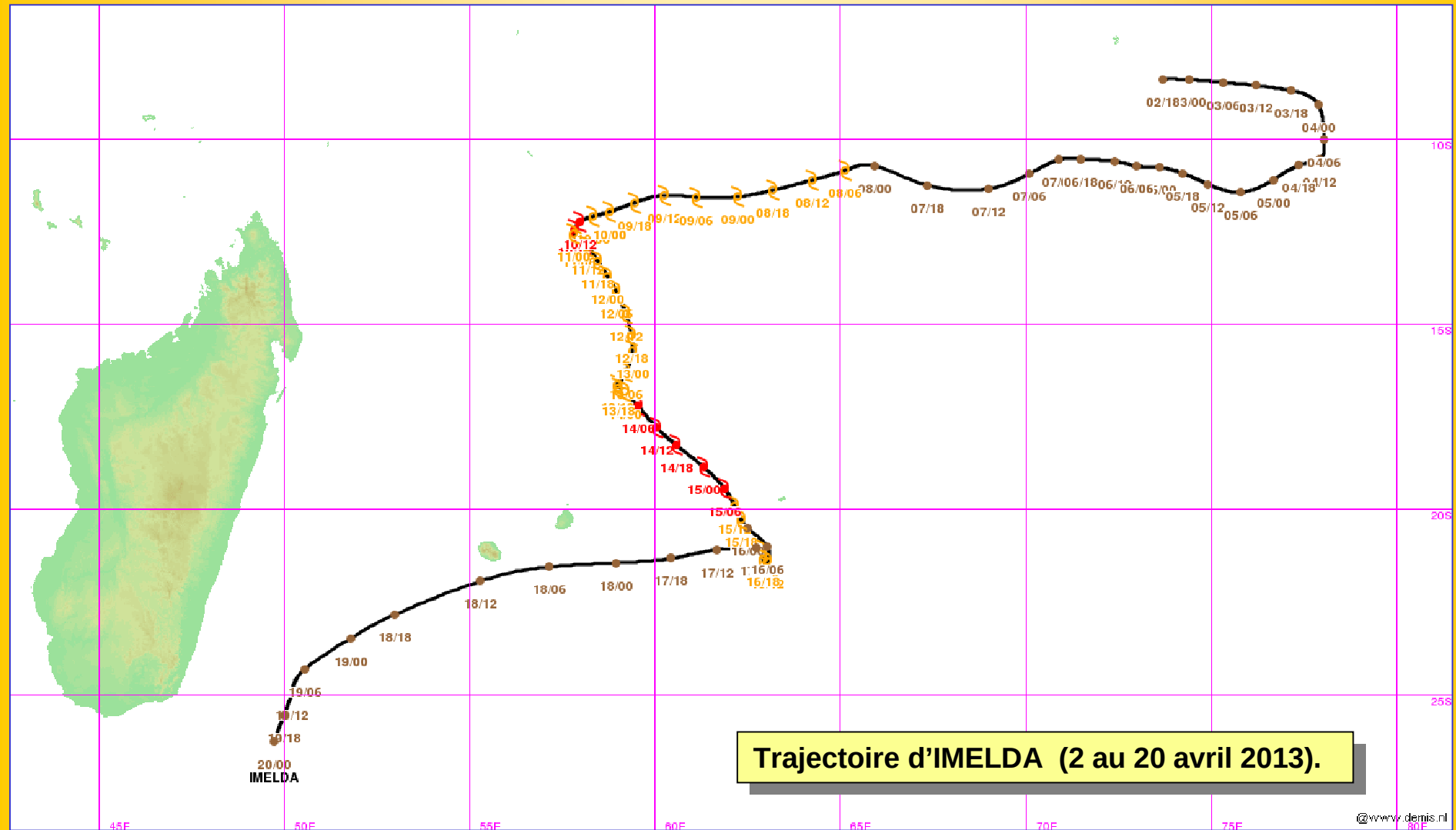


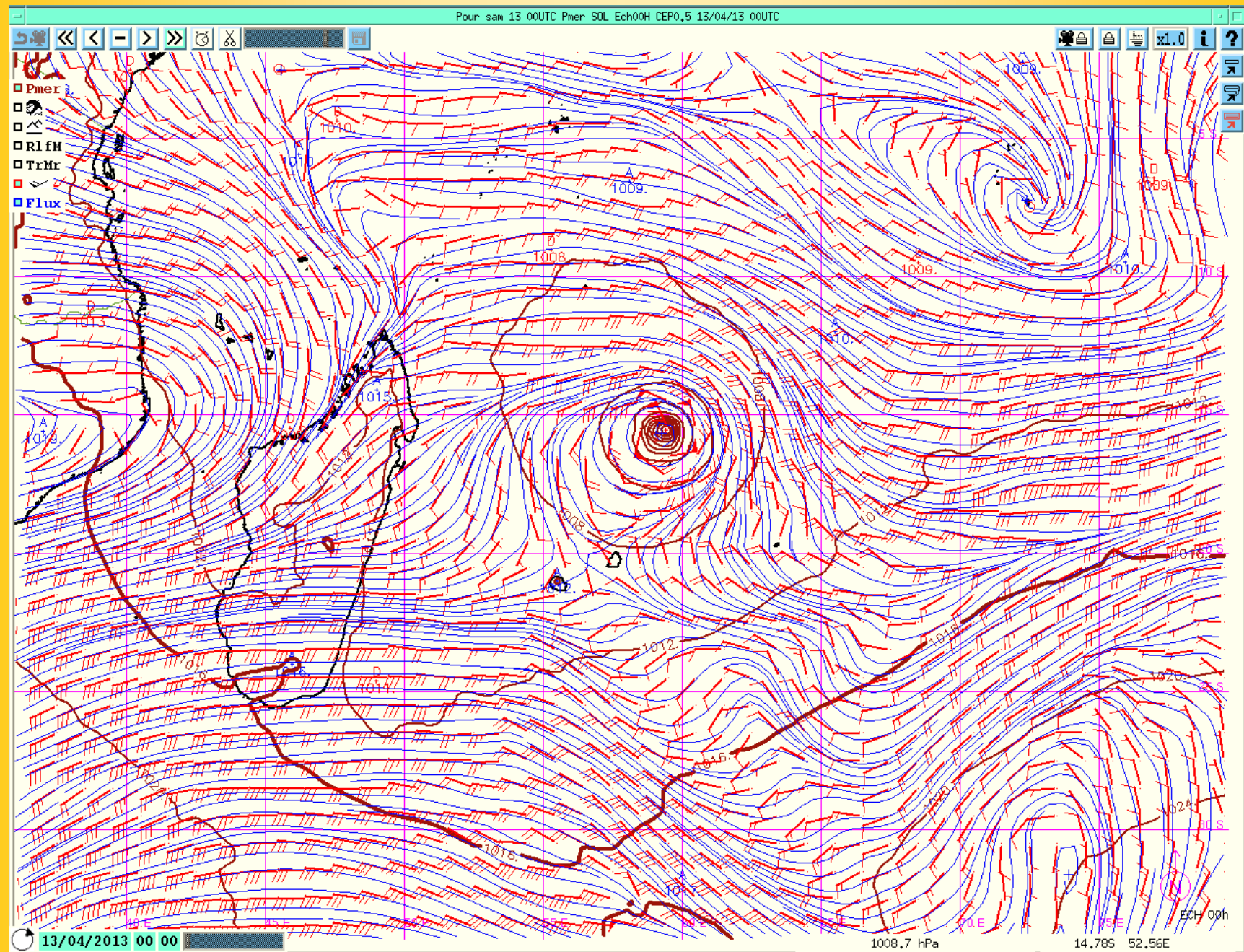
Pmer et Flux à 500 hPa : CEP du 11/02/2013 à 00 utc + 42h.



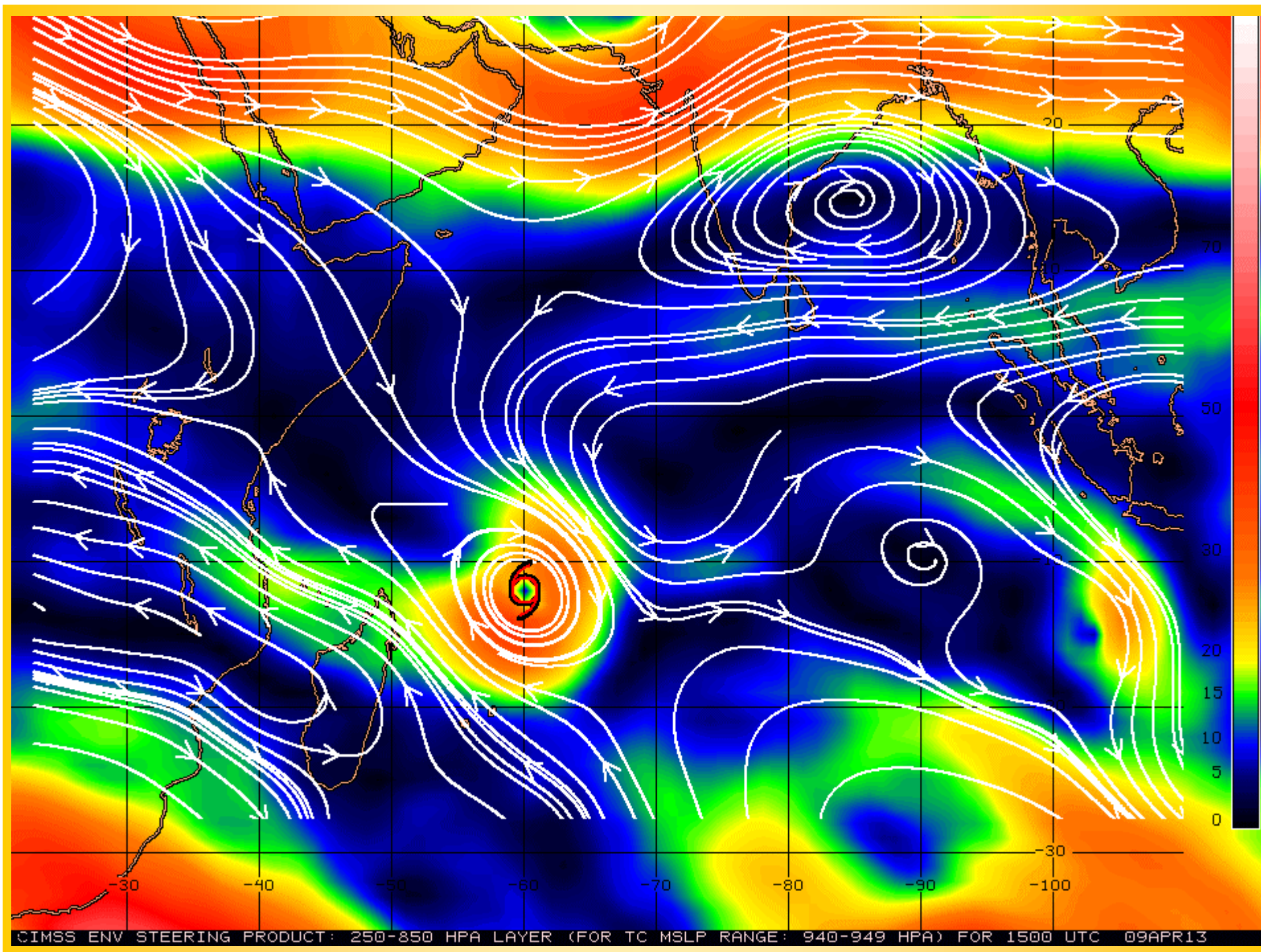
Pmer et Flux à 500 hPa : CEP du 11/02/2013 à 00 utc + 66h.

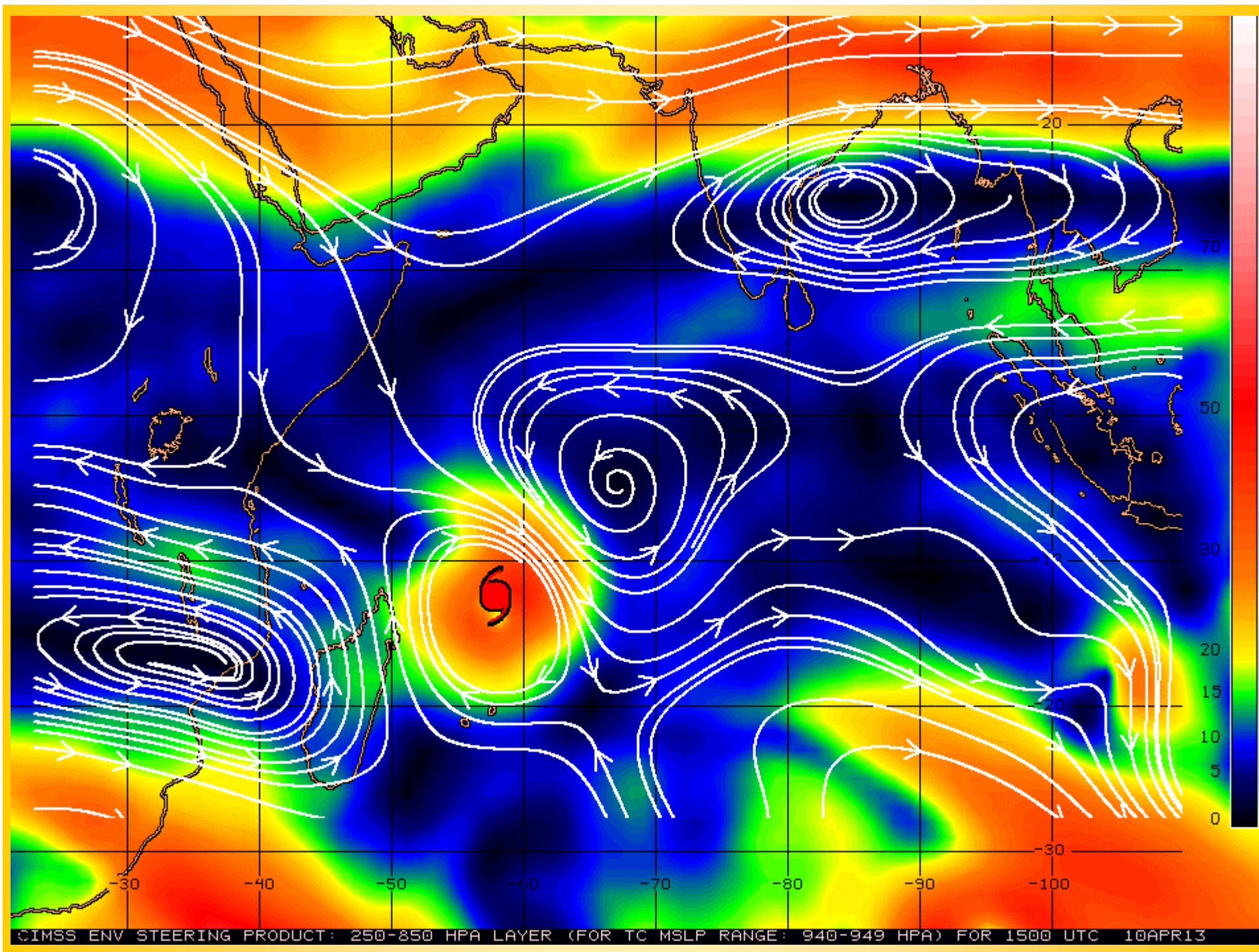
La prévision de trajectoires cycloniques cas du cyclone IMELDA : trajectoire observée

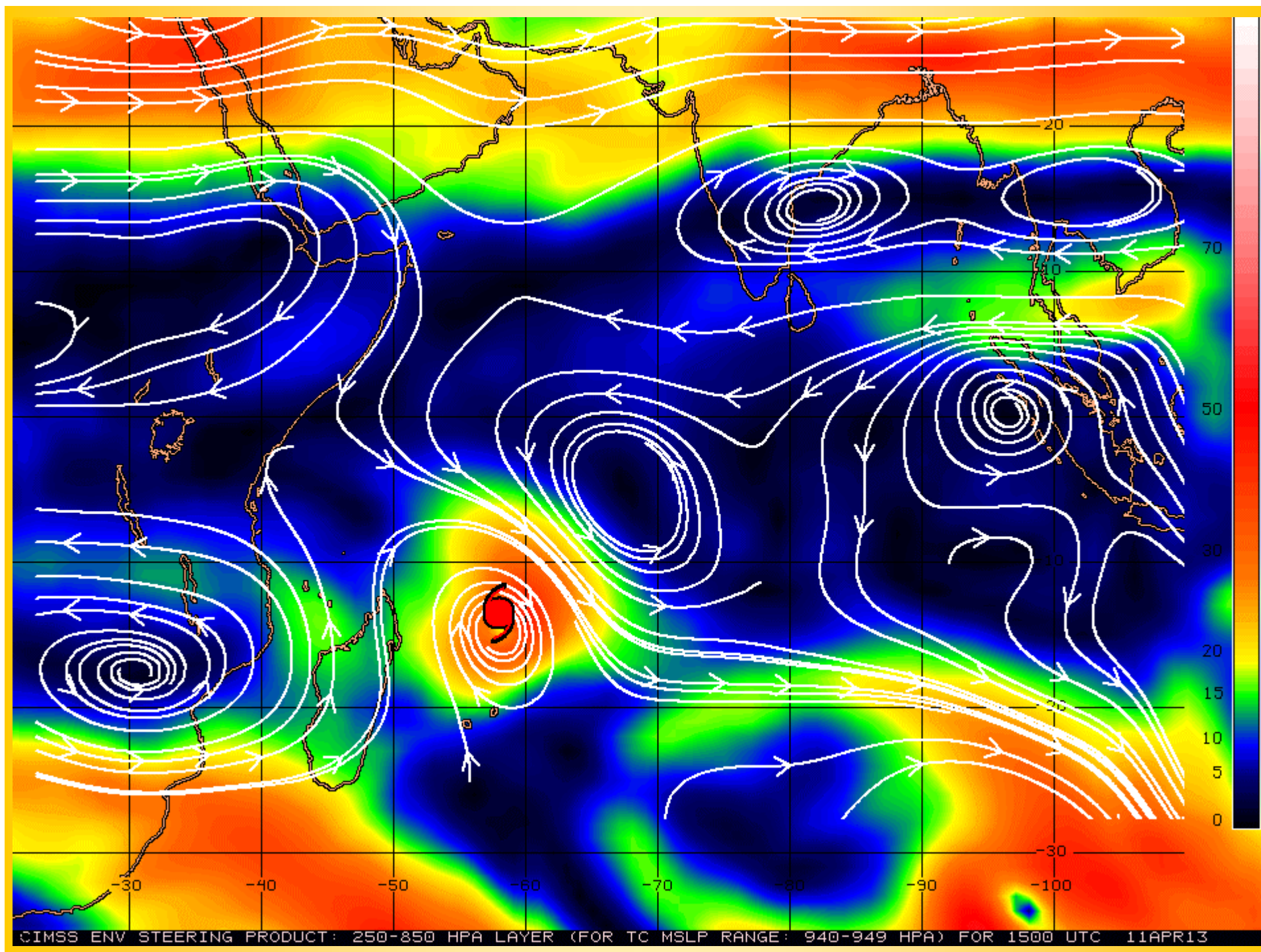


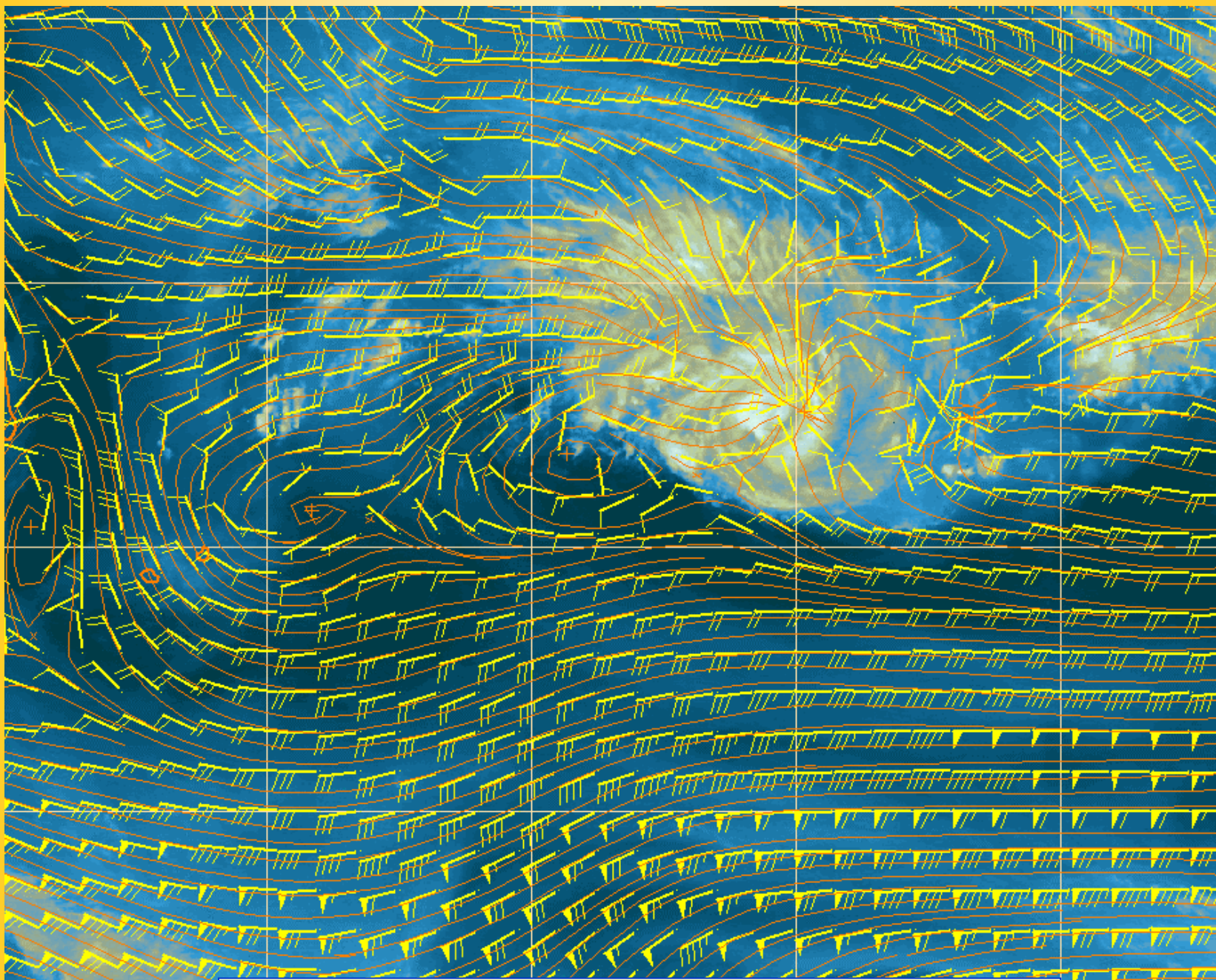


Pmer et Flux à 500 hPa : CEP du 13/04/2013 à 00 utc (animation 120h).

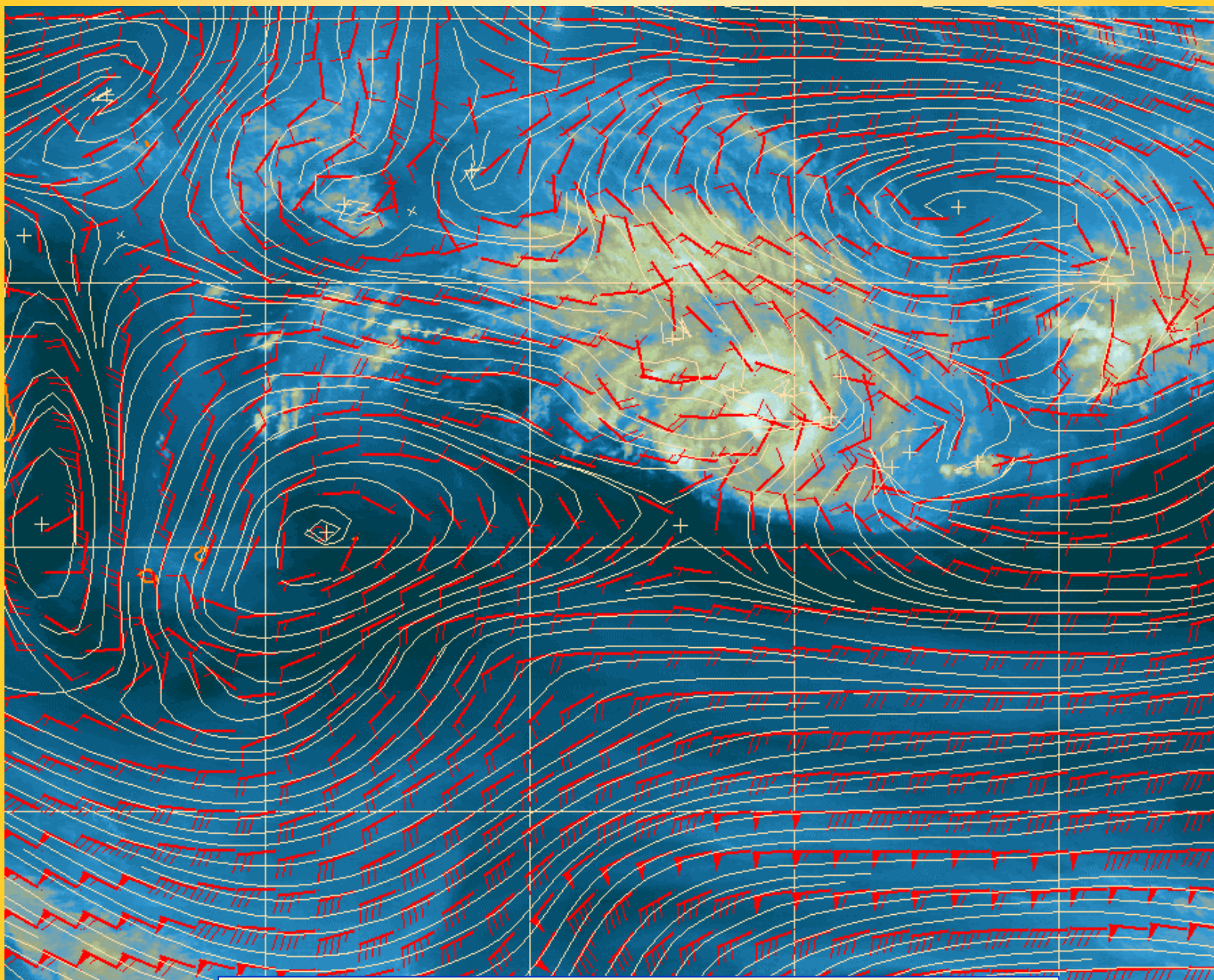




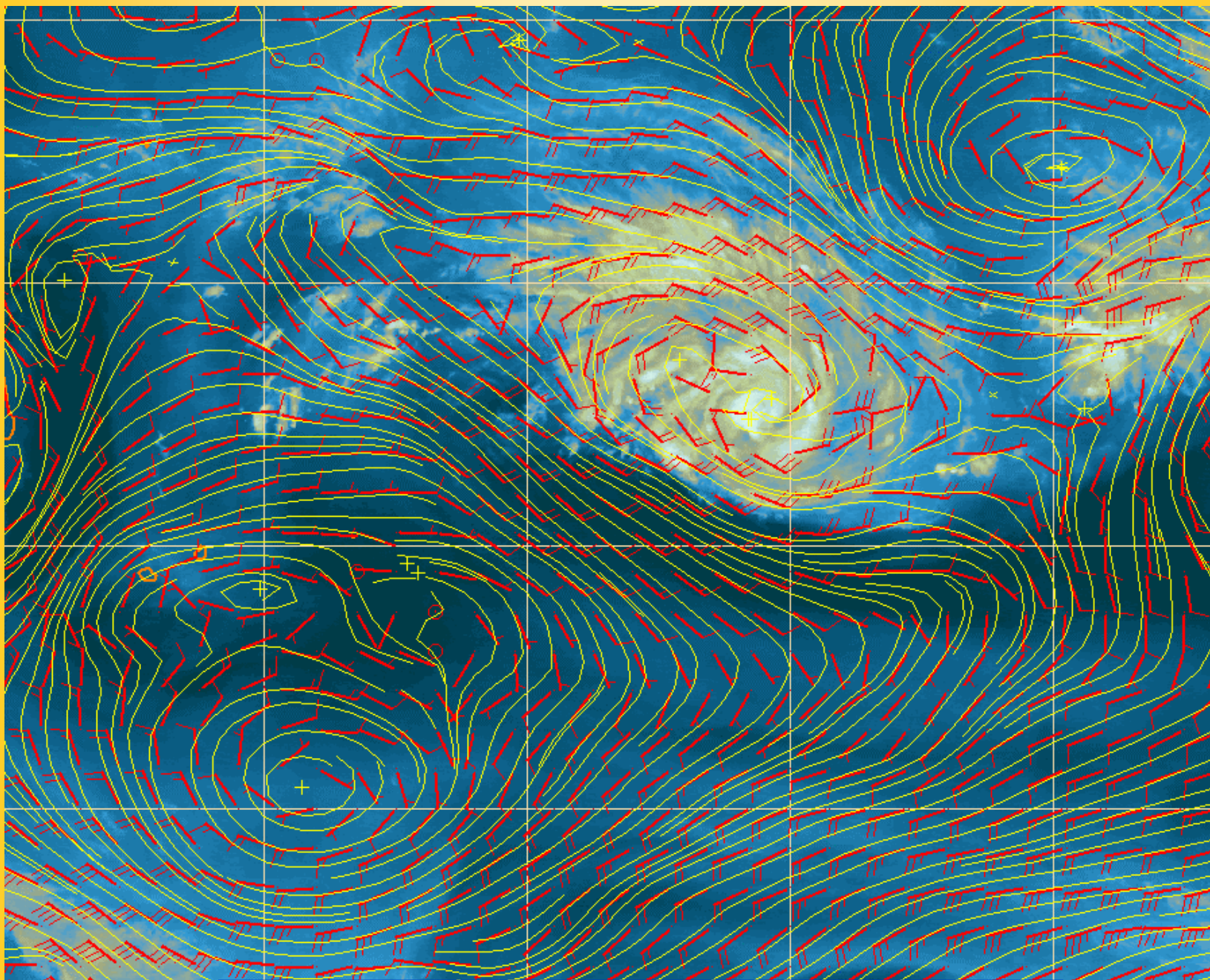




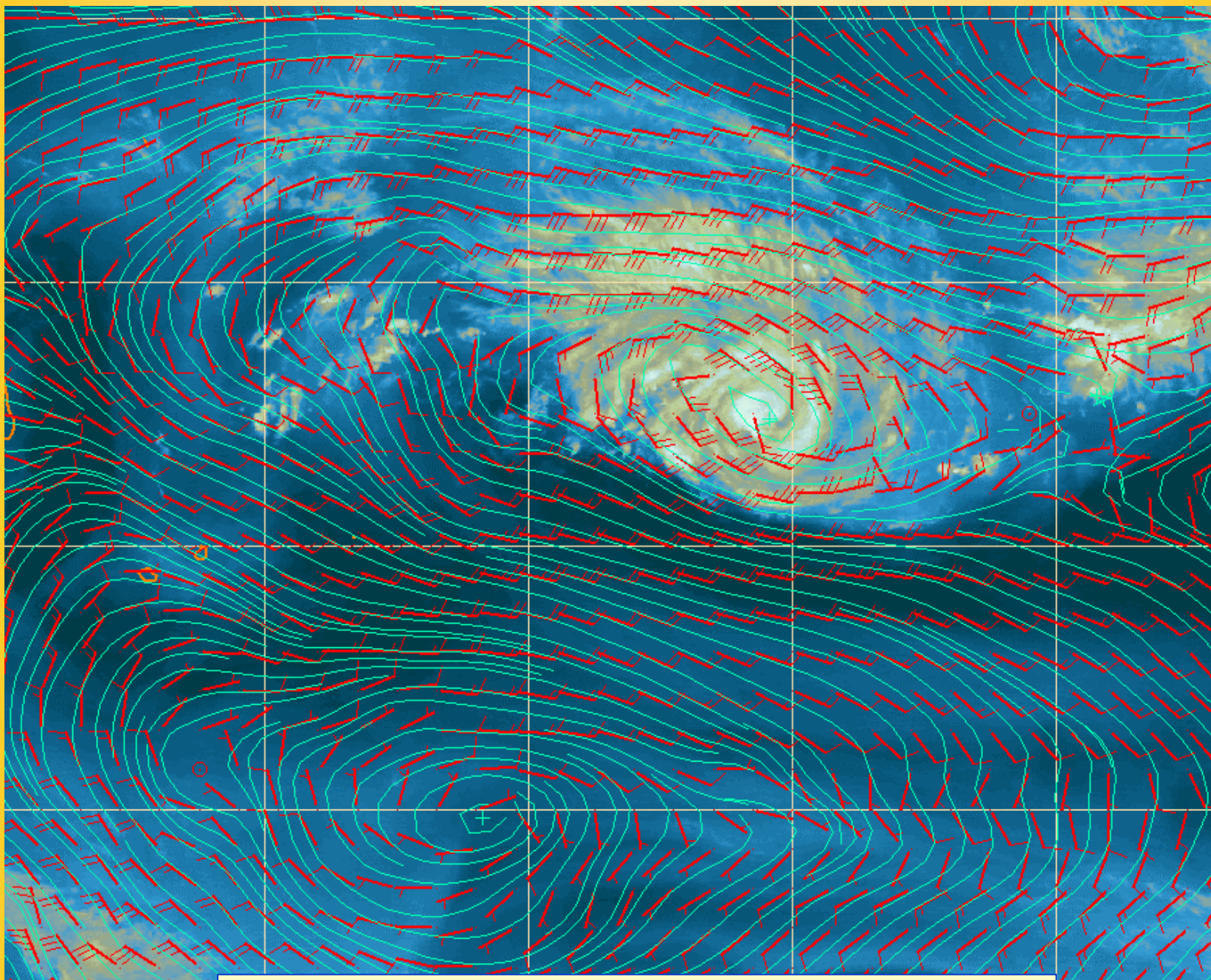
FRANCESCA : analyse CEP à 200 hPa du 03/02/2002 à 12 UTC



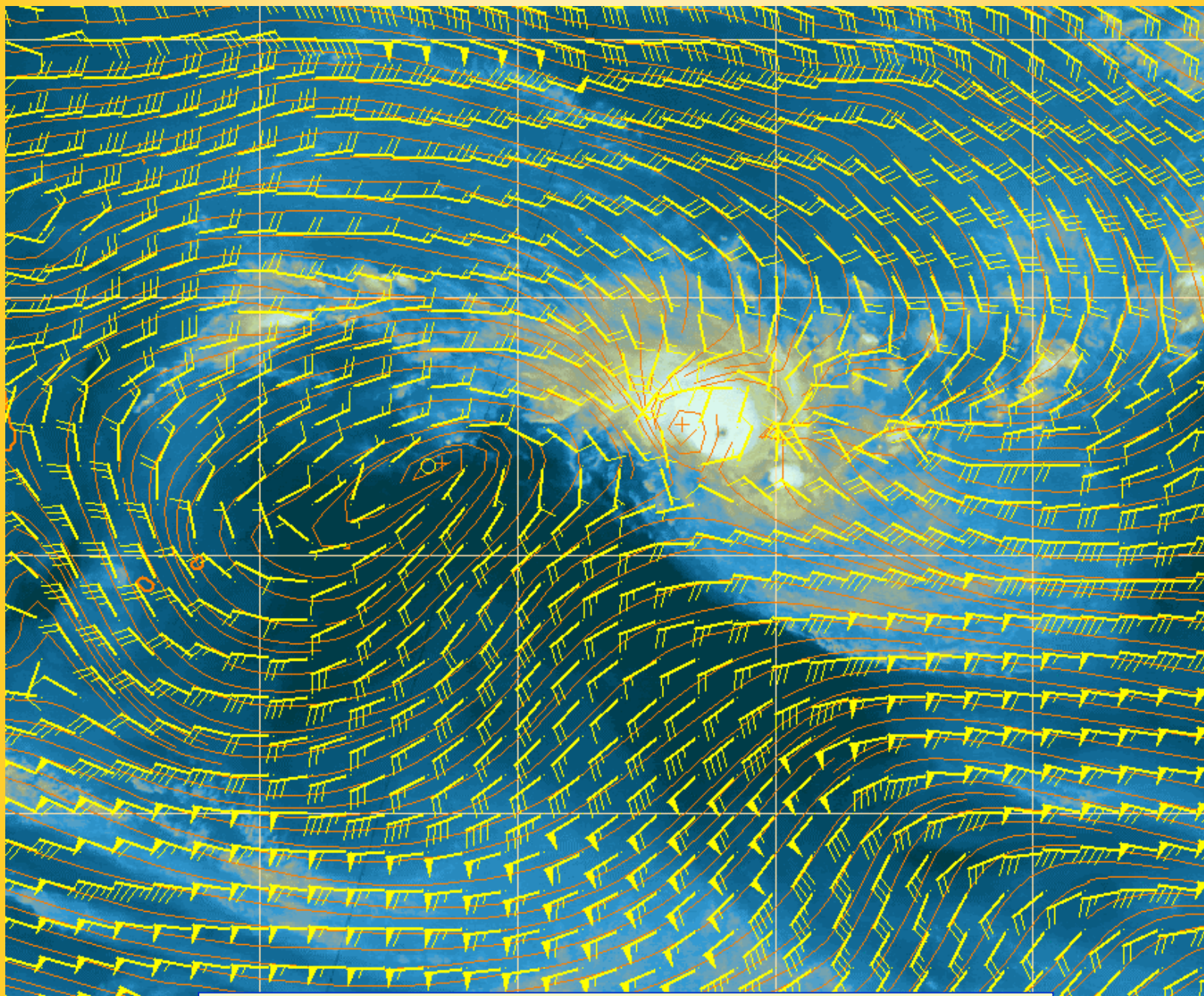
FRANCESCA : analyse CEP à 300 hPa du 03/02/2002 à 12 UTC



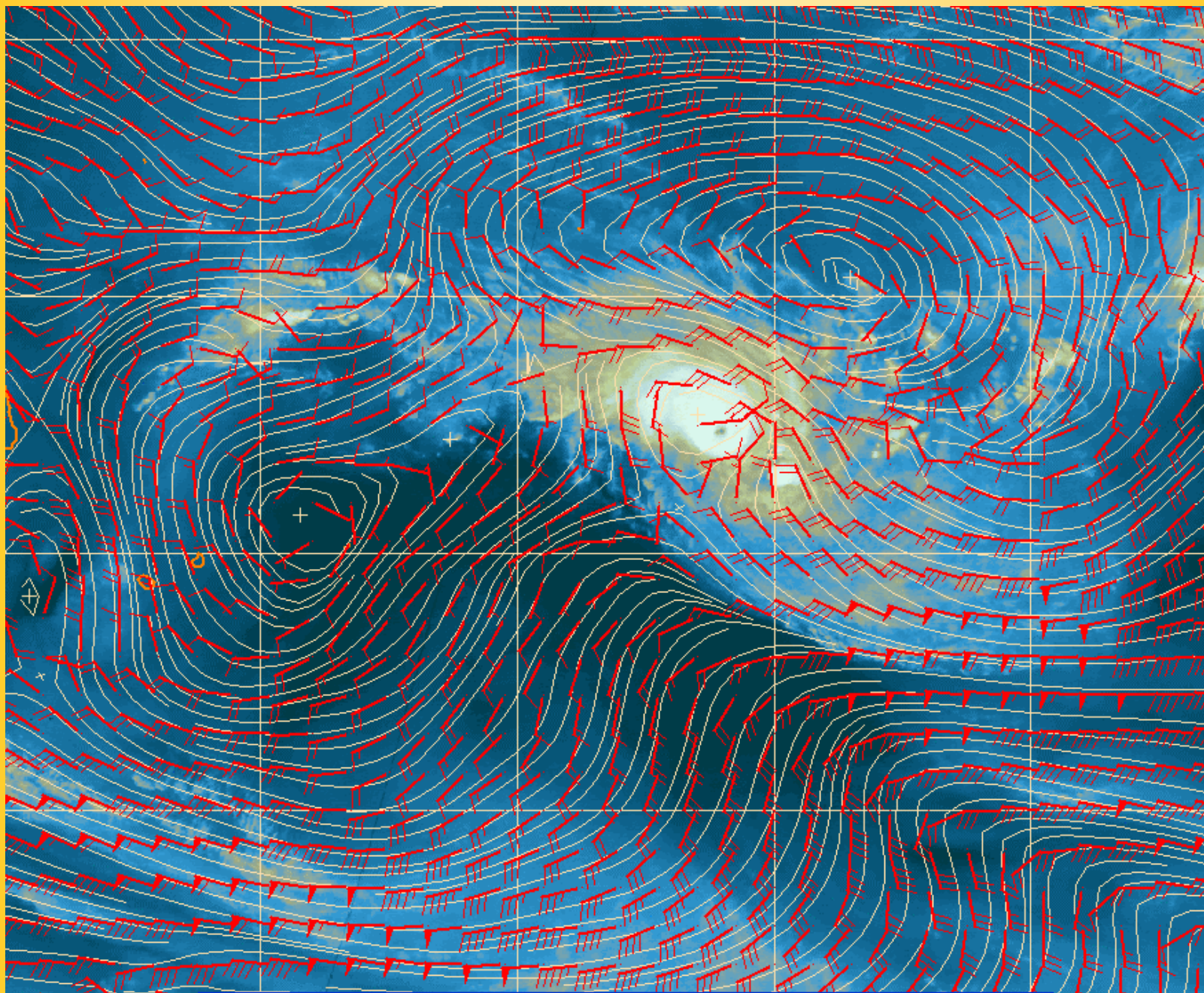
FRANCESCA : analyse CEP à 500 hPa du 03/02/2002 à 12 UTC



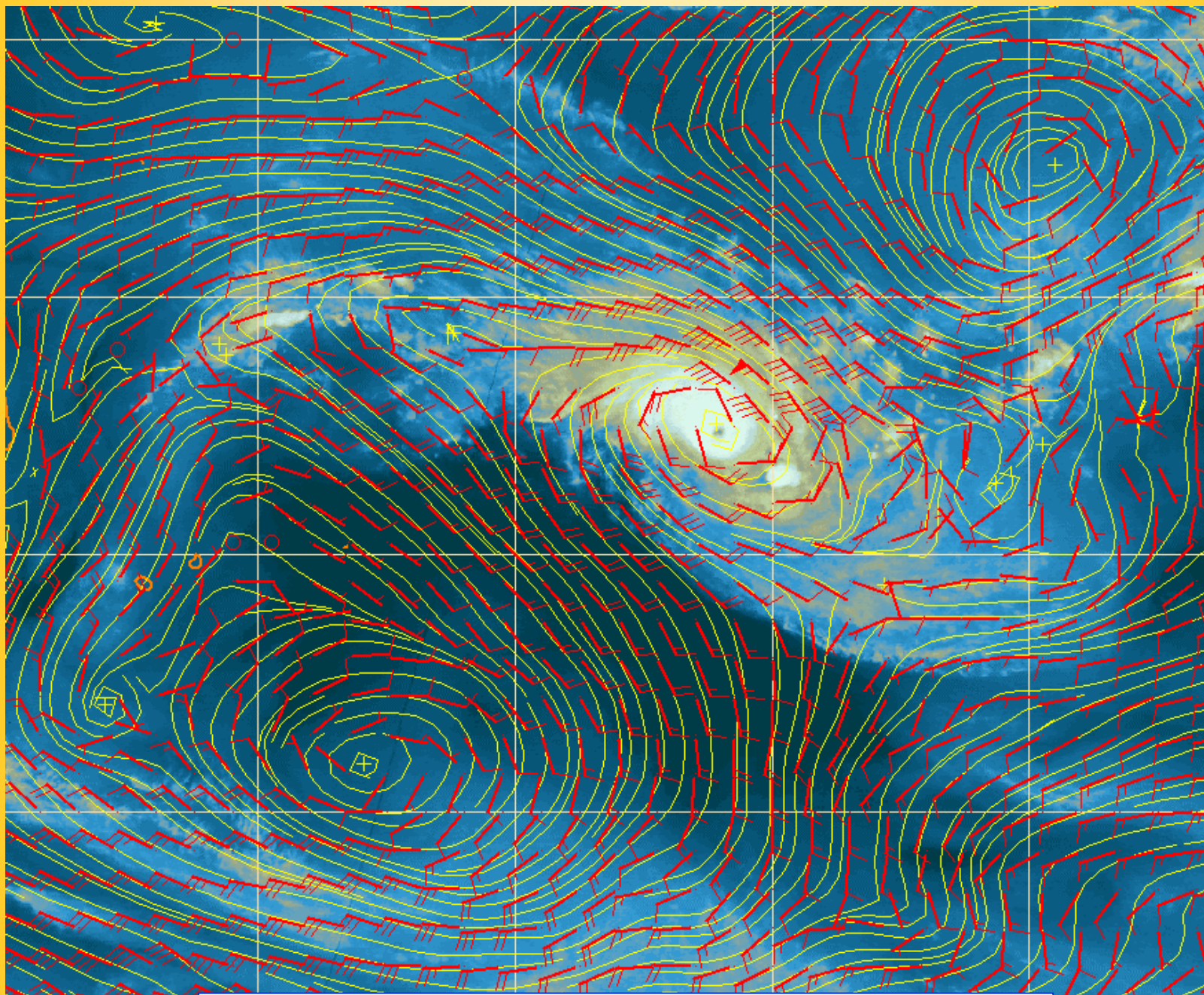
FRANCESCA : analyse CEP à 700 hPa du 03/02/2002 à 12 UTC



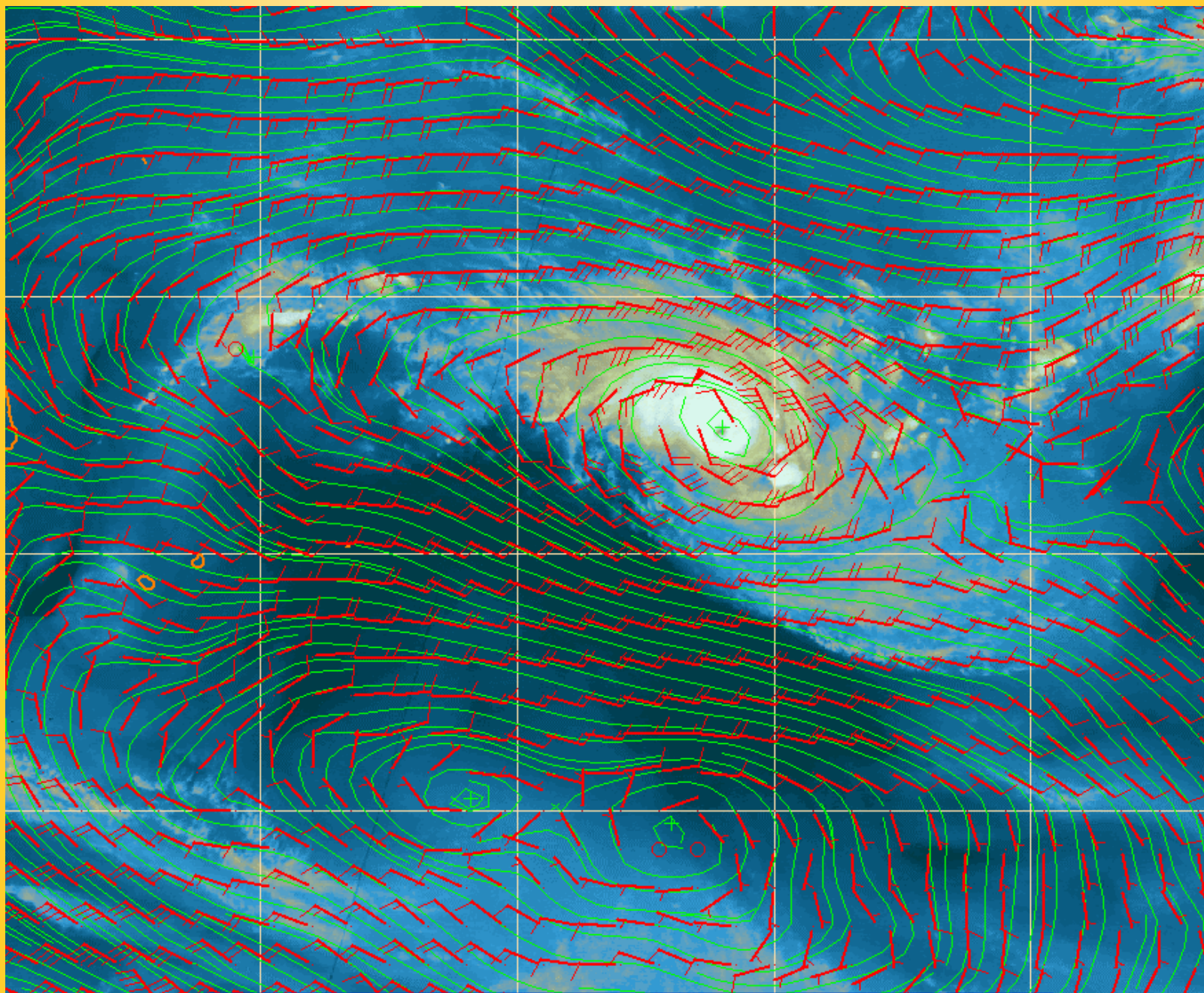
FRANCESCA : analyse CEP à 200 hPa du 04/02/2002 à 12 UTC



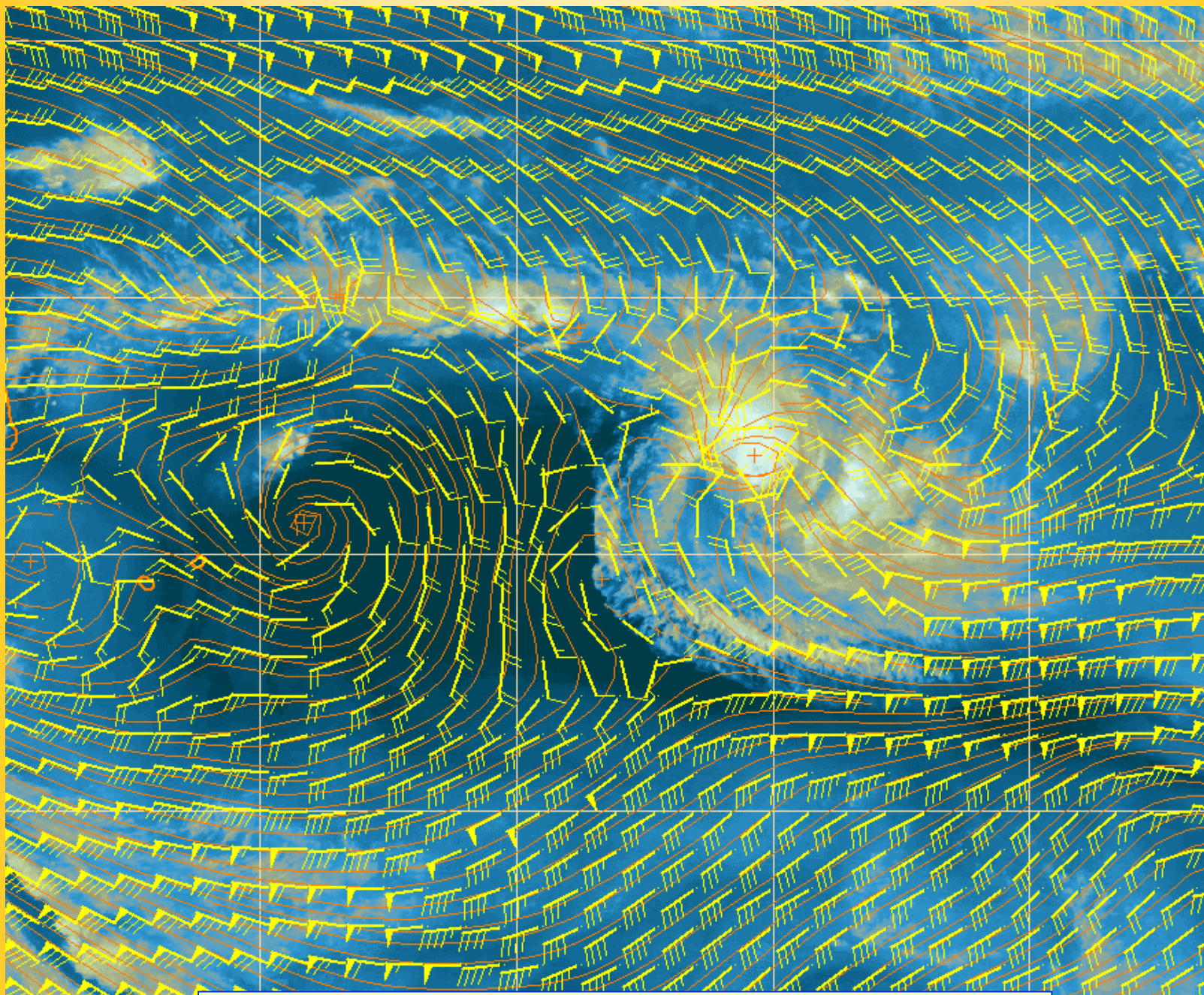
FRANCESCA : analyse CEP à 300 hPa du 04/02/2002 à 12 UTC



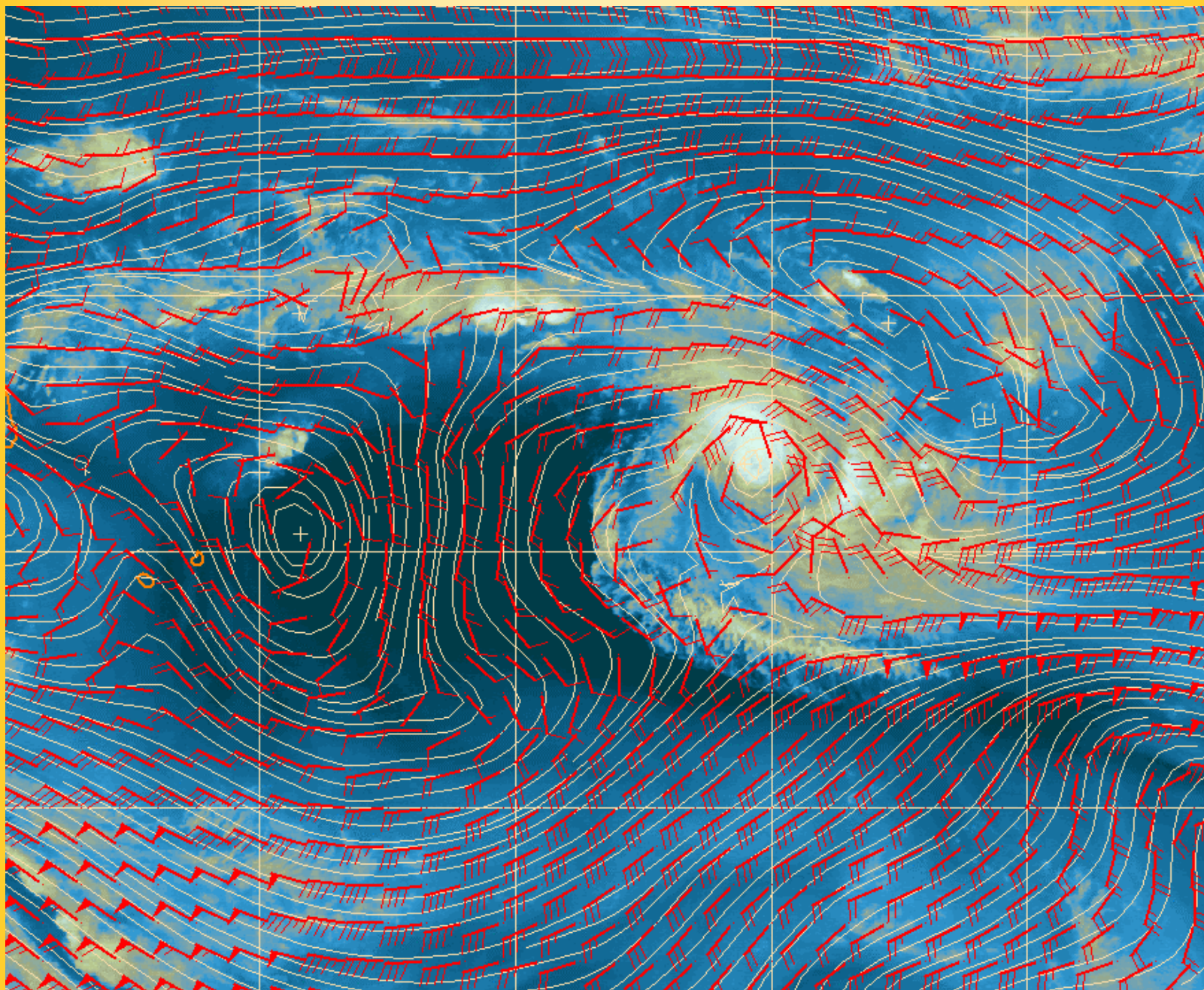
FRANCESCA : analyse CEP à 500 hPa du 04/02/2002 à 12 UTC



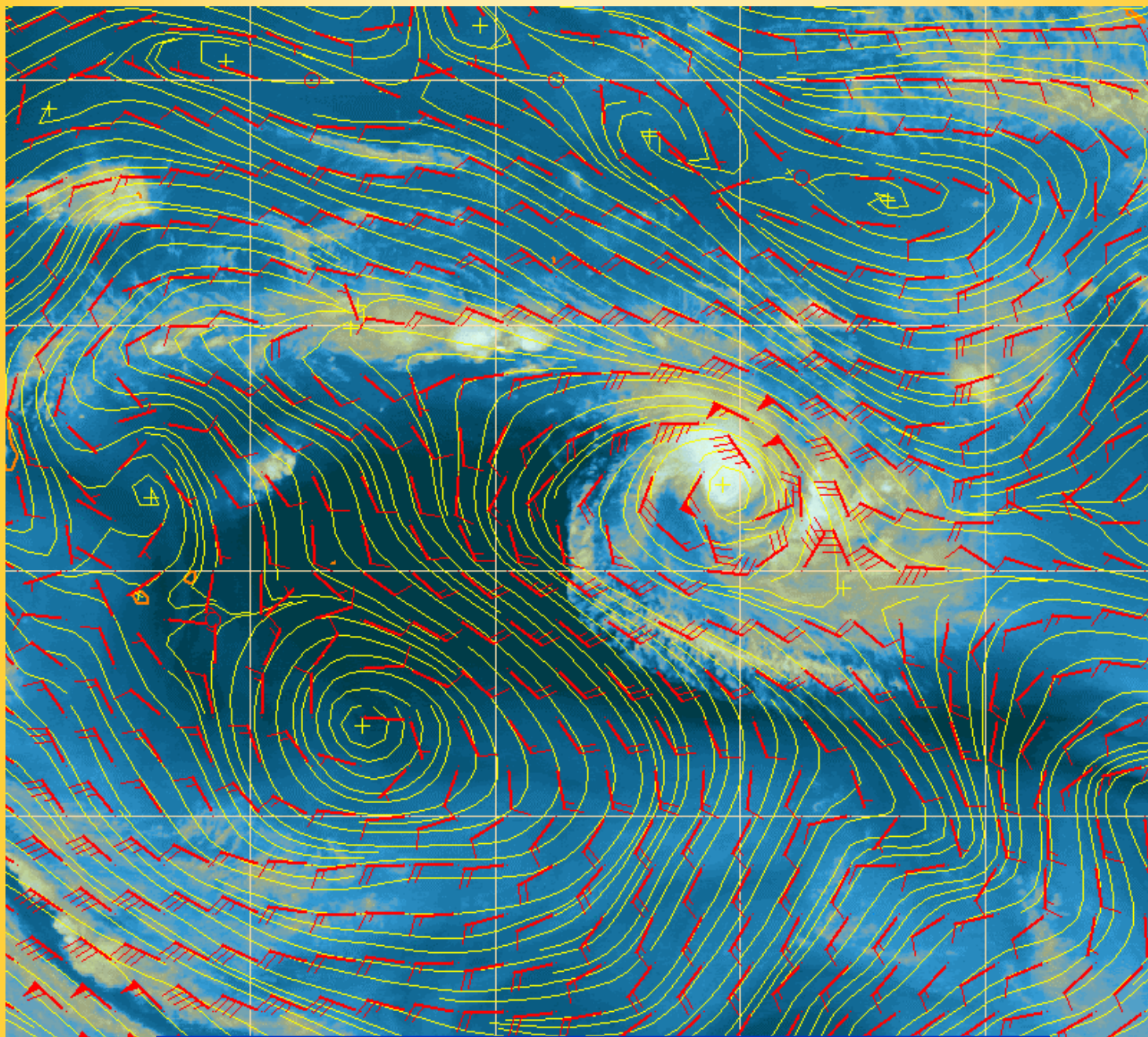
FRANCESCA : analyse CEP à 700 hPa du 04/02/2002 à 12 UTC



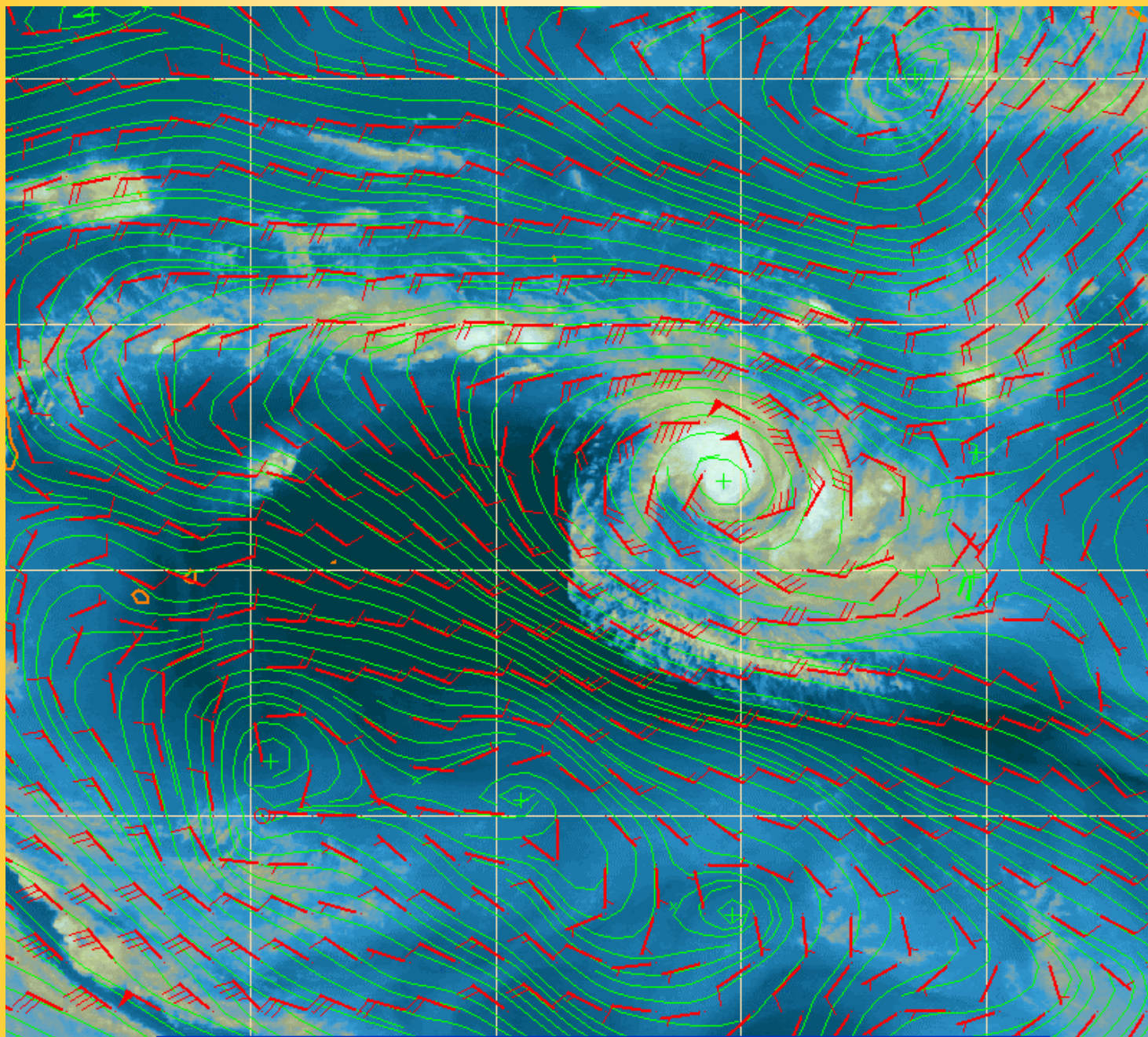
FRANCESCA : analyse CEP à 200 hPa du 05/02/2002 à 12 UTC



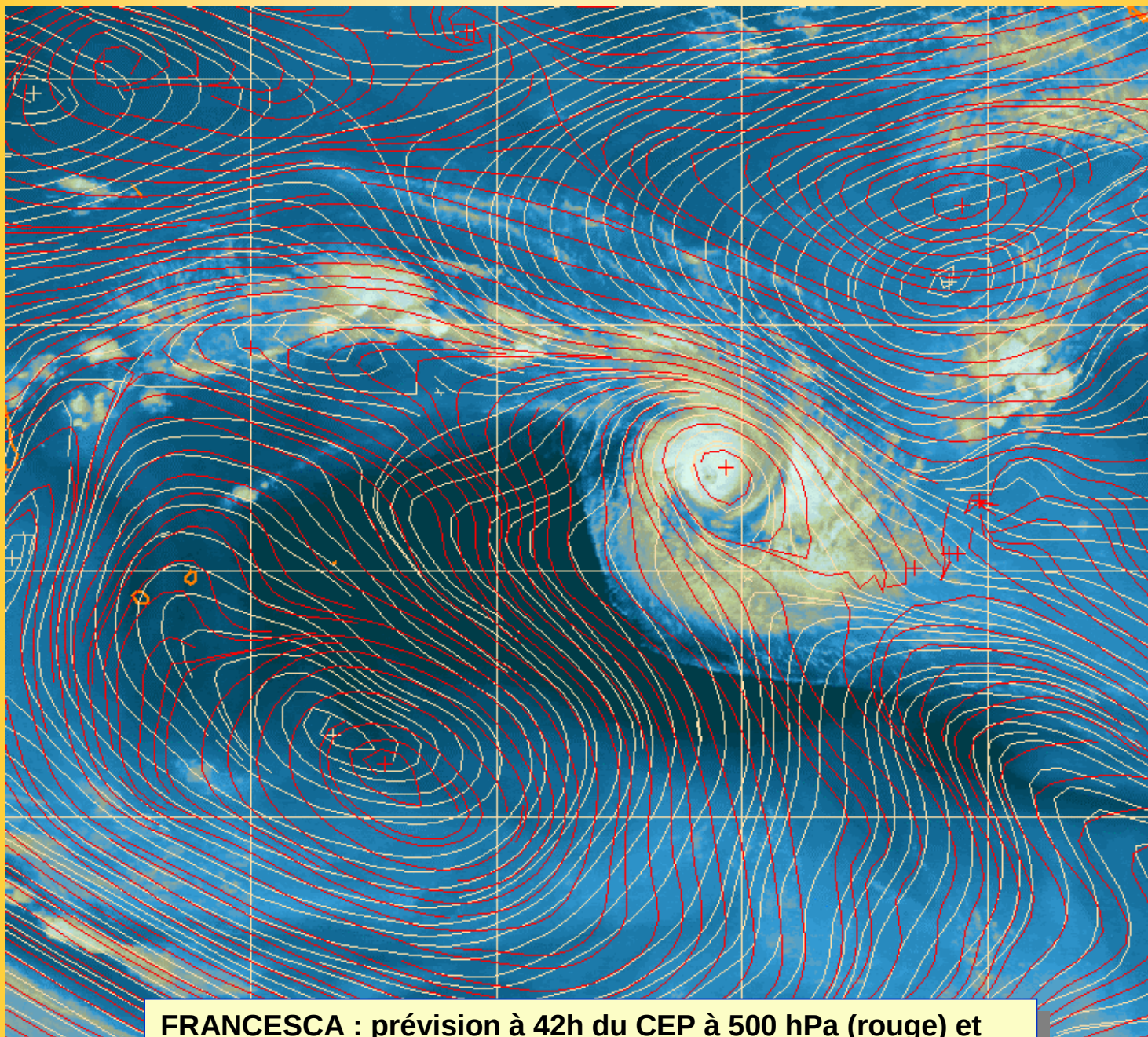
FRANCESCA : analyse CEP à 300 hPa du 05/02/2002 à 12 UTC



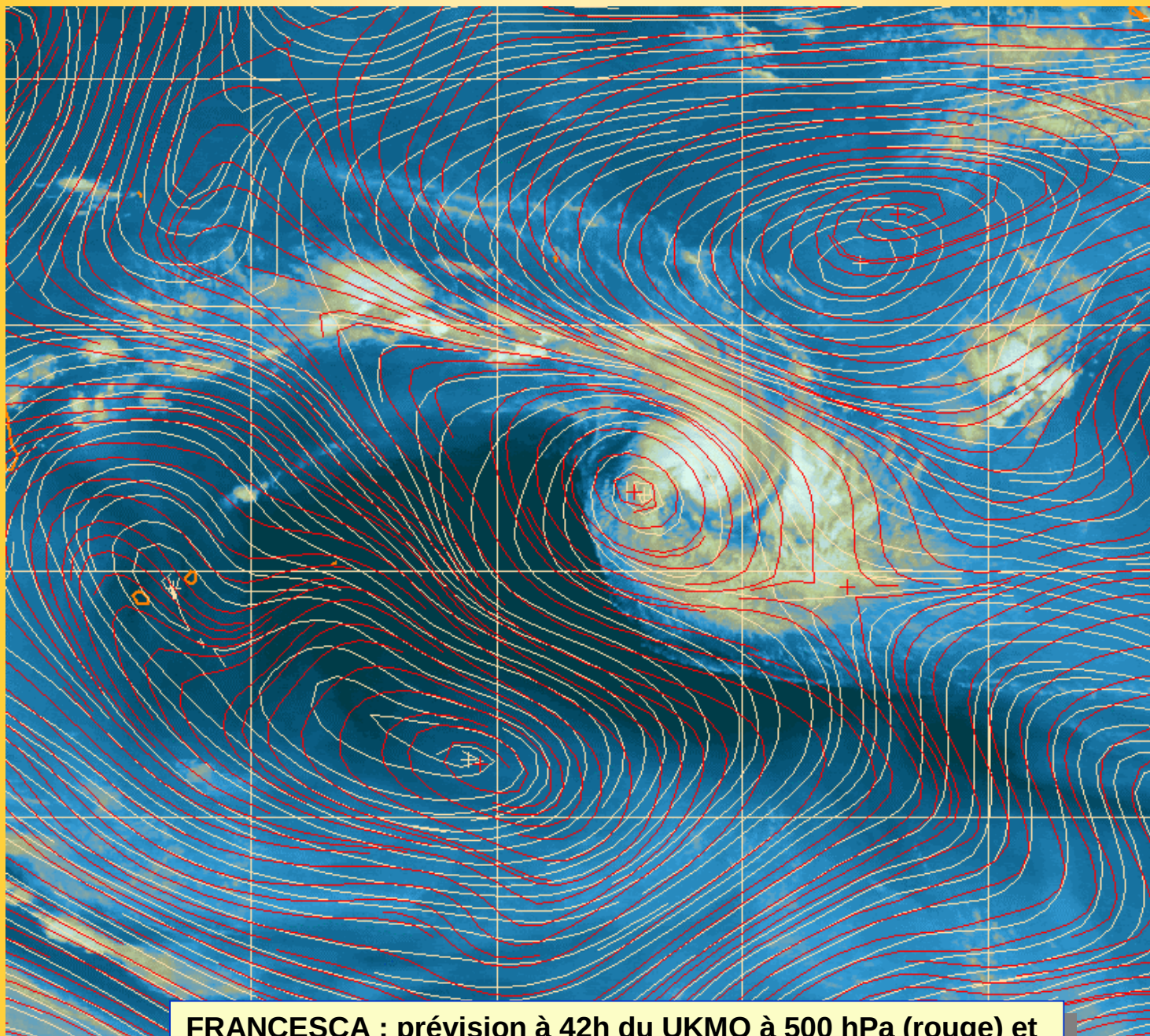
FRANCESCA : analyse CEP à 500 hPa du 05/02/2002 à 12 UTC



FRANCESCA : analyse CEP à 700 hPa du 05/02/2002 à 12 UTC

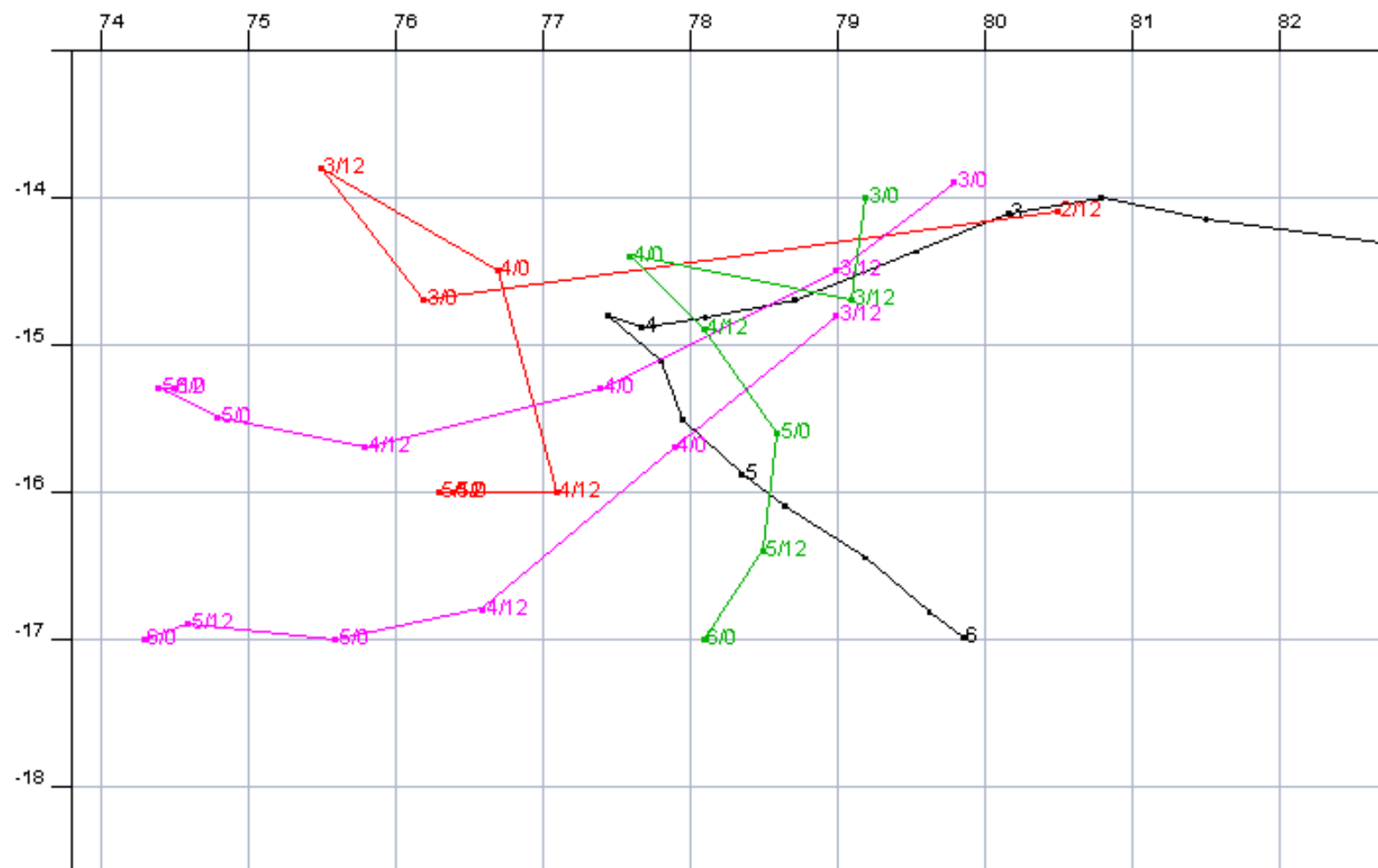


FRANCESCA : prévision à 42h du CEP à 500 hPa (rouge) et 400 hPa du 03/02/2002 à 12 UTC pour le 05/02/2002 à 06 UTC.



FRANCESCA : prévision à 42h du UKMO à 500 hPa (rouge) et 400 hPa du 03/02/2002 à 12 UTC pour le 05/02/2002 à 06 UTC.

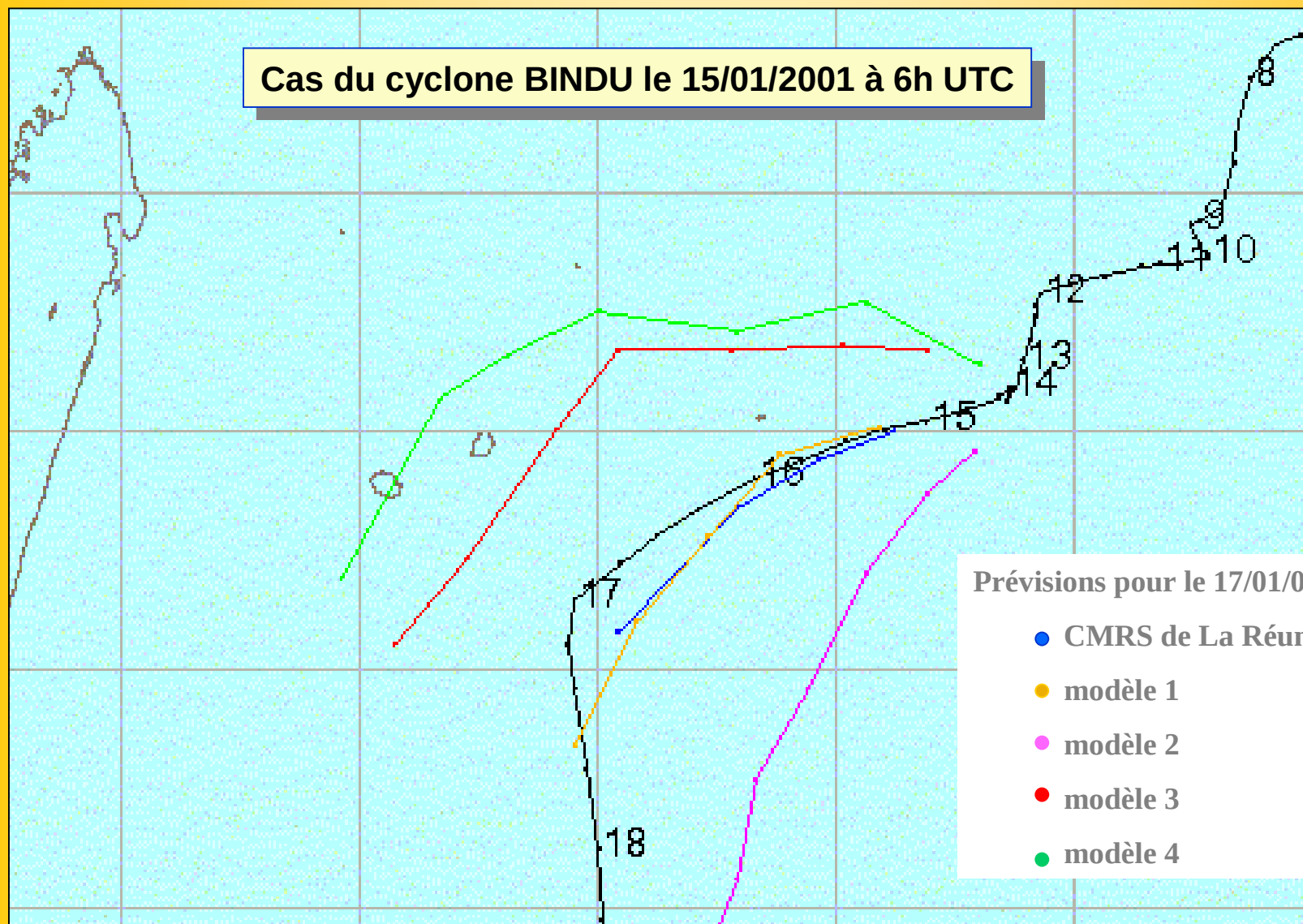
FRANCESCA : prévisions de trajectoire des modèles du UKMO (mauve), du CEP (rouge) et de ALADIN (vert) comparées à la trajectoire réelle (noir).



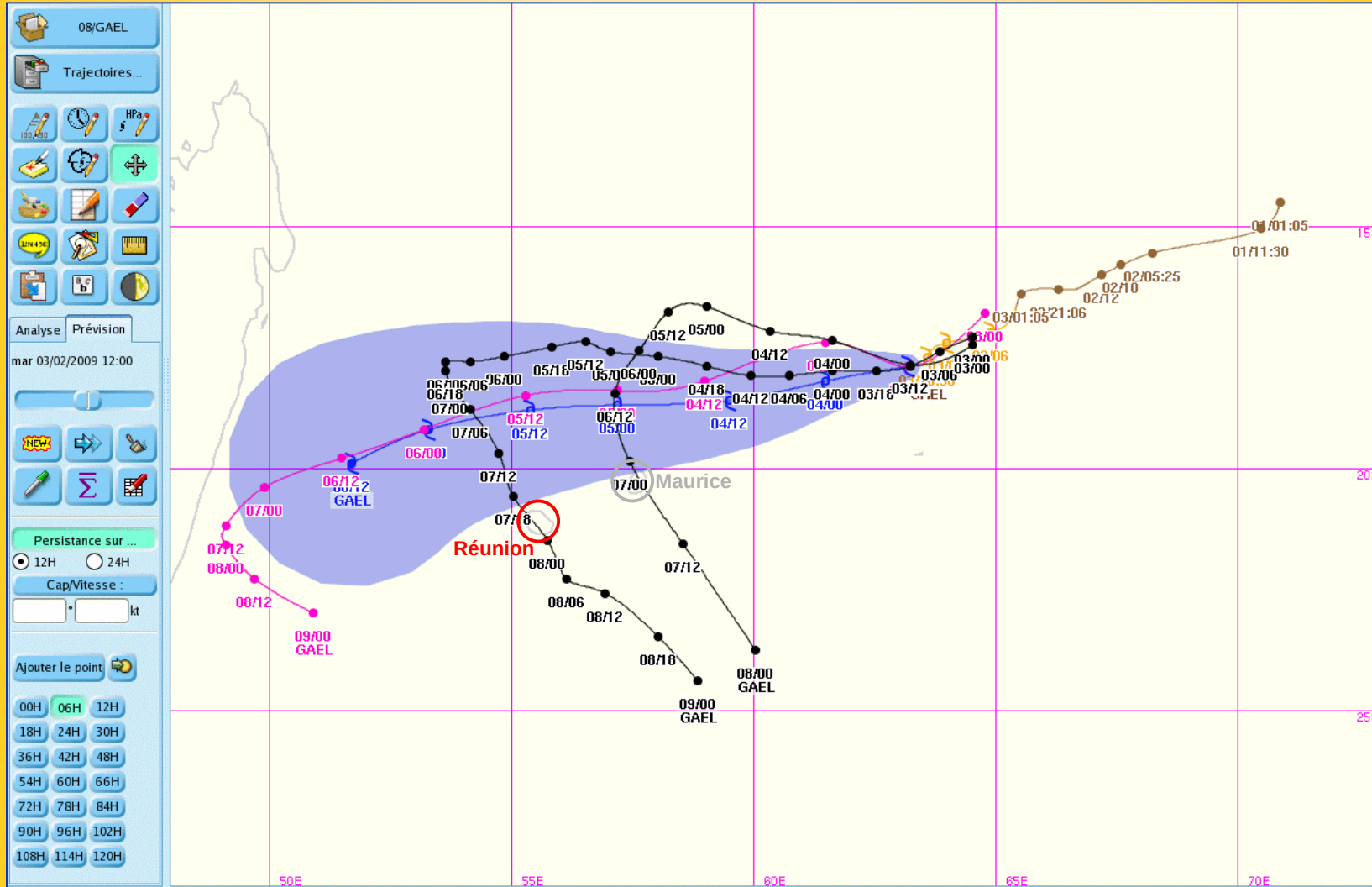
previsions de trajectoire pour le systeme FRANCESCA

Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : le consensus de modèles

Cas du cyclone BINDU le 15/01/2001 à 6h UTC

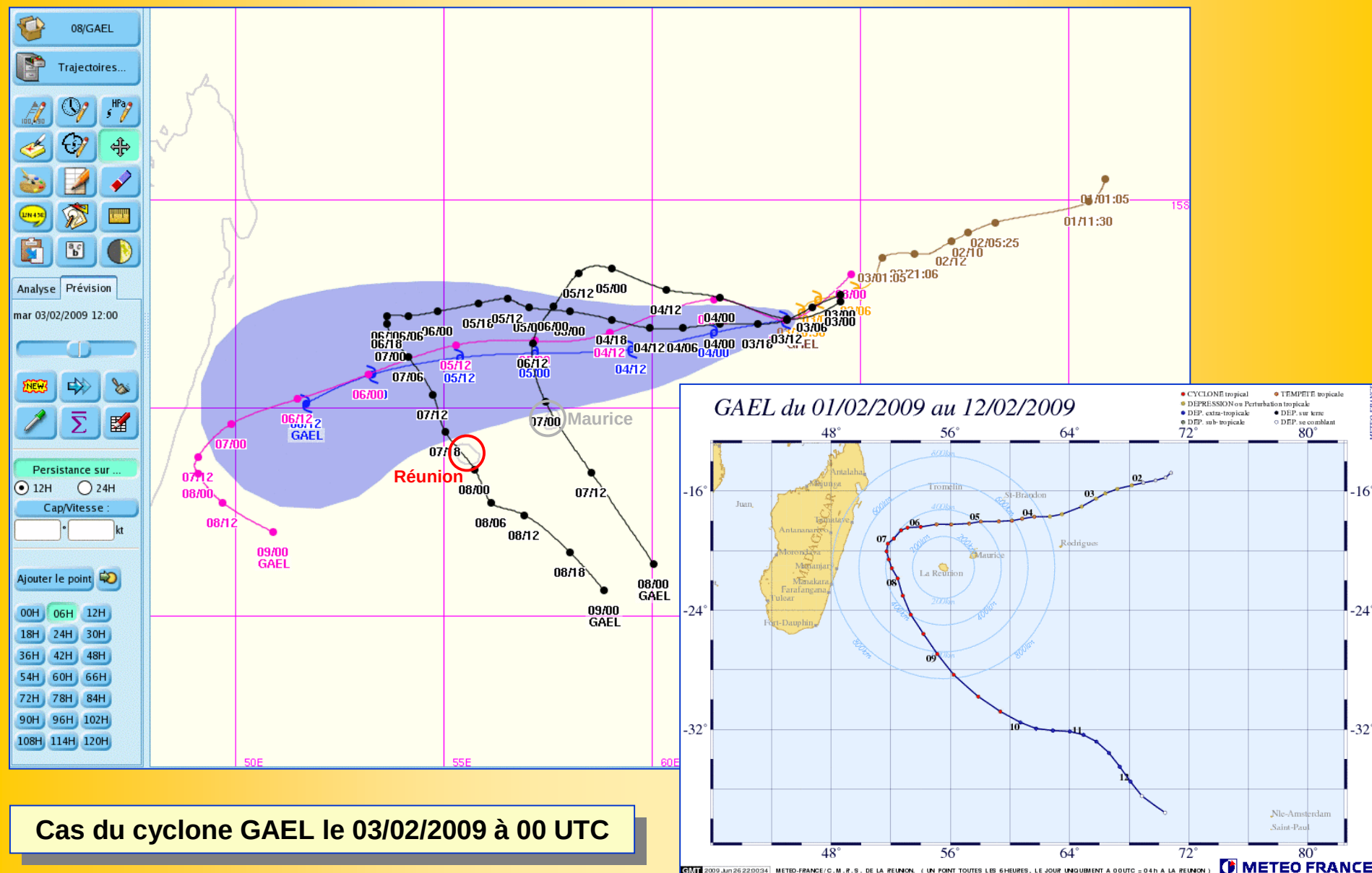


Utilisation des modèles numériques pour la prévision de trajectoires cycloniques

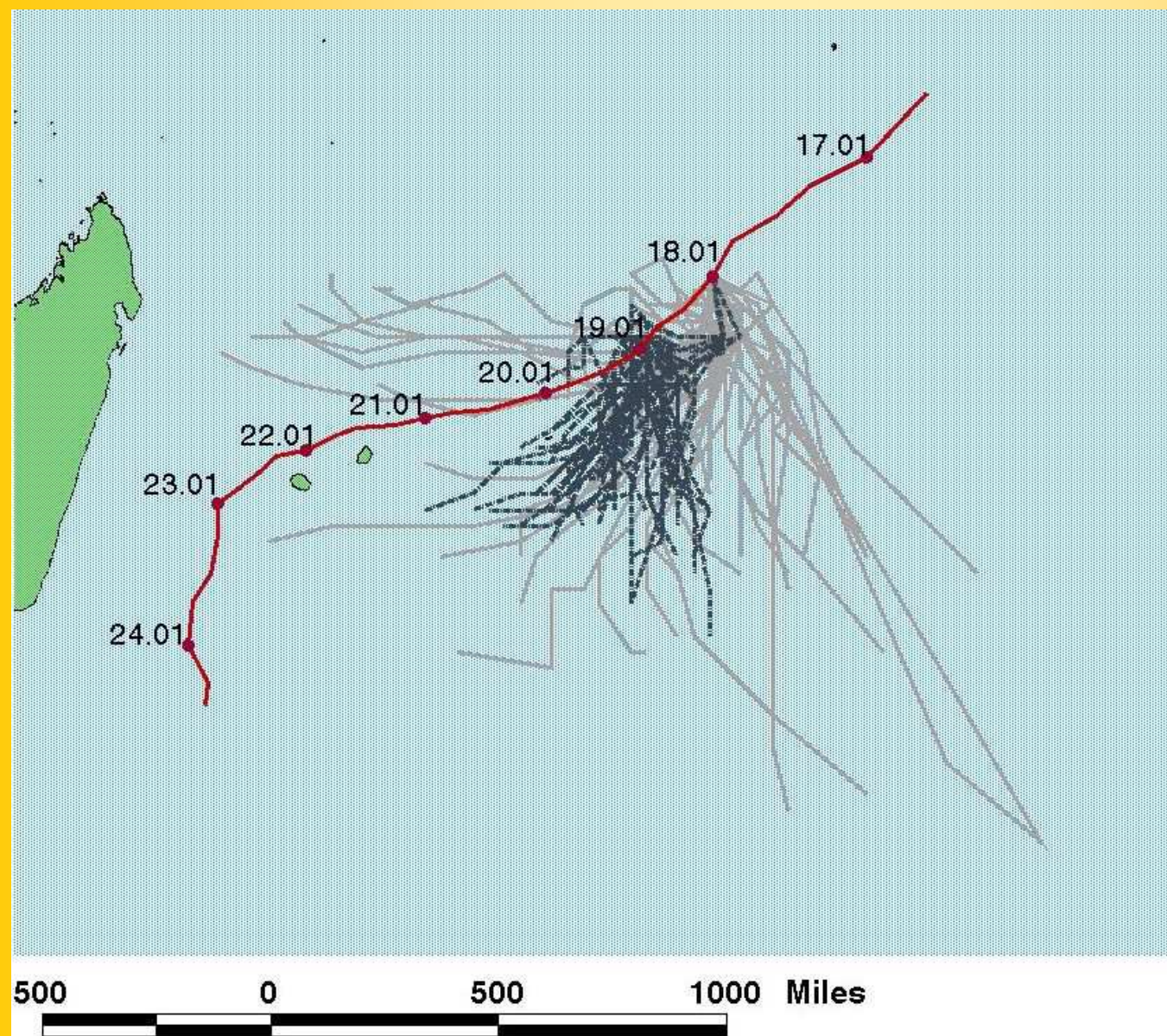


Cas du cyclone GAEL le 03/02/2009 à 00 UTC

Utilisation des modèles numériques pour la prévision de trajectoires cycloniques

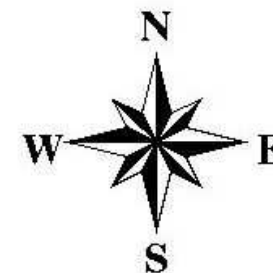


Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble

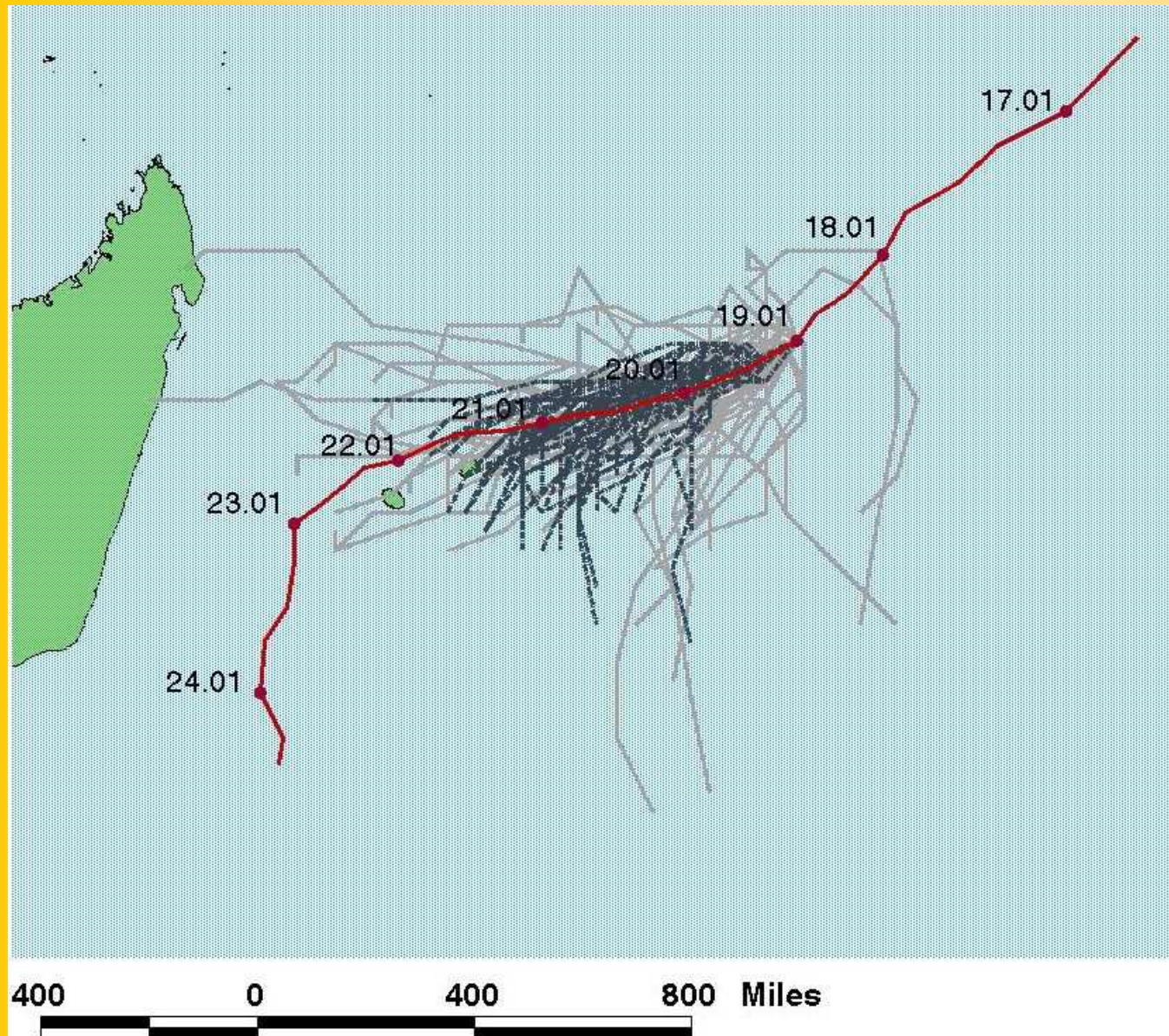


Cas du cyclone DINA
le 18/01/2002.

— Observation
- - - - - EPS operationnel
— EPS targeted

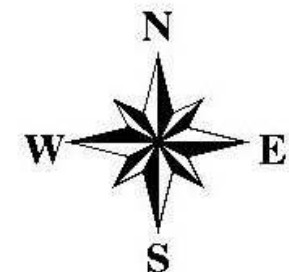


Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble

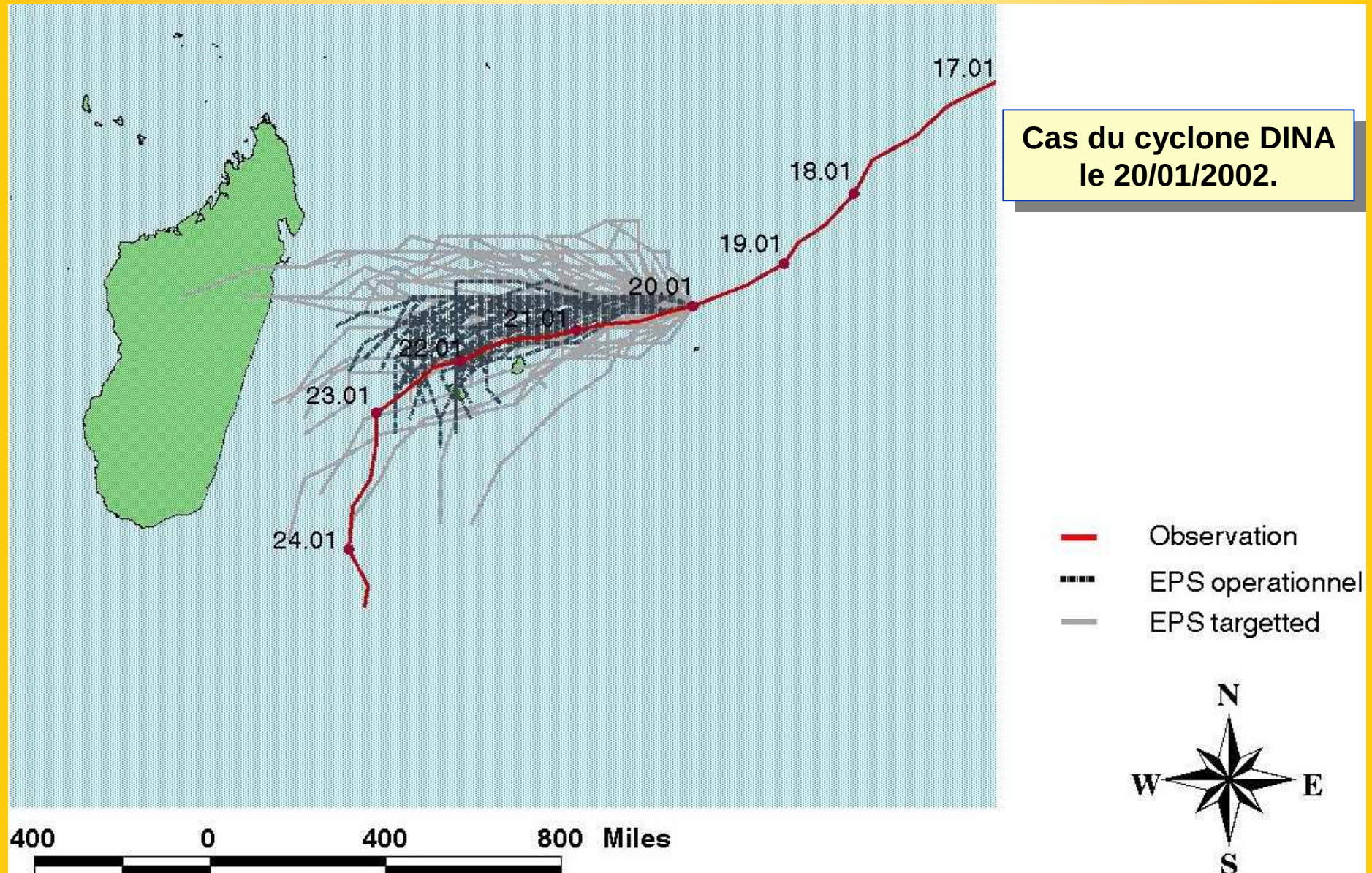


**Cas du cyclone DINA
le 19/01/2002.**

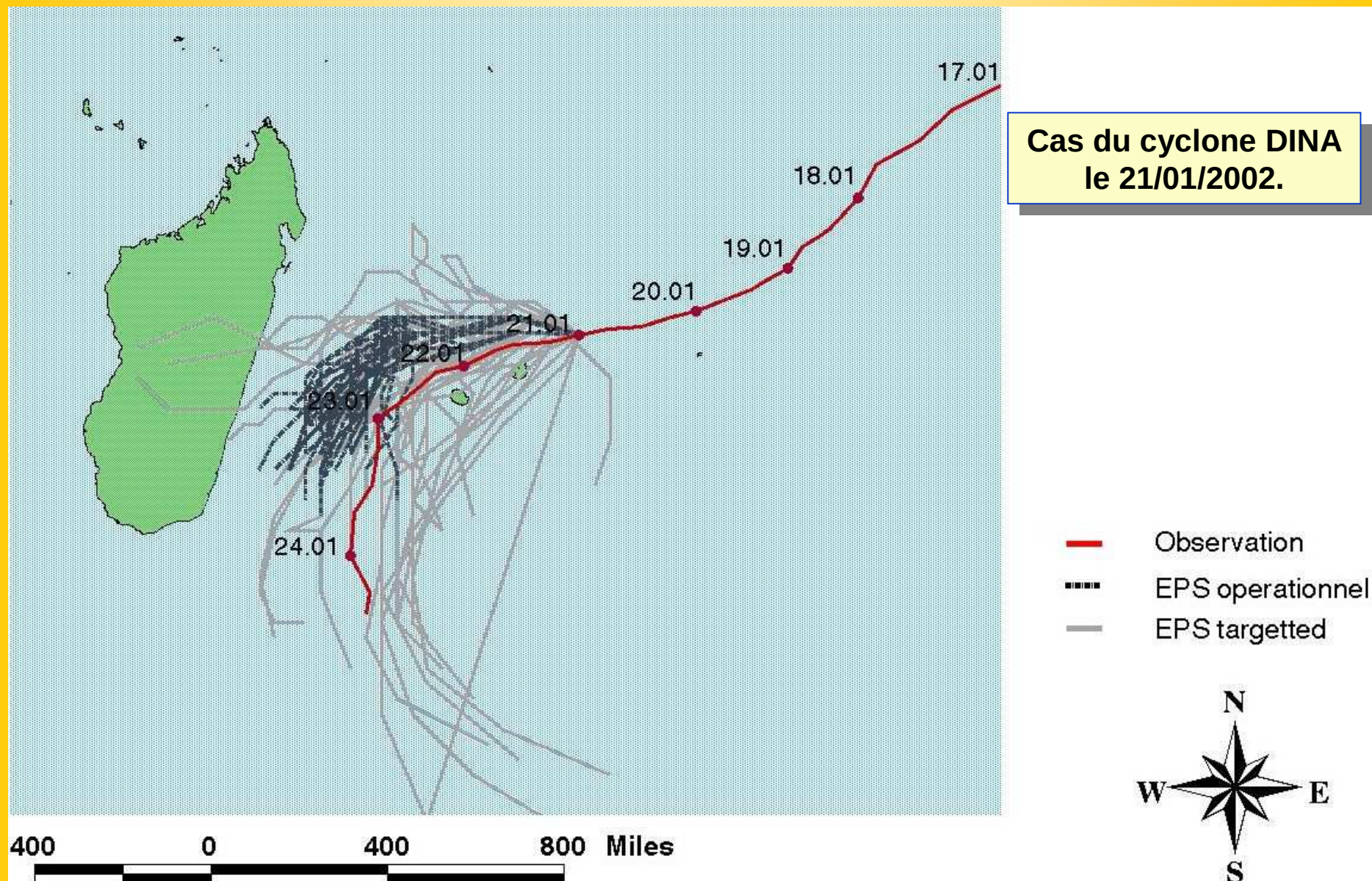
— Observation
- - - EPS opérationnel
— EPS targeted



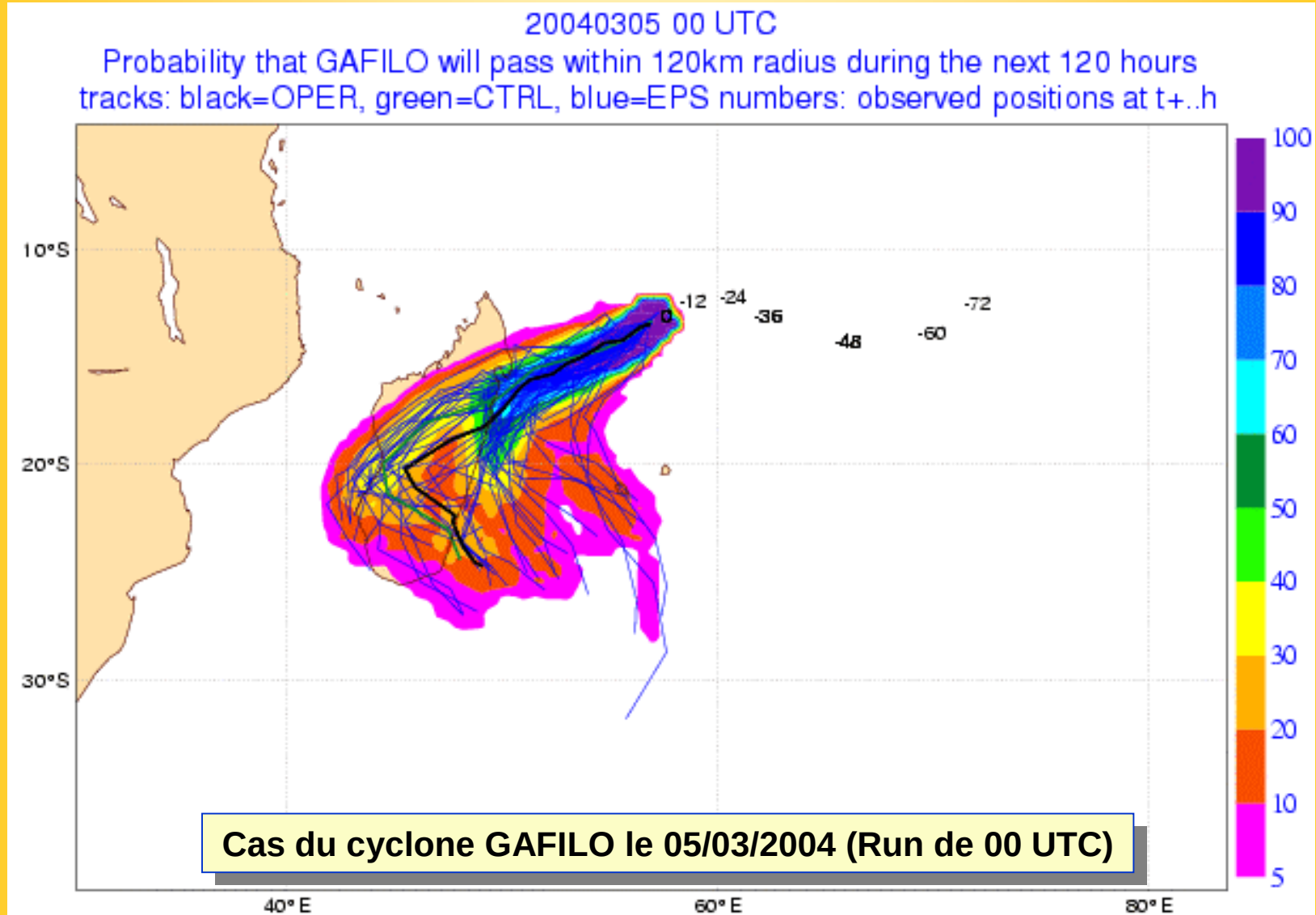
Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble



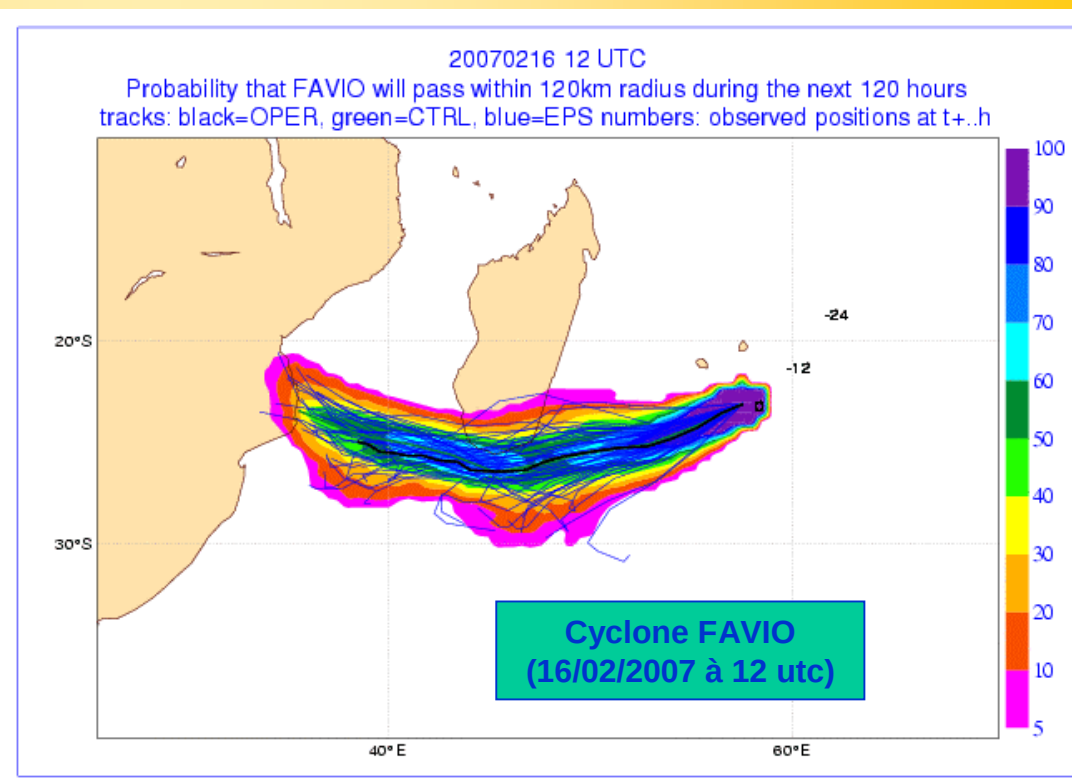
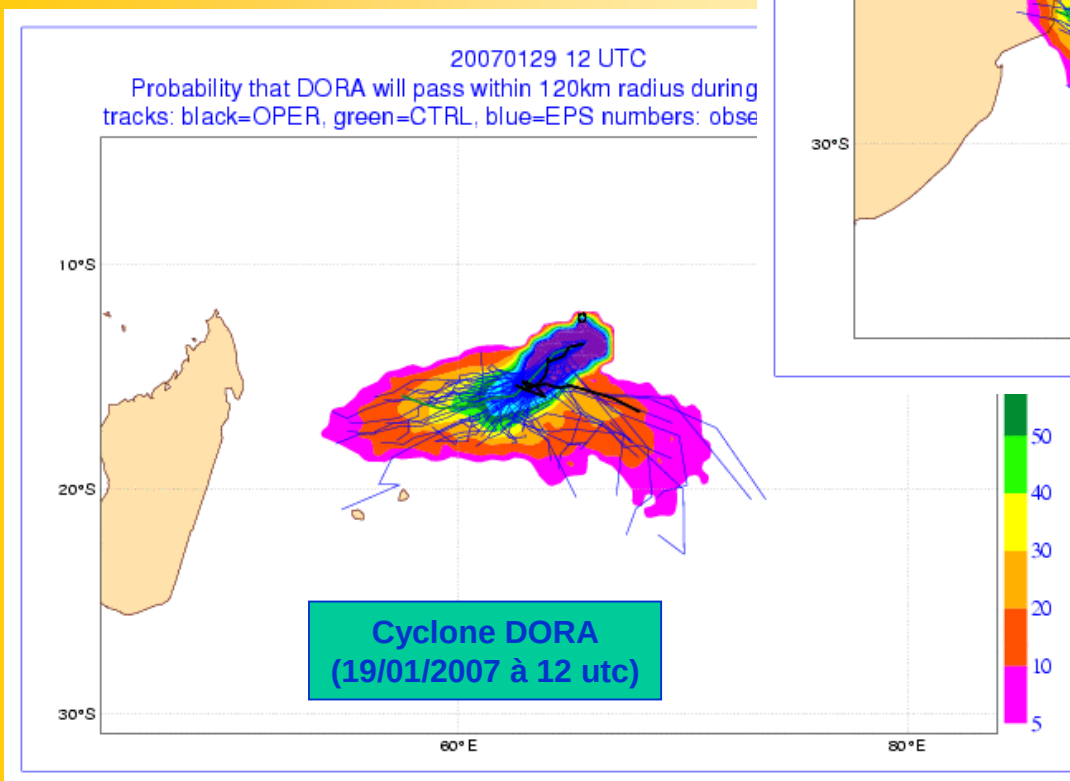
Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble



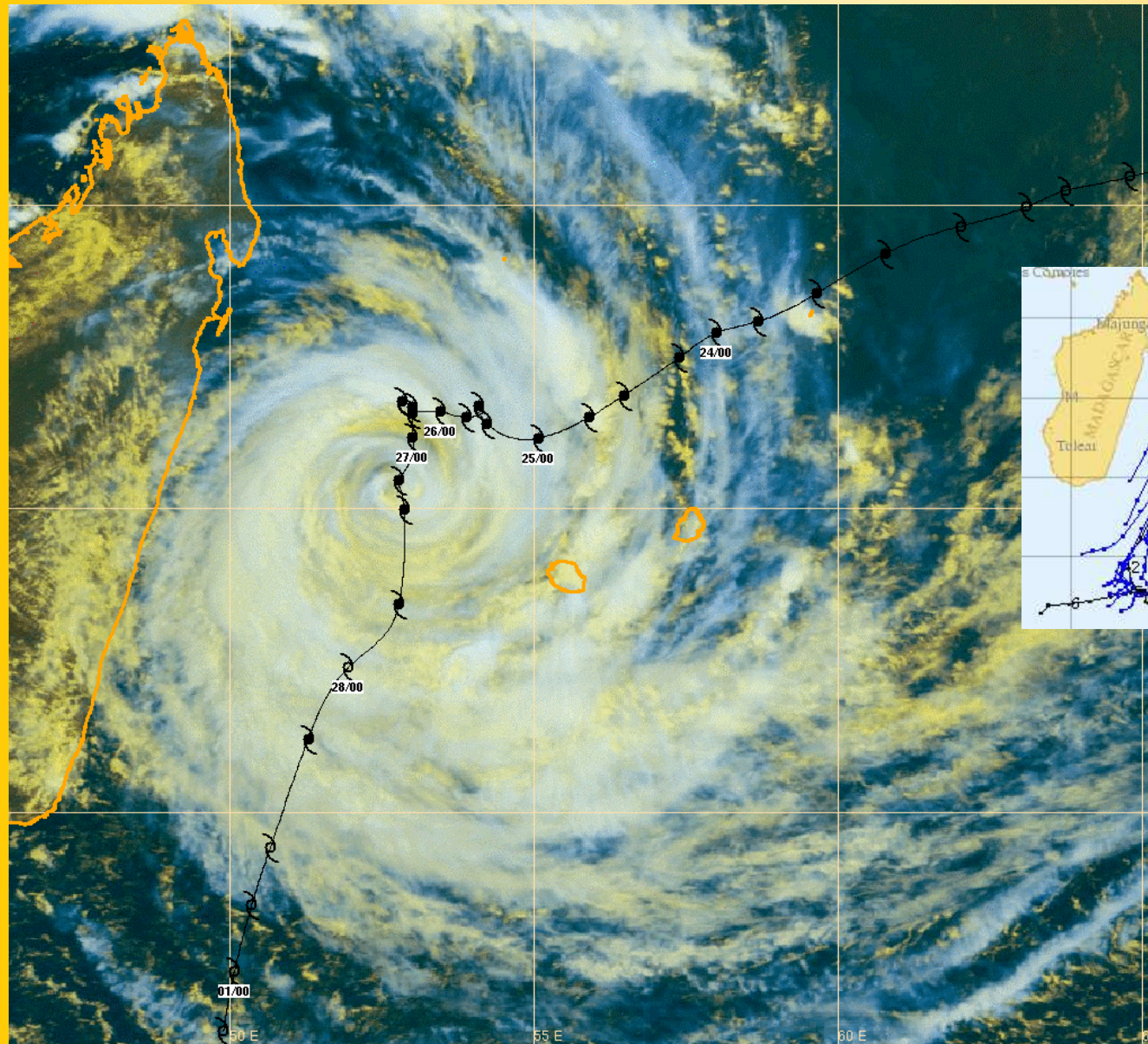
Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble



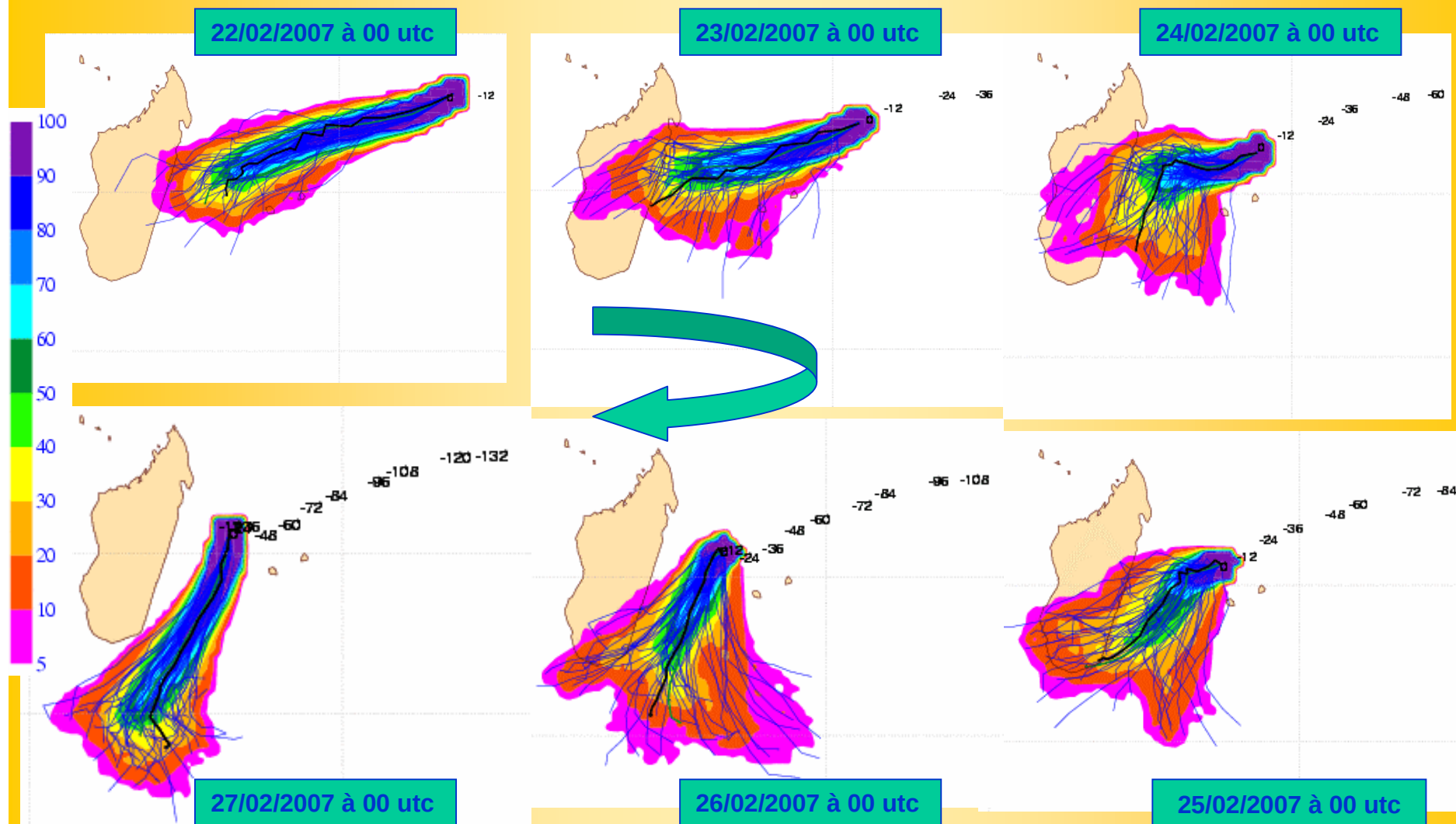
La prévision d'ensemble : un outil pour mieux « quantifier » l'incertitude sur la prévision



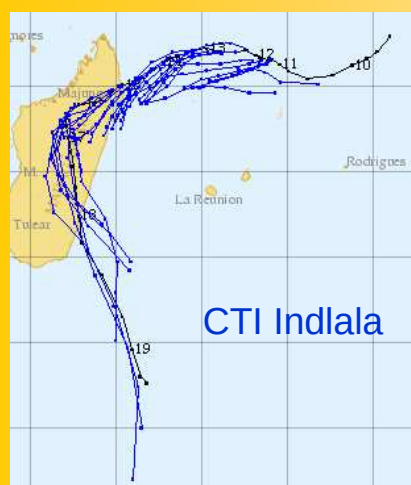
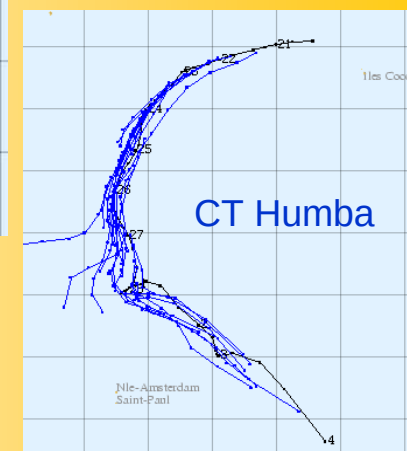
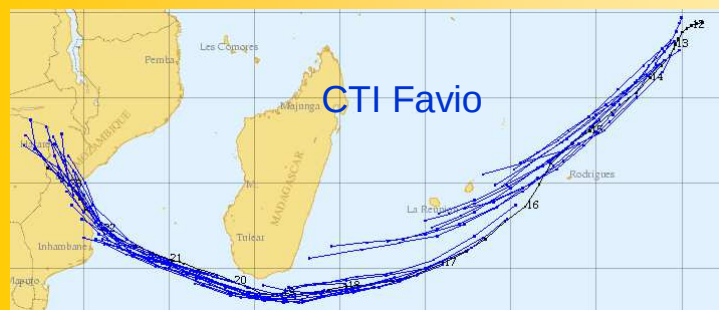
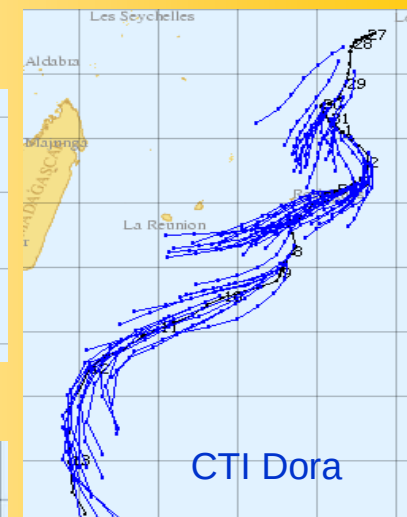
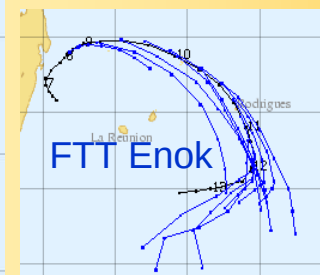
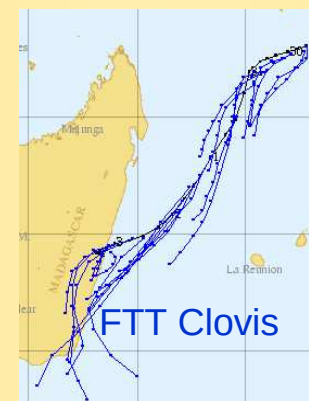
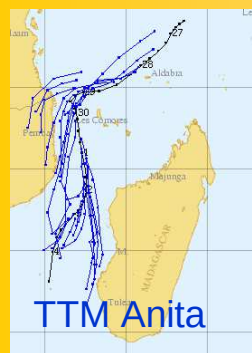
Trajectoire du cyclone tropical GAMEDE du 24 février au 1er mars 2007



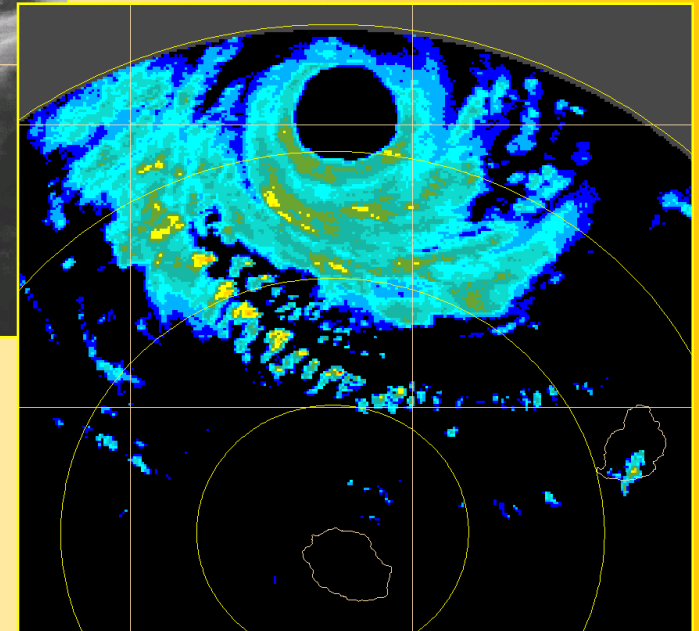
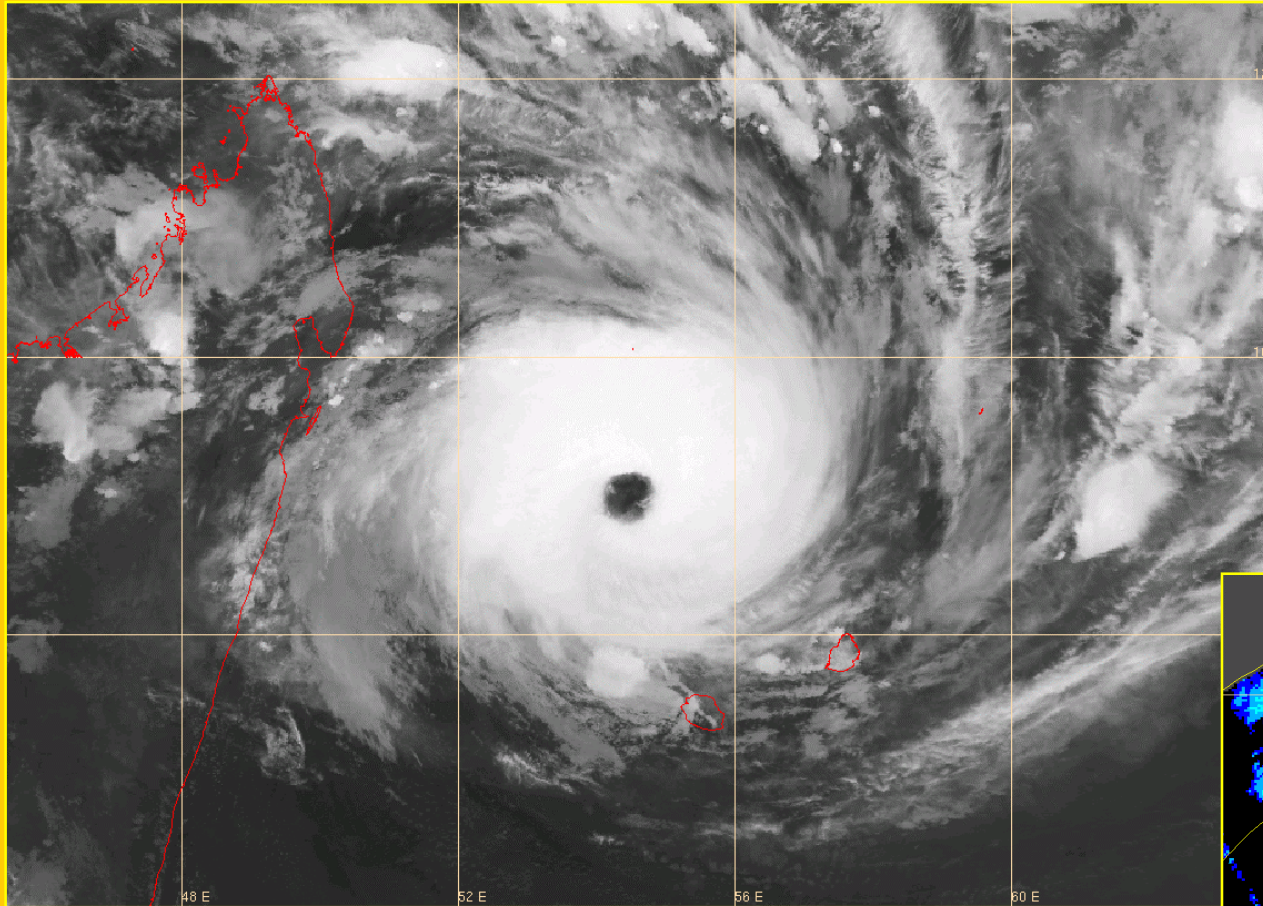
Trajectoires de la prévision d'ensemble du CEP pour le cyclone tropical GAMEDE (du 22 au 27 février 2007)



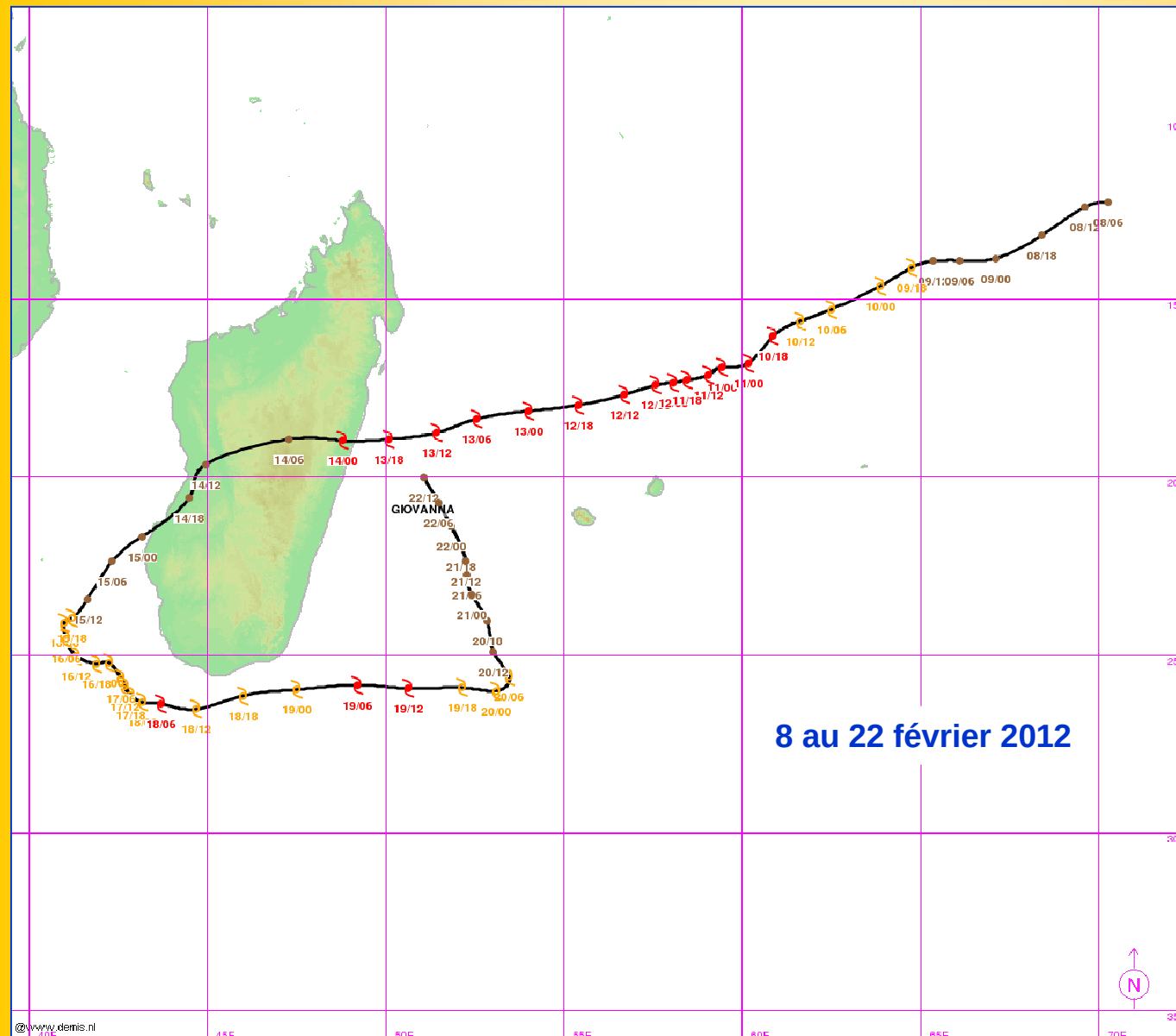
Synthèse des prévisions par systèmes lors de la saison 2006-2007



La prévision de trajectoires cycloniques cas du cyclone GIOVANNA



La prévision de trajectoires cycloniques cas du cyclone GIOVANNA : trajectoire observée

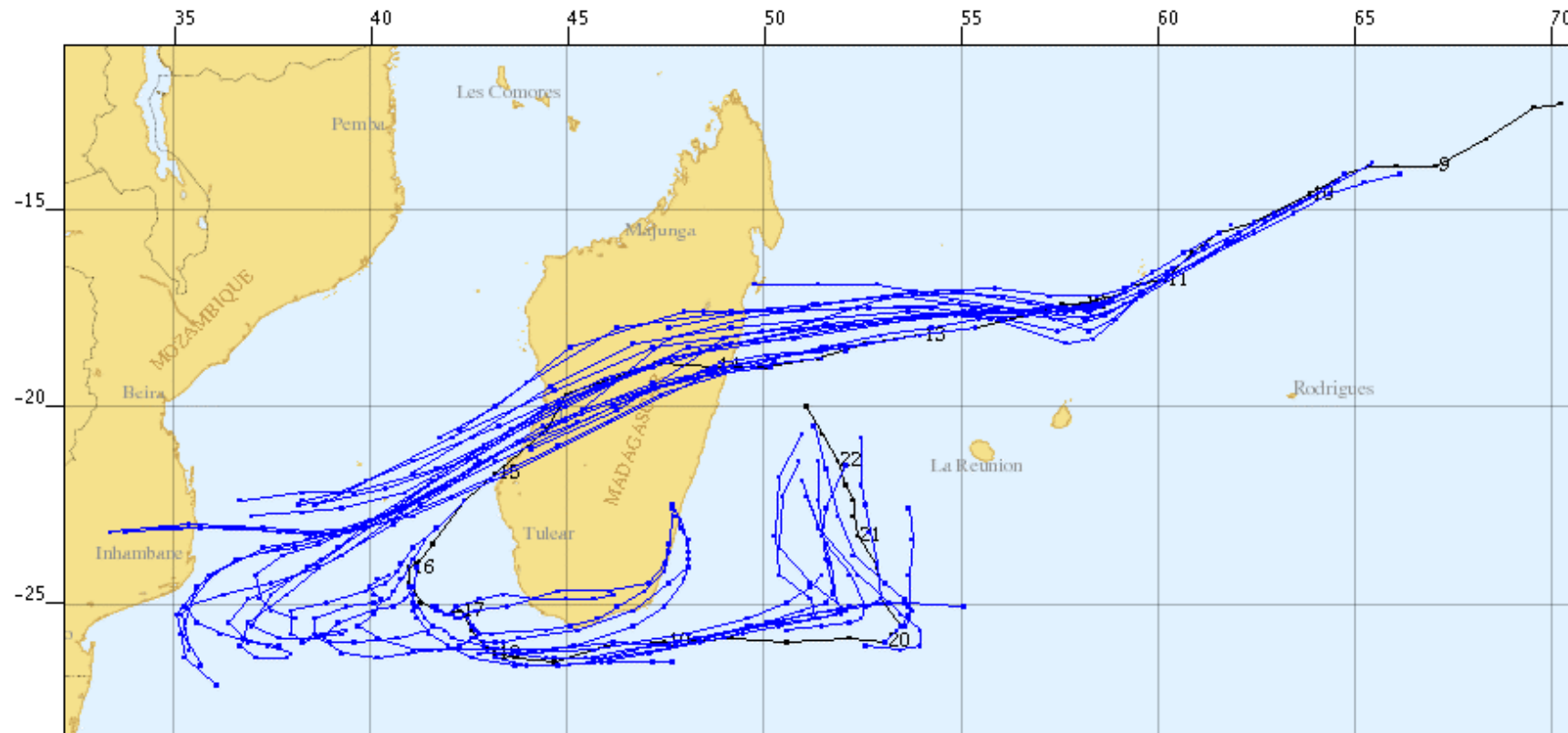


**Cyclogenèse classique
au sud-ouest des Chagos,
puis intensification
franche jusqu'au stade de
cyclone tropical.**

**Phénomène mature
typique du cœur de la
saison cyclonique,
à la trajectoire orientée
ouest-sud-ouest menaçant
directement les terres
habitées.**

**Fin de vie plus originale :
retour plein est au sud de
Madagascar, avec ré-
intensification,
temporairement de
nouveau jusqu'au stade
de cyclone tropical.
Se comble ensuite entre
Madagascar et les
Mascareignes.**

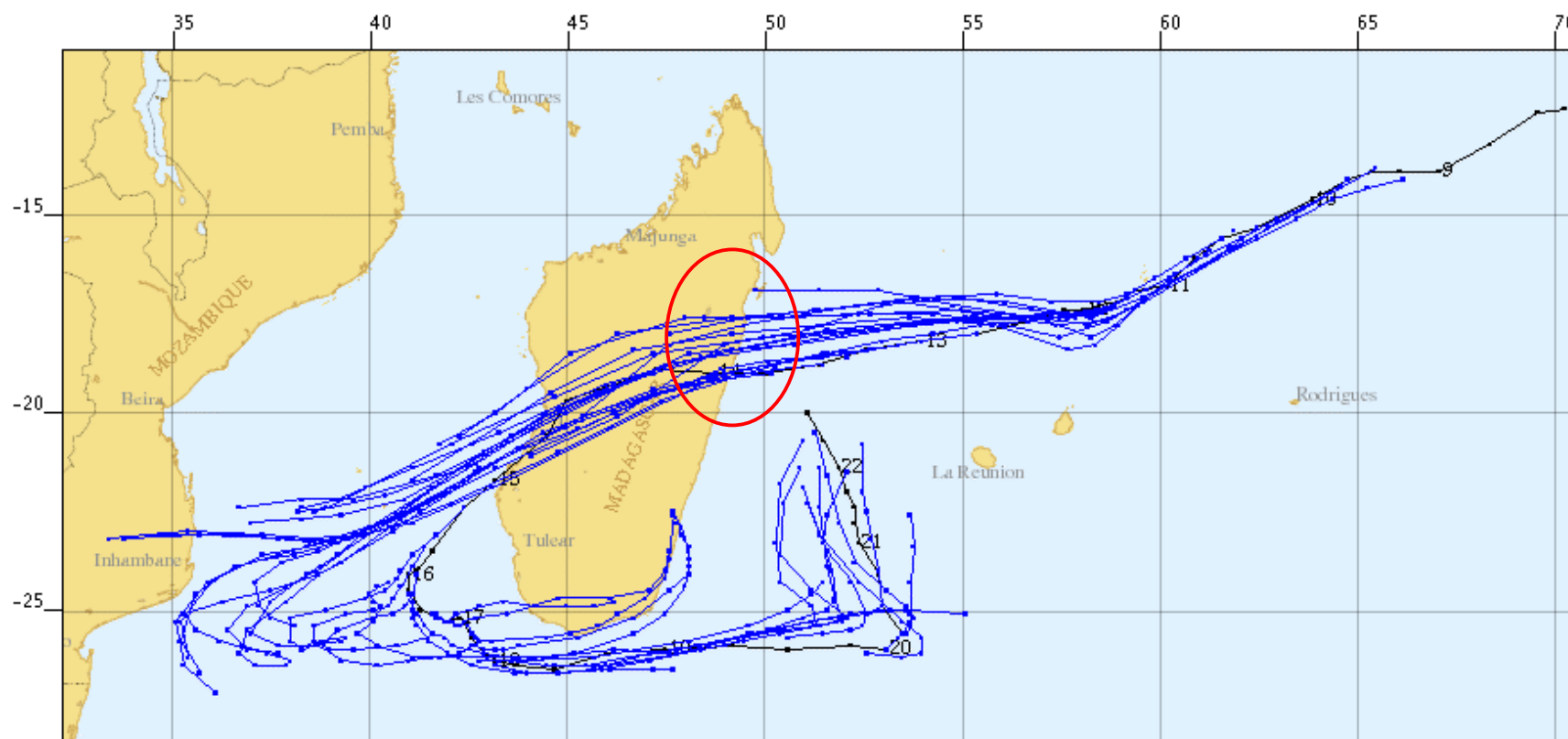
La prévision de trajectoires cycloniques cas du cyclone GIOVANNA : prévisions du CMRS



previsions de trajectoire pour le systeme GIOVANNA (trajectoire réellement observée en noir)

**Les prévisions ont été excellentes pour les périodes
où le phénomène était le plus intense (au stade de cyclone),
i.e. pour la première partie de vie et le transit au sud de Madagascar.**

La prévision de trajectoires cycloniques cas du cyclone GIOVANNA : prévisions du CMRS

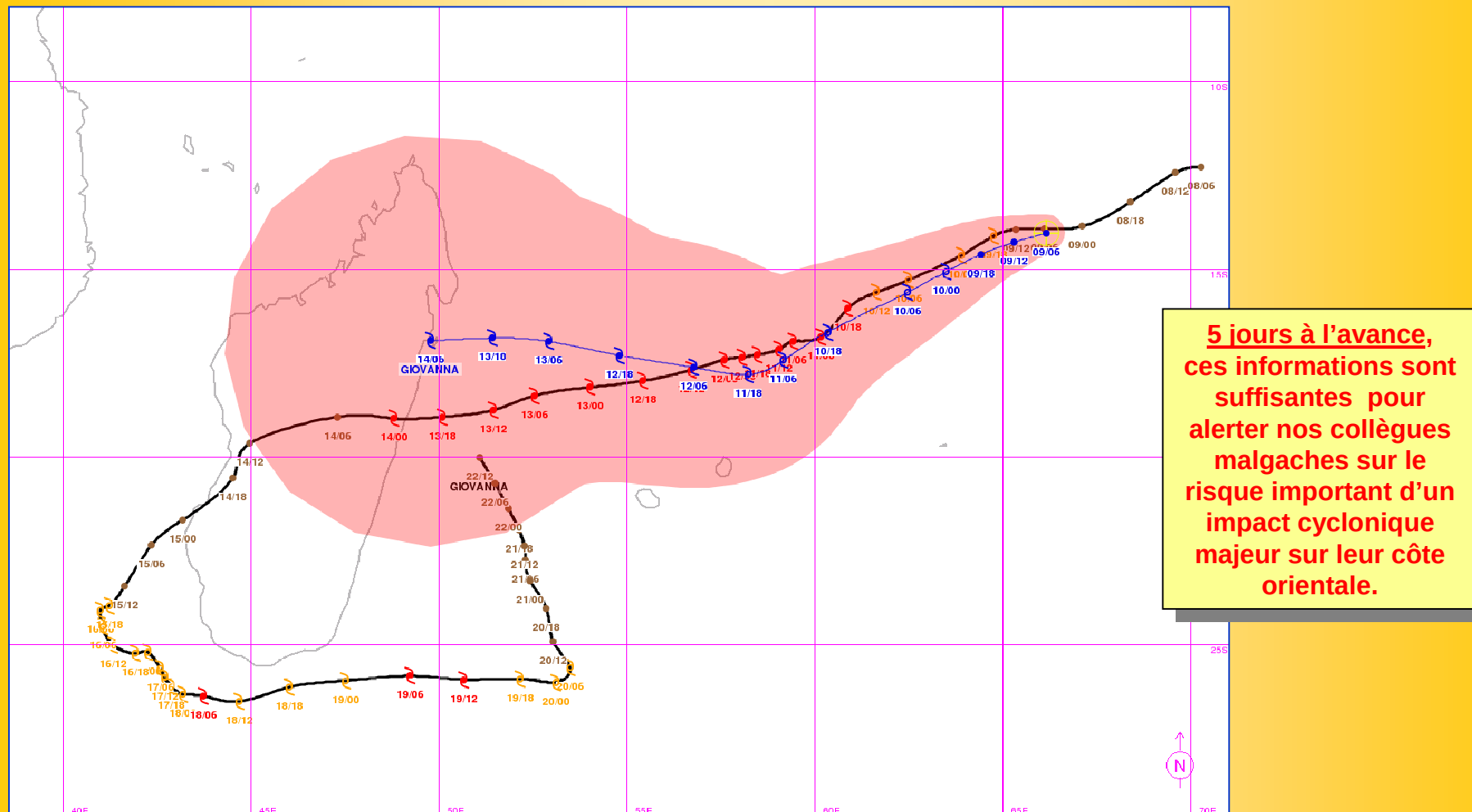


previsions de trajectoire pour le systeme GIOVANNA

(trajectoire réellement observée en noir)

L'atterrissage sur la côte malgache, bien que ciblé un peu trop au nord lors des premières prévisions, a été anticipé avec un timing presque parfait et une précision sur la localisation de la zone d'impact malgré tout remarquable (bien supérieure à la précision habituelle).

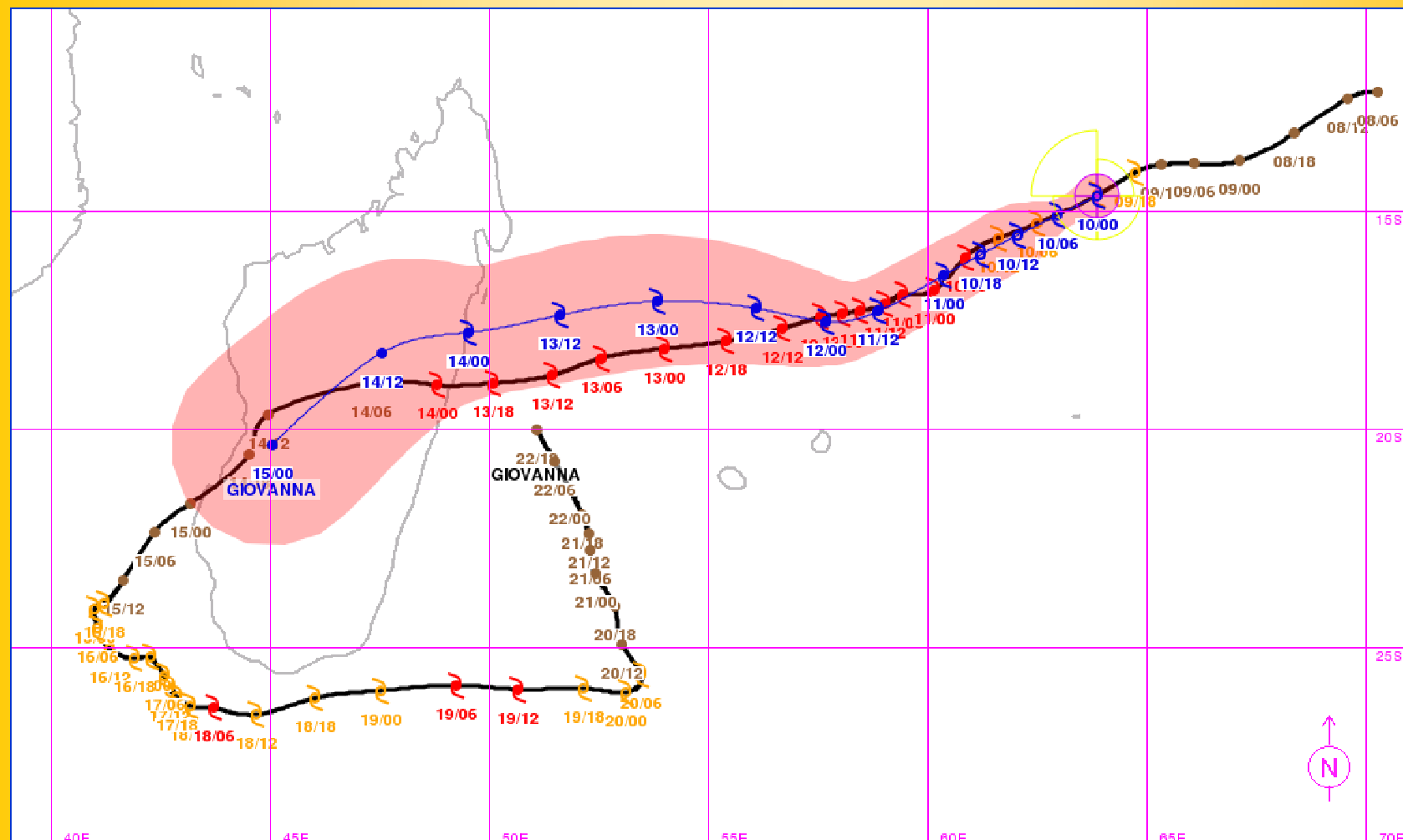
La prévision de trajectoires cycloniques cas du cyclone GIOVANNA : prévision du CMRS du 09/02/2012 à 06 utc



La prévision à 120h envisage un point d'entrée à Madagascar qui s'avérera 230 km trop au nord...

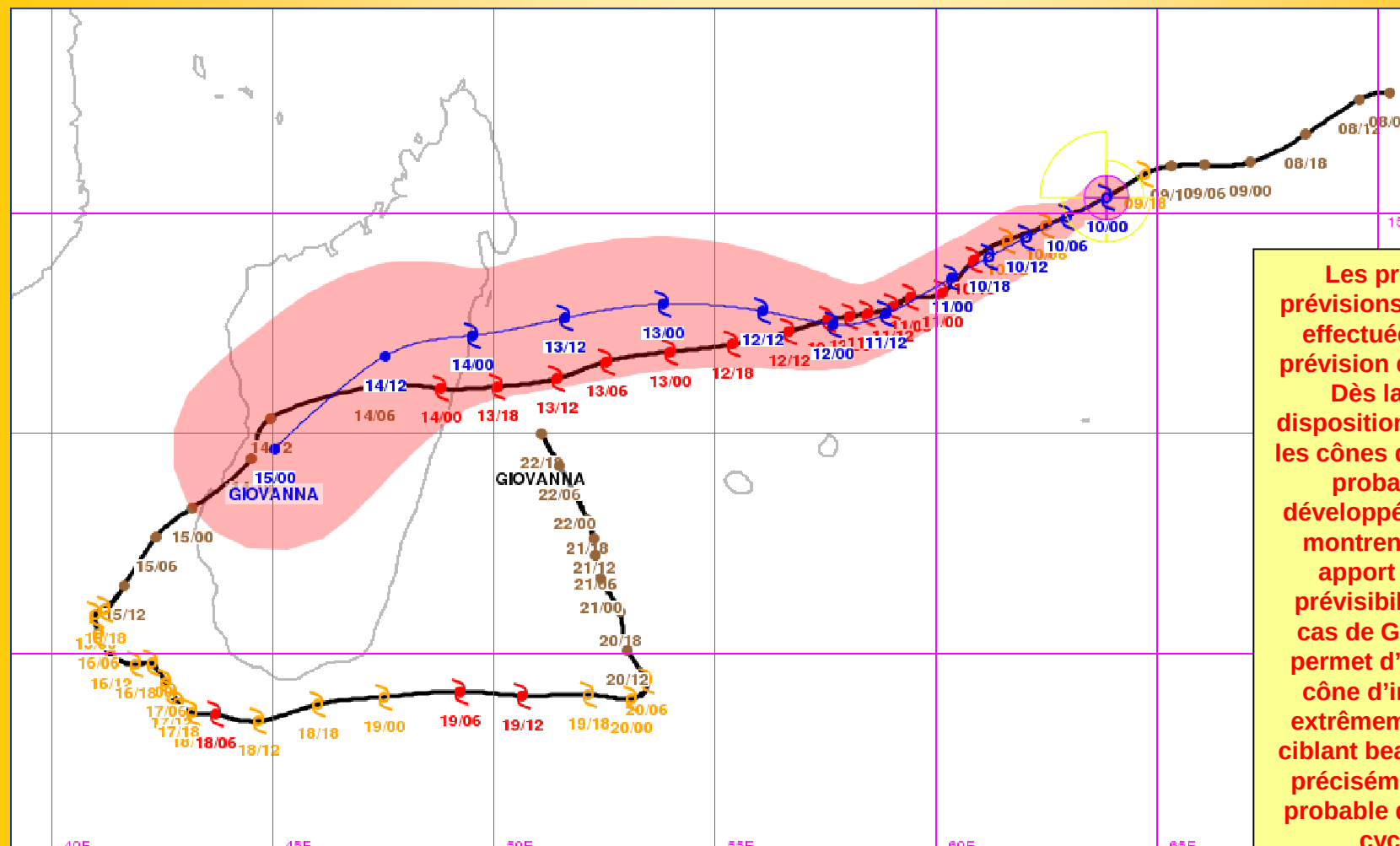
**... Mais il s'agit cependant d'une prévision de très "bonne" qualité
(en l'état de l'art cela correspond à l'erreur moyenne de prévision de trajectoire à 66h d'échéance).**

La prévision de trajectoires cycloniques *cas du cyclone GIOVANNA : prévision du CMRS* *du 10/02/2012 à 00 utc*



La prévision officielle du CMRS a commencé de s'affiner : la prévision à 96h du 10 à 00 utc, faisant atterrir le météore sur la côte malgache le 14 à 00 utc, ne s'avérera entachée que de 156 km d'erreur (cela correspond à l'erreur moyenne de prévision de trajectoire à 42h d'échéance en l'état de l'art).

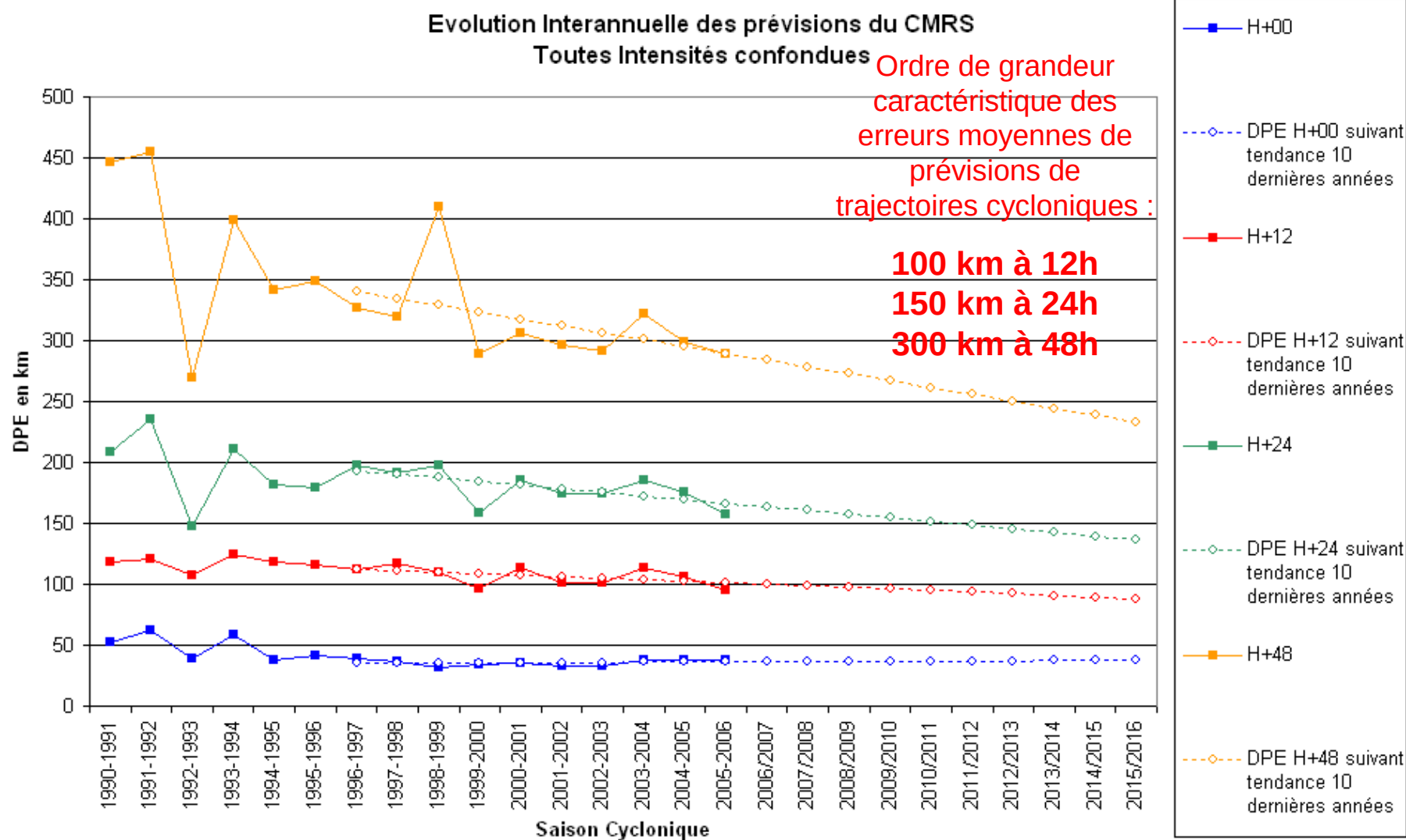
La prévision de trajectoires cycloniques *cas du cyclone GIOVANNA : prévision du CMRS* *du 10/02/2012 à 00 utc*



Les premières prévisions avaient été effectuées sans la prévision d'ensemble. Dès la mise à disposition de celle-ci, les cônes d'incertitude probabilistes développés au CMRS montrent tout leur apport : la forte prévisibilité dans le cas de GIOVANNA, permet d'afficher un cône d'incertitude extrêmement réduit, ciblant beaucoup plus précisément la zone probable d'impact du cyclone.

La prévision officielle du CMRS a entre-temps commencé de s'affiner : la prévision à 96h du 10 à 00 utc, faisant atterrir le météore sur la côte malgache le 14 à 00 utc, ne s'avérera entachée que de 156 km d'erreur (en l'état de l'art cela correspond à l'erreur moyenne de prévision de trajectoire à 42h d'échéance).

Erreurs de prévisions de trajectoires cycloniques



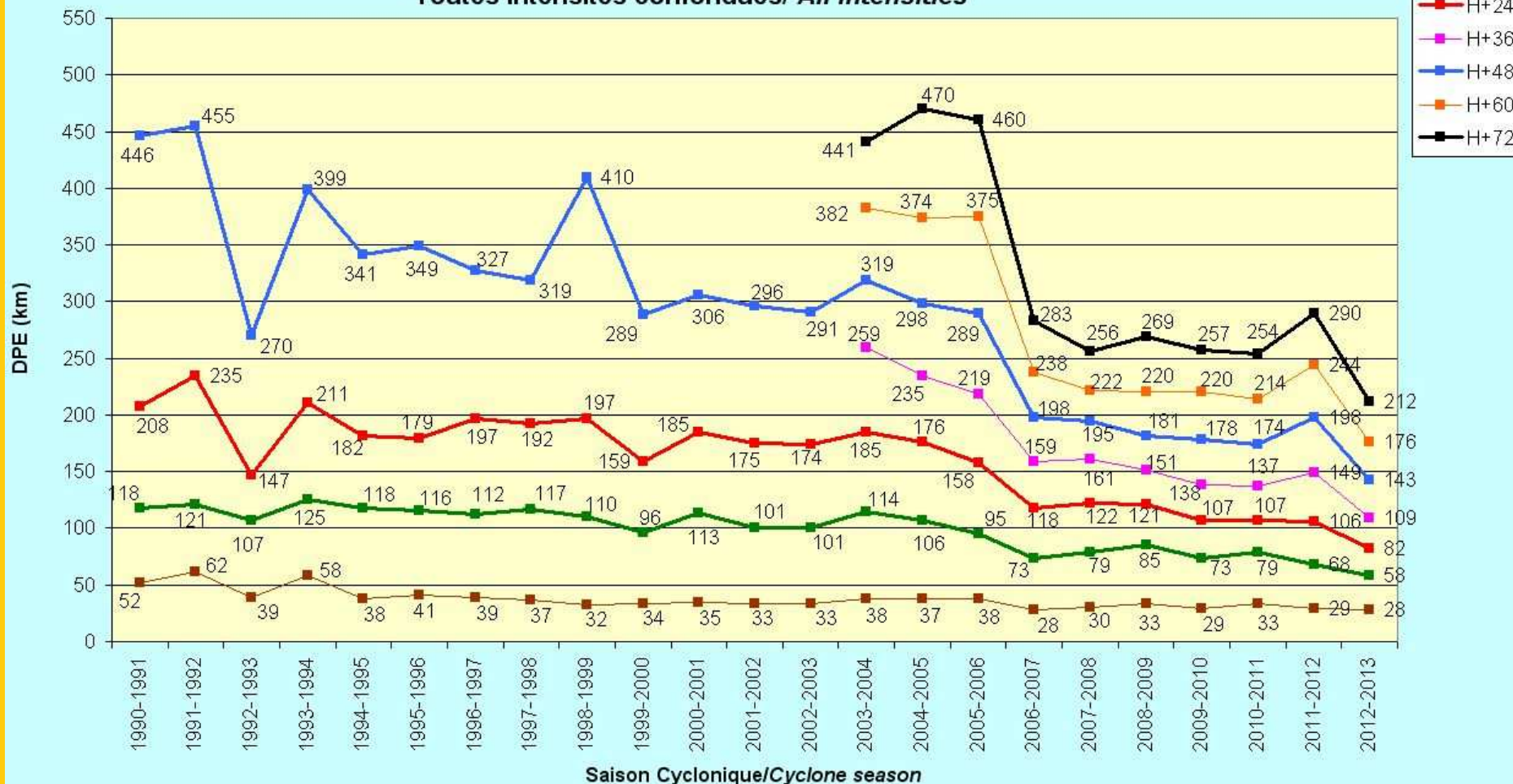
RSMC La REUNION's verification of forecasts

Evolution des erreurs de prévisions de trajectoires cycloniques

Evolution Interannuelle des prévisions de trajectoires du CMRS de La Réunion

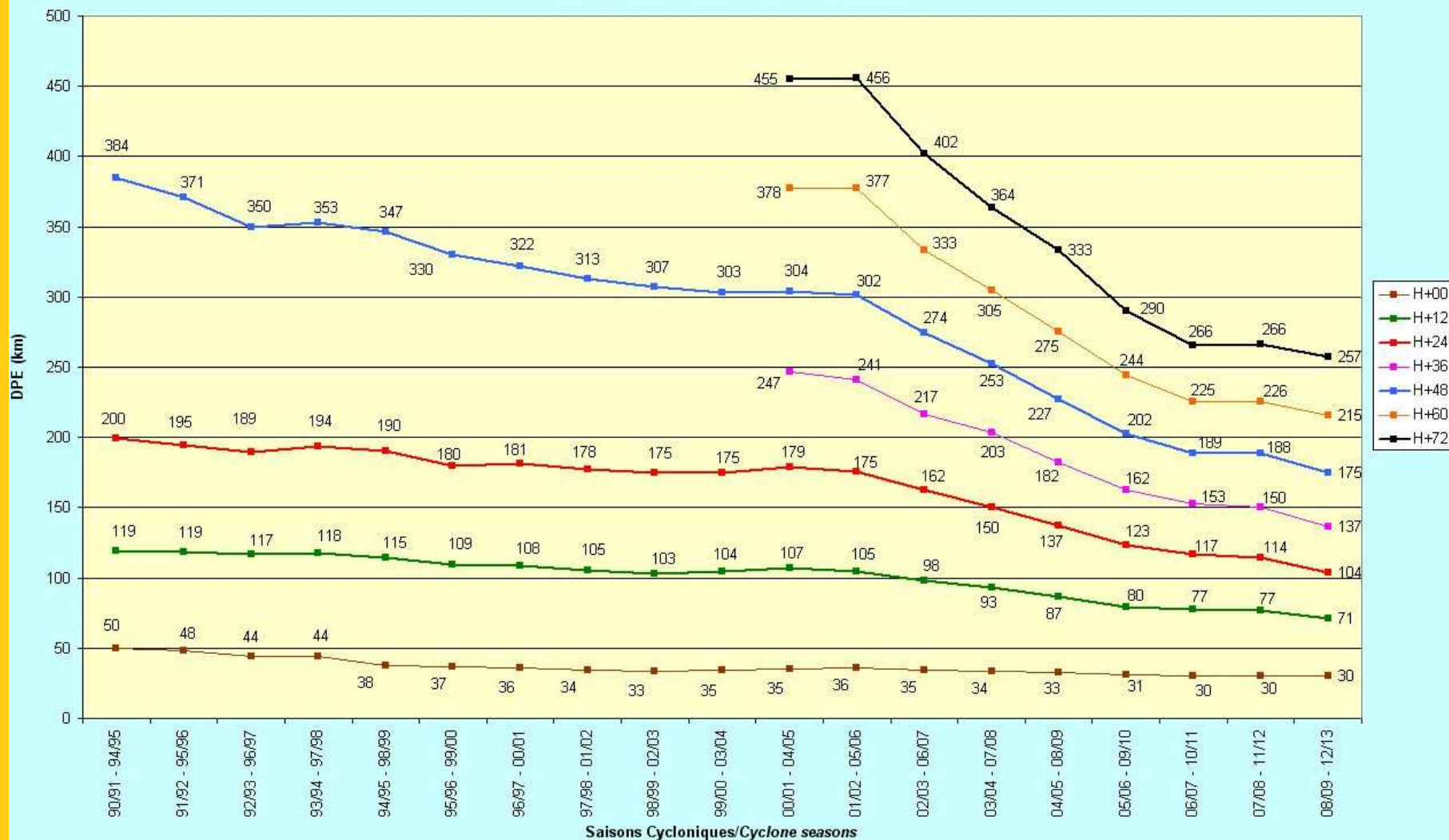
RSMC La Reunion inter annual track forecasts evolution

Toutes Intensités confondues/ All intensities



Evolution des erreurs de prévisions de trajectoires cycloniques

Evolution Interannuelle des prévisions du CMRS
Moyennes glissantes sur 5 ans (sauf H+36, H+60, H+72)
Toutes Intensités confondues
RSMC LA REUNION : Time-evolution of Cyclone tracks forecasts errors
5-years running means of direct position errors

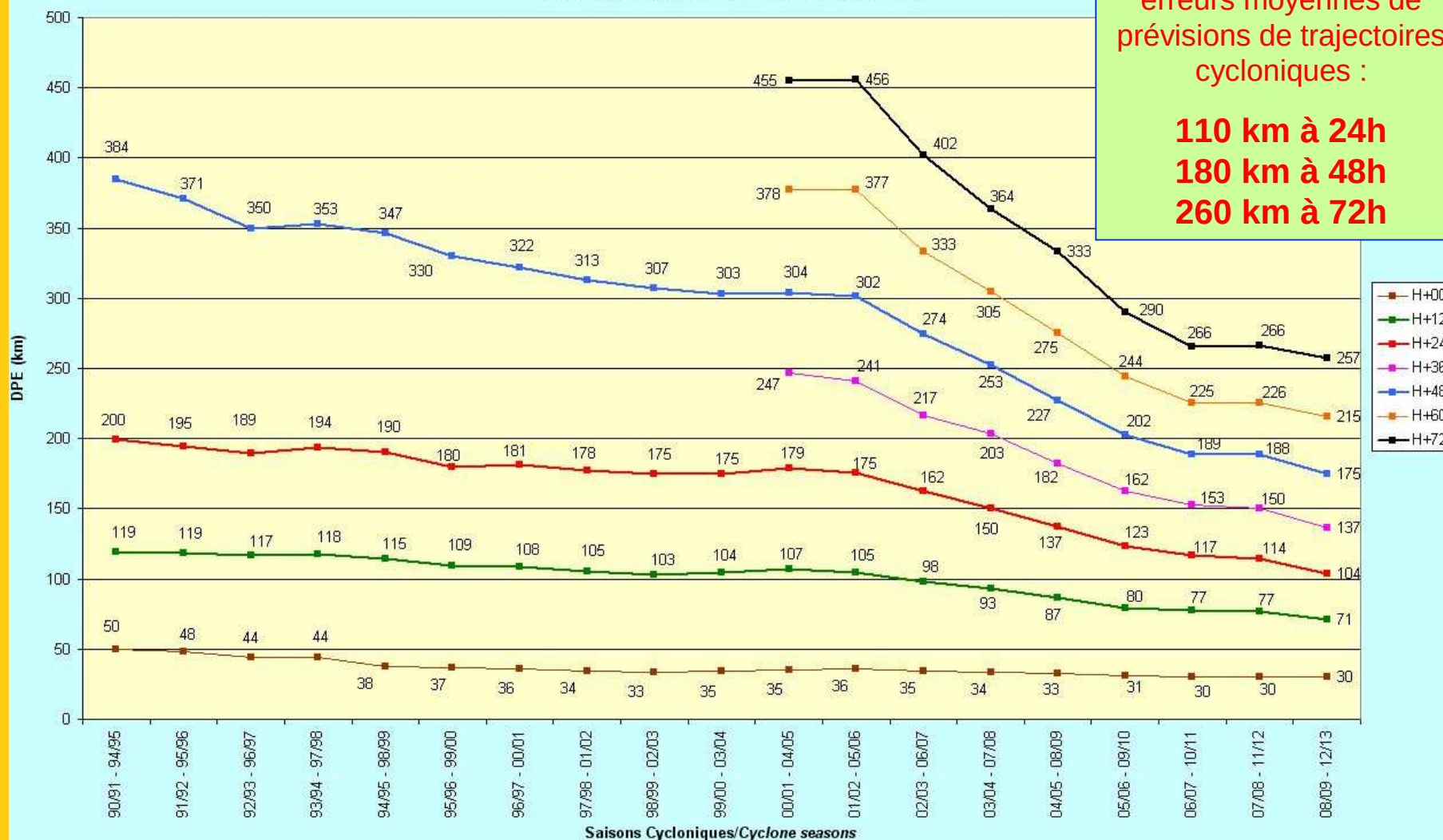


Evolution des erreurs de prévisions de trajectoires cycloniques

Evolution Interannuelle des prévisions du CMRS
Moyennes glissantes sur 5 ans (sauf H+36, H+60, H+72)
Toutes Intensités confondues
RSMC LA REUNION : Time-evolution of Cyclone tracks forecasts errors
5-years running means of direct position errors

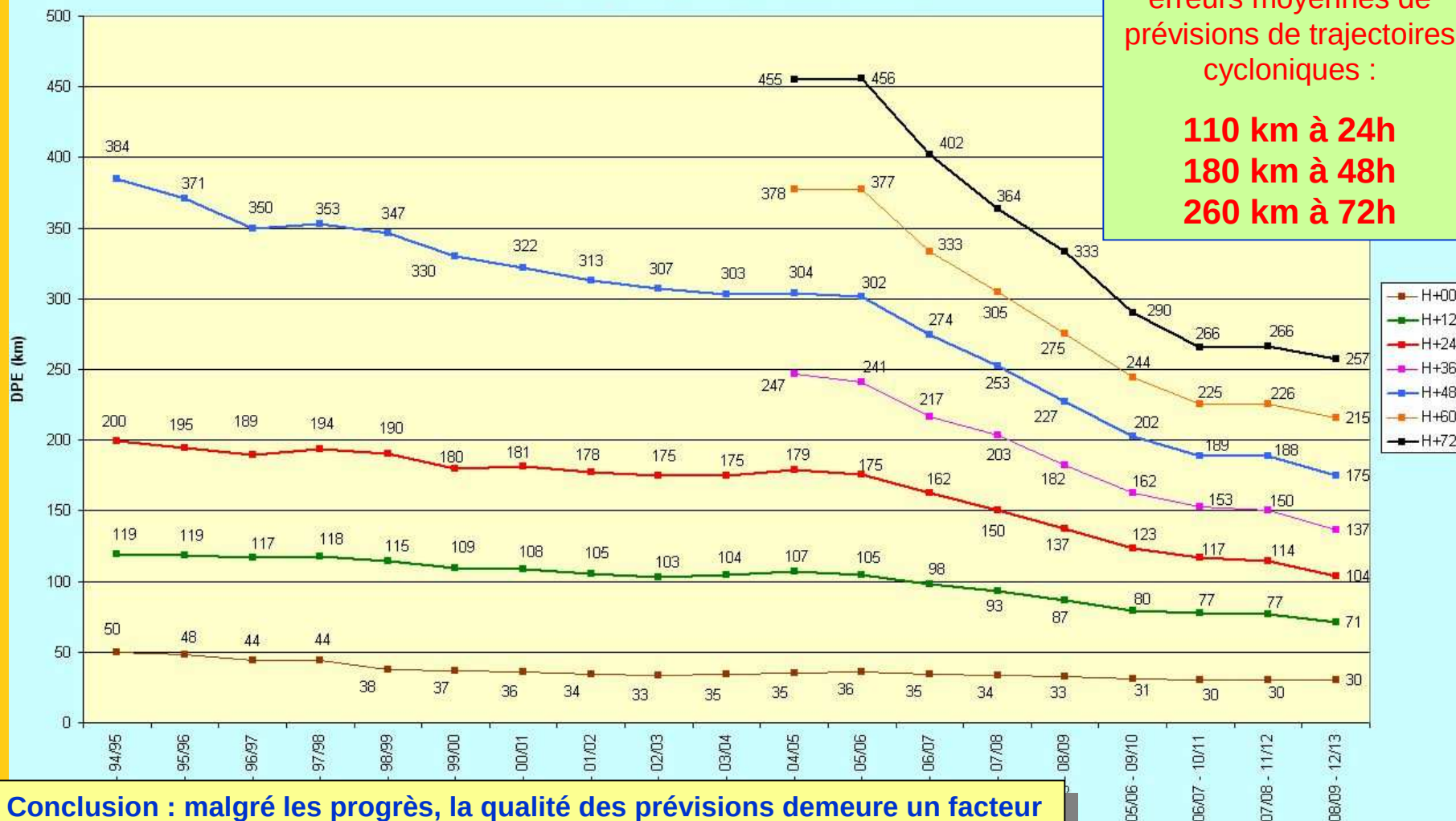
Ordre de grandeur
caractéristique des
erreurs moyennes de
prévisions de trajectoires
cycloniques :

110 km à 24h
180 km à 48h
260 km à 72h



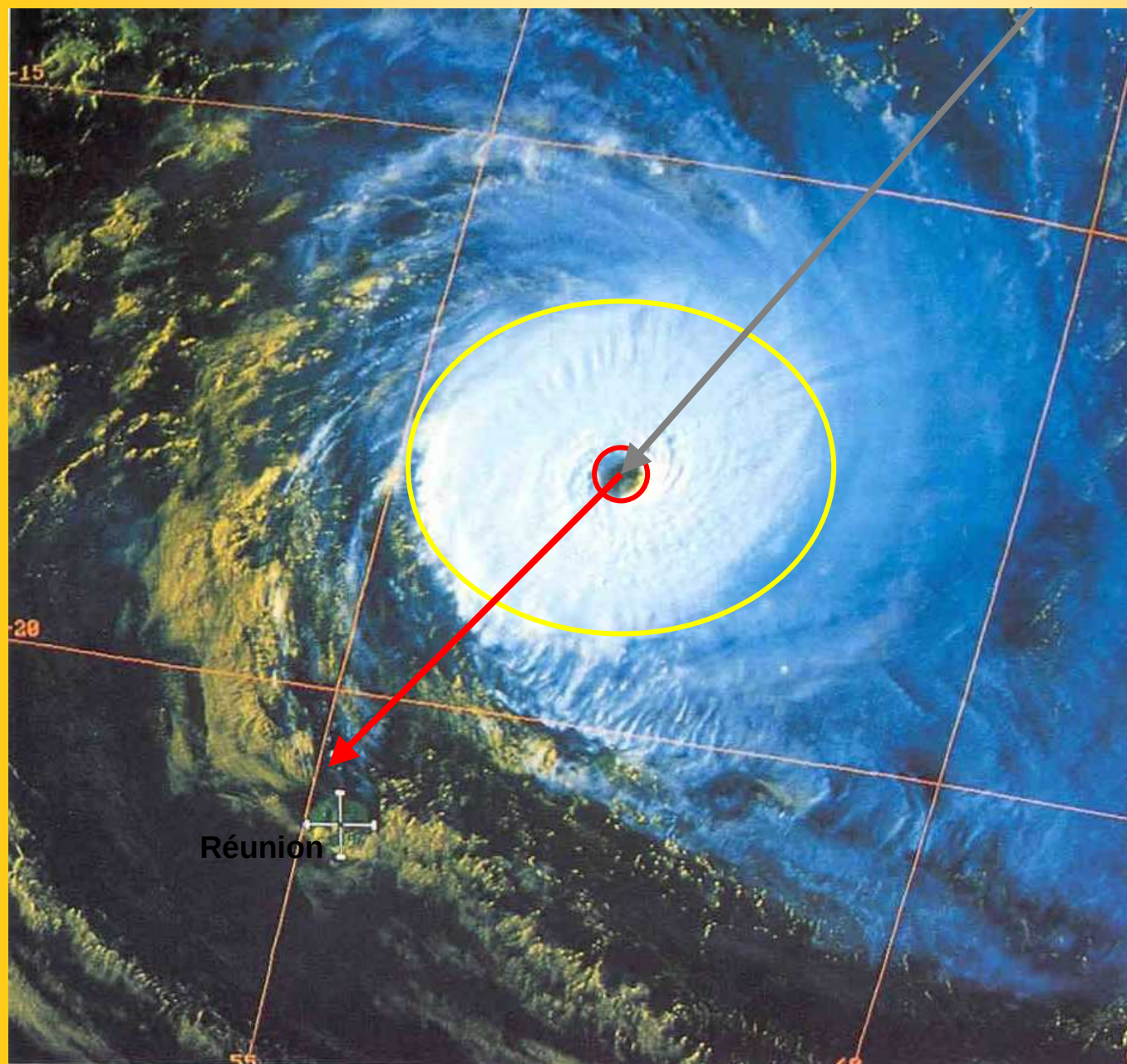
Evolution des erreurs de prévisions de trajectoires cycloniques

Evolution Interannuelle des prévisions du CMRS
Moyennes glissantes sur 5 ans (sauf H+36, H+60, H+72)
Toutes Intensités confondues
RSMC LA REUNION : Time-evolution of Cyclone tracks forecasts errors
5-years running means of direct position errors

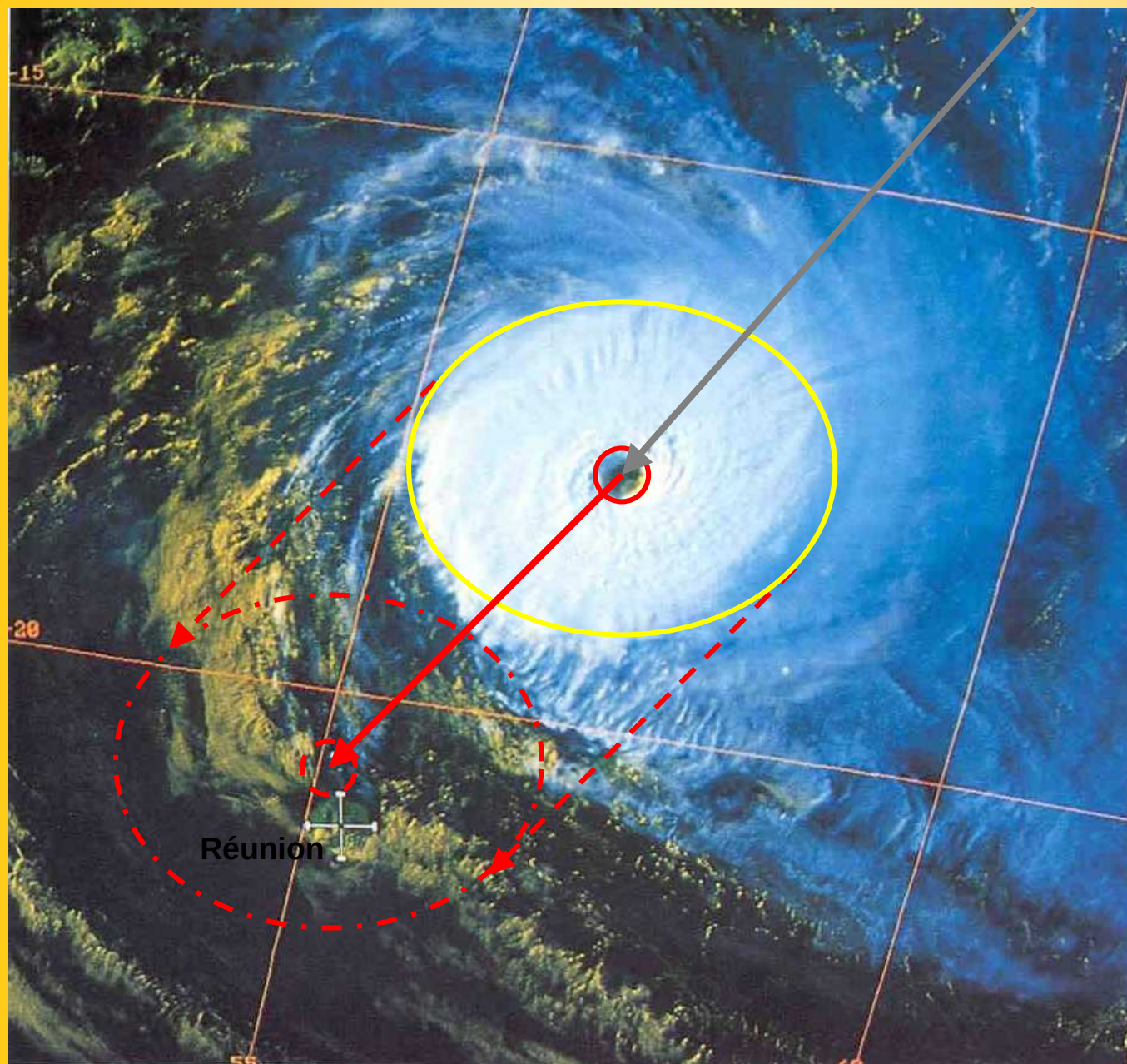


Conclusion : malgré les progrès, la qualité des prévisions demeure un facteur limitant, ne permettant pas de s'affranchir d'un système de prévention...

Prévision cyclonique et petites îles : « le syndrome du tout ou rien »

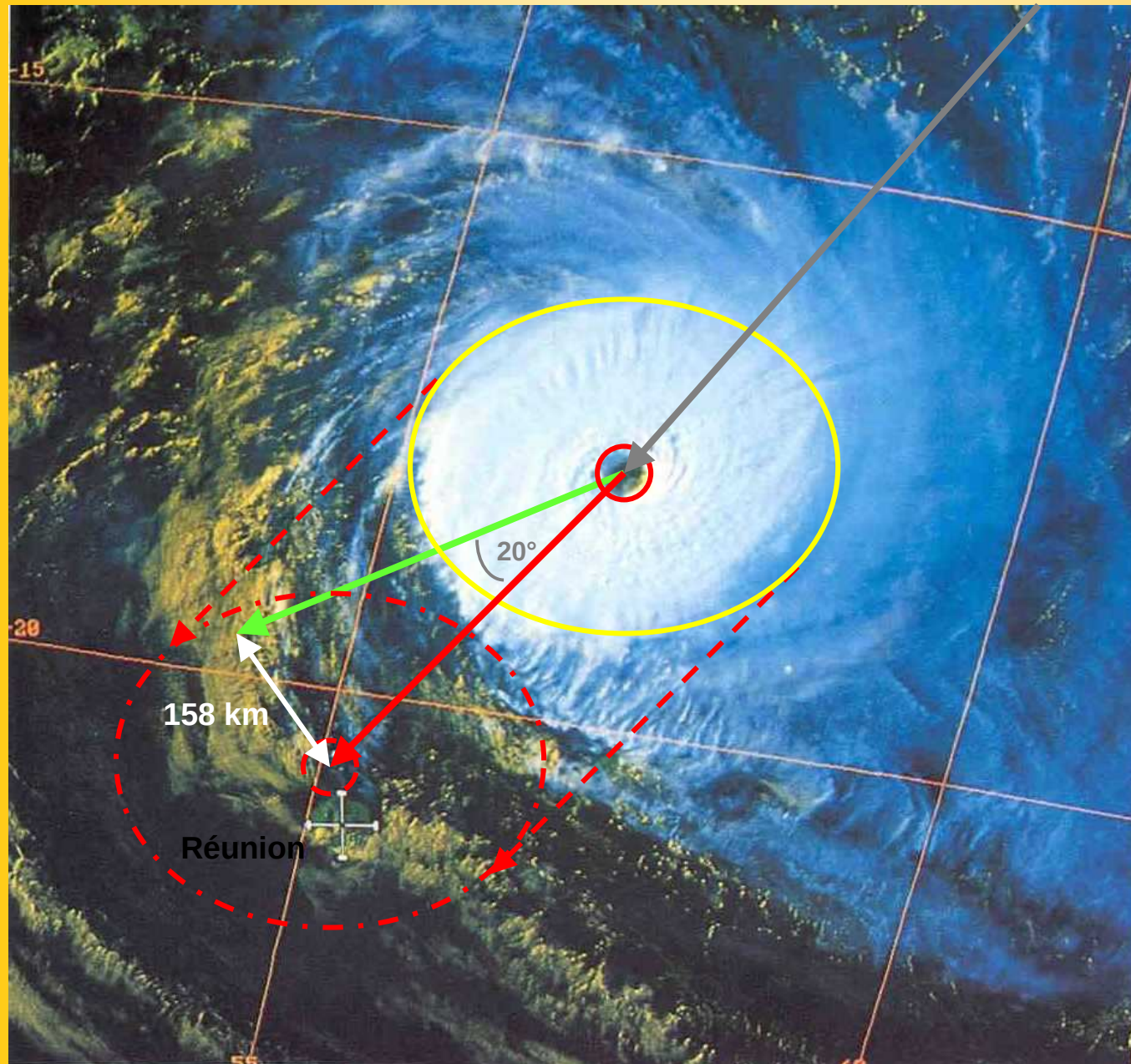


Prévision cyclonique et petites îles : « le syndrome du tout ou rien »



« TOUT »
i.e. conditions
cycloniques
potentiellement
catastrophiques

Prévision cyclonique et petites îles : « le syndrome du tout ou rien »



*A la vitesse de
10 nœuds
(18,5 km/h),
une inflexion
de trajectoire
de 20°
correspond,
au bout de
24h, à un écart
de 158 km.*