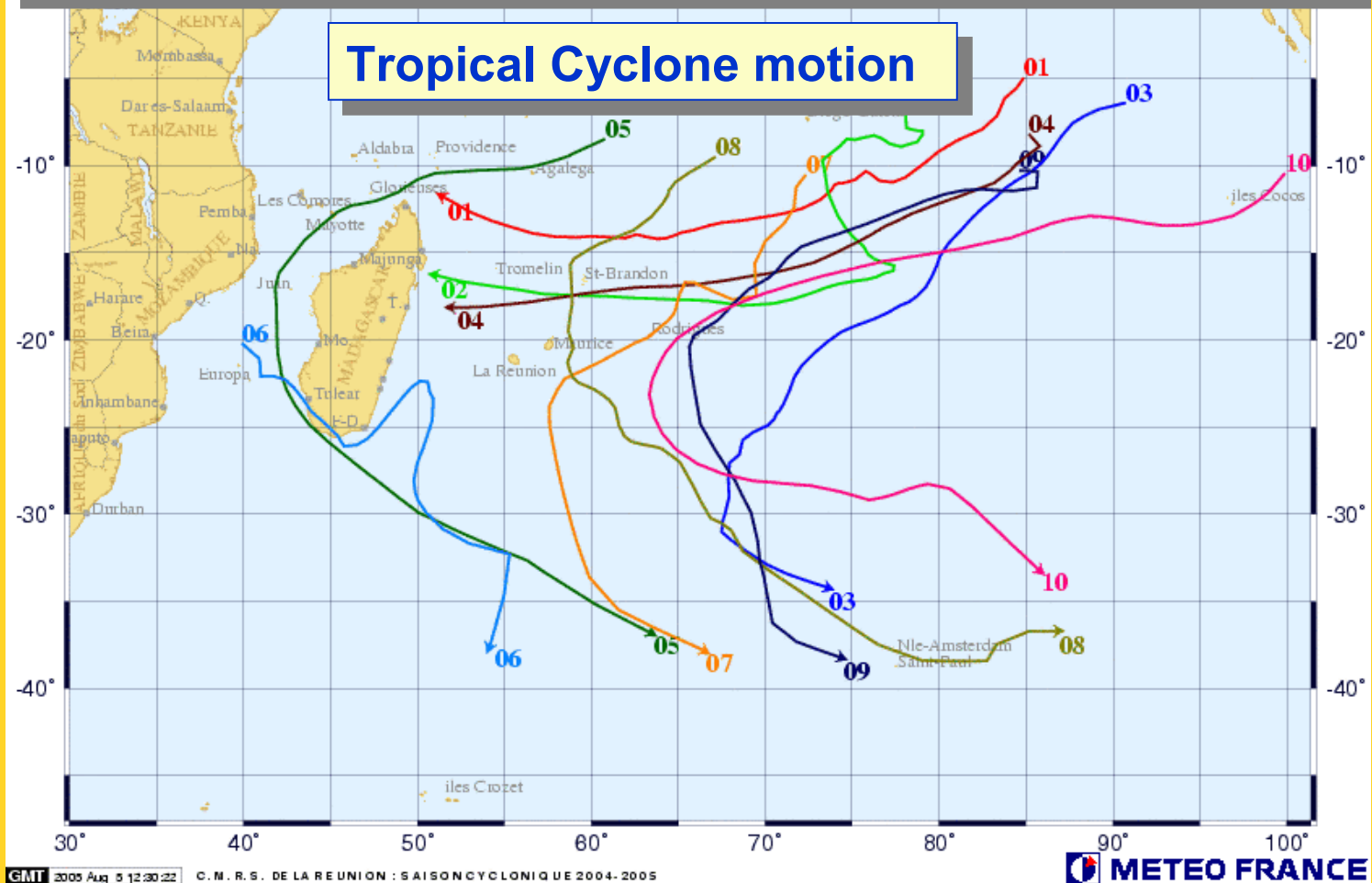
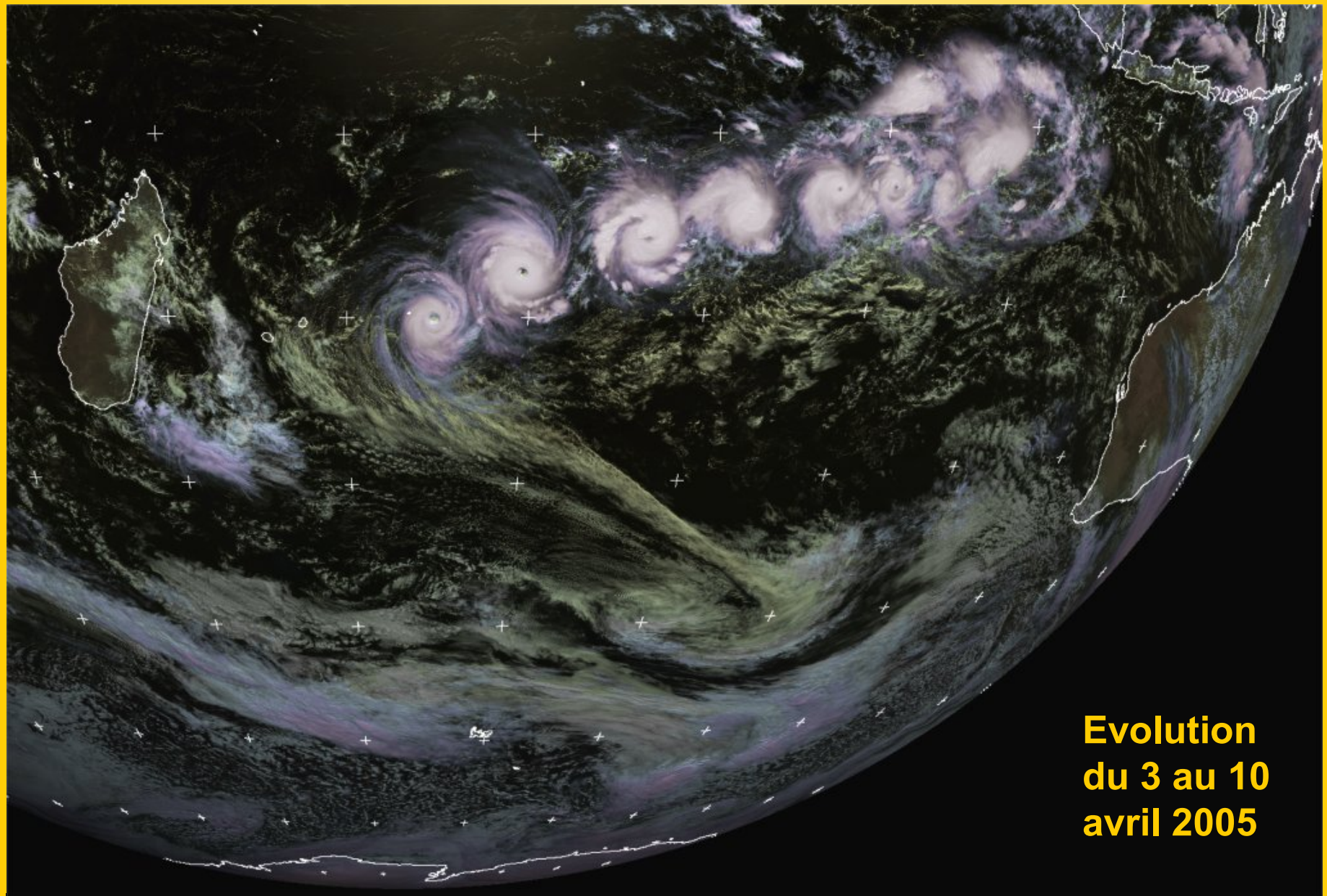




Le déplacement des perturbations tropicales



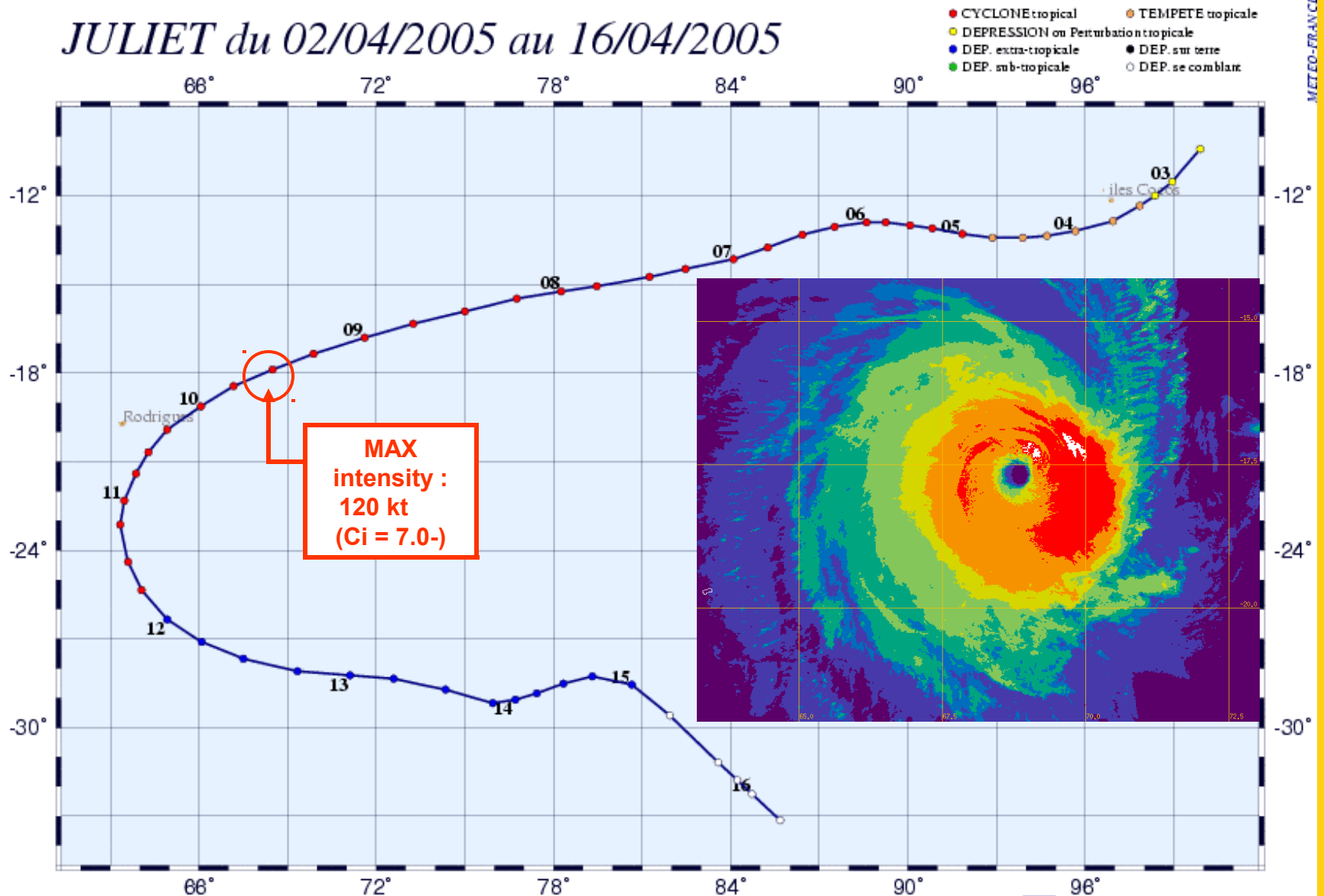


**Evolution
du 3 au 10
avril 2005**

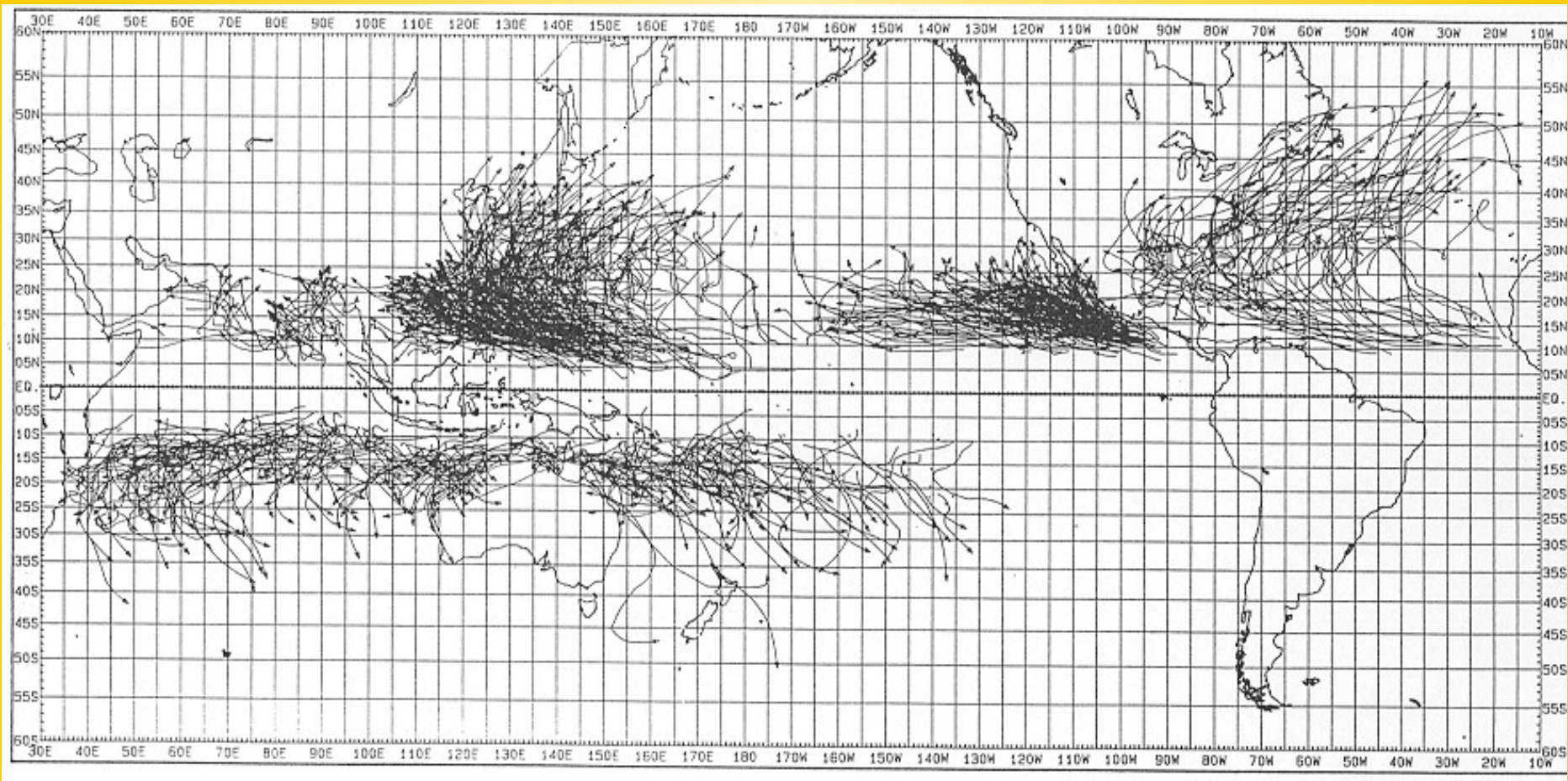
CT JULIET

Trajectoire du cyclone tropical Juliet

JULIET du 02/04/2005 au 16/04/2005

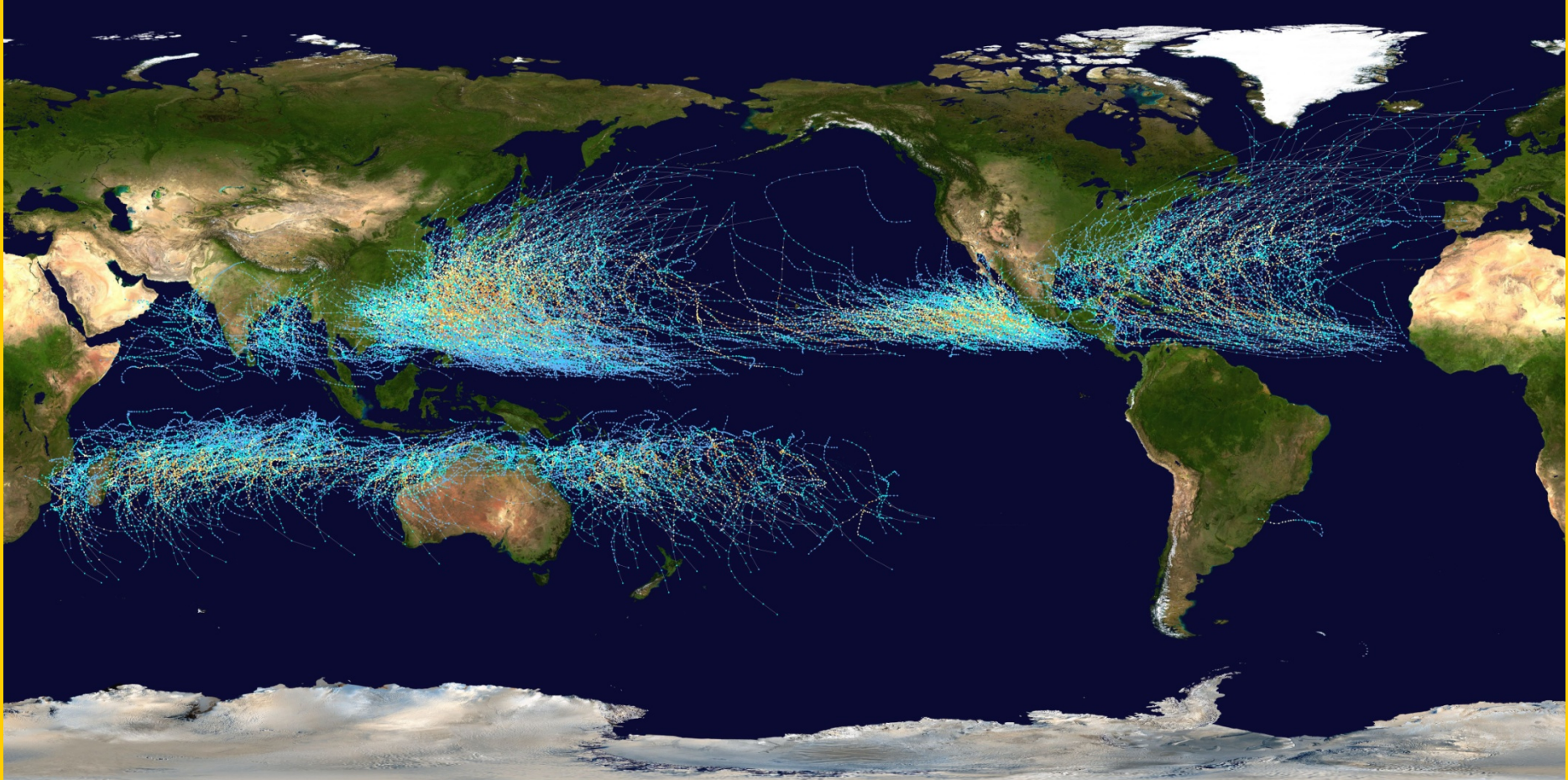


**Ensemble des trajectoires des perturbations tropicales
(avec vents maximaux supérieurs à 34 kt) ayant évolué à
la surface du globe sur la période 1979-1988**



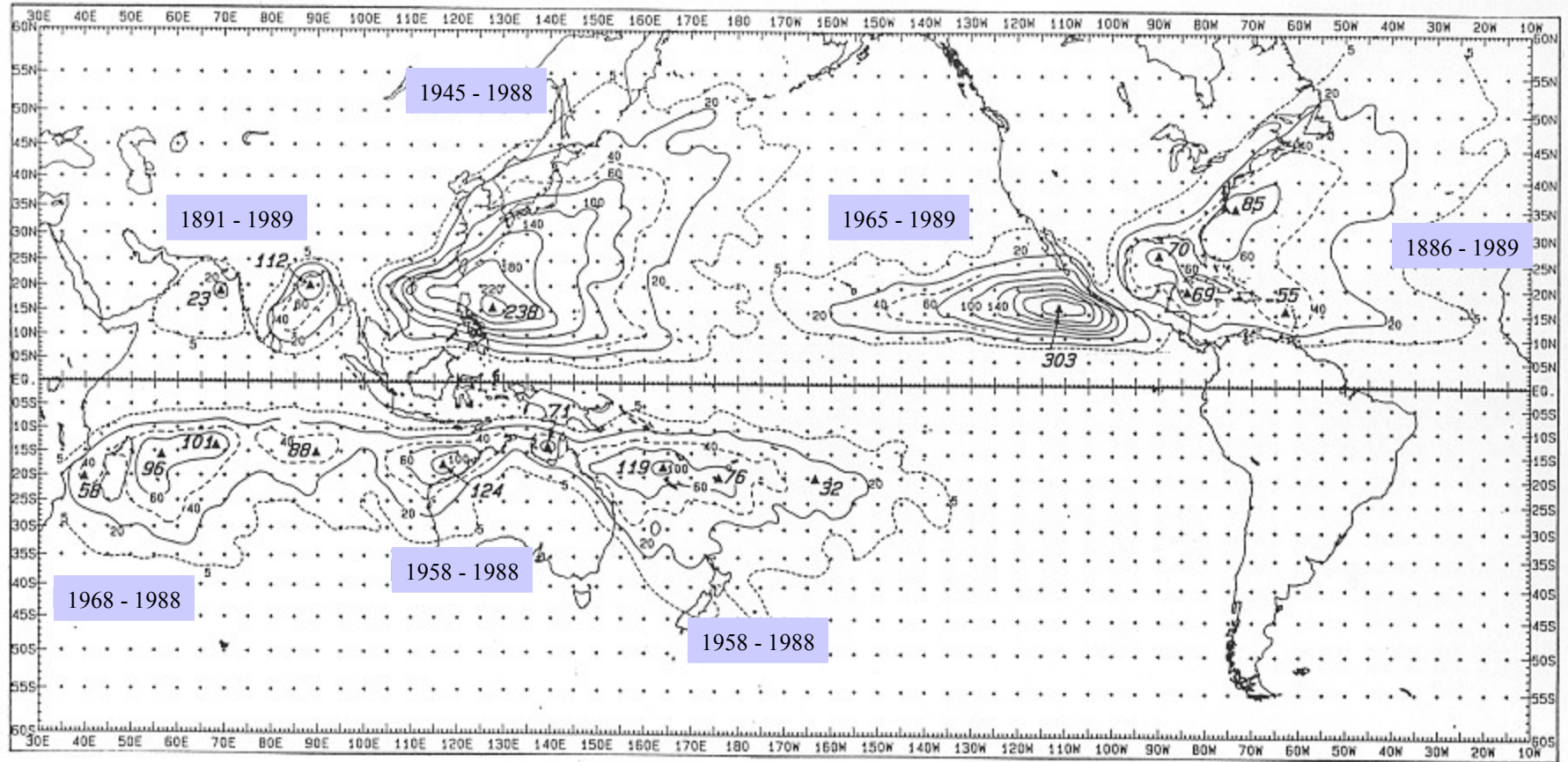
**Tracks of tropical cyclones
(with maximum winds greater than 63km/h, 34kt)
for the period 1979-1988.**

**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 63km/h, 34kt)
for the period 1985-2005.**

Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales

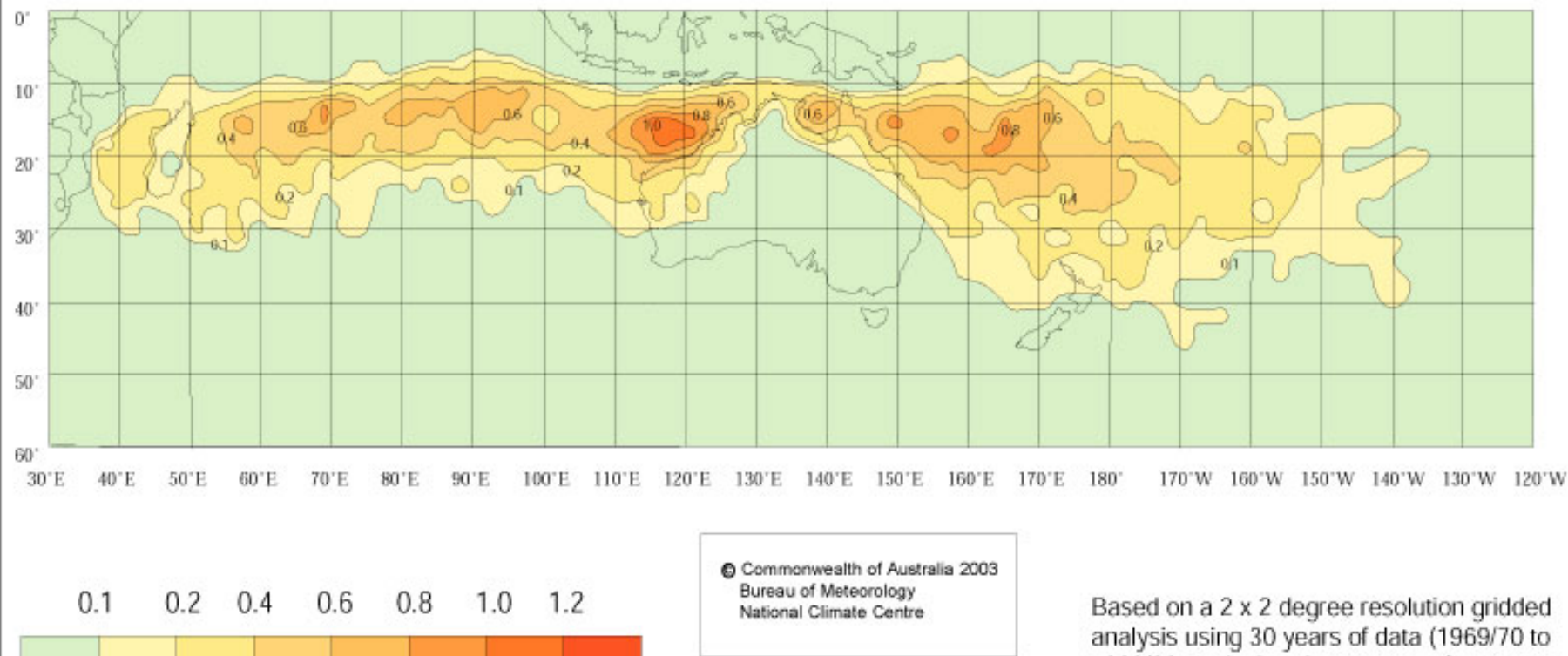


Exprimée comme le nombre d'individus passant sur une période de 100 ans à moins de 140 km d'un point quelconque. Les triangles noirs indiquent les maxima.
(Les périodes de données ayant abouti à cette statistique sont indiquées pour chaque bassin cyclonique.)

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

Average annual number of tropical cyclones



Fréquence annuelle d'occurrence : données globales

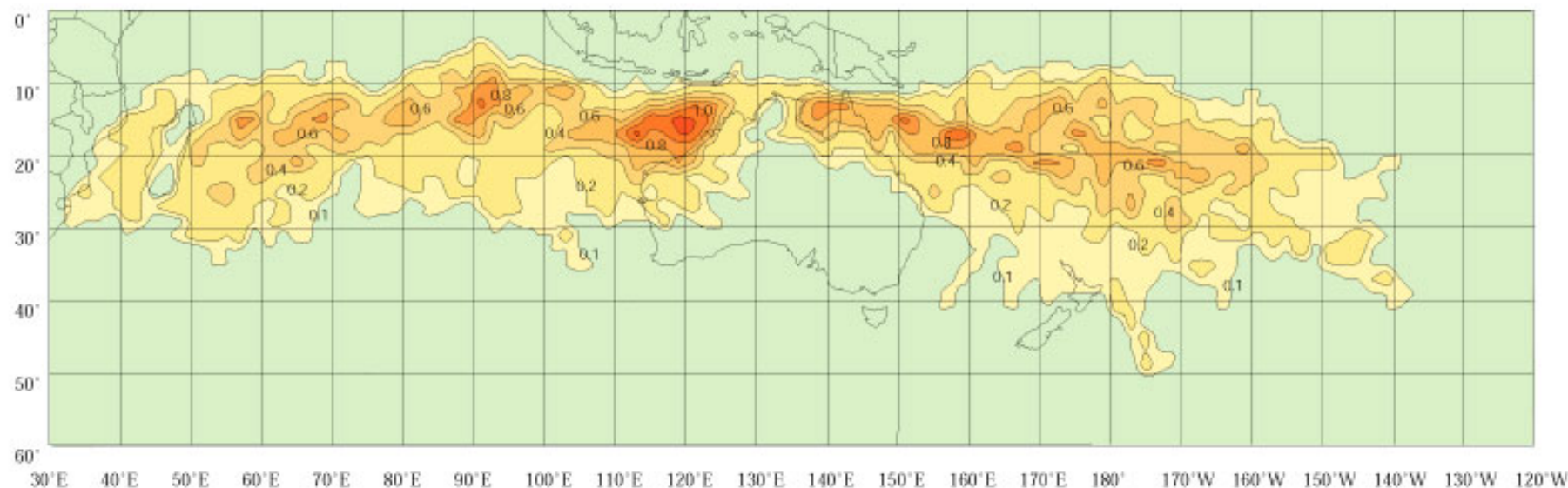
(période de référence : 30 ans (saisons cycloniques 1969/1970 à 1998/1999)).

Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales : hémisphère Sud

Average annual number of tropical cyclones - neutral years



COMMONWEALTH
BUREAU OF METEOROLOGY



0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2



© Commonwealth of Australia 2003
Bureau of Meteorology
National Climate Centre

Based on a 2 x 2 degree resolution gridded analysis using 30 years of data (1969/70 to 1998/99 tropical cyclone seasons).

Fréquence annuelle d'occurrence : années normales.

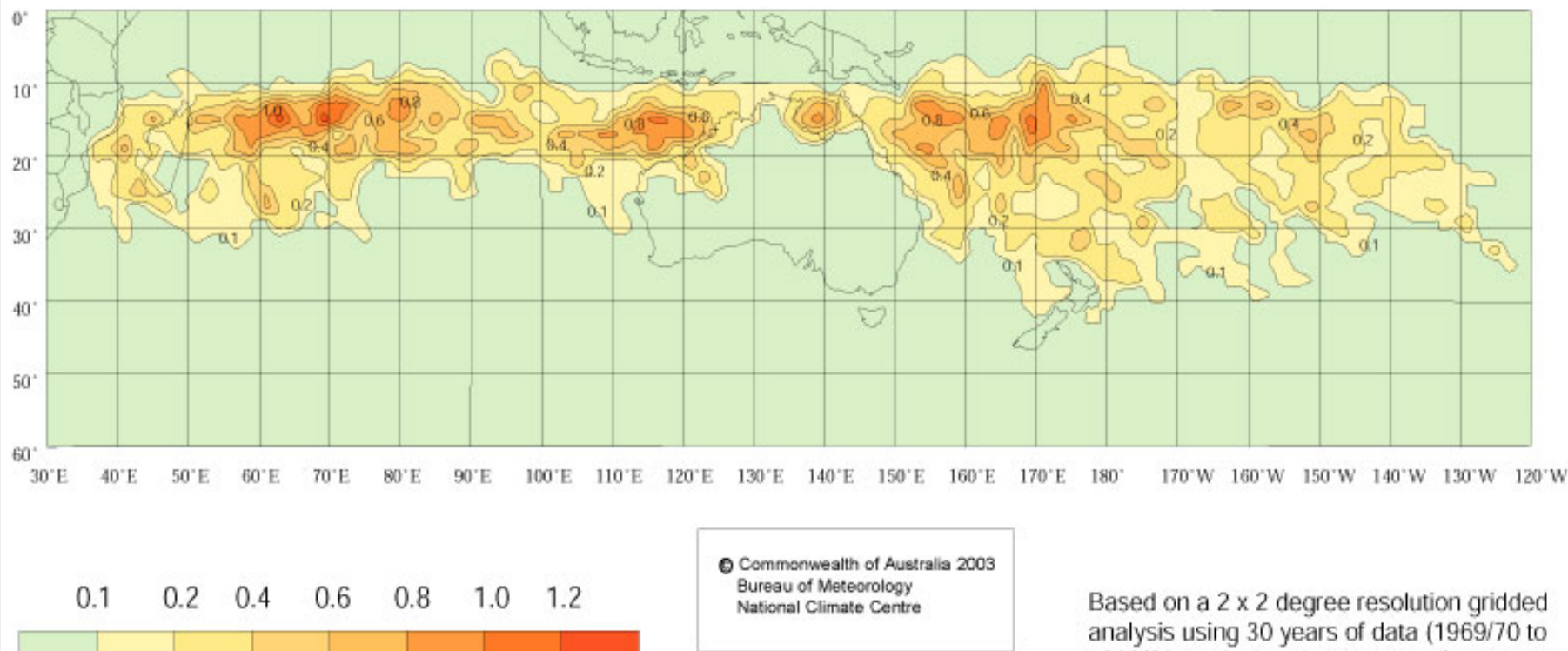
(période de référence : 30 ans (saisons cycloniques 1969/1970 à 1998/1999)).

Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales : hémisphère Sud

Average annual number of tropical cyclones - El Nino years



COMMONWEALTH
BUREAU OF METEOROLOGY



Fréquence annuelle d'occurrence : années El Niño.

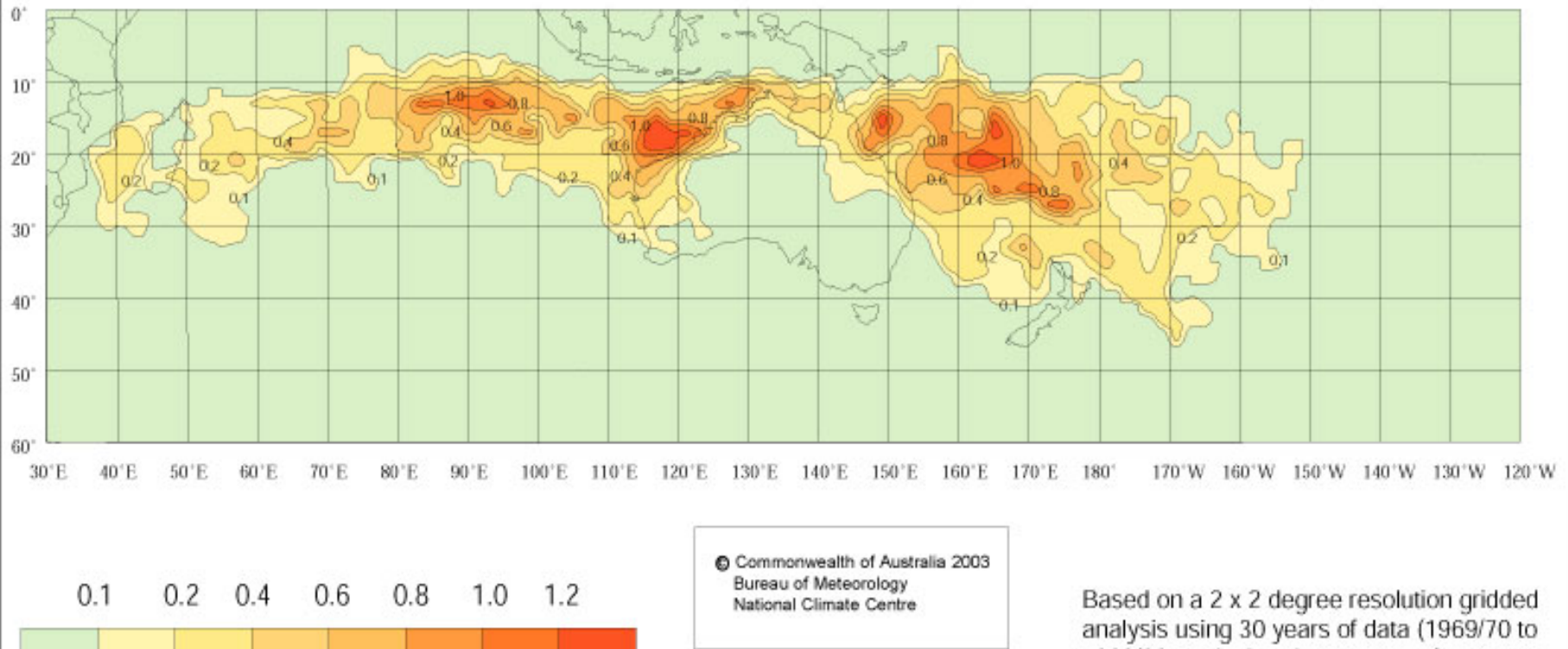
(période de référence : 30 ans (saisons cycloniques 1969/1970 à 1998/1999)).

Fréquence d'occurrence des perturbations tropicales : hémisphère Sud

Average annual number of tropical cyclones - La Nina years



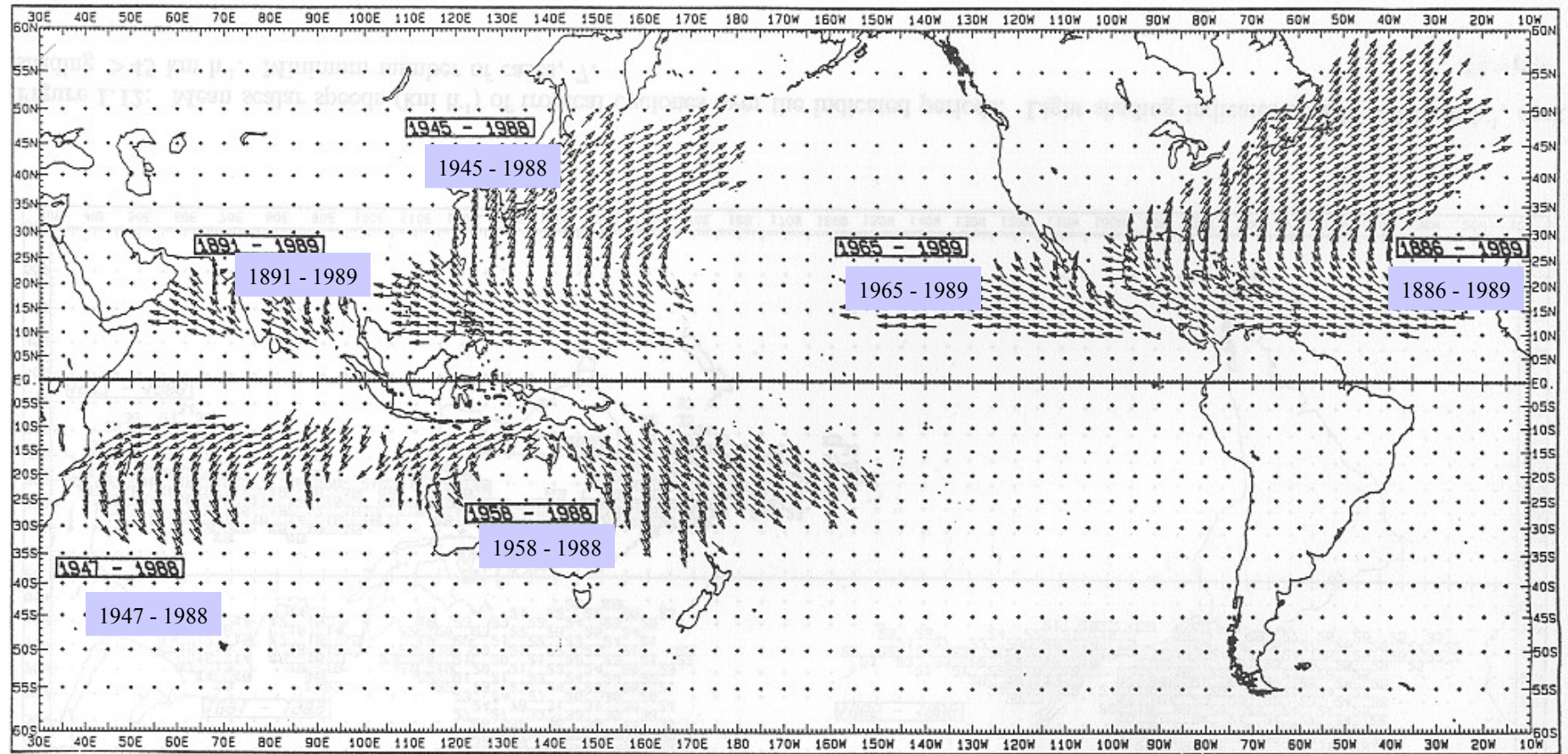
COMMONWEALTH
BUREAU OF METEOROLOGY



Fréquence annuelle d'occurrence : années La Niña.

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

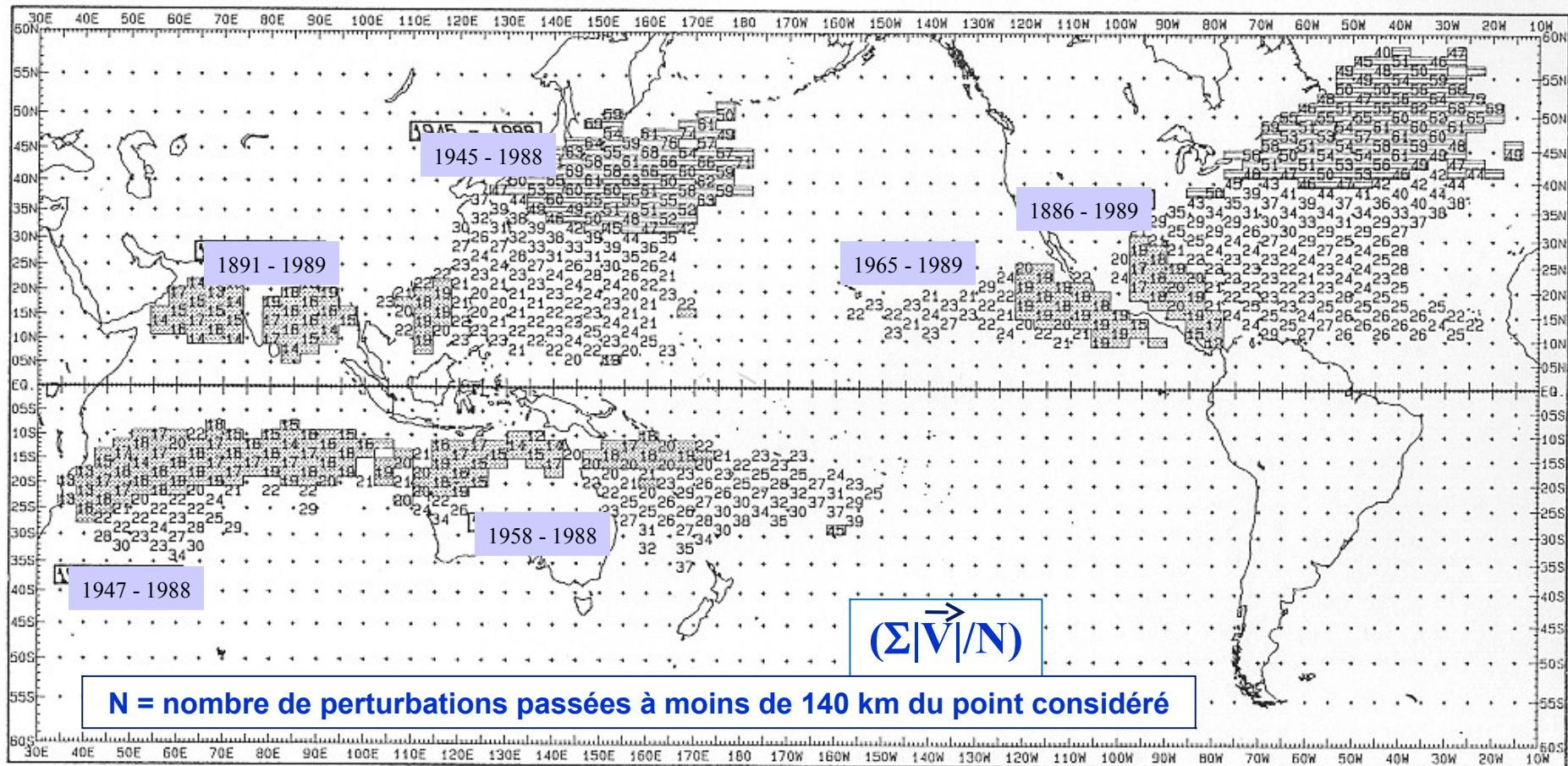
Direction moyenne de déplacement des perturbations tropicales



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

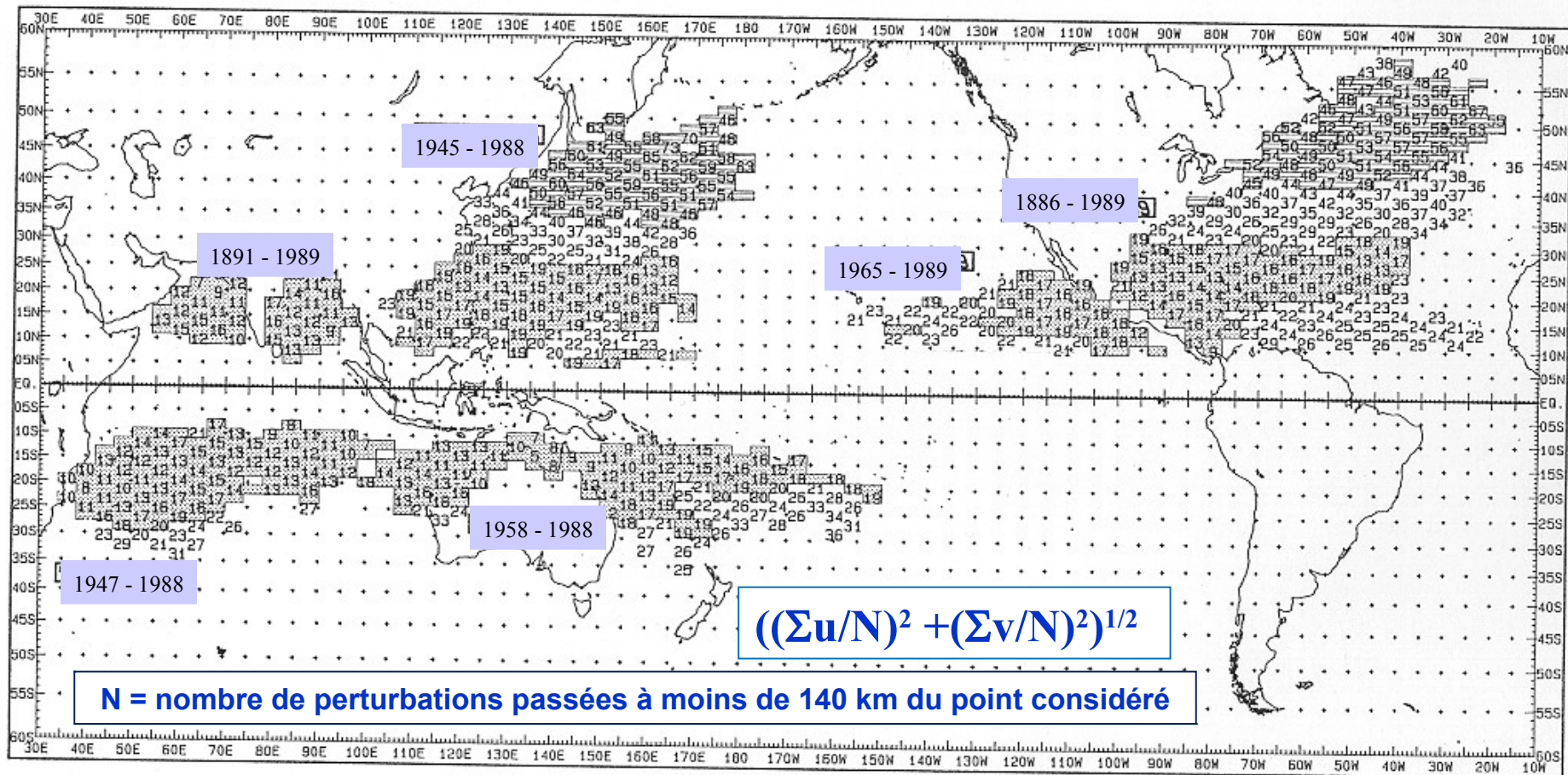


$\vec{V} = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$ Vecteur déplacement

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 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

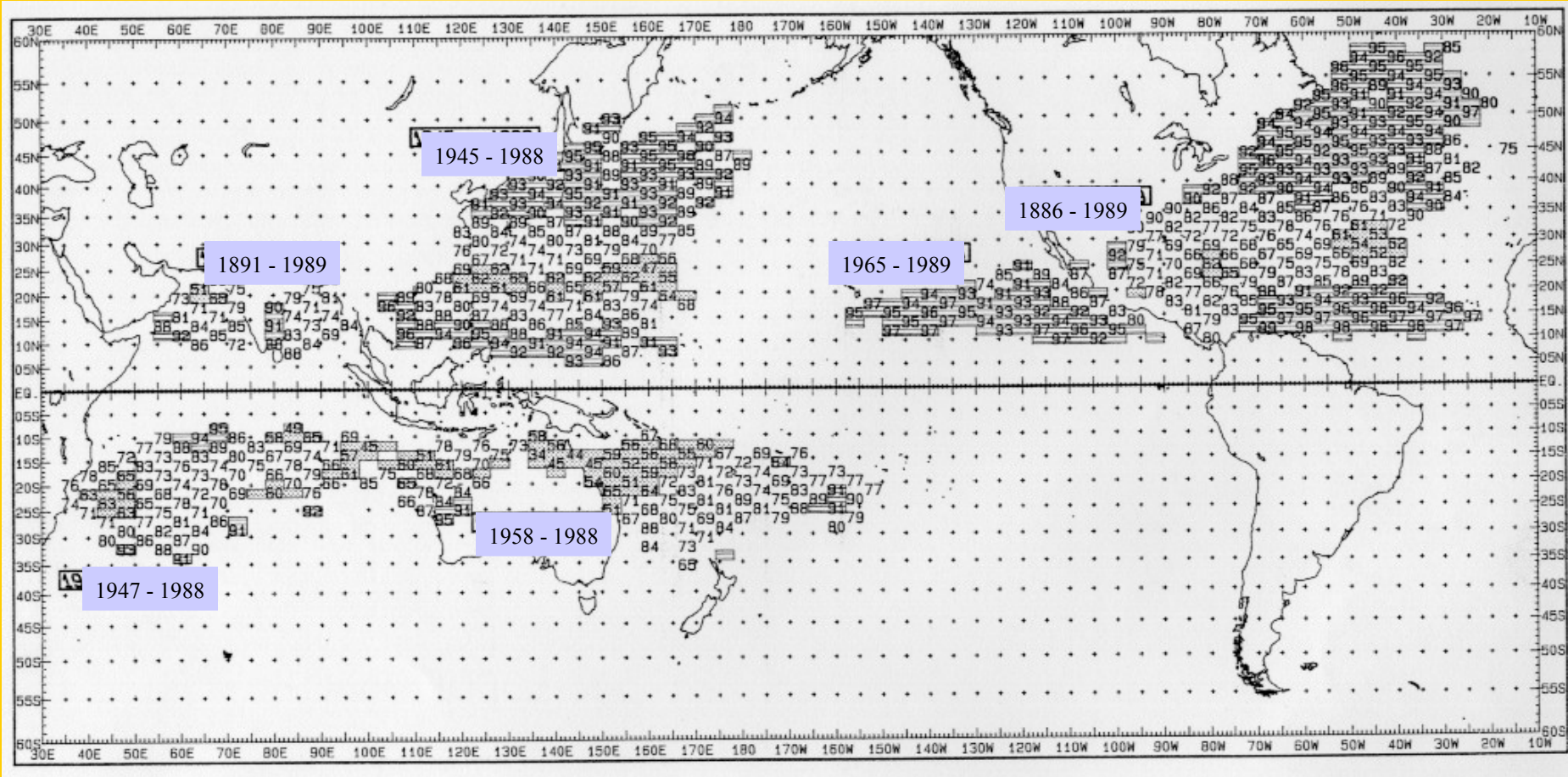


$\vec{V} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$ Vecteur déplacement

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 vector 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.

Régularité des déplacements des perturbations tropicales



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

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

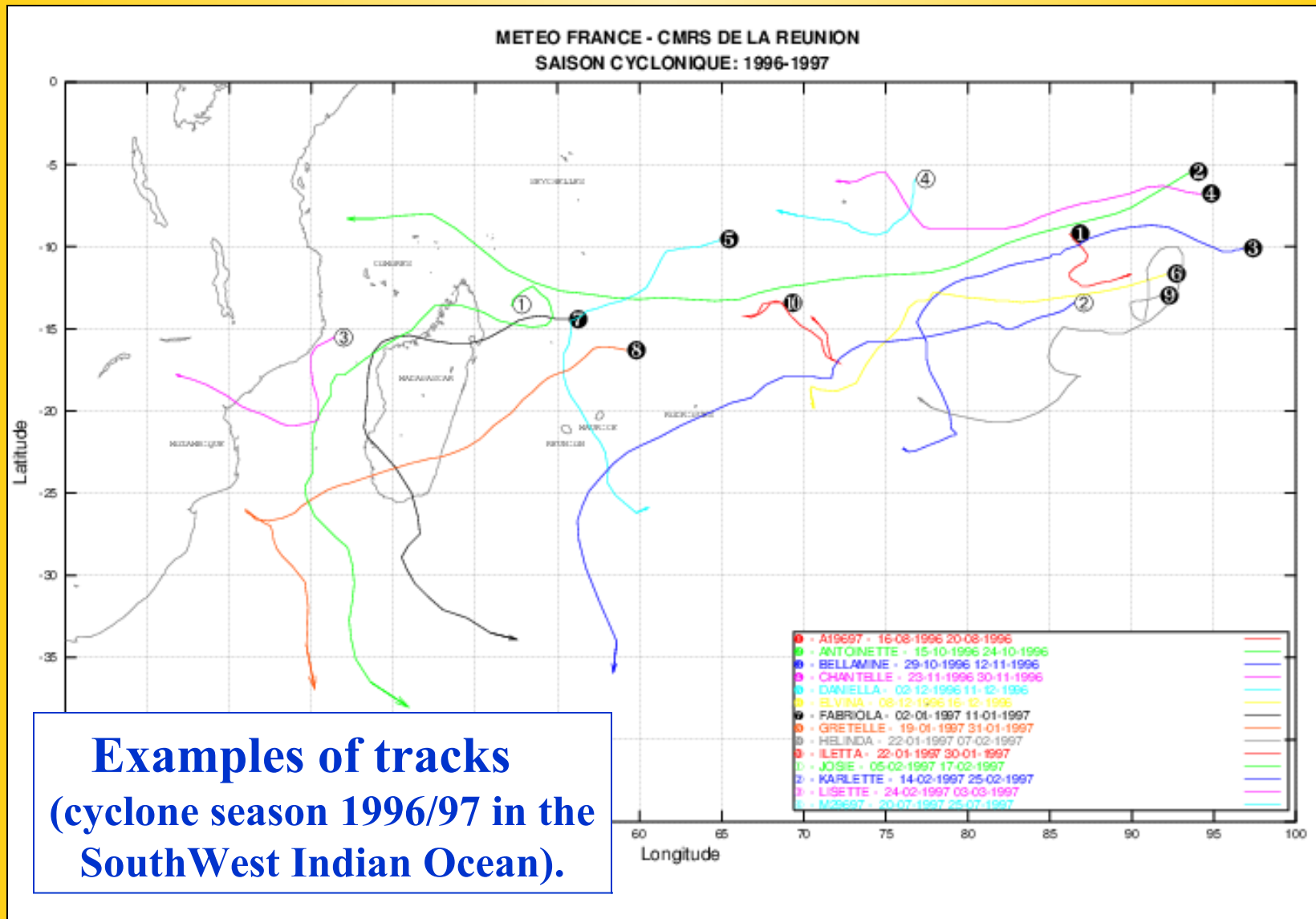
Steadiness of tropical cyclone motion (over the periods indicated in the different basins).

Index defined by $100 \cdot (\text{vector speed}) / (\text{scalar speed})$.

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)



Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope

$$\delta\zeta/\delta t = - \vec{V}_h \cdot \overrightarrow{\text{grad}\zeta} - \beta v - (f + \zeta) \cdot \text{div}\vec{V}_h \quad (1)$$

Vorticity equation (twisting and frictional terms omitted)

ζ = vertical component of the relative vorticity

f = Coriolis parameter

$\beta = df/dy$ (meridional gradient of the earth vorticity)

Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope

La tendance d'évolution du tourbillon va déterminer le déplacement du cyclone.

$$\delta\zeta/\delta t = - \vec{V}_h \cdot \overrightarrow{\text{grad}\zeta} - \beta v - (f + \zeta) \cdot \text{div}\vec{V}_h \quad (1)$$

The cyclone will be displaced toward (away from) the region with maximum cyclonic (anticyclonic) vorticity tendency.

Vorticity equation (twisting and frictional terms omitted)

ζ = vertical component of the relative vorticity

f = Coriolis parameter

$\beta = df/dy$ (meridional gradient of the earth vorticity)

Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope

$$\delta\zeta/\delta t = - \vec{V}_h \cdot \overrightarrow{\text{grad}\zeta} - \beta v - \underbrace{(\mathbf{f} + \zeta) \cdot \text{div}\vec{V}_h}_{=0} \quad (1)$$

= 0 for barotropic and non-divergent flow

Vorticity equation (twisting and frictional terms omitted)

ζ = vertical component of the relative vorticity

f = Coriolis parameter

$\beta = df/dy$ (meridional gradient of the earth vorticity)

Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope

$$\delta\zeta/\delta t = - \vec{V}_h \cdot \overrightarrow{\text{grad}\zeta} - \beta v \quad (2)$$

Vorticity equation (twisting and frictional terms omitted)

ζ = vertical component of the relative vorticity

f = Coriolis parameter

$\beta = df/dy$ (meridional gradient of the earth vorticity)

Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope

$$\delta\zeta/\delta t = - \underbrace{\overline{\mathbf{V}_h} \cdot \overline{\text{grad}\zeta}}_{\text{Advection term (by the mean flow)}} - \beta v \quad (2)$$

Advection term
(by the mean flow)

Vorticity equation (twisting and frictional terms omitted)

ζ = vertical component of the relative vorticity

f = Coriolis parameter

$\beta = df/dy$ (meridional gradient of the earth vorticity)

Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope

$$\delta\zeta/\delta t = - \underbrace{\vec{V}_h \cdot \overline{\text{grad}\zeta}}_{\text{Advection term (by the mean flow)}} - \beta v \quad (2)$$

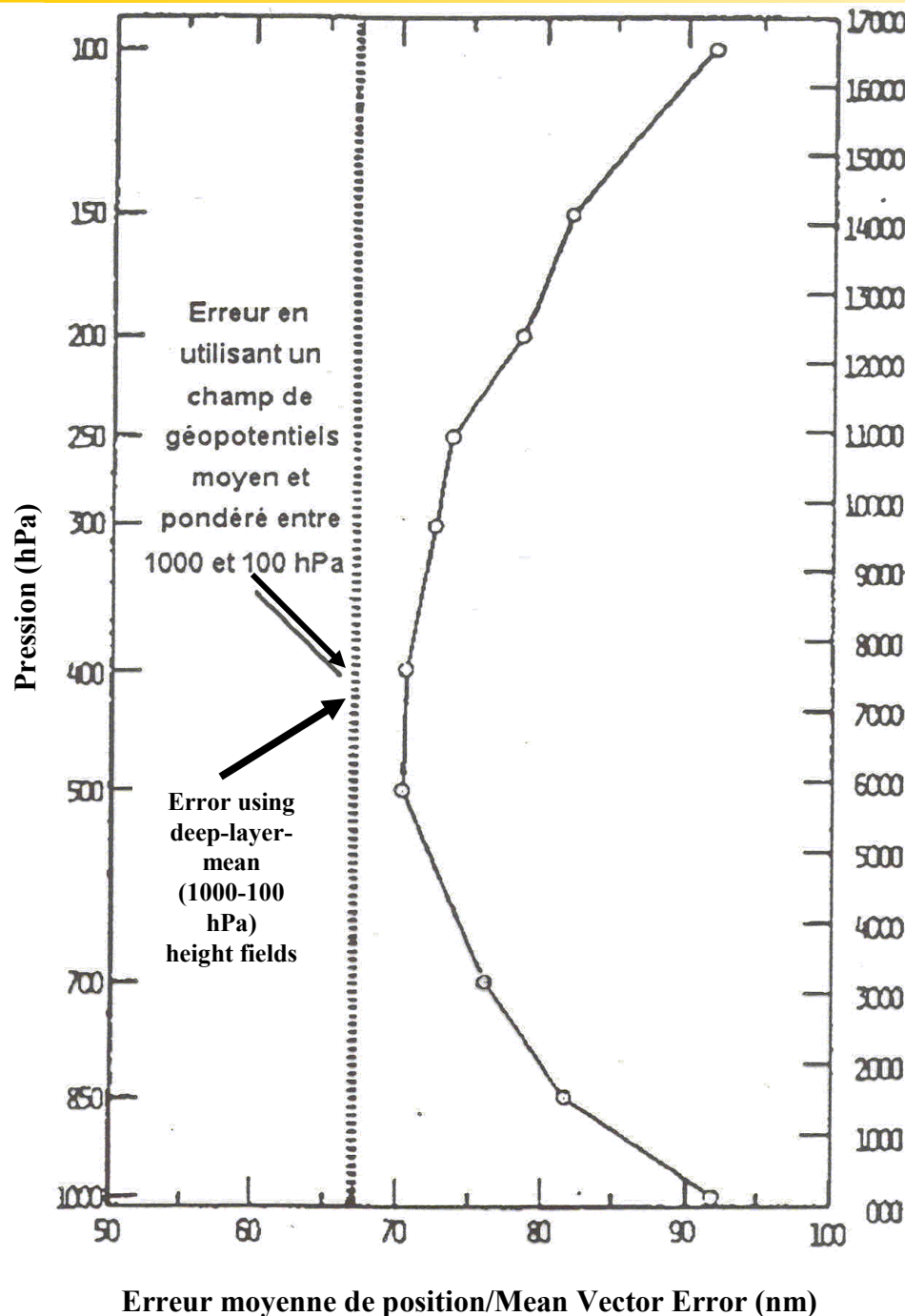
Advection term
(by the mean flow)



"Steering" concept : the cyclone tends to move with the speed and direction of the deep-layer environmental flow.

The steering flow can account for 30 to 80% of the variability of the 24-72h TC's motion.

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



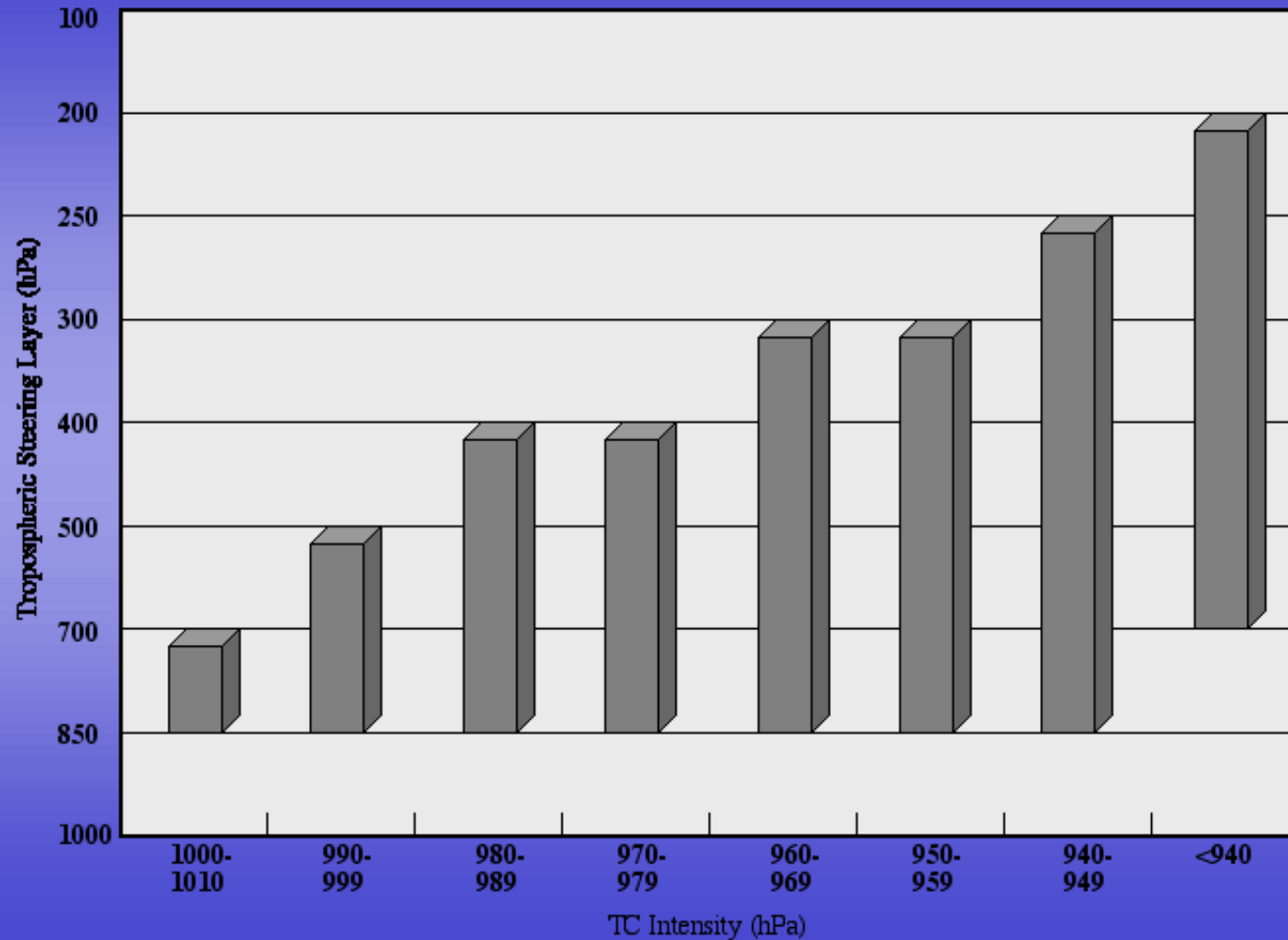
Prévisions à 12 heures produites par 10 modèles simples ayant leurs prédicteurs choisis parmi l'un des 10 niveaux standards.

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).

Niveaux influençant le flux directeur en fonction de l'intensité

TC Intensity Vs. TC Environmental Steering



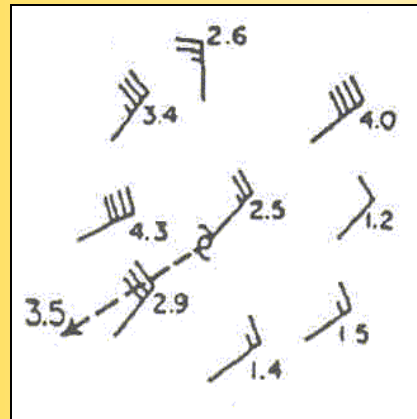
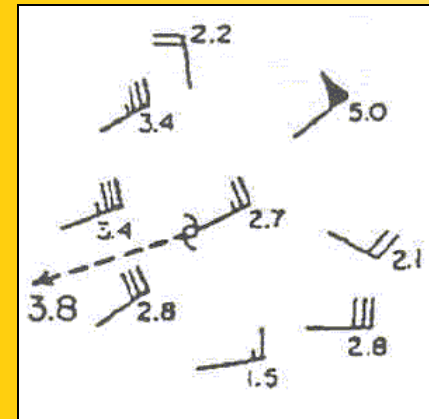
TC steering layer as a function of intensity (Velden, 1993, AMS 20th)

Comparaison du déplacement moyen et du courant de base

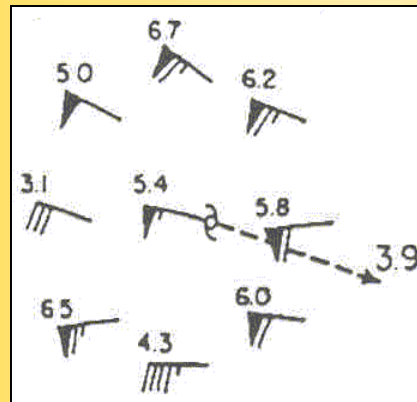
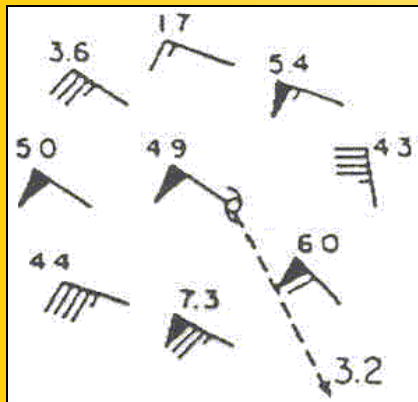
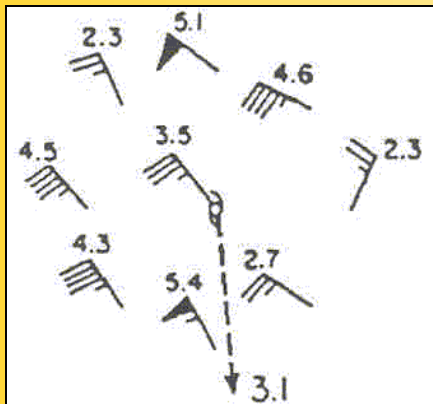
Cas de cinq cyclones composites de l'hémisphère sud (d'après Holland 1984).

Le flux est un flux moyen pondéré entre 800 et 300 hPa. Le courant de base moyen est représenté au centre, la flèche en tiretés 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

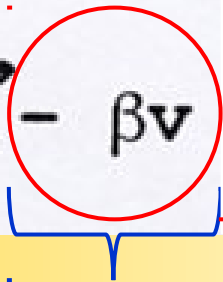


Comparison between mean motion and environmental basic currents for 5 composite southern hemisph. cyclones (from Holland 1984).

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.

Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope Effet Béta (1)

$$\delta\zeta/\delta t = - \vec{V}_h \cdot \overrightarrow{\text{grad}\zeta} - \beta v \quad (2)$$


Beta effect term

Vorticity equation (twisting and frictional terms omitted)

ζ = vertical component of the relative vorticity

f = Coriolis parameter

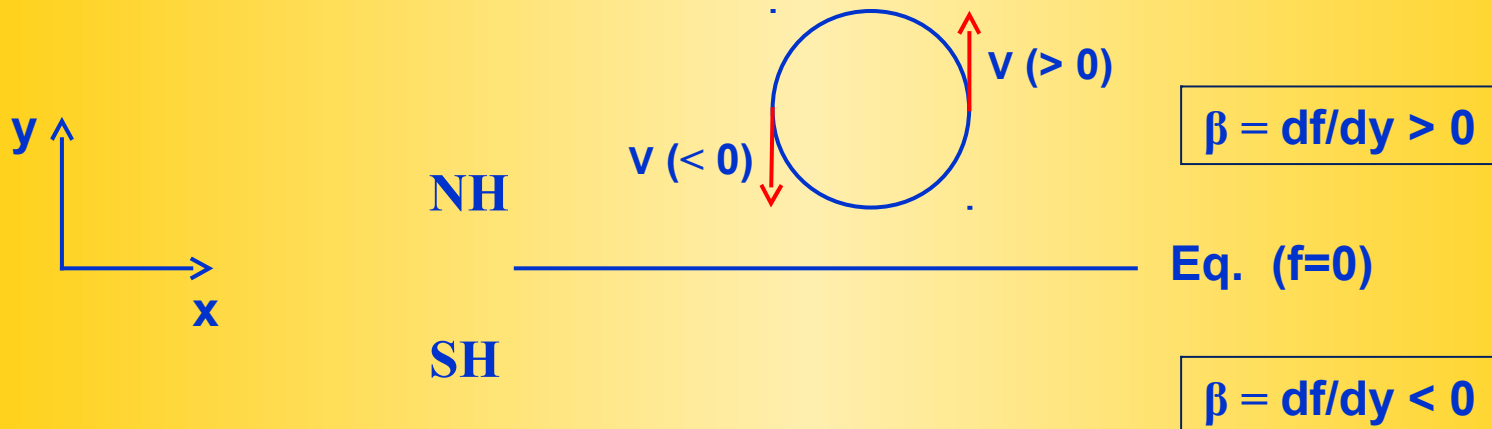
$\beta = df/dy$ (meridional gradient of the earth vorticity)

Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope Effet Béta (2)

$$\delta\zeta/\delta t = - \vec{V}_h \cdot \overrightarrow{\text{grad}\zeta} - \underbrace{\beta v}_{\text{Beta effect term}} \quad (2)$$

Effet Beta = advection de tourbillon planétaire.

Beta effect term

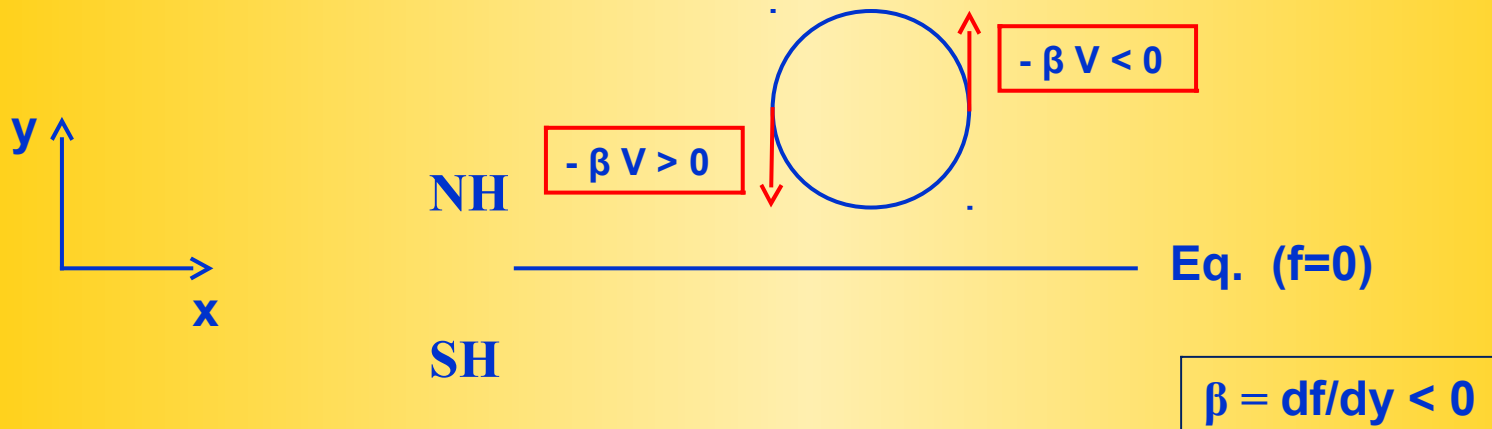


Equation d'évolution (simplifiée) du tourbillon en atmosphère barotrope Effet Béta (3)

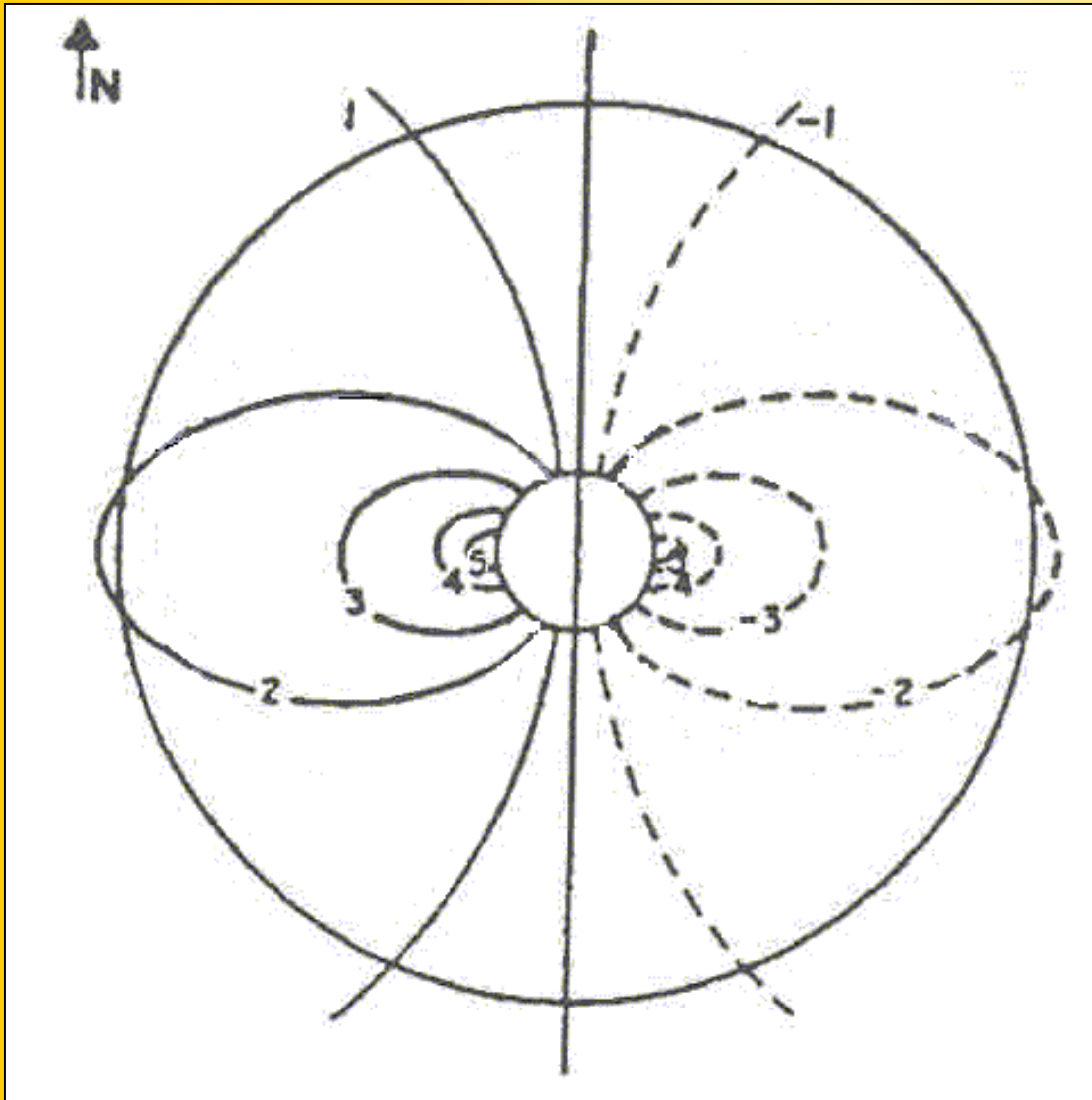
$$\delta\zeta/\delta t = - \vec{V}_h \cdot \overrightarrow{\text{grad}\zeta} - \beta v \quad (2)$$

The beta effect accounts for 15-20% (up to 2 m/s) of TC motion.

Beta effect term



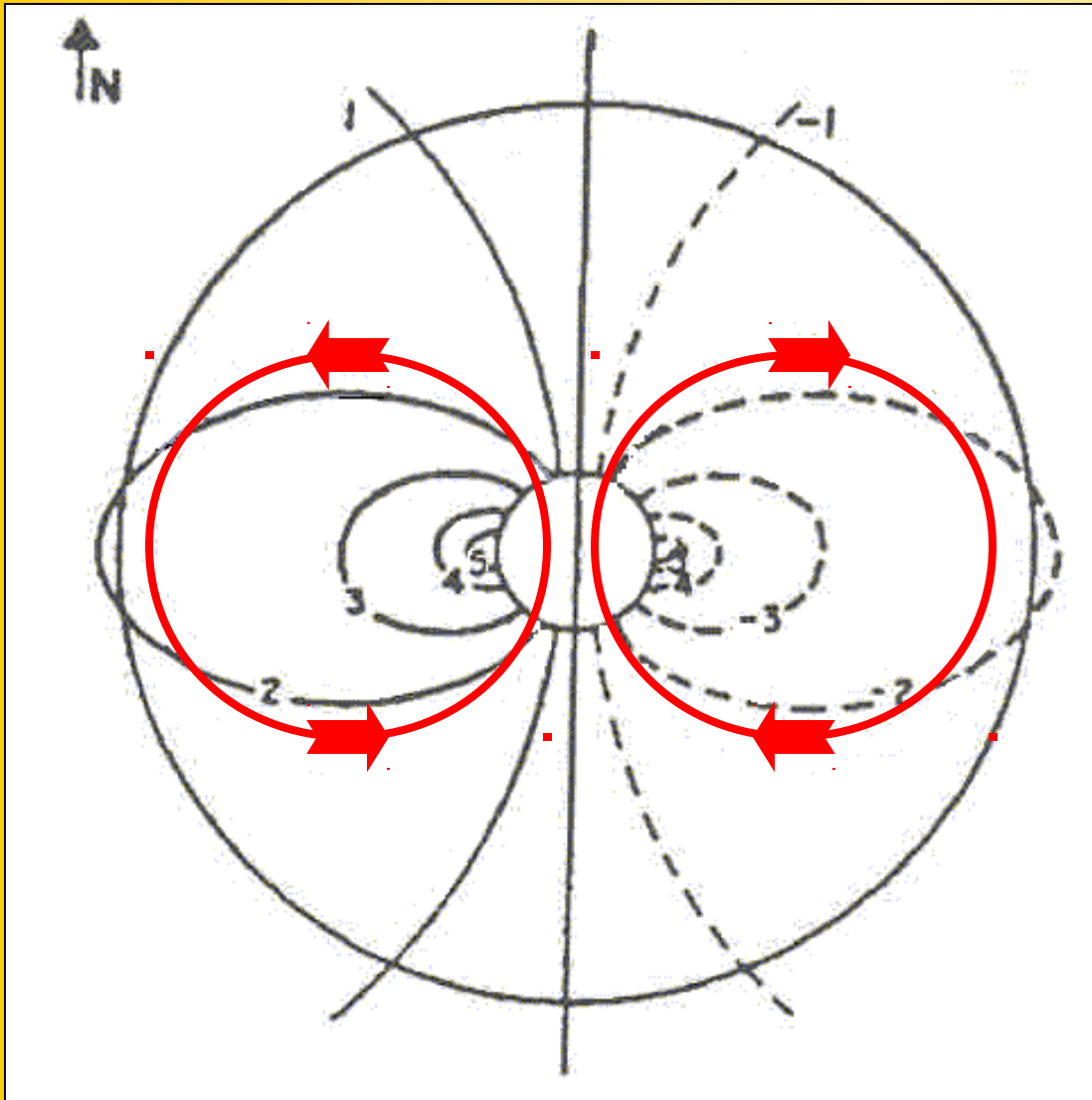
Effet Béta (4)



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).

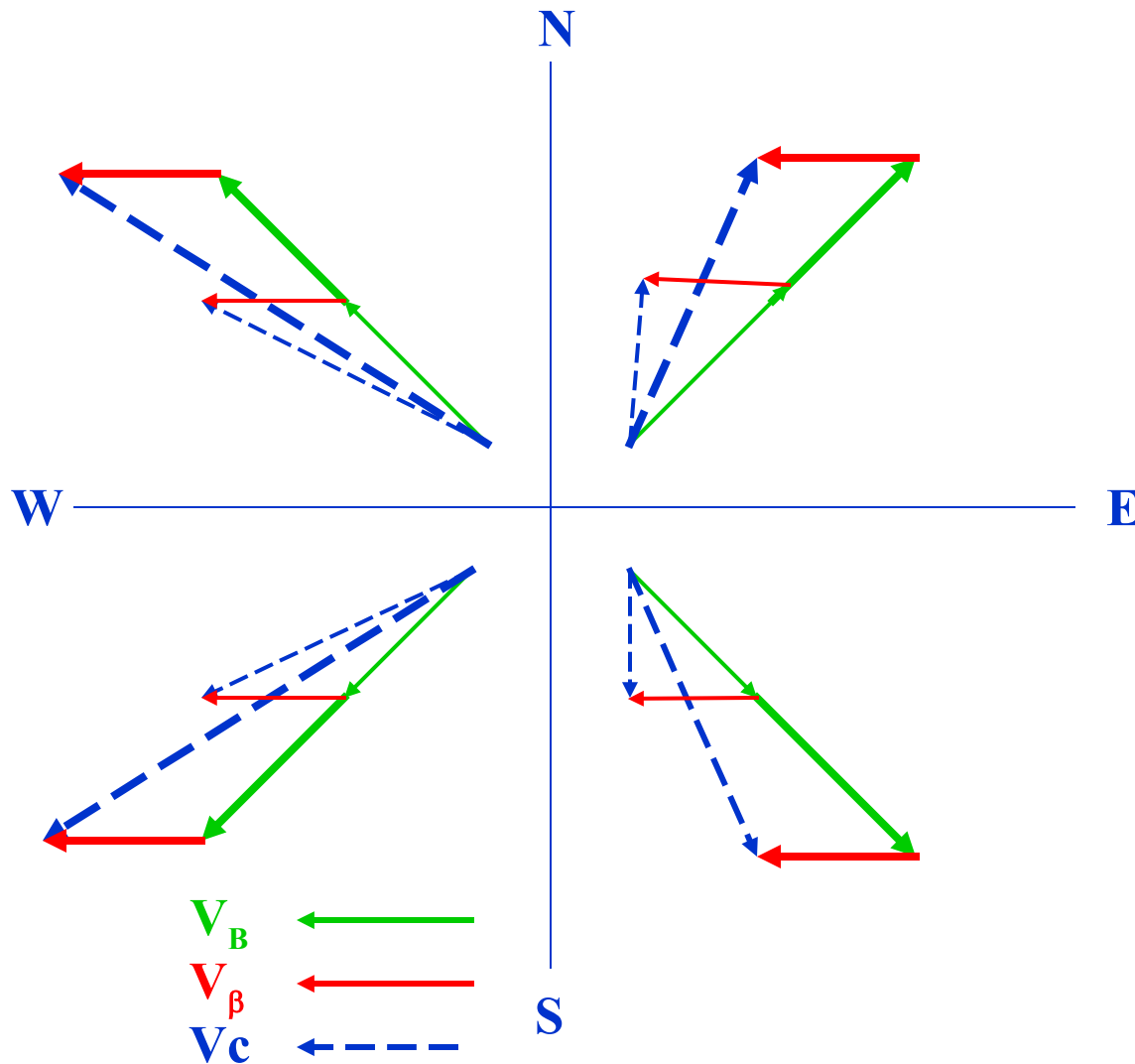
Effet Béta (5)



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 (6)

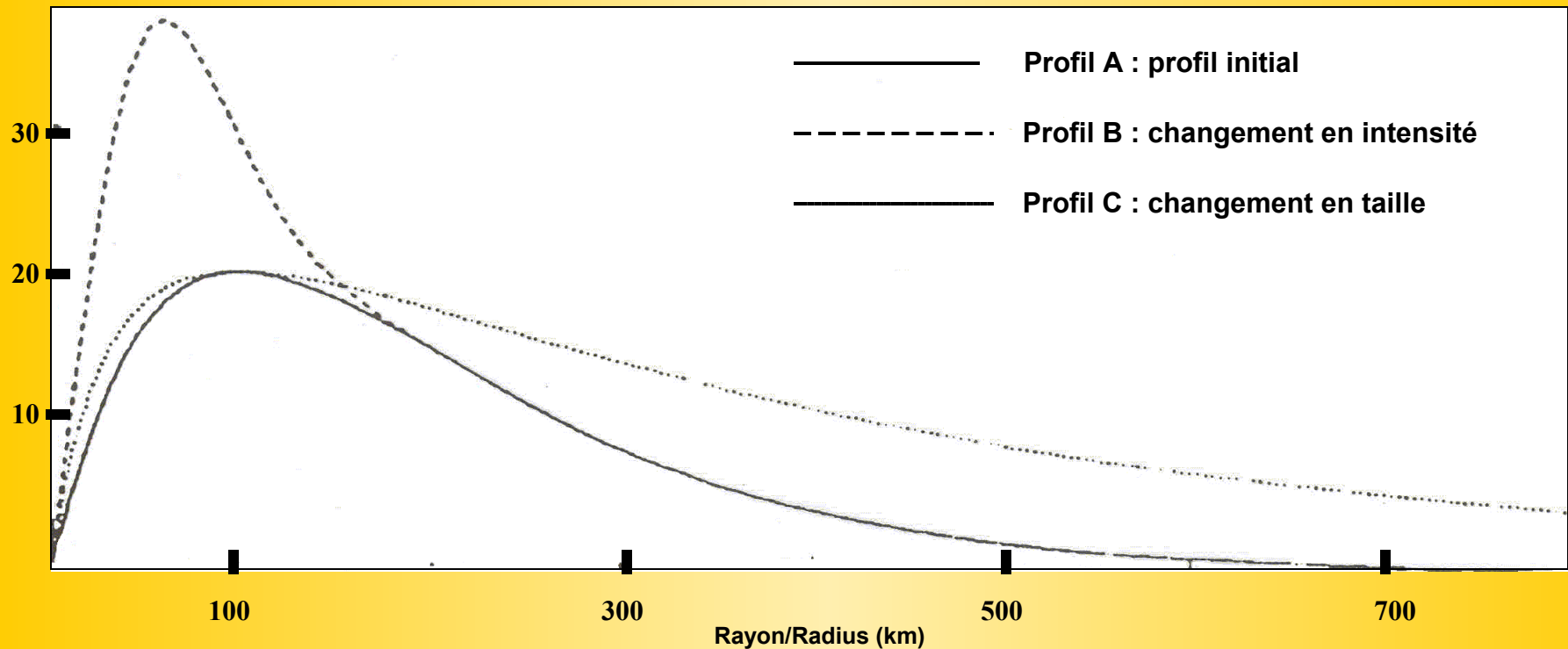


Représentation schématique de la composition de l'effet β (V_β) et de différents flux de base (V_b), et du mouvement (V_c) en résultant pour un cyclone tropical (d'après Holland).

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).

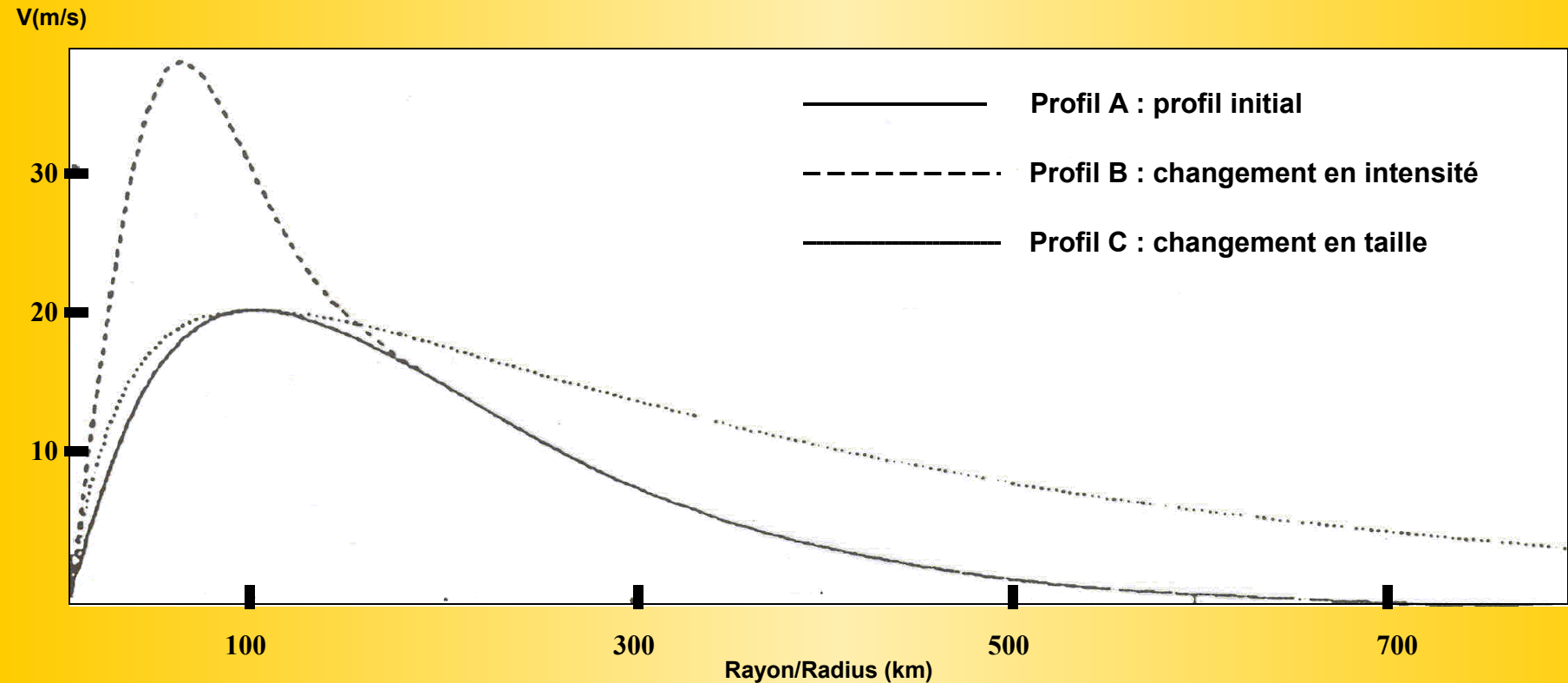
Profils du vent tangentiel, illustrant un changement en intensité ou en taille

V(m/s)



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).

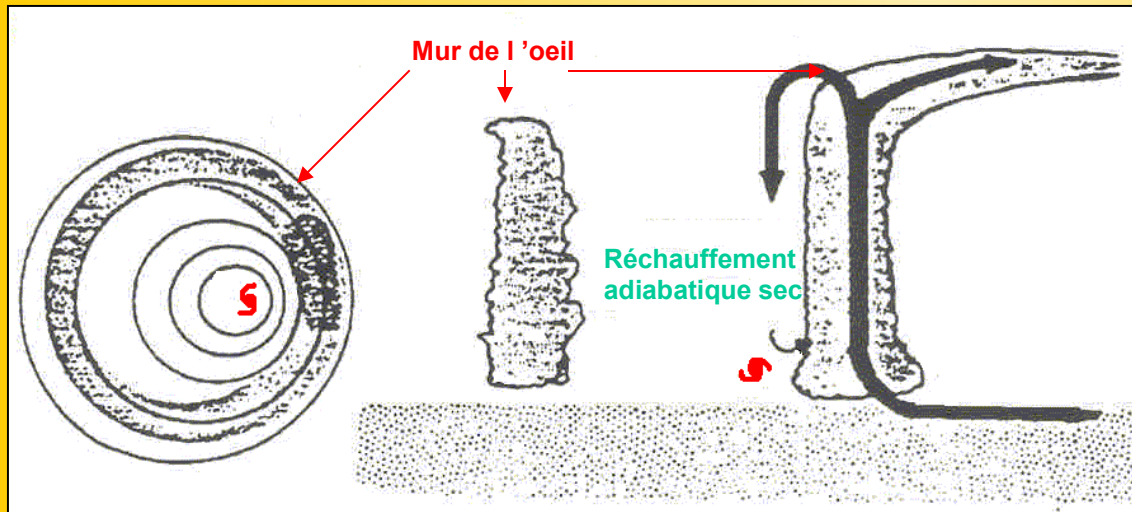
Profils du vent tangentiel, illustrant un changement en intensité ou en taille



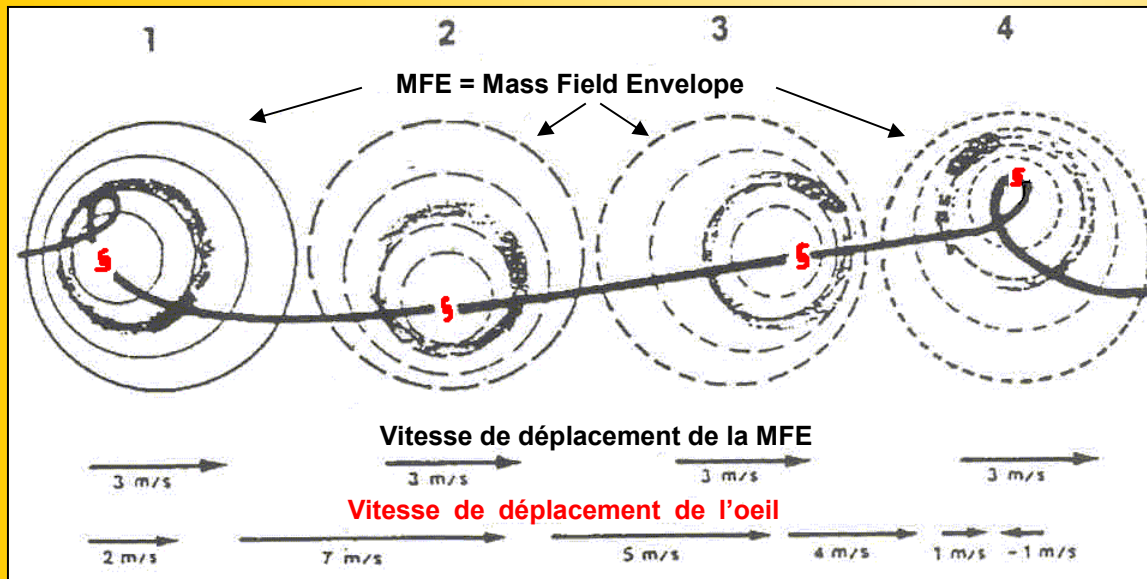
Tangential wind profiles to illustrate change in intensity (case B, dashed) or change in size (case C, dotted) for a tropical cyclone (case A, initial profile).

A cyclone with profile C will have a northwestward displacement (in the NH) that is nearly twice that of profile A, while there will virtually be no difference for a cyclone with profile B.

Représentation schématisque 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.



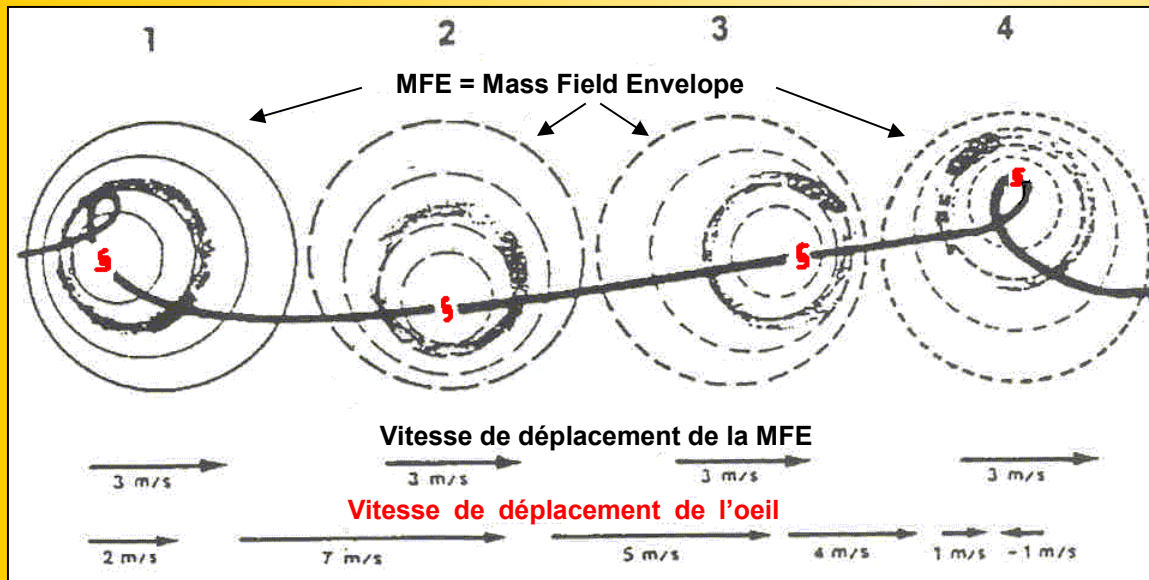
The trochoidal movement may result from a warm spot in the tropical cyclone eyewall.

Le mouvement trochoïdal

Nombre de trajectoires connaissent de telles oscillations trochoïdales autour du mouvement moyen.

Ces oscillations trochoïdales peuvent être sujettes à mauvaise interprétation (changement de trajectoire).

Les oscillations trochoïdales sont souvent lissées ou ignorées dans les best-tracks officielles.



Many storms experience « wobbles » or oscillations with respect to their time averaged motion vector.

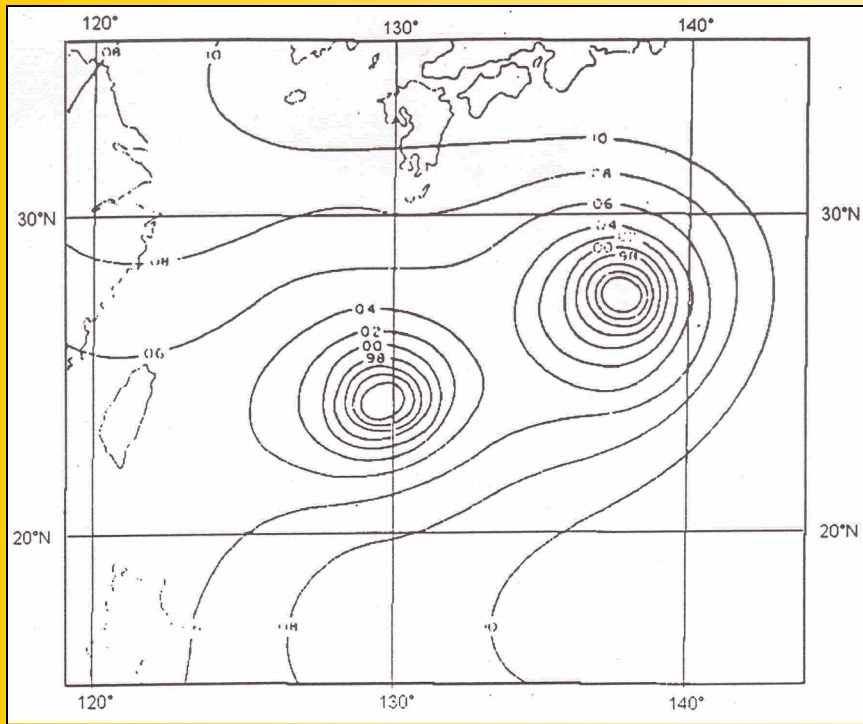
Trochoidal motions may be misinterpreted as "turns" ...

Trochoidal wobbles are often removed from the official best-track.

Illustration de l'effet FUJIWHARA

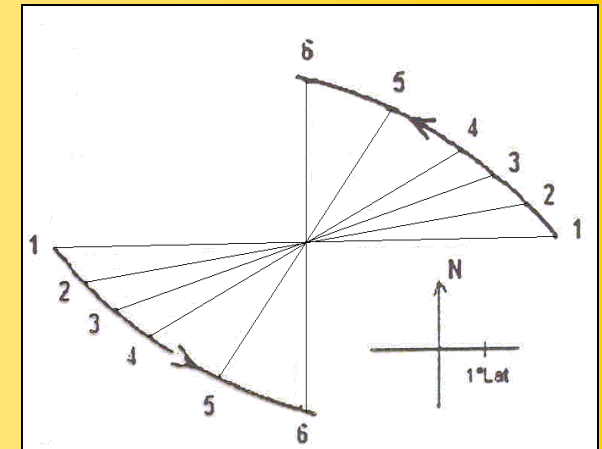
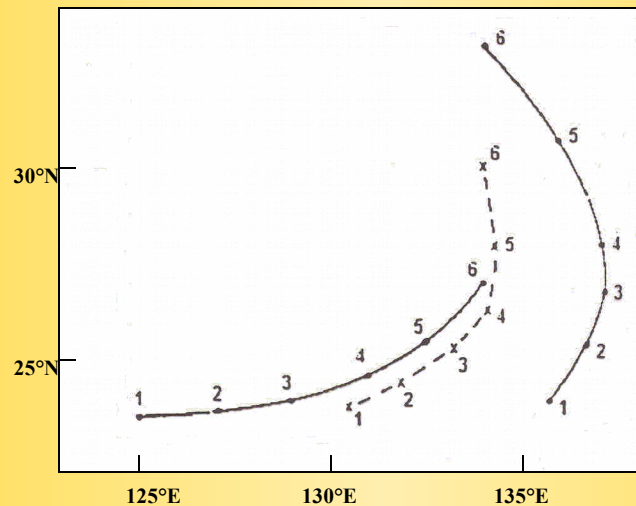
Analyse en surface du 25/08/1945
sur le Pacifique Nord-Ouest.

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



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

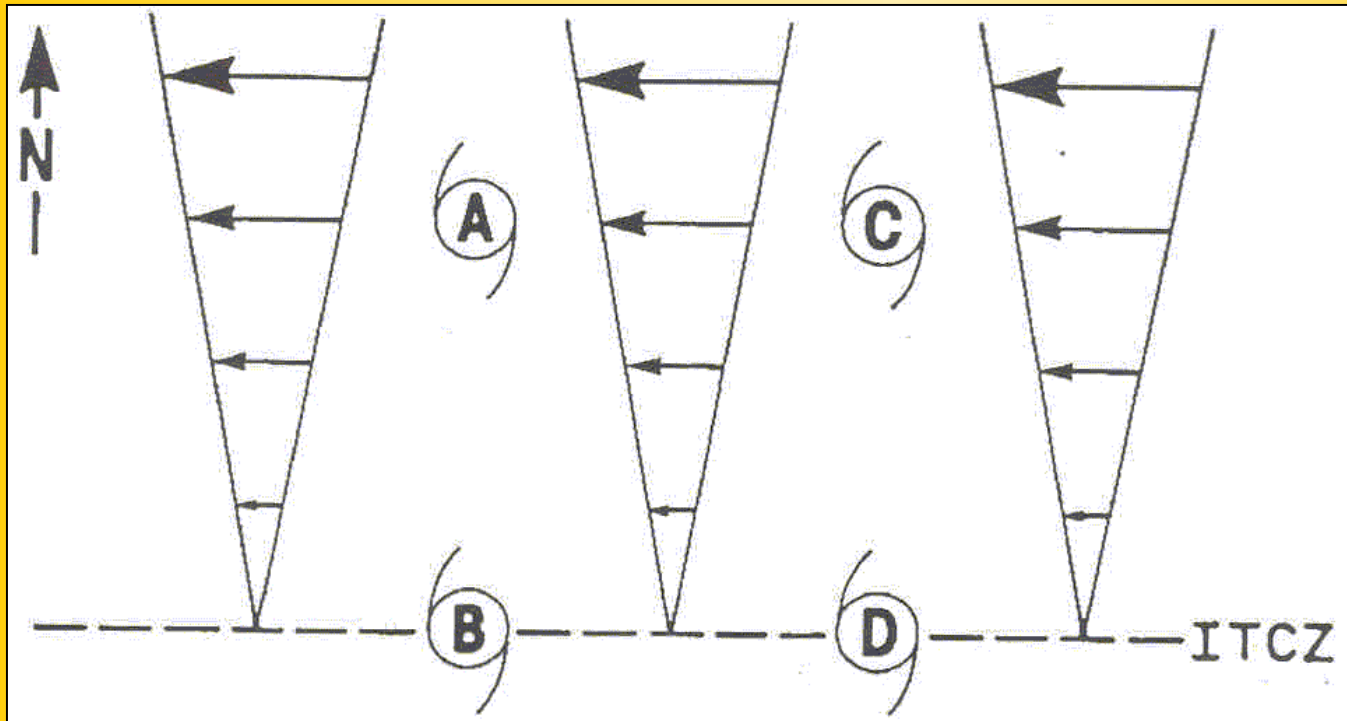
Tracks of the 2 cyclones
and of their centroid of
rotation (12 hourly
positions starting
08/24/1945).



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)

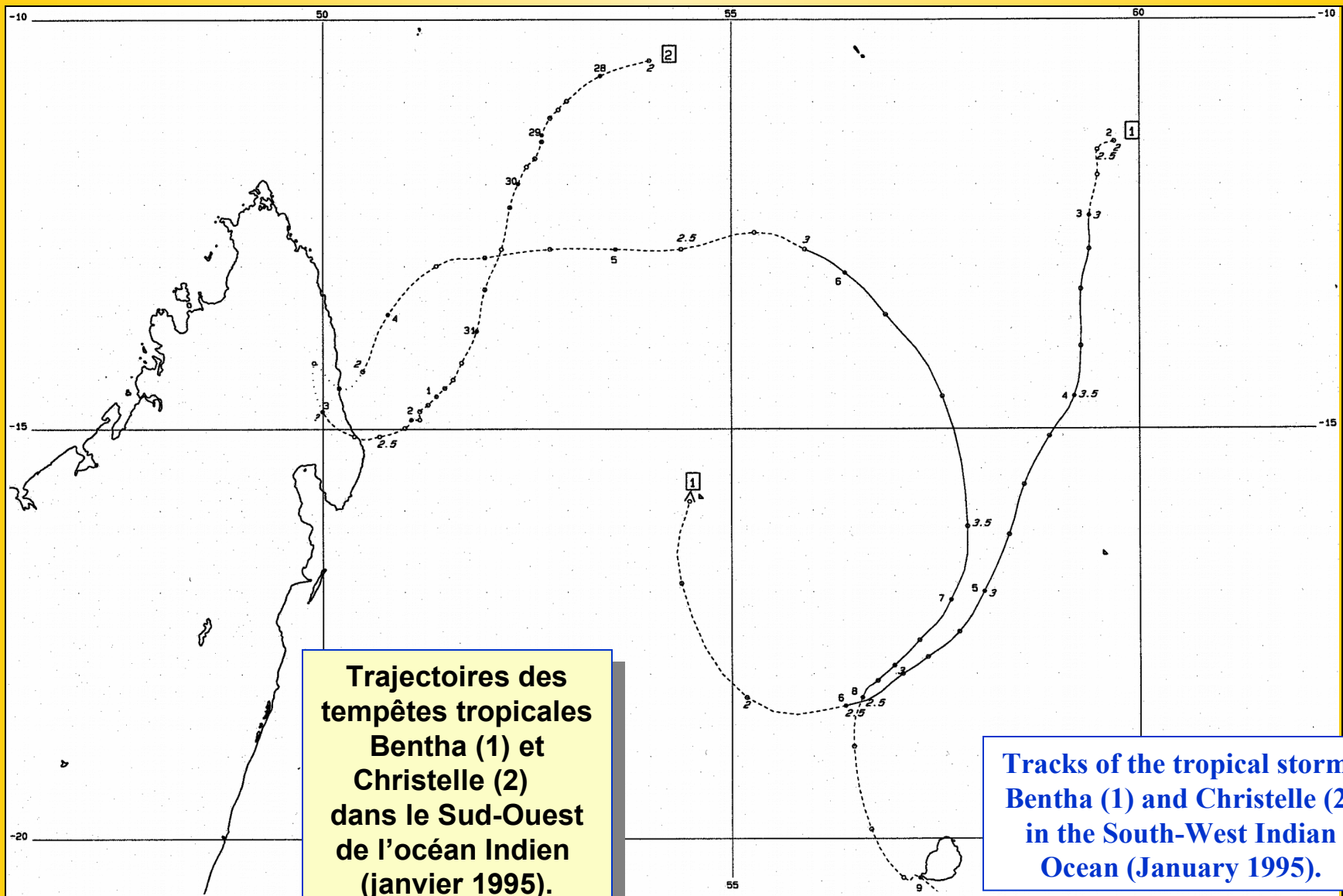


Schematic indicating influence of ITCZ-type horizontal wind shear on the relative motion of binary tropical cyclones.

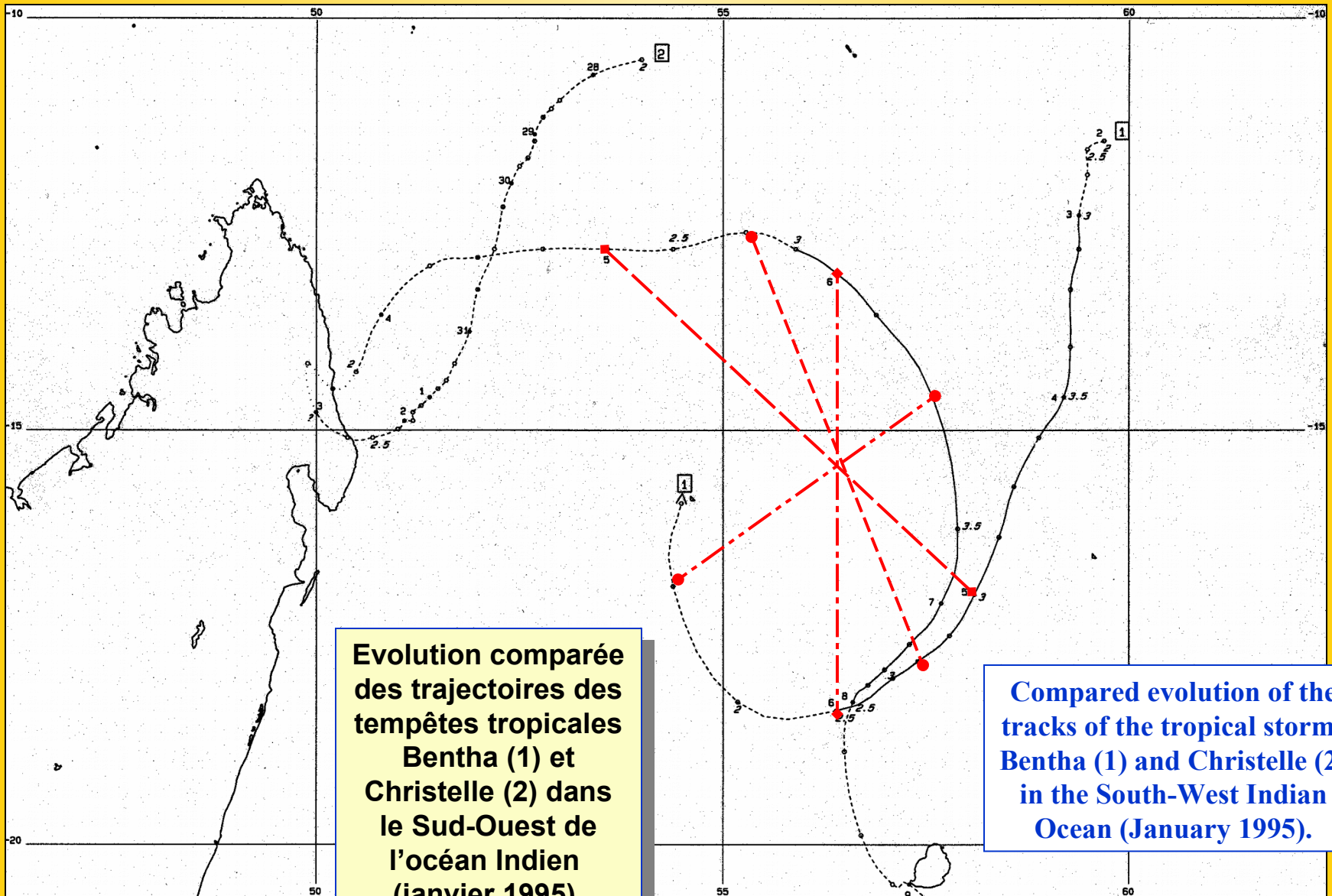
Les paires A/B ou C/D, contrairement aux paires A/C ou B/D, devraient voir une tendance accrue à la rotation dans le sens cyclonique. Ceux de la paire B/C devraient avoir une tendance marquée à se rapprocher, tandis qu'en raison du cisaillement, ceux de la paire A/D devraient avoir tendance à s'écarter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

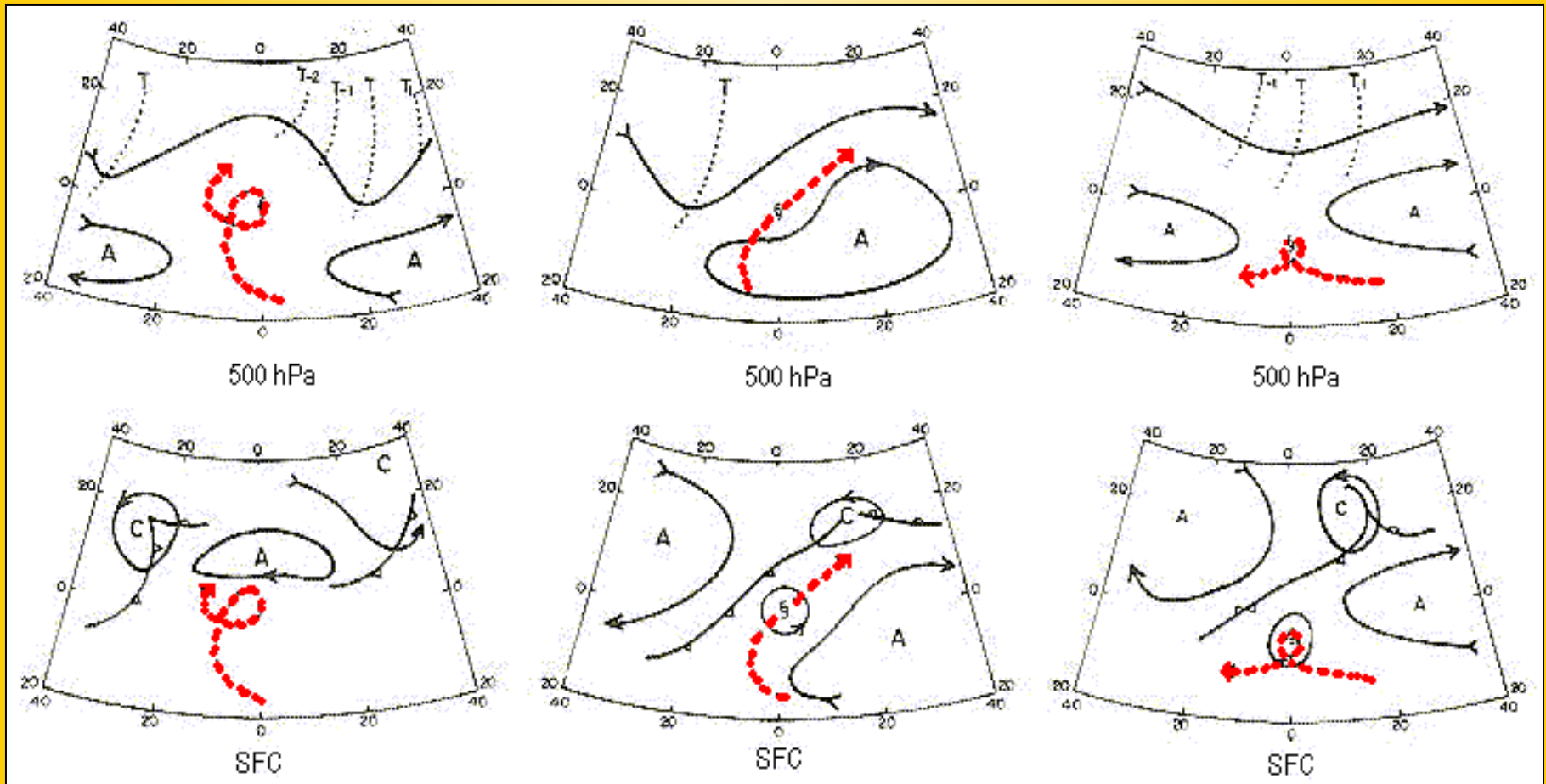
Effet FUJIWHARA (1)



Effet FUJIWHARA (2)



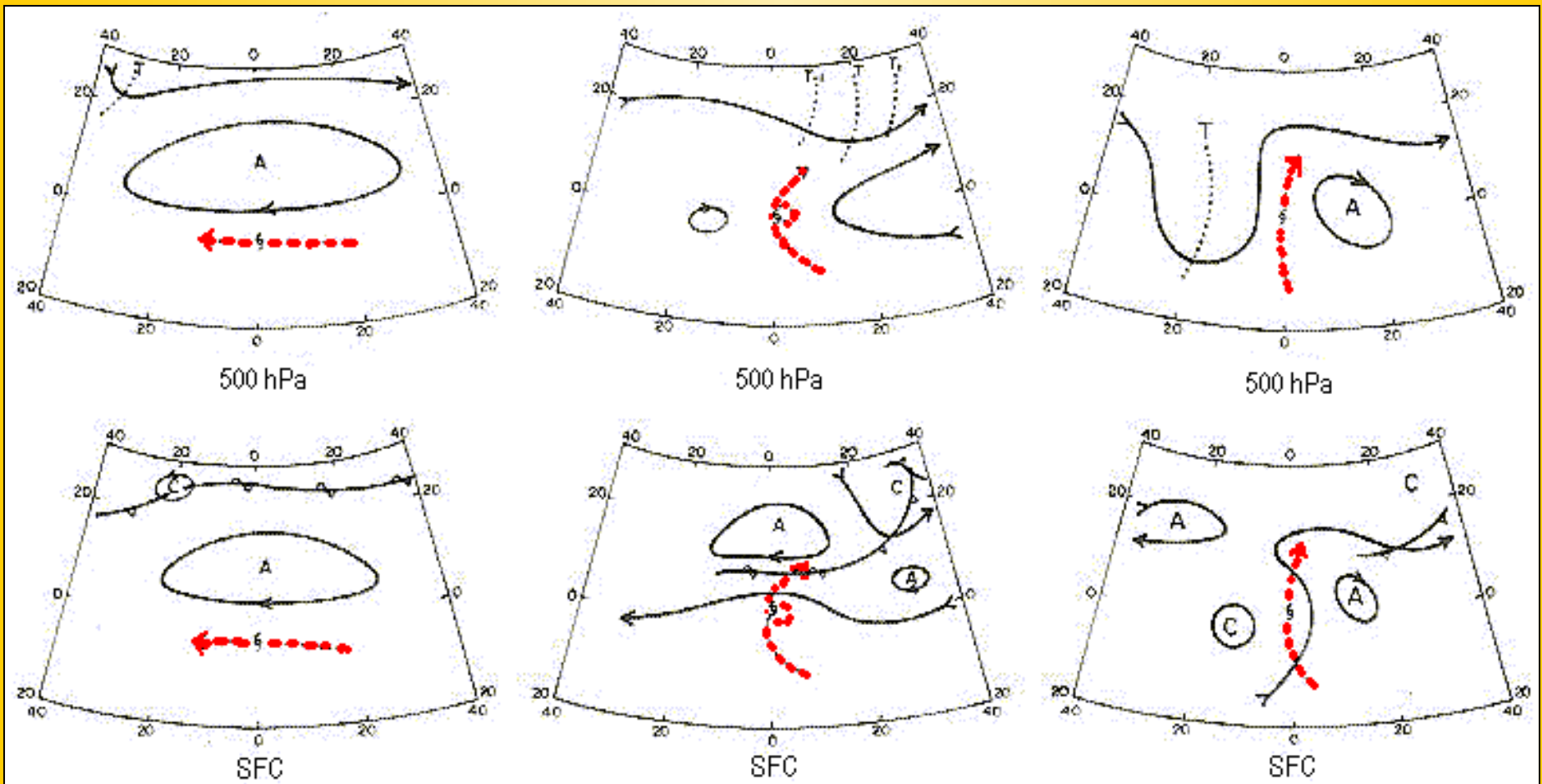
Quelques situations types de déplacement (1)



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

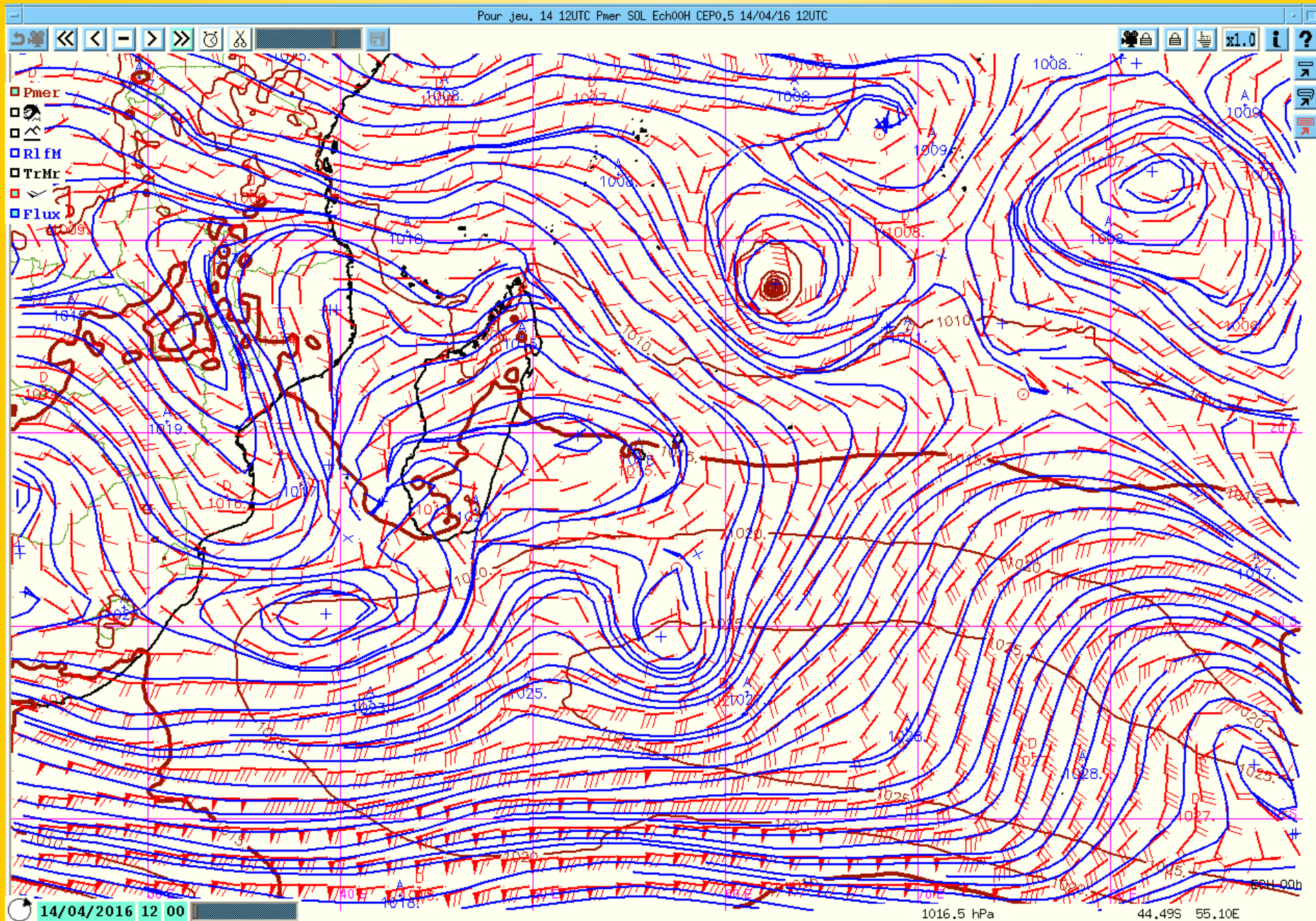
Idealized 500 hPa pattern (above) and corresponding surface pattern (below) depicting the type of motion predicted.

Quelques situations types de déplacement (2)

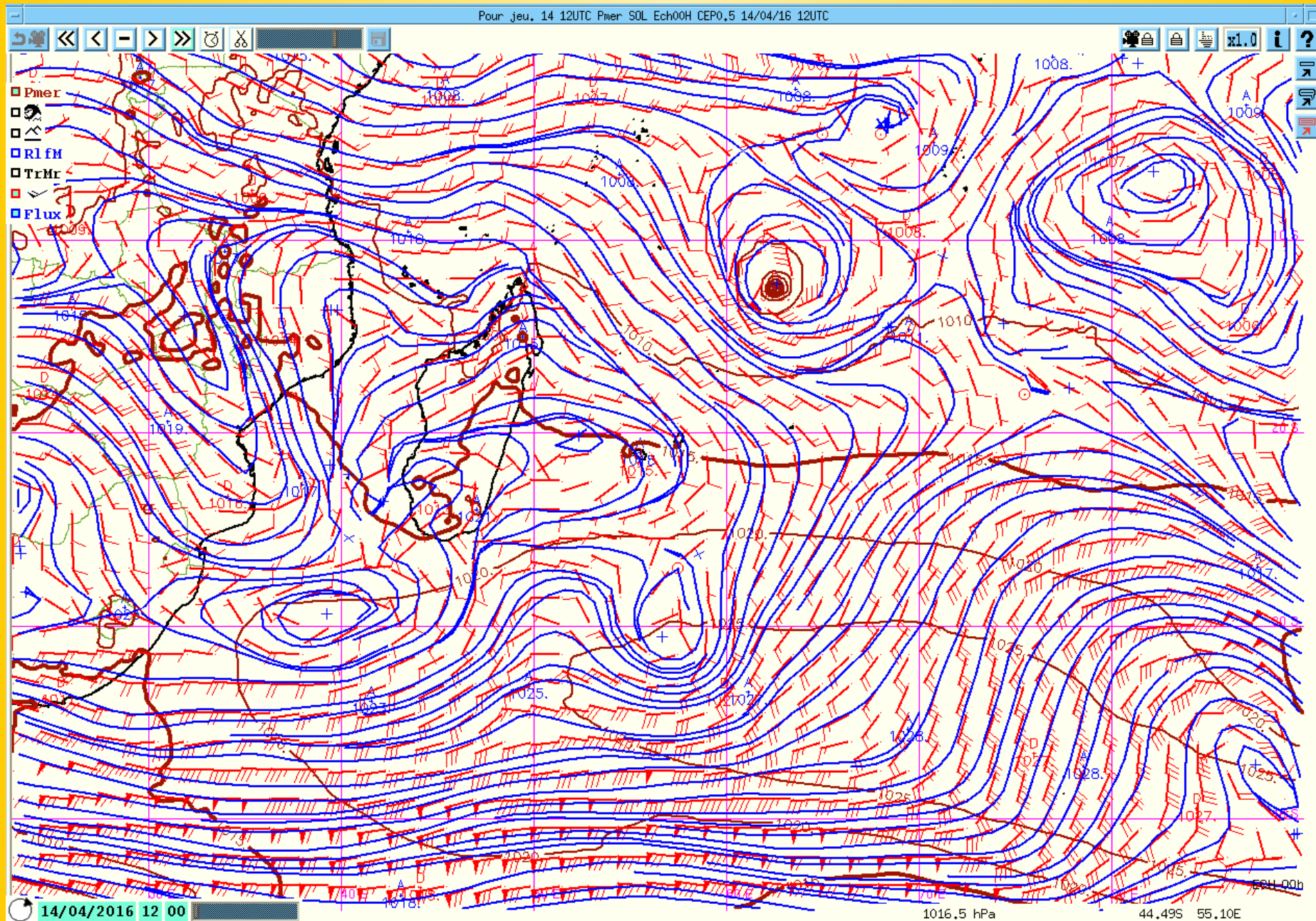


Schémas idéalisés des configurations à 500 hPa et des configurations correspondantes en surface, associées à différents types de déplacement.

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

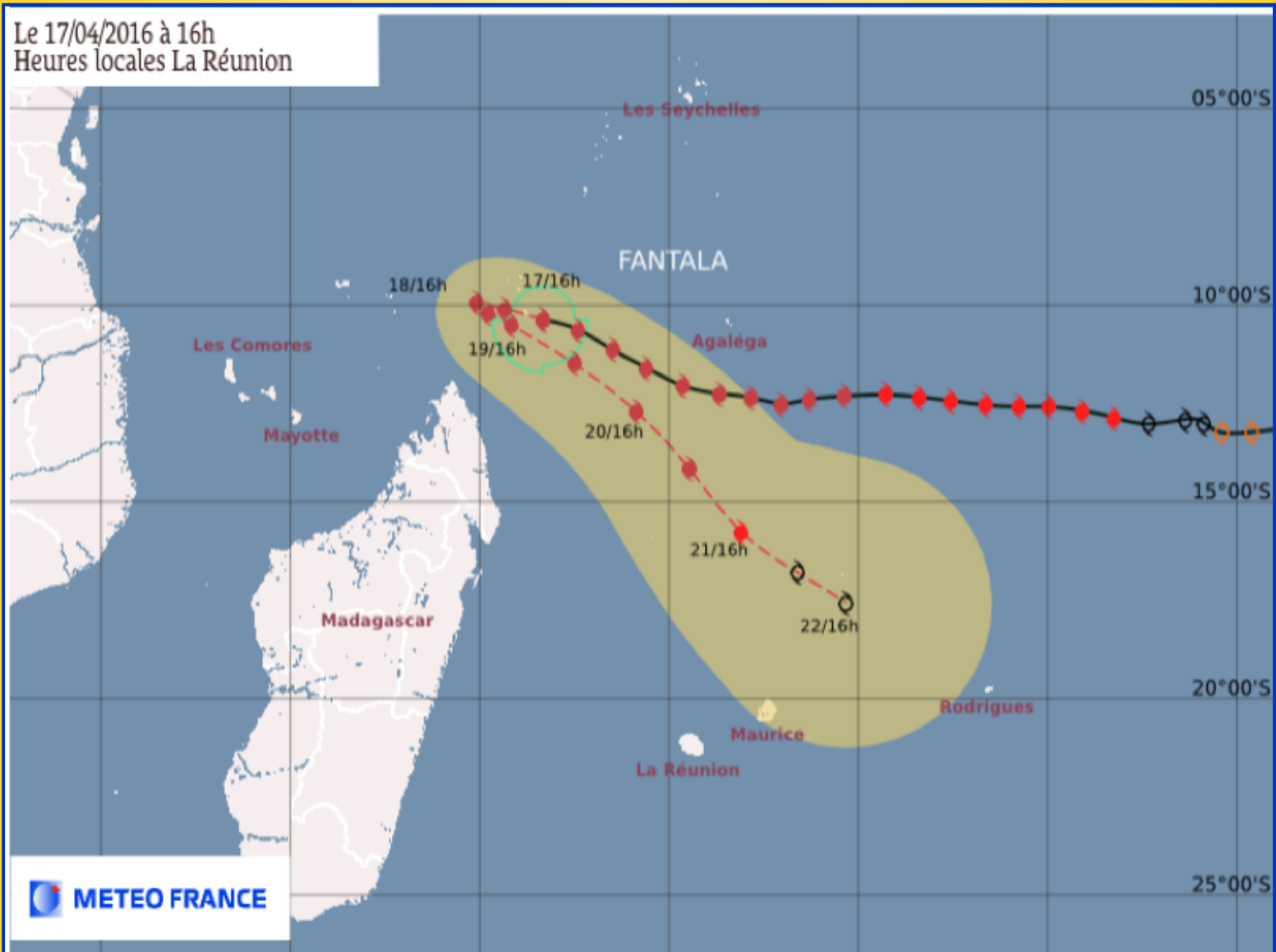


Pmer et Flux à 500 hPa : prévision du modèle du CEP du 14/04/2016 à 12 utc



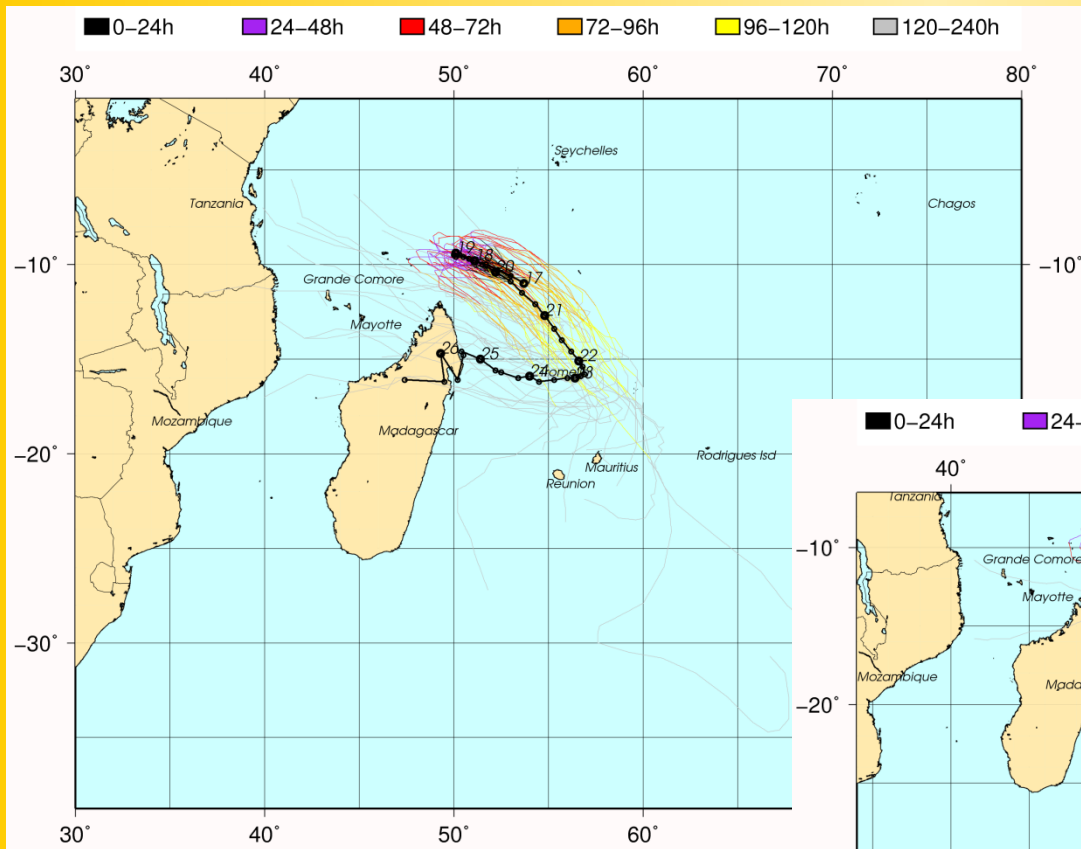
**Pmer et Flux à 500 hPa : prévision du modèle du CEP du 17/04/2016 à 00
utc**

TC FANTALA TRACK FORECAST

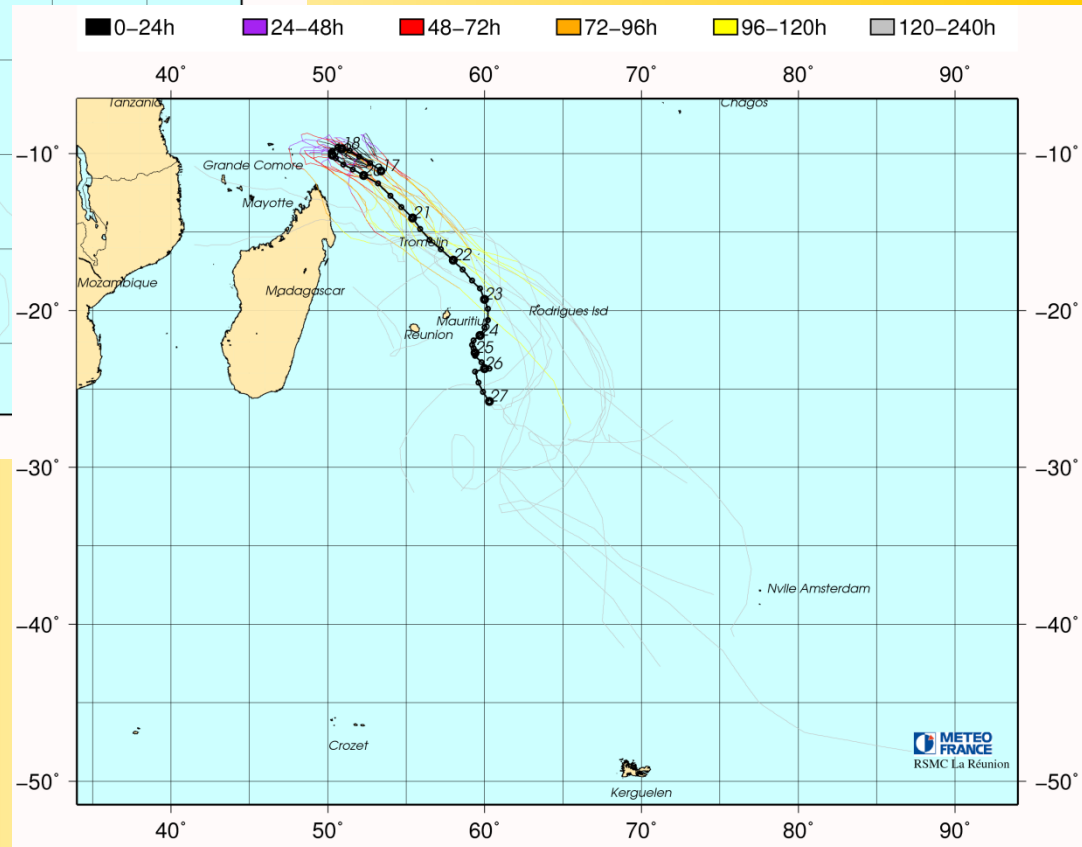


RSMC La Reunion : track forecast 17 April 2016 at 12 utc.

TC FANTALA TRACK FORECAST



**Prévisions d'ensemble du
17/04/2016 à 00 utc
(EPS ci-contre, GEFS ci-dessous)**



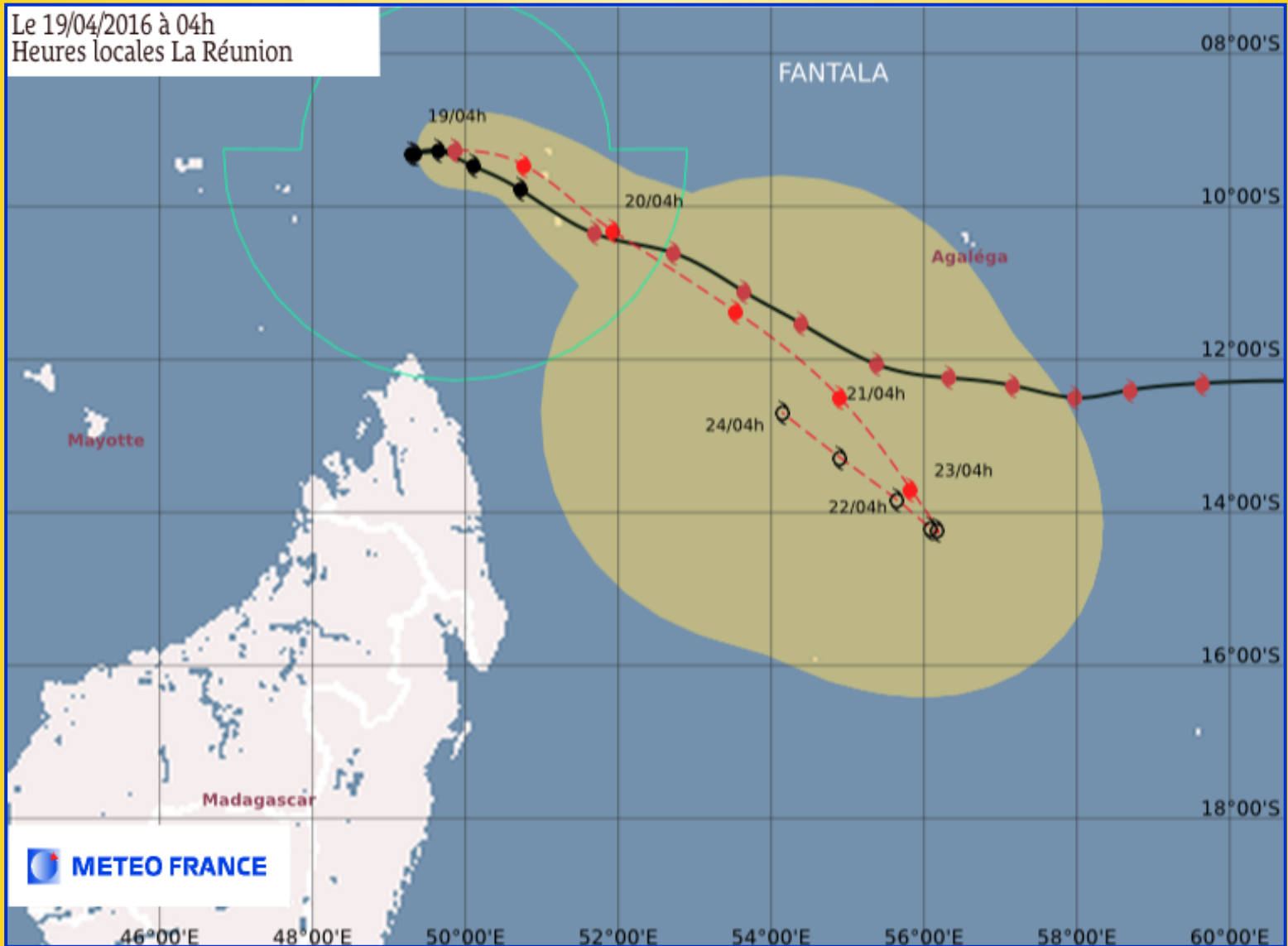
**Ensemble track forecasts 17 April
2016 at 00 utc (EPS above, GEFS
to the right).**



Pmer et Flux à 500 hPa : prévision du modèle du CEP du 18/04/2016 à 12 utc

TC FANTALA TRACK FORECAST

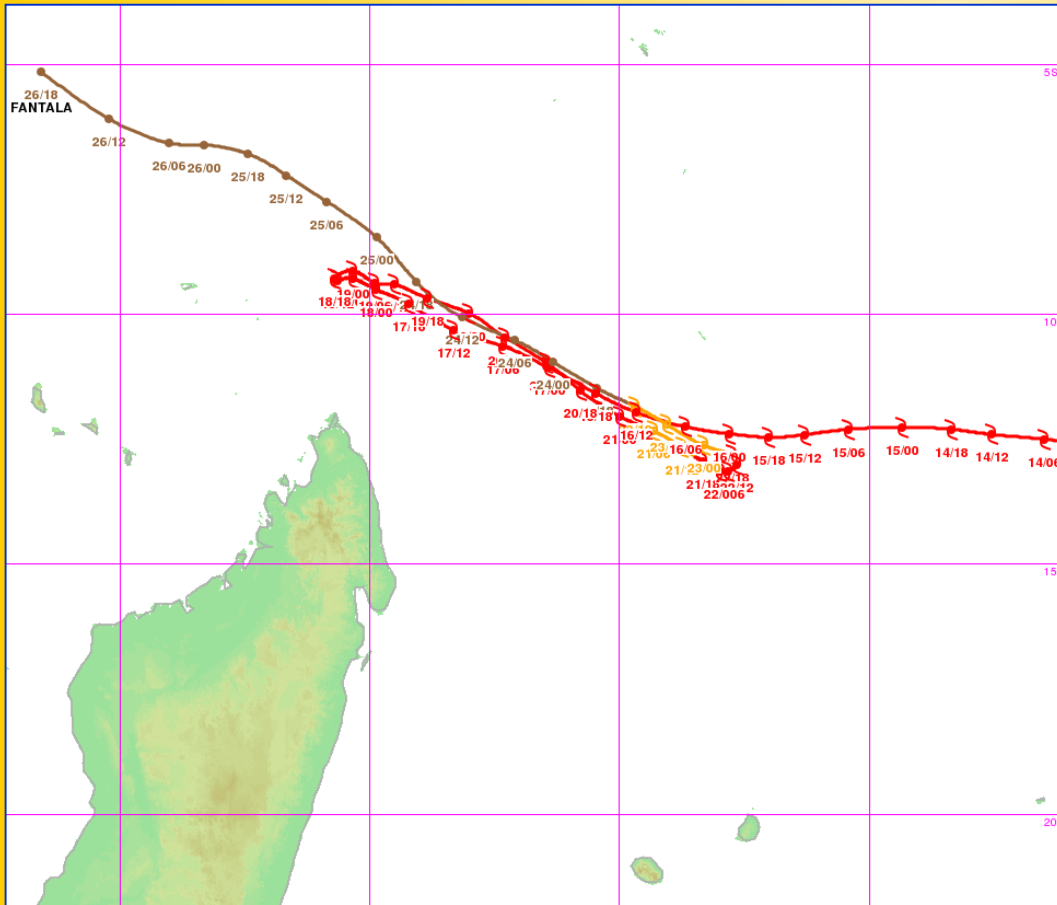
Le 19/04/2016 à 04h
Heures locales La Réunion



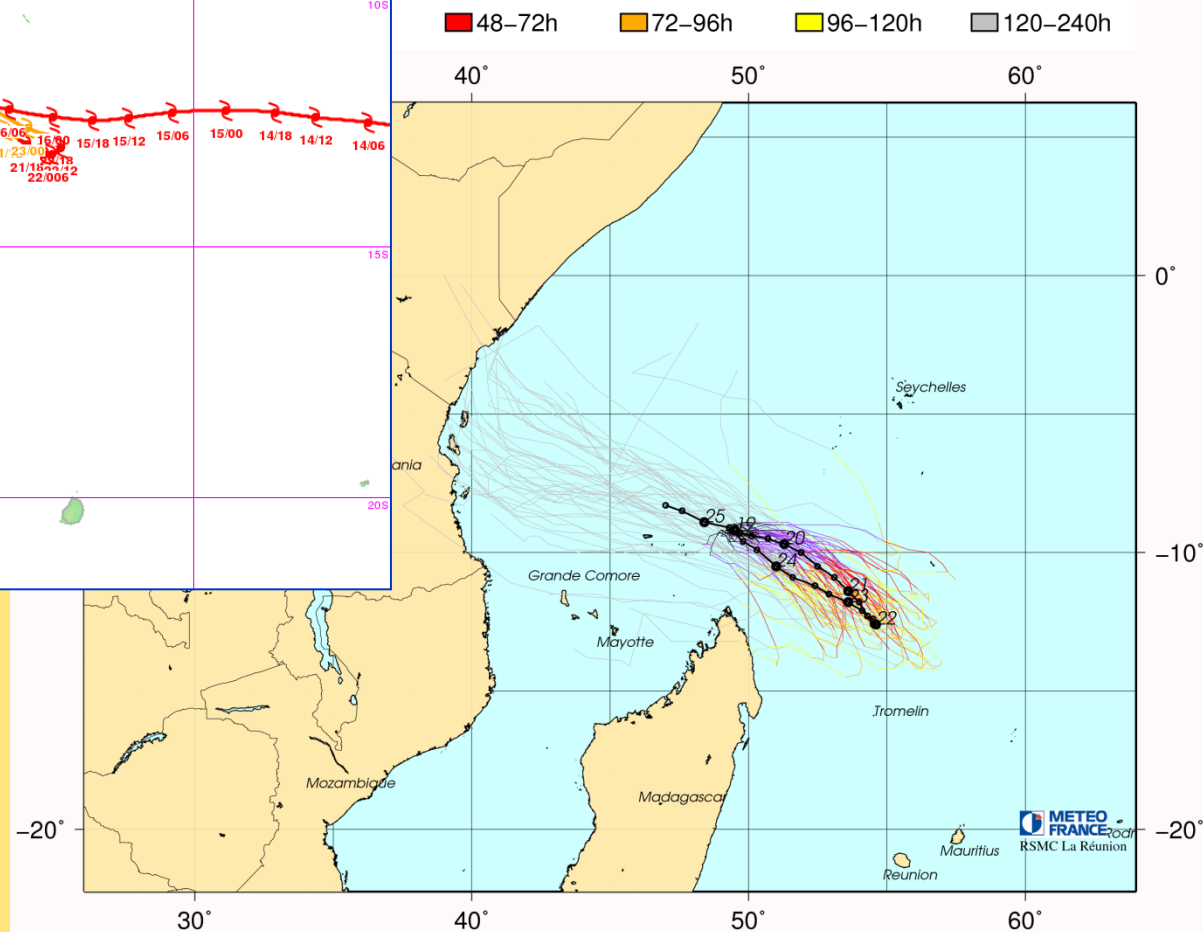
RSMC La Reunion : track forecast 19 April 2016 at 00 utc.

TC FANTALA TRACK FORECAST

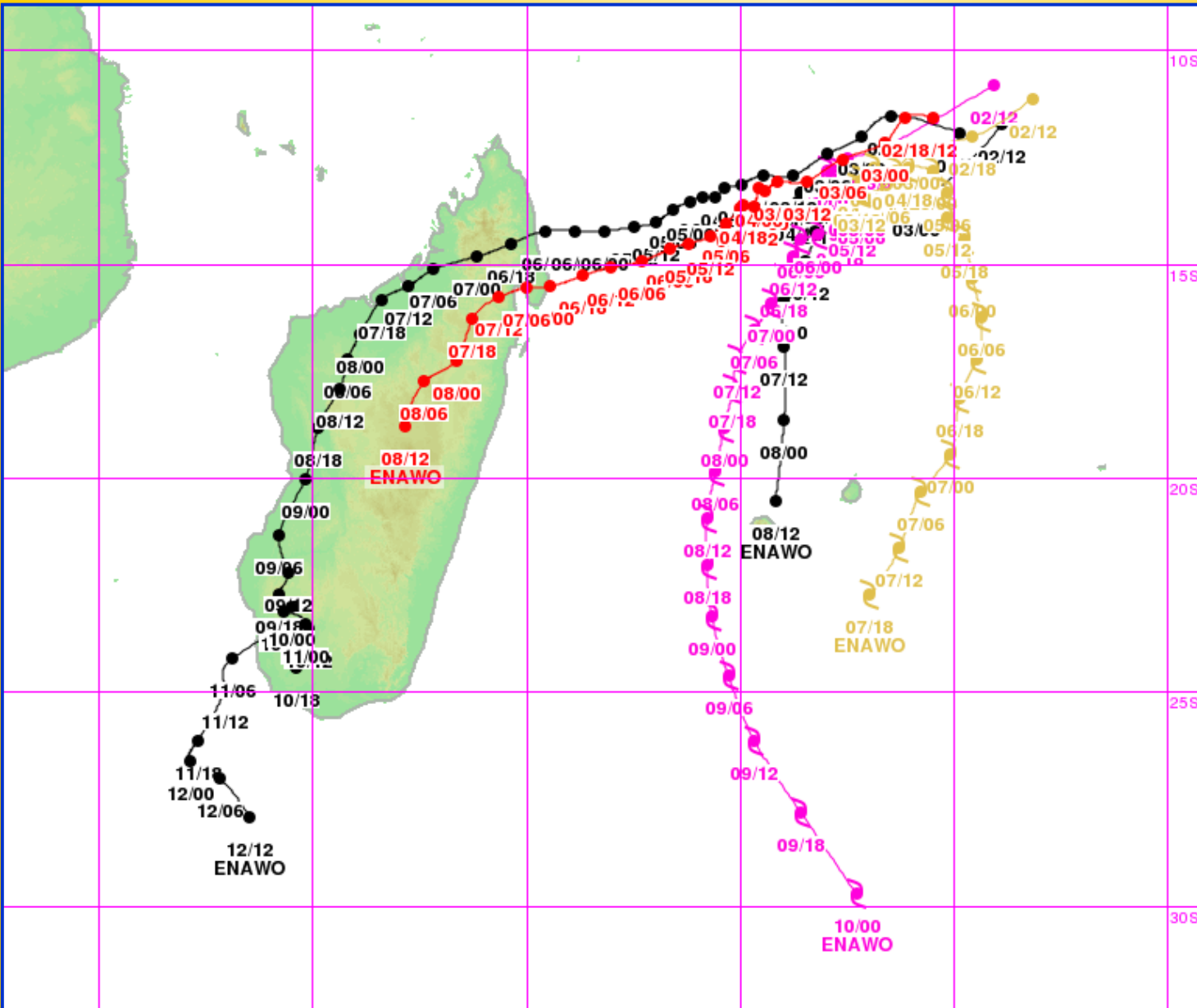
Prévisions d'ensemble du
18/04/2016 à 12 utc
(EPS ci-dessous)



EPS ensemble track forecasts
18 April 2016 at 12 utc (right).



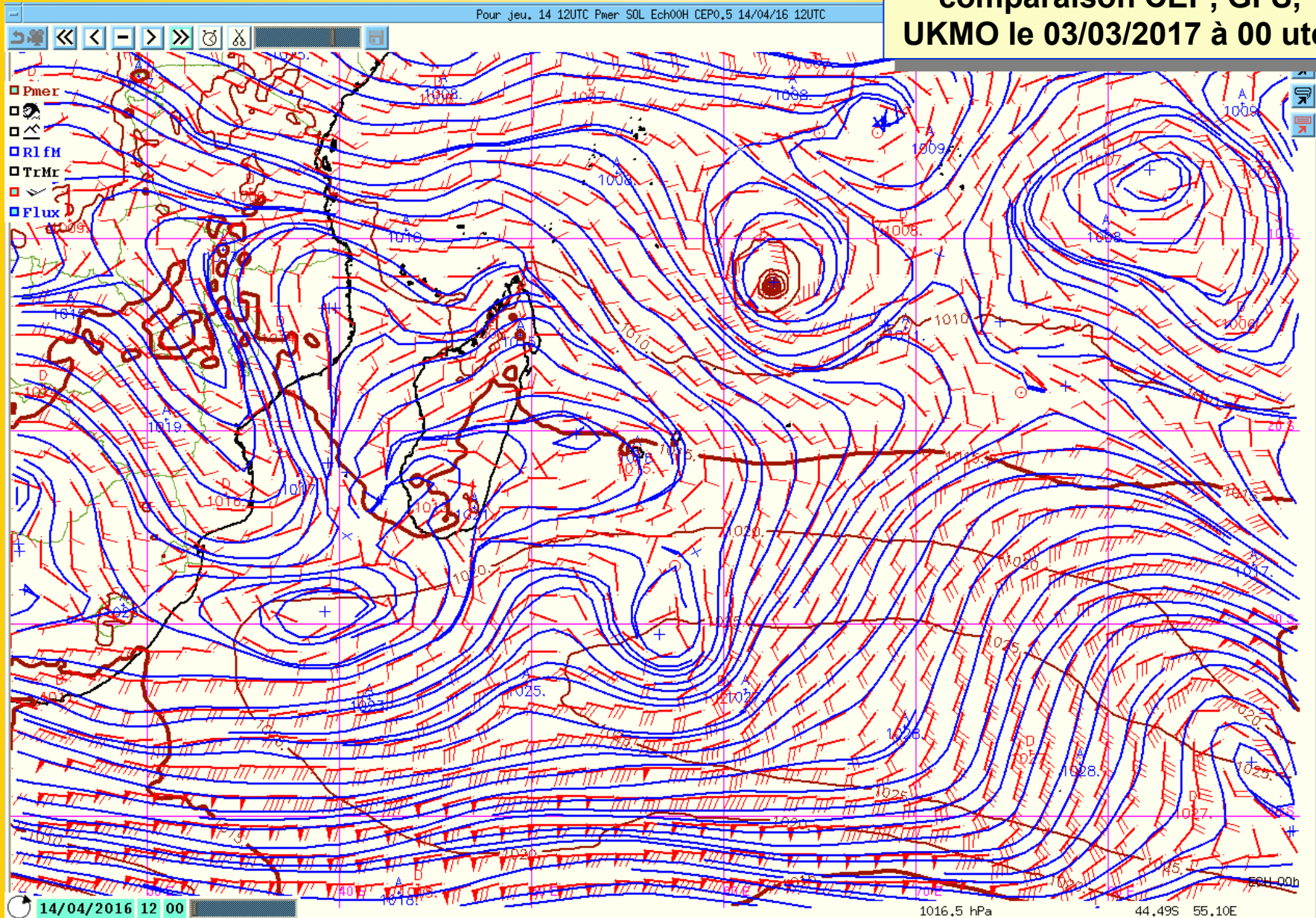
TC ENAWO TRACK FORECAST



Prévisions de
trajectoire:
comparaison
CEP, 10Best,
GFS, UKMO,
HRWF le
02/03/2017 à
12 utc.

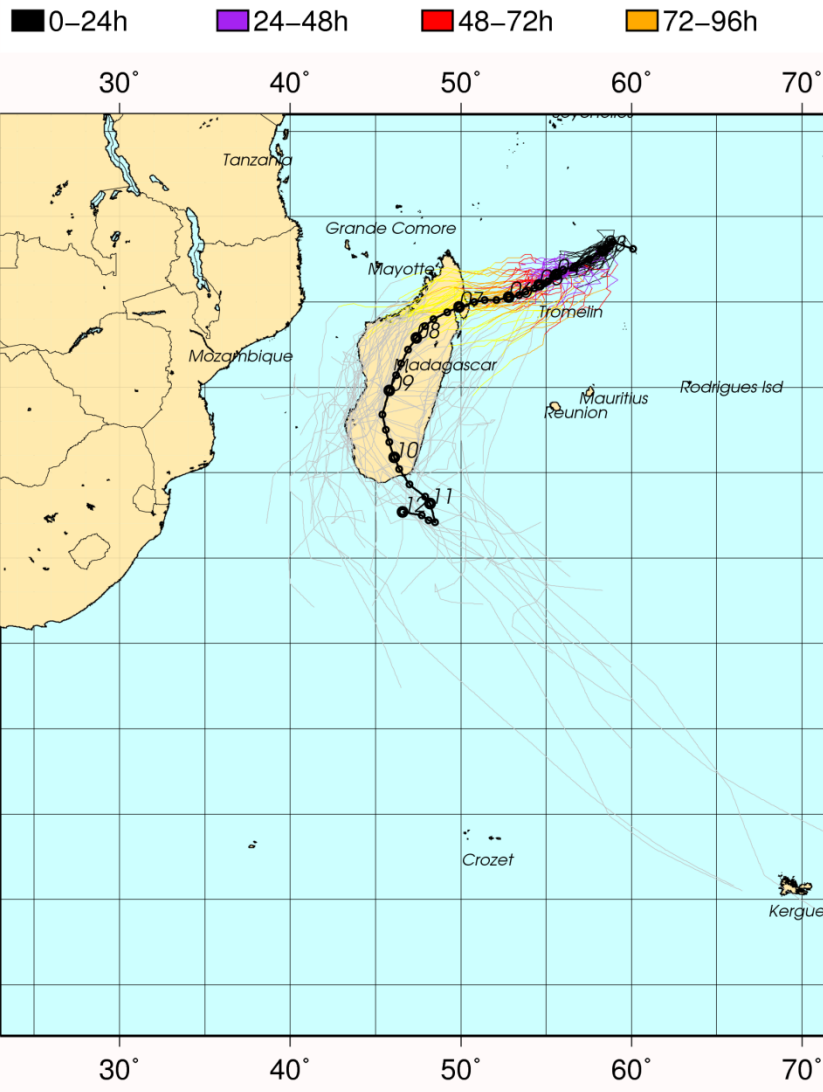
TC ENAWO TRACK FORECAST

Evolution Pmer :
comparaison CEP, GFS,
UKMO le 03/03/2017 à 00 utc.

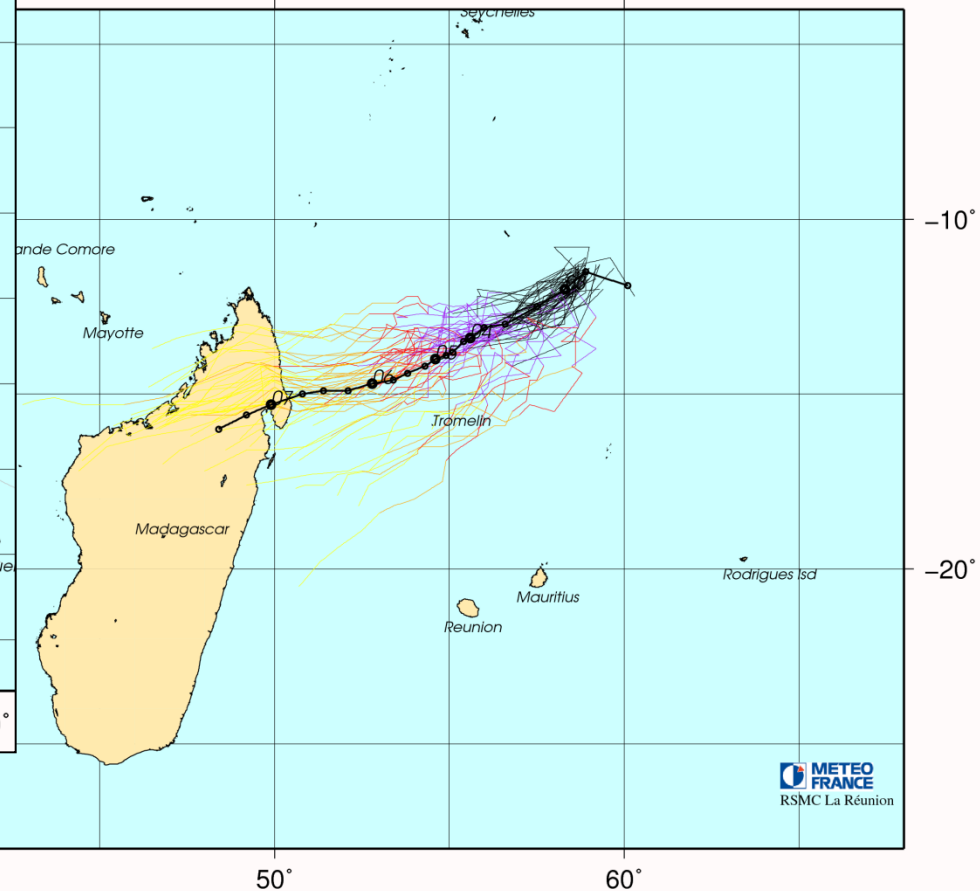


TC ENAWO TRACK FORECAST

Prévisions d'ensemble du CEP
(EPS) le 02/03/2017 à 12 utc



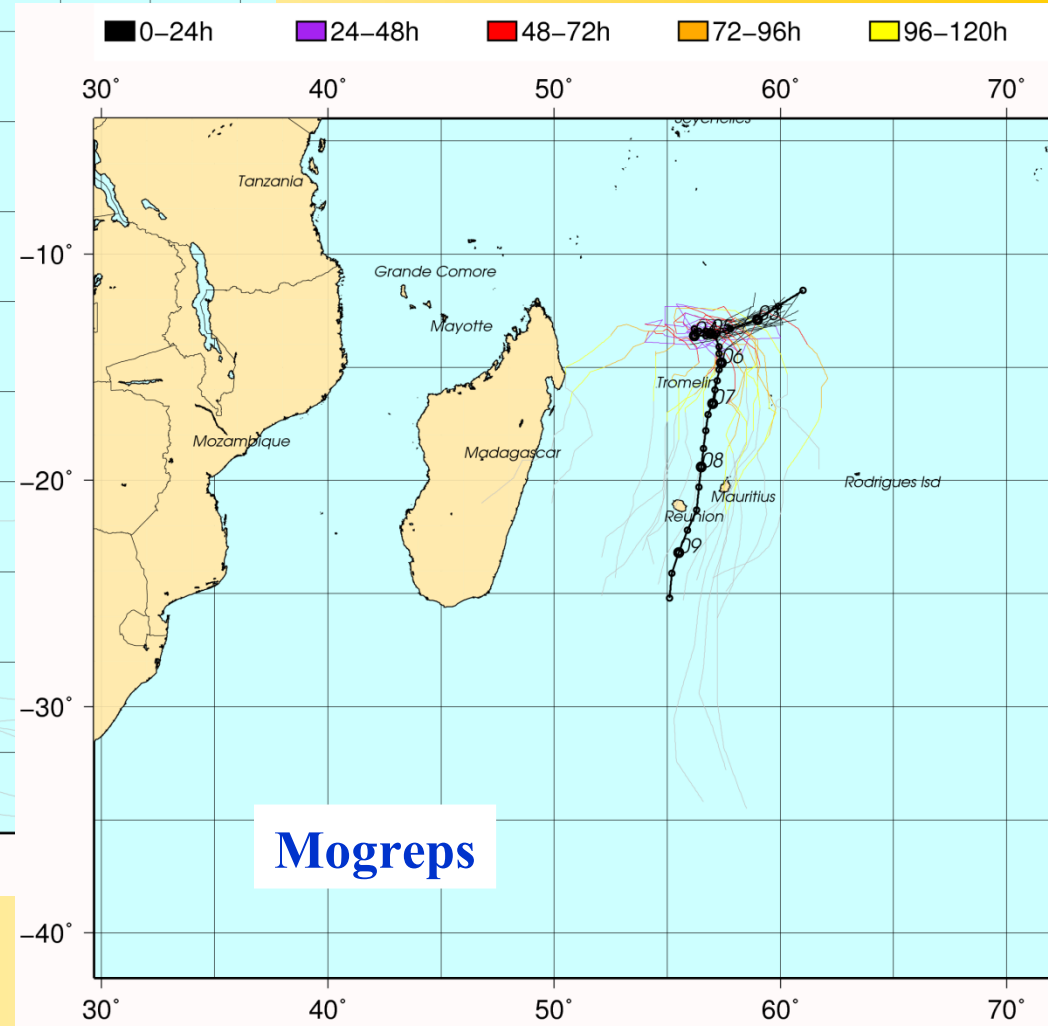
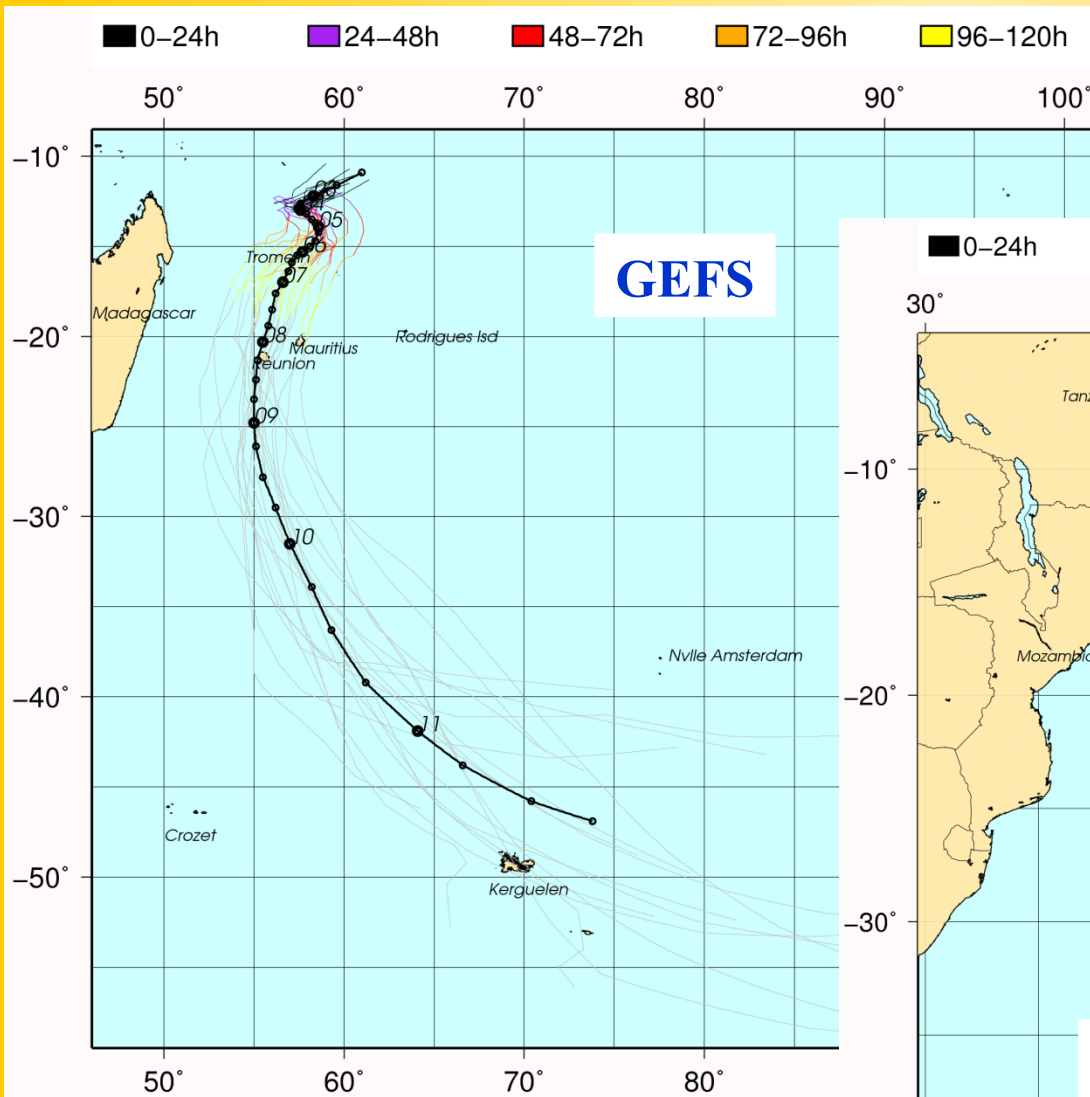
24-48h 48-72h 72-96h 96-120h 120-240h



EPS ensemble track forecasts
02 March 2017 at 12 utc

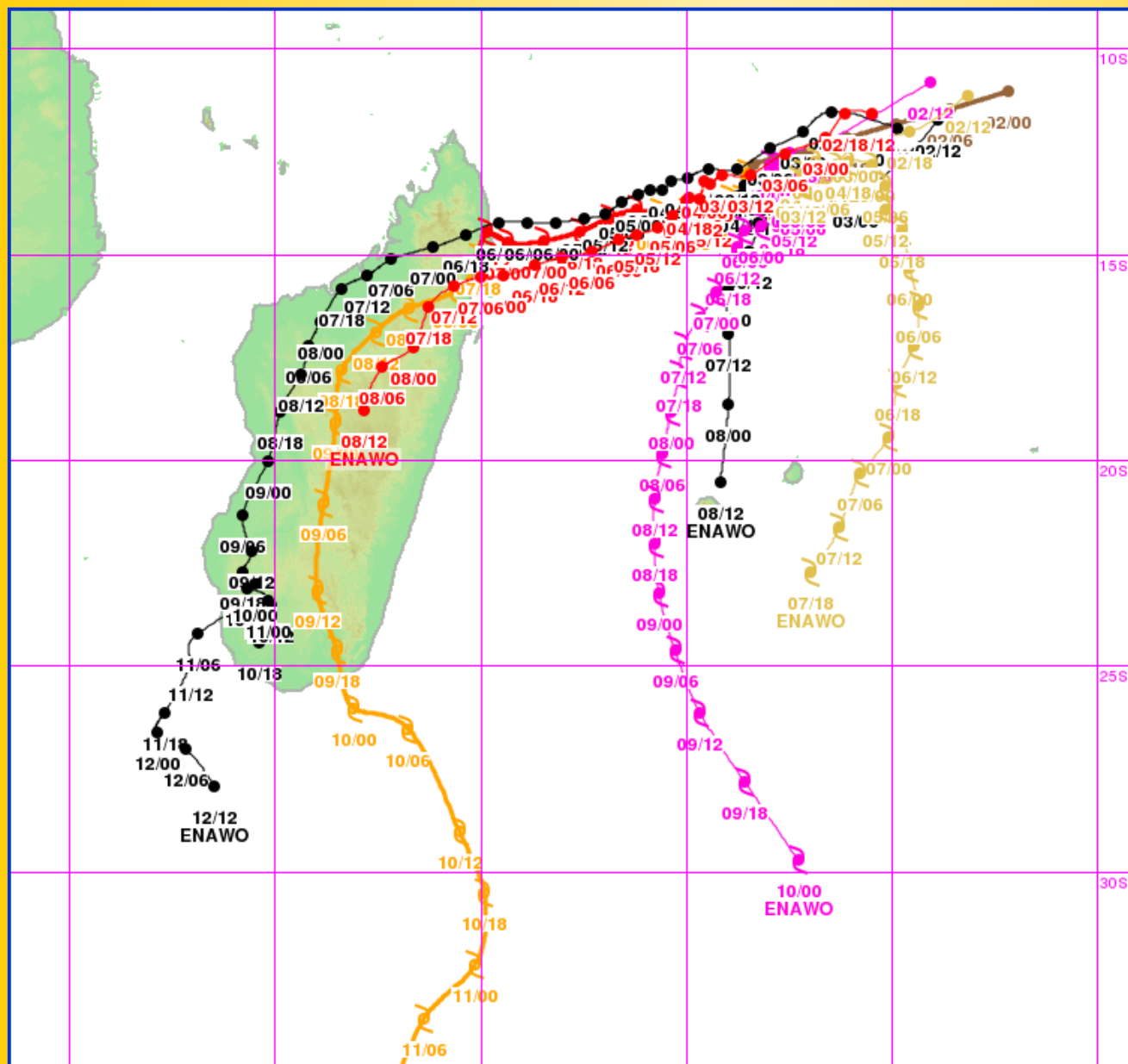
TC ENAWO TRACK FORECAST

Prévisions d'ensemble GEFS et
Mogreps le 02/03/2017 à 12 utc



Ensemble track forecasts GEFS and
Mogreps 02 March 2017 at 12 utc

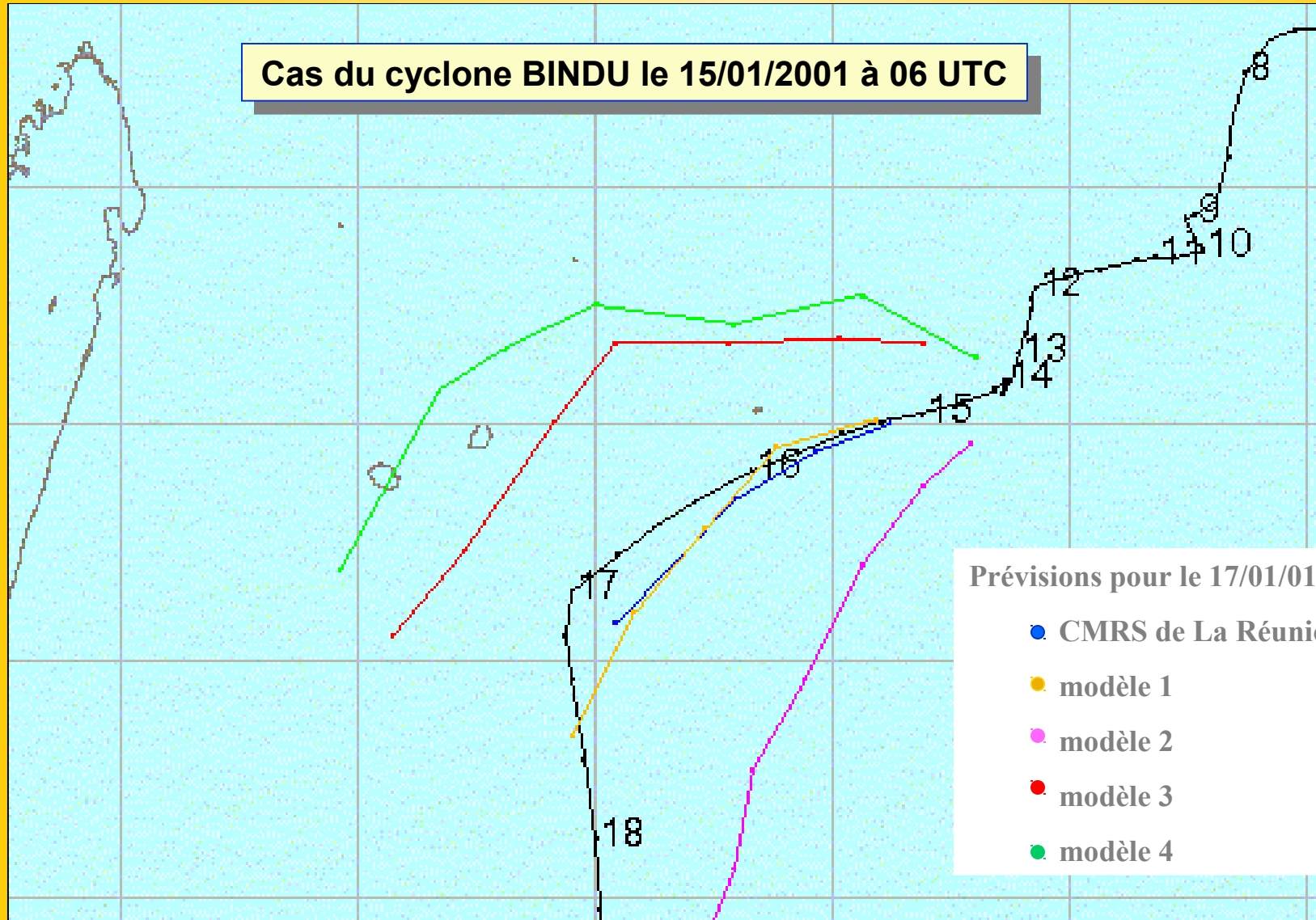
TC ENAWO TRACK FORECAST



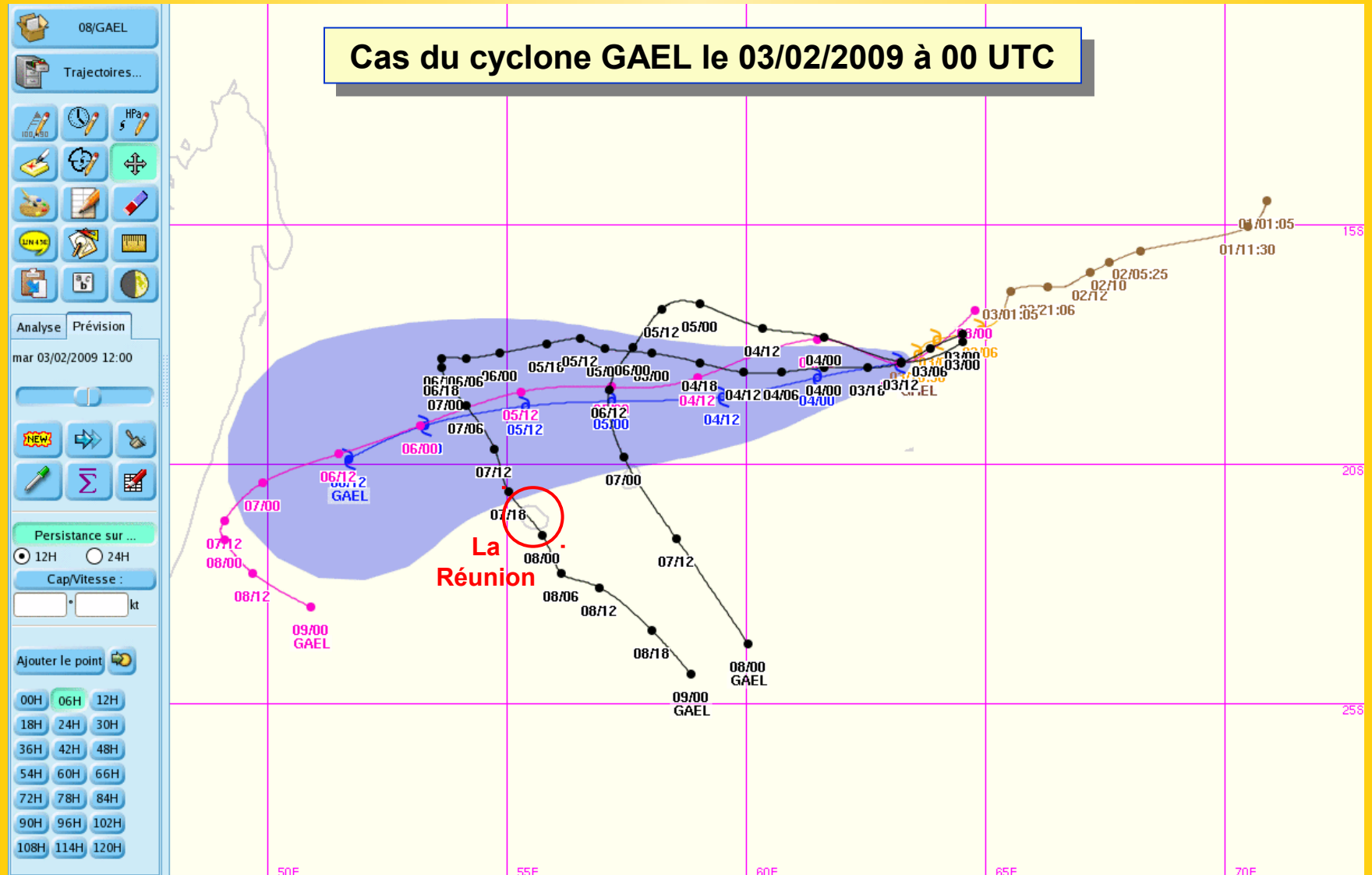
**Prévisions de trajectoire:
comparaison
CEP, 10Best,
GFS, UKMO,
HRWF le
02/03/2017 à
12 utc + Best-
Track**

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

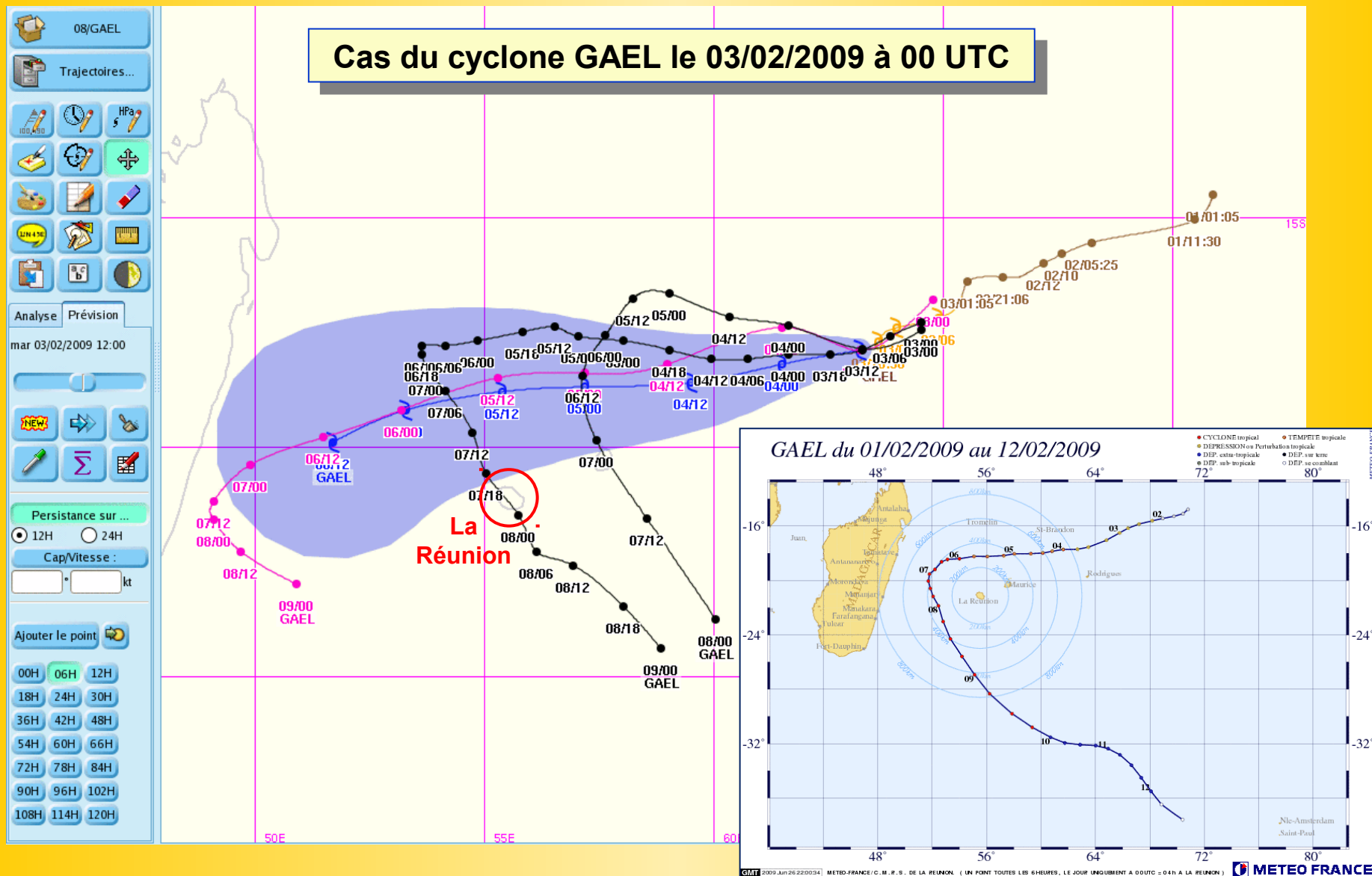
Cas du cyclone BINDU le 15/01/2001 à 06 UTC

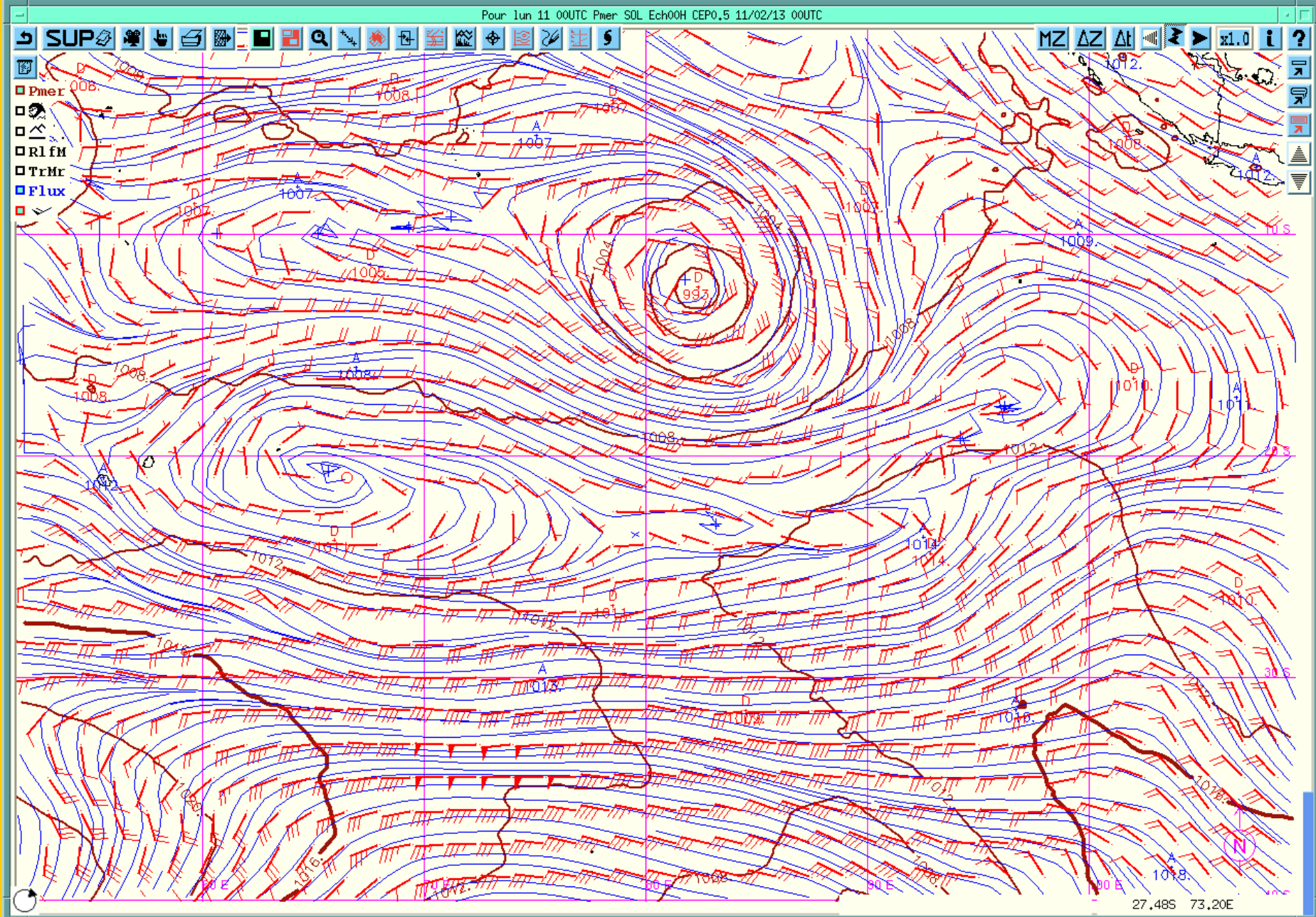


Utilisation des modèles numériques pour la prévision de trajectoires cycloniques

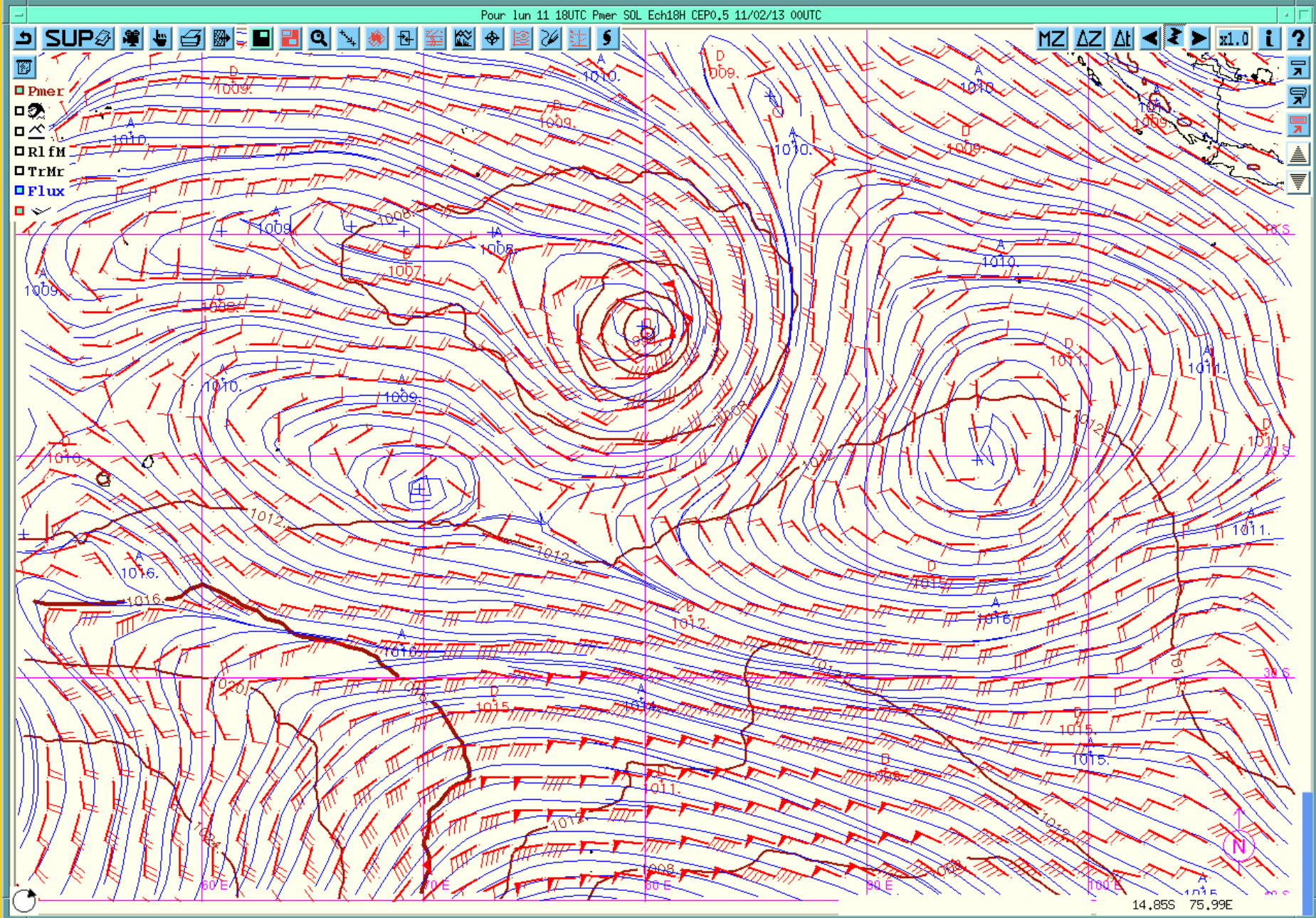


Utilisation des modèles numériques pour la prévision de trajectoires cycloniques

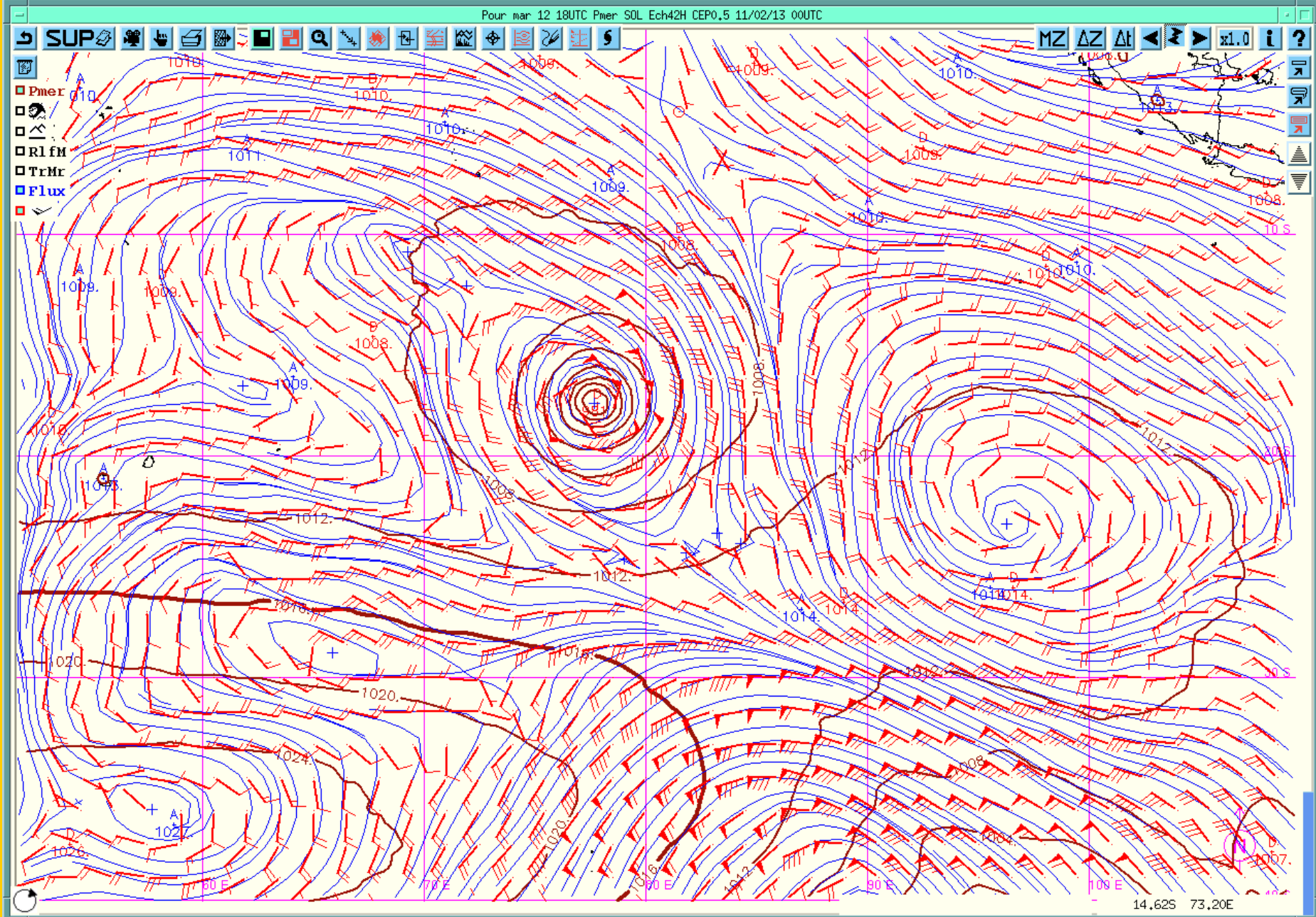




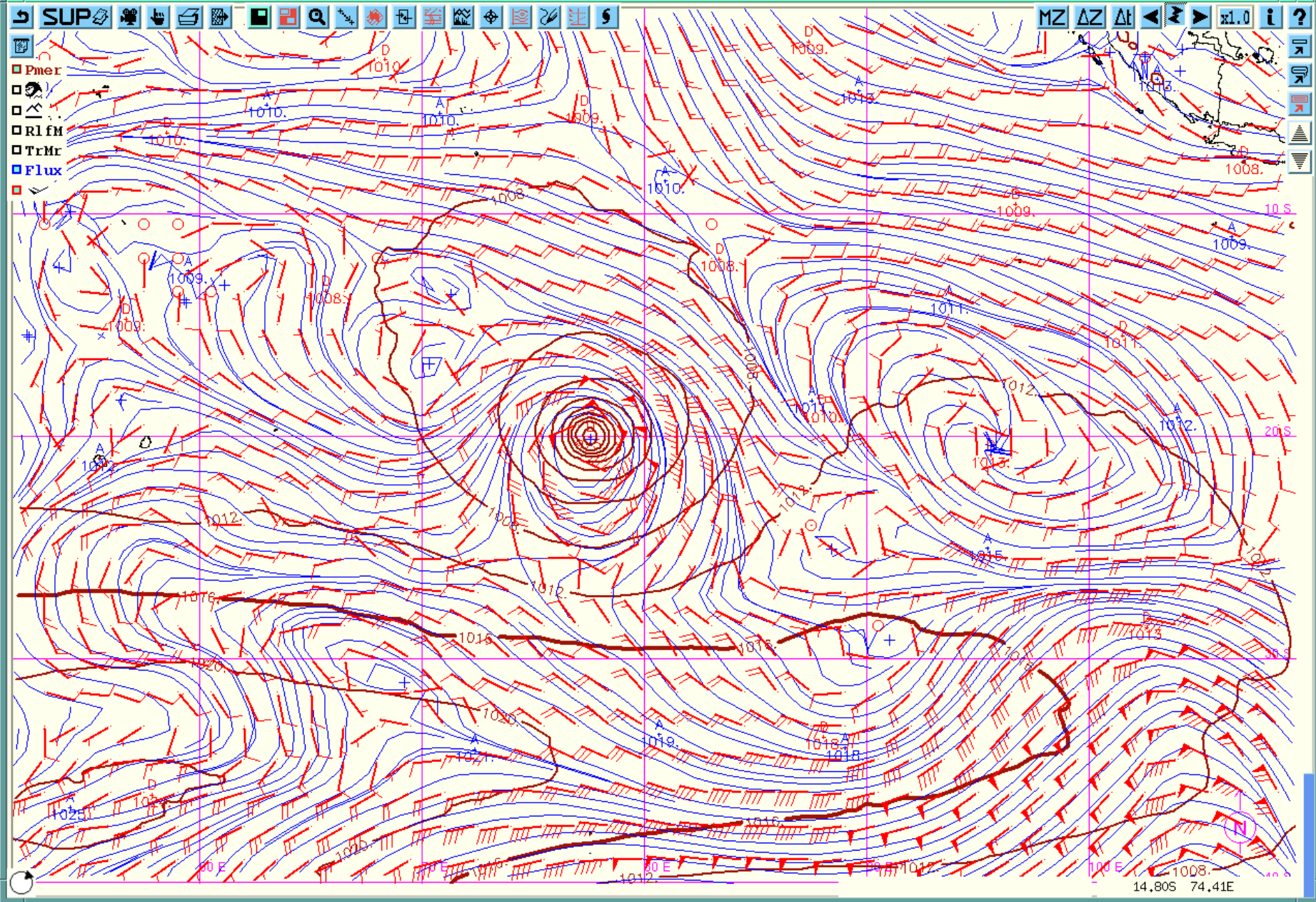
**Pmer et Flux à 500 hPa : analyse du modèle du CEP du 11/02/2013 à 00
utc**



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

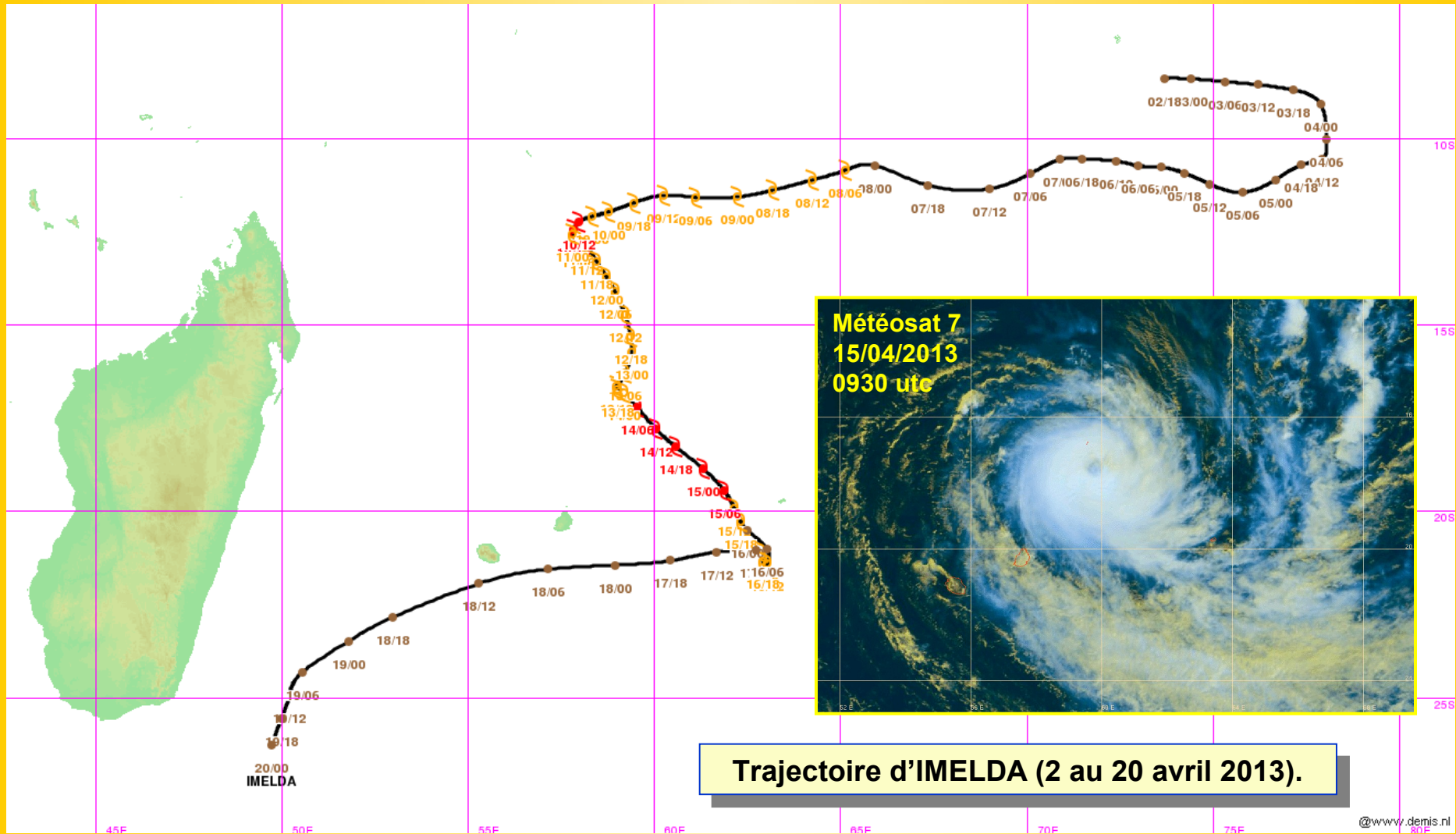


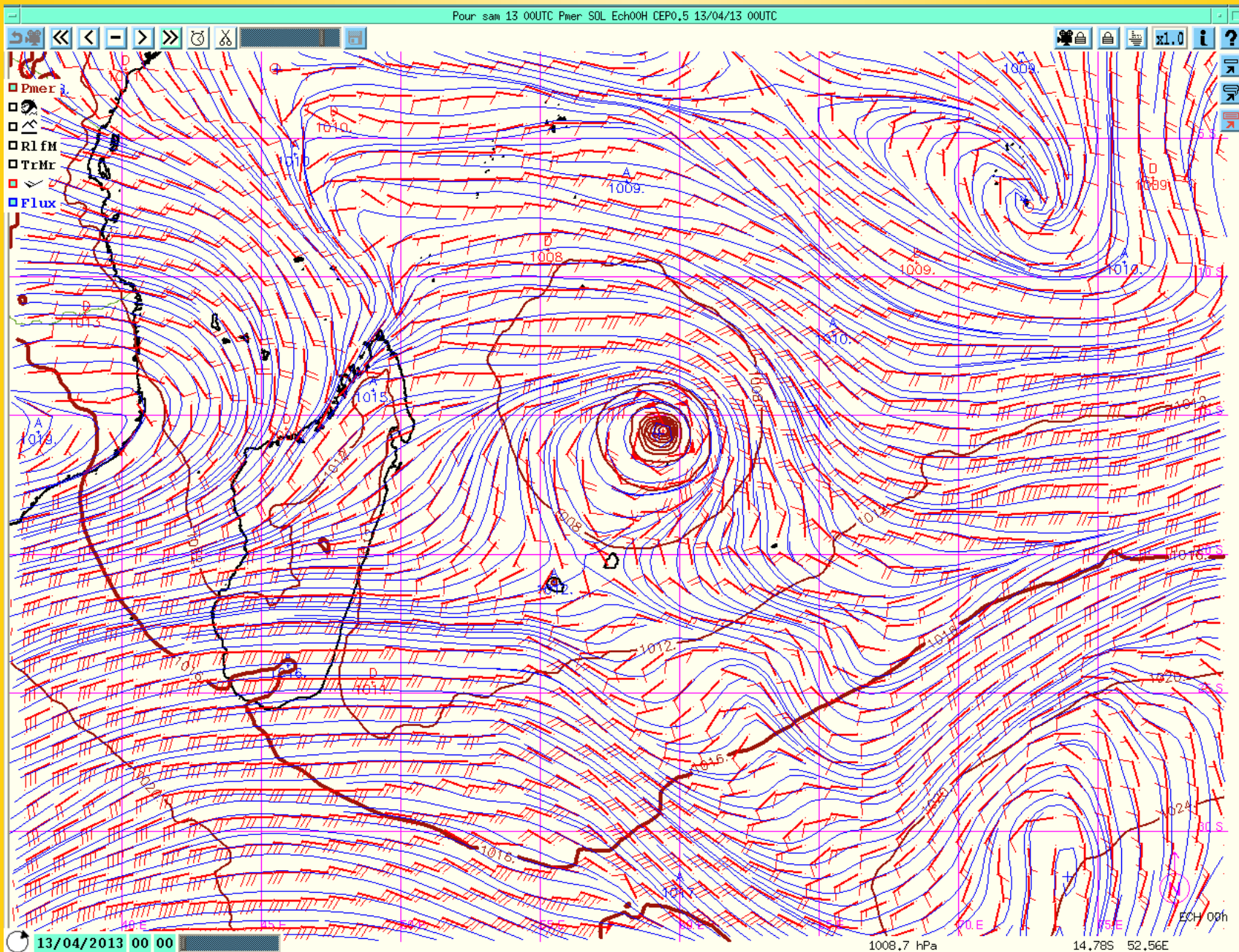
Pmer et Flux à 500 hPa : modèle du CEP du 11/02/2013 à 00 utc + 42h



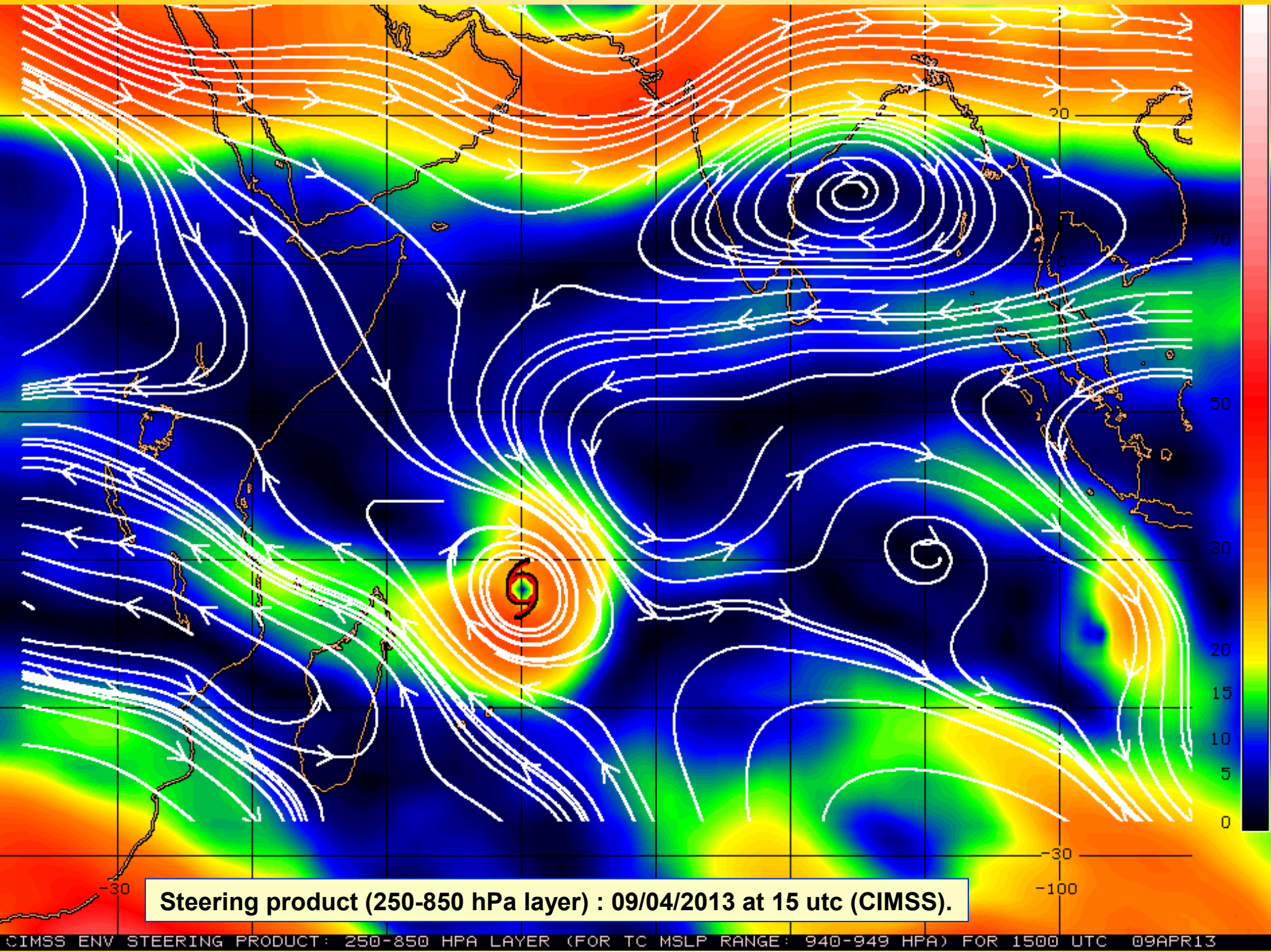
Pmer et Flux à 500 hPa : modèle du CEP du 11/02/2013 à 00 utc + 66h

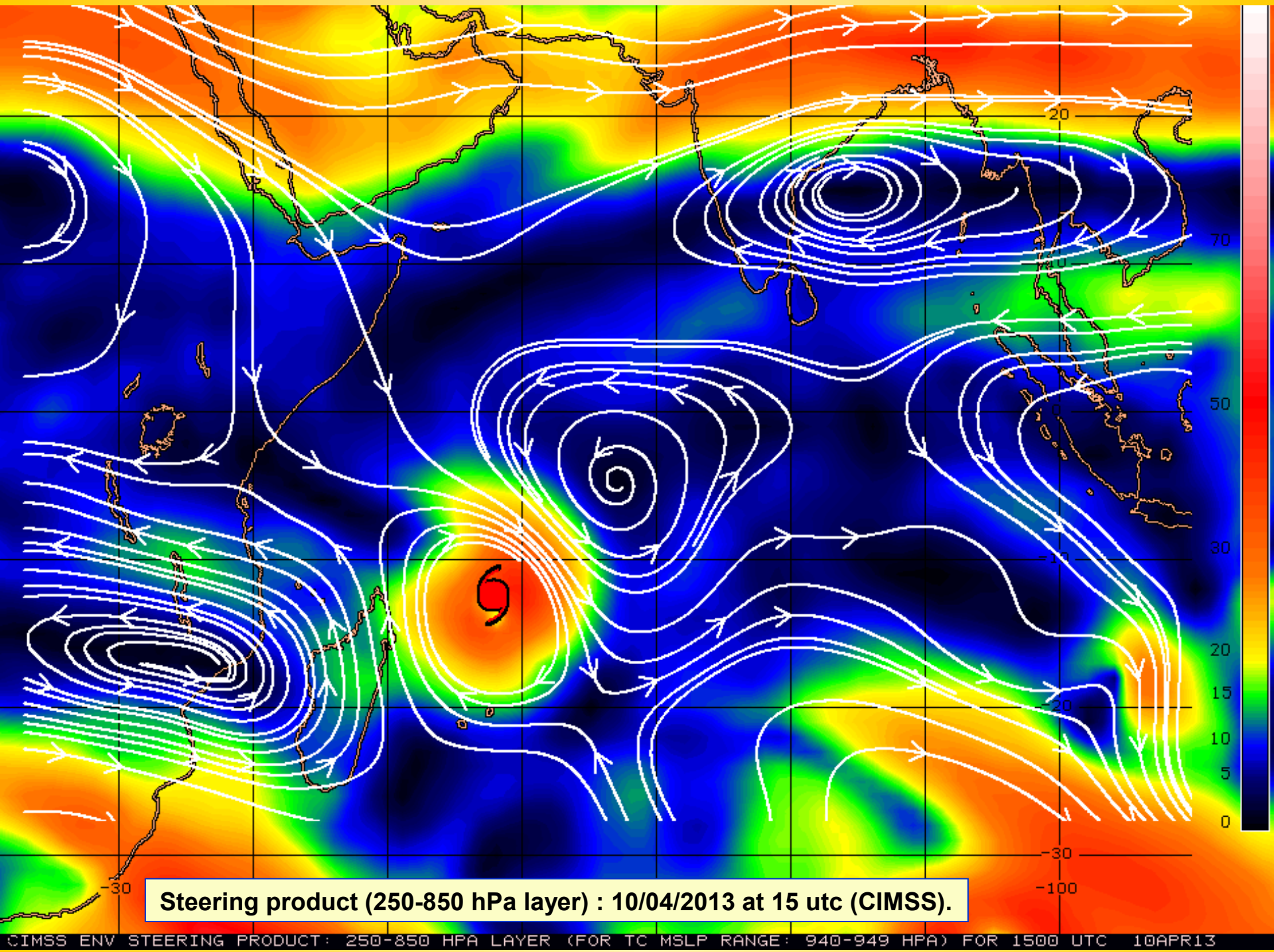
La prévision de trajectoires cycloniques : cas du cyclone IMELDA (trajectoire observée)

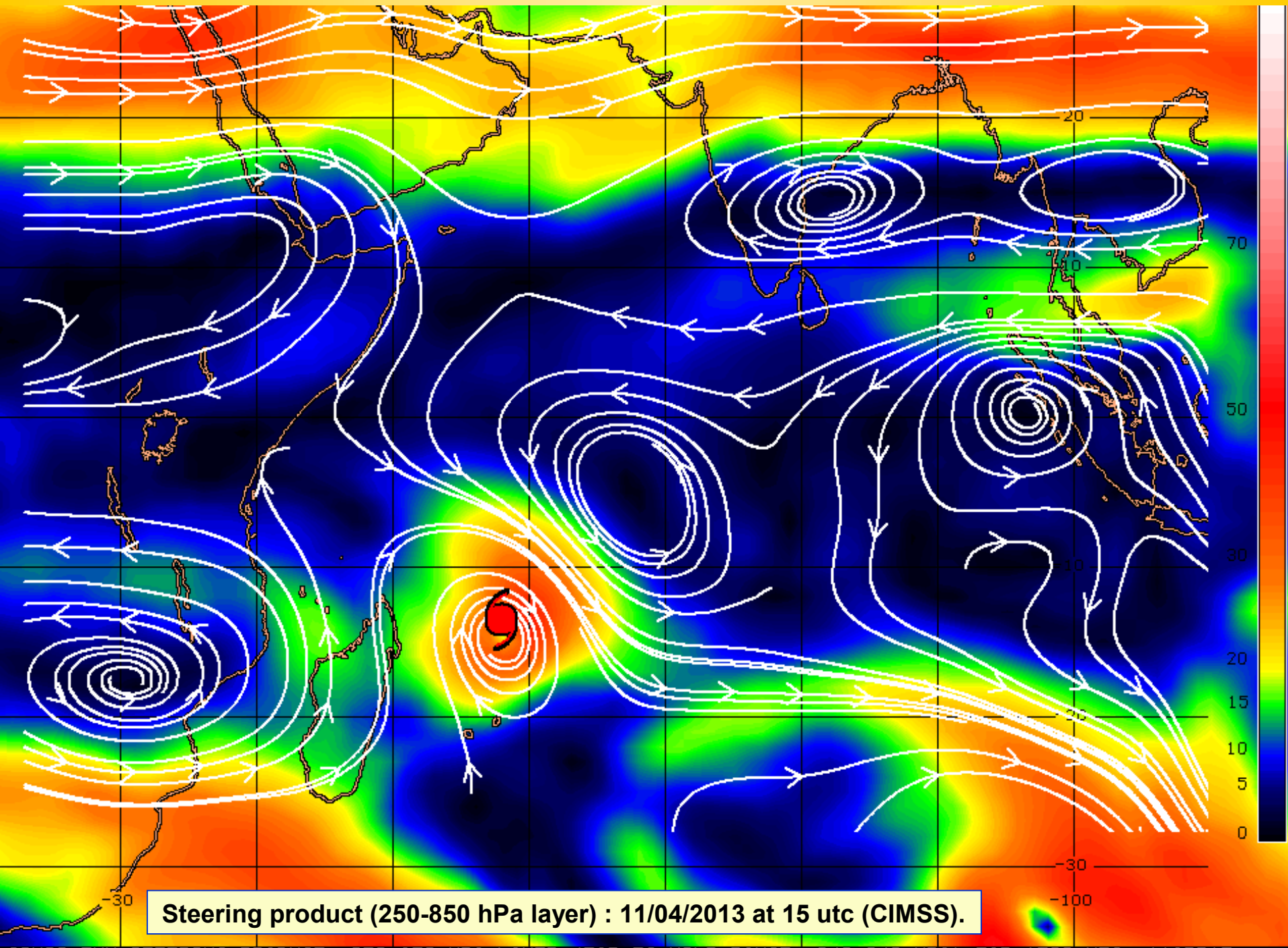




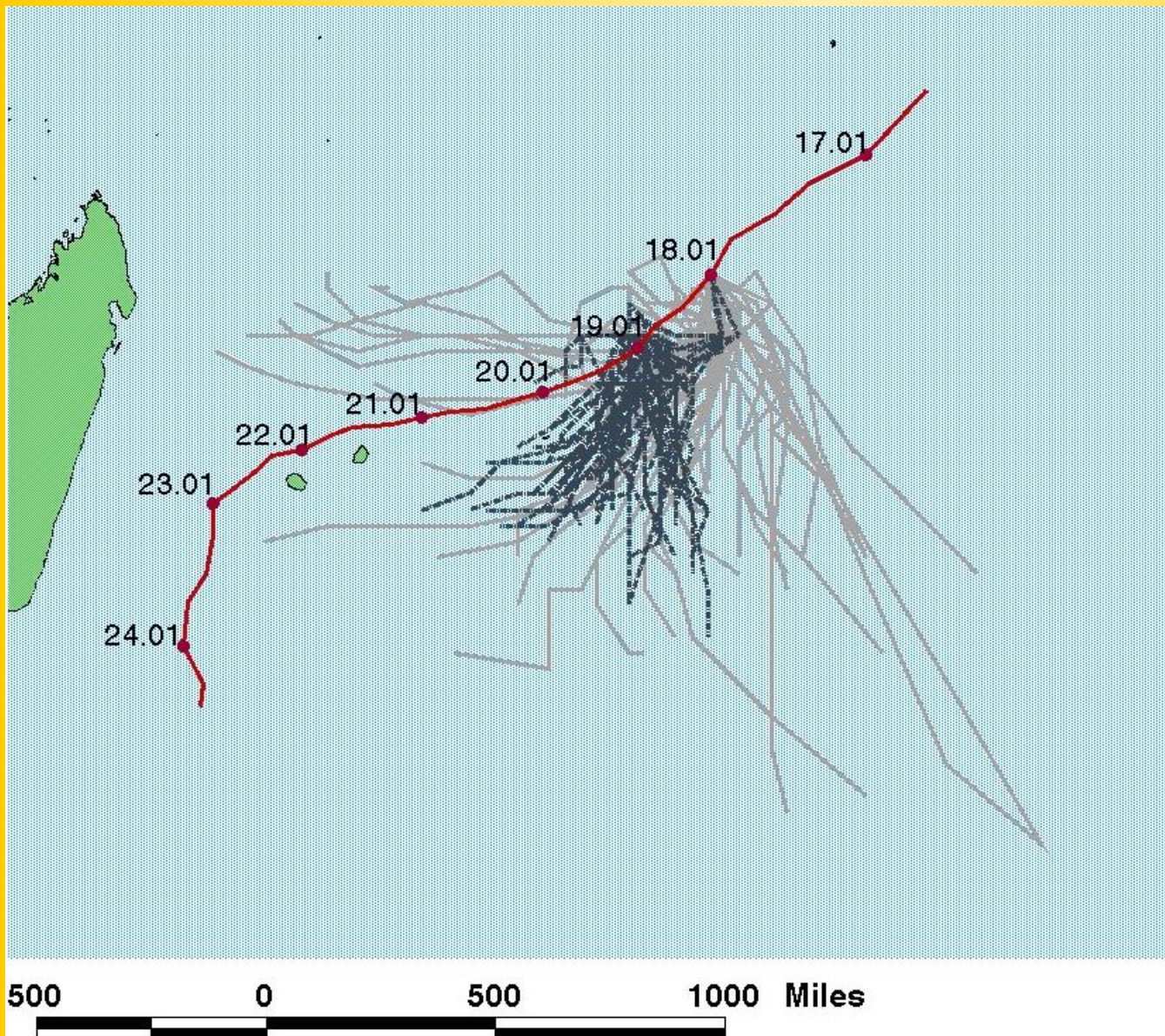
Pmer et Flux à 500 hPa : modèle du CEP du 13/04/2013 à 00 utc (animation 120h)





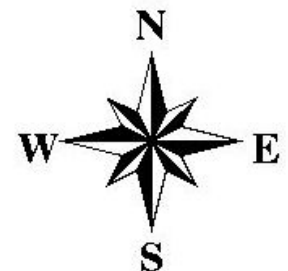


Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble

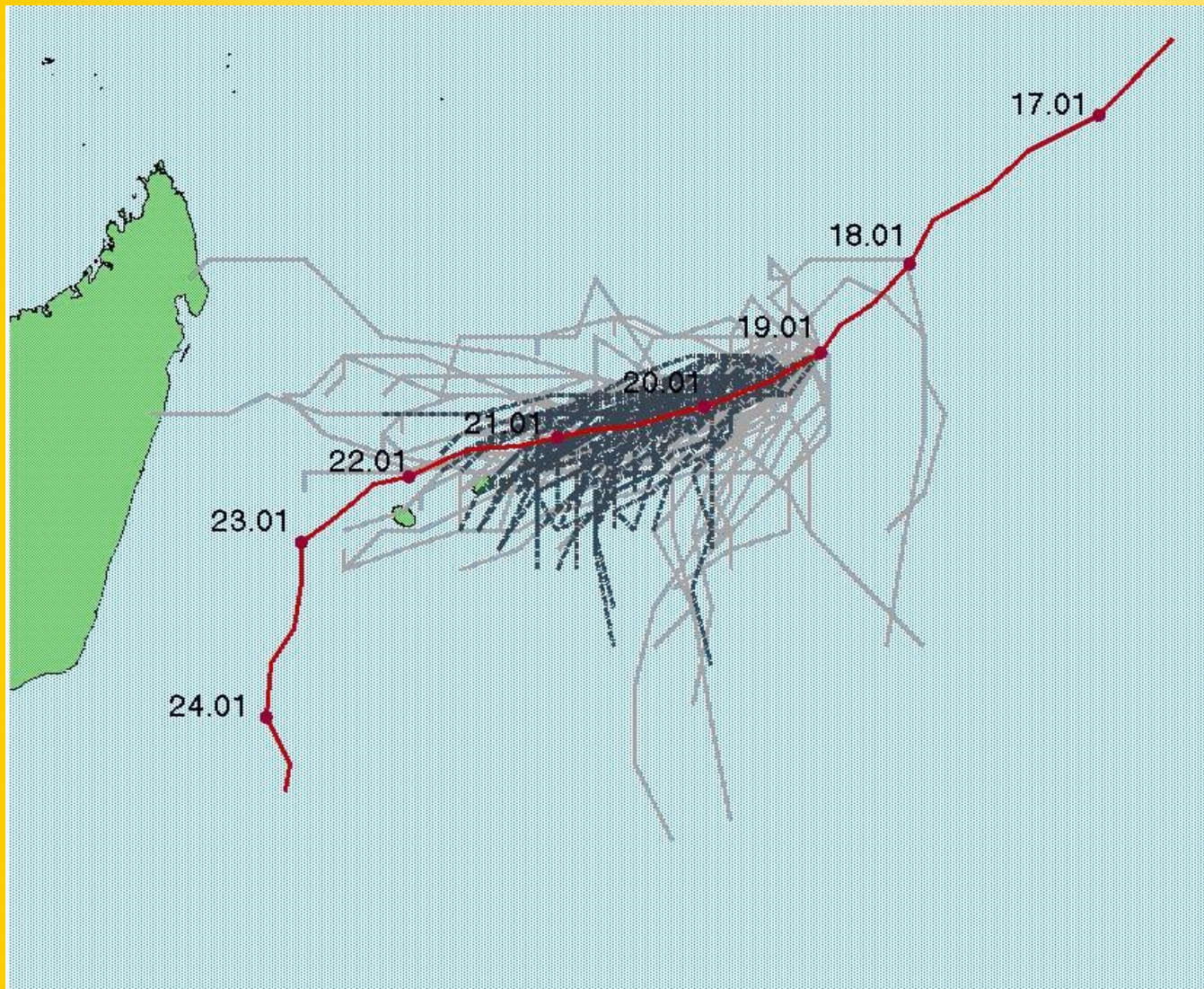


**Cas du cyclone DINA
le 18/01/2002.**

— Observation
- - - EPS opérationnel
— EPS targeted

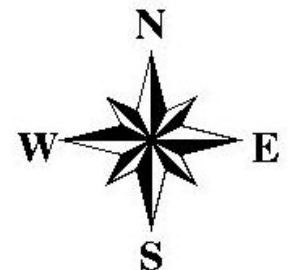


Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble



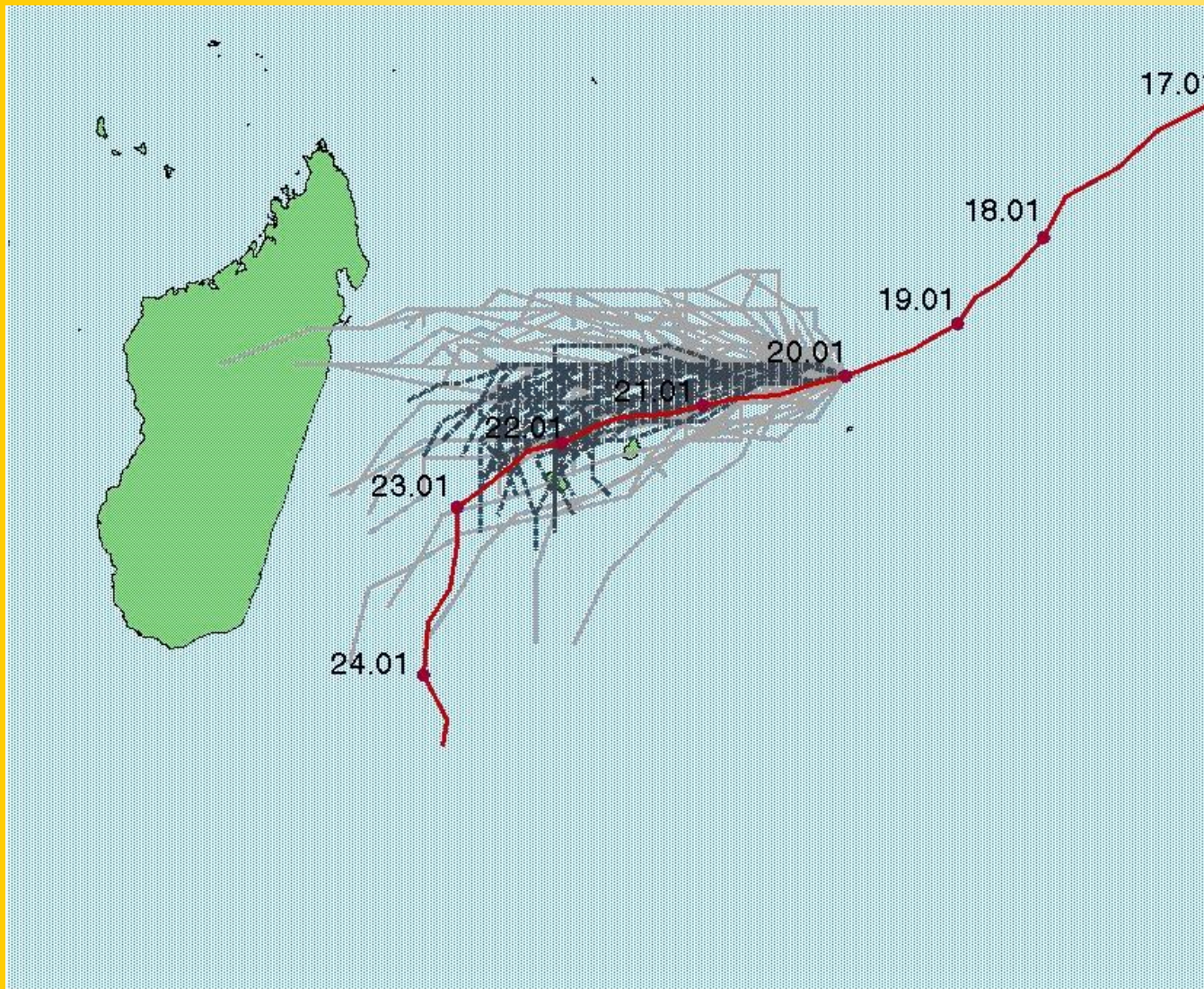
**Cas du cyclone DINA
le 19/01/2002.**

— Observation
- - - - EPS operationnel
— EPS targetted



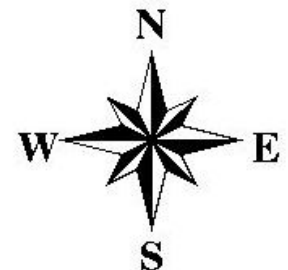
400 0 400 800 Miles

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



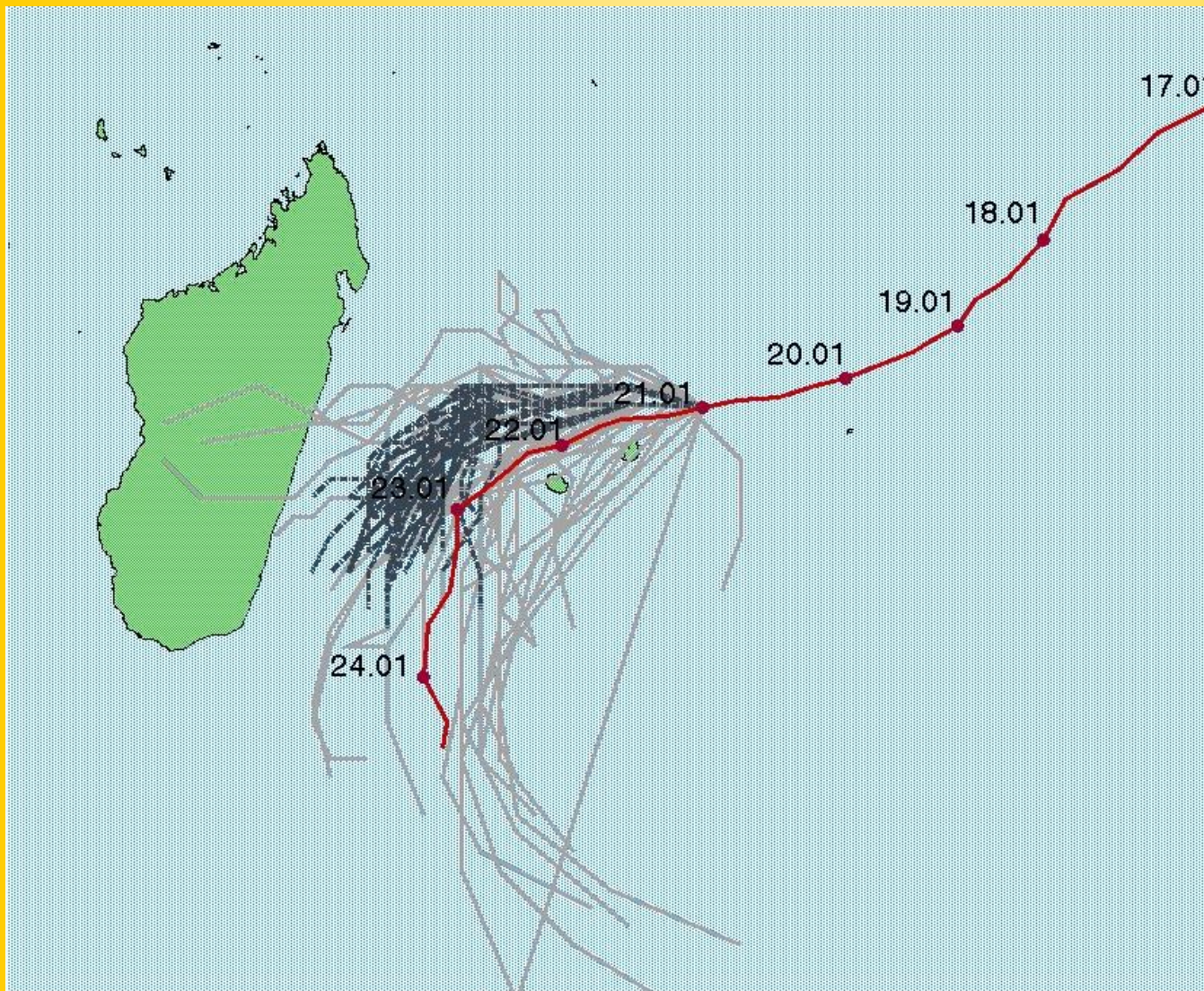
**Cas du cyclone DINA
le 20/01/2002.**

— Observation
- - - - - EPS opérationnel
— EPS targetted



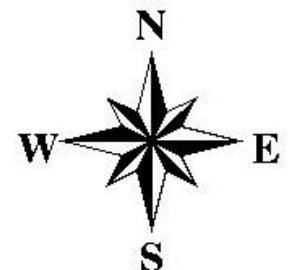
400 0 400 800 Miles

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



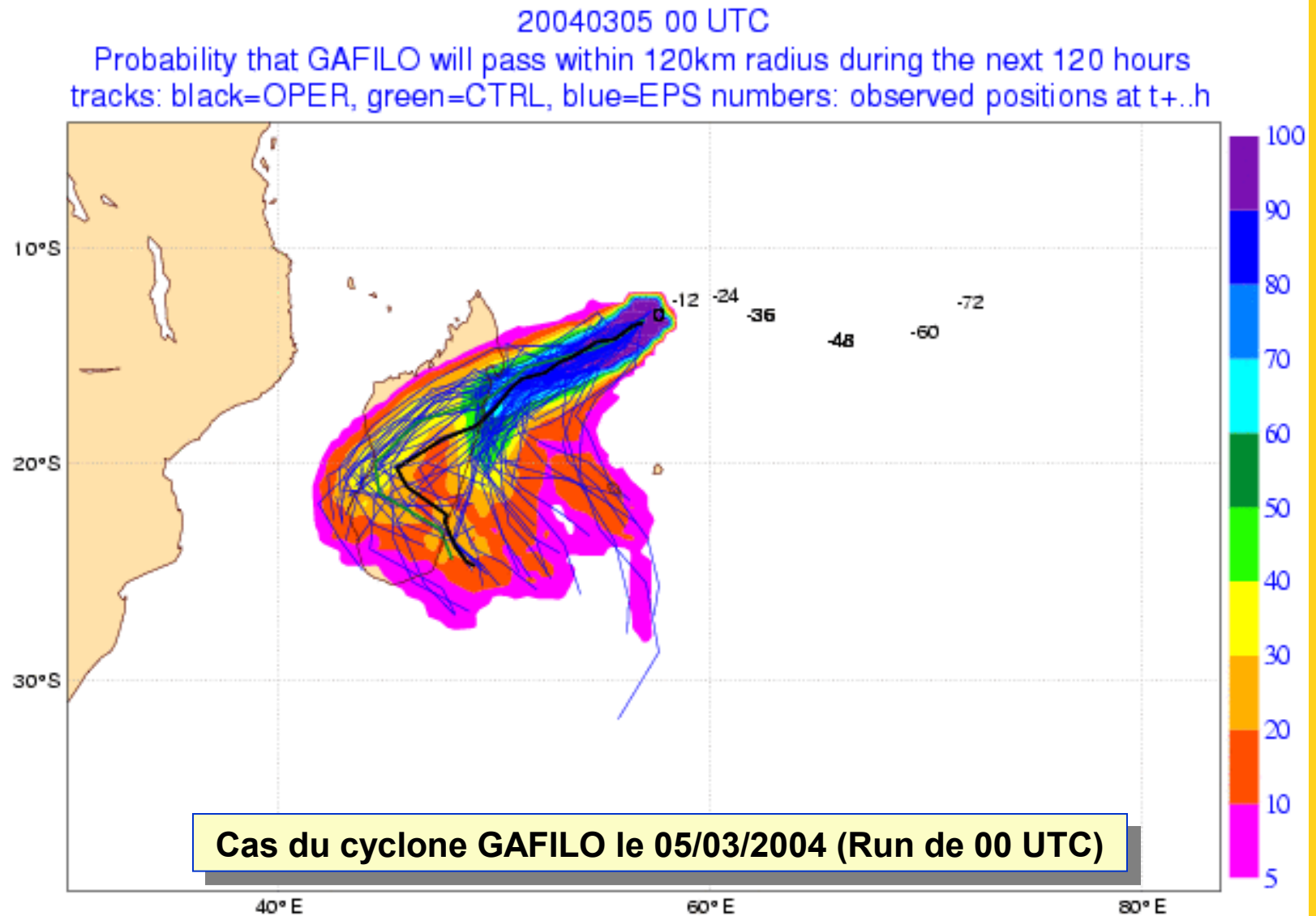
**Cas du cyclone DINA
le 21/01/2002.**

— Observation
- - - EPS opérationnel
— EPS targetted

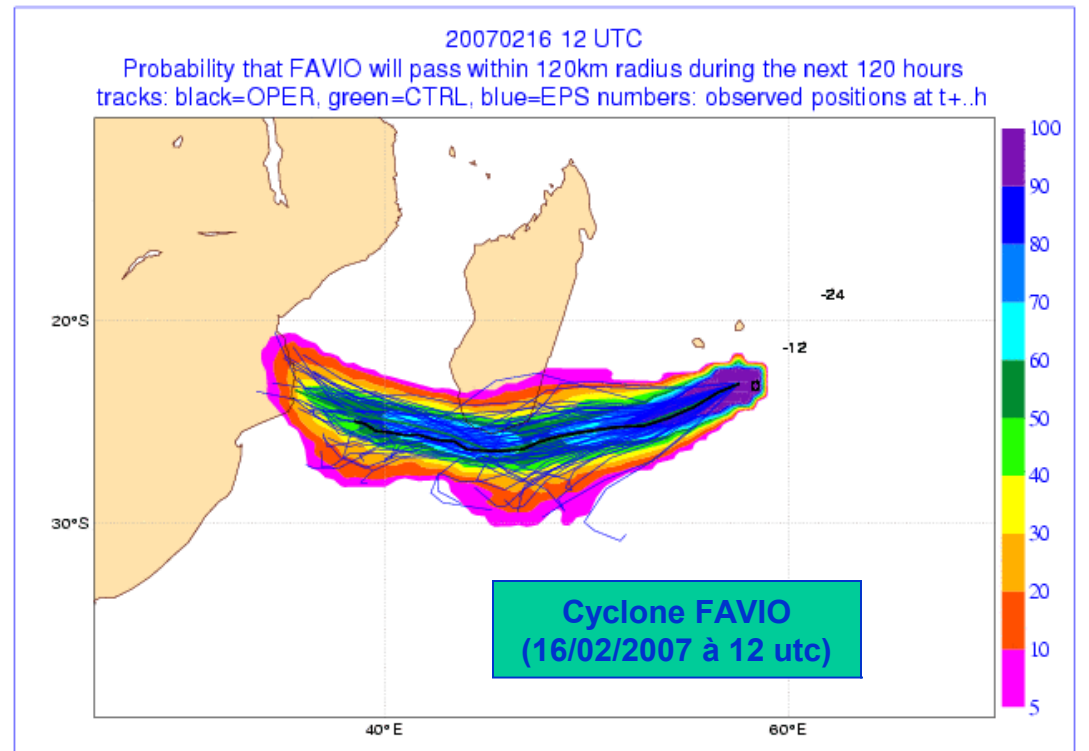
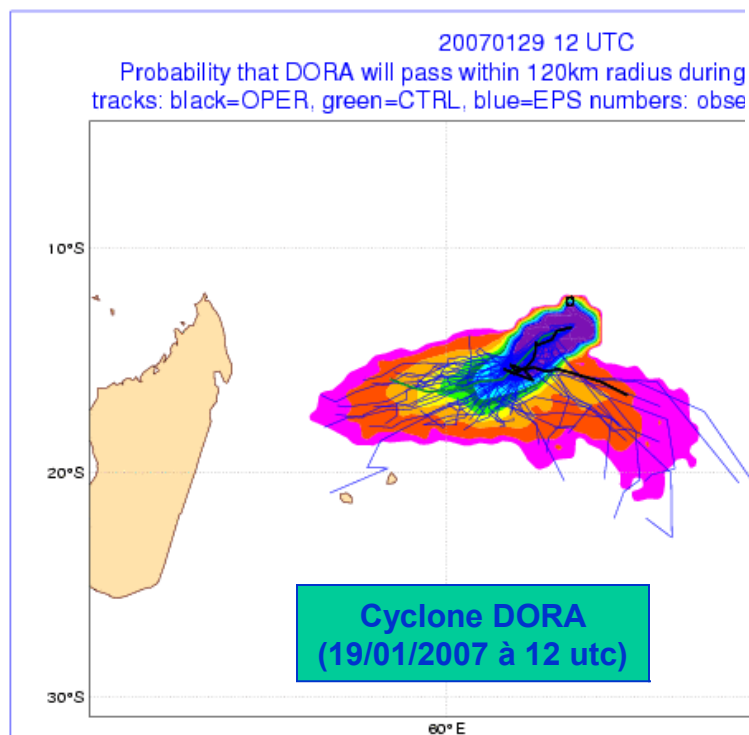


400 0 400 800 Miles

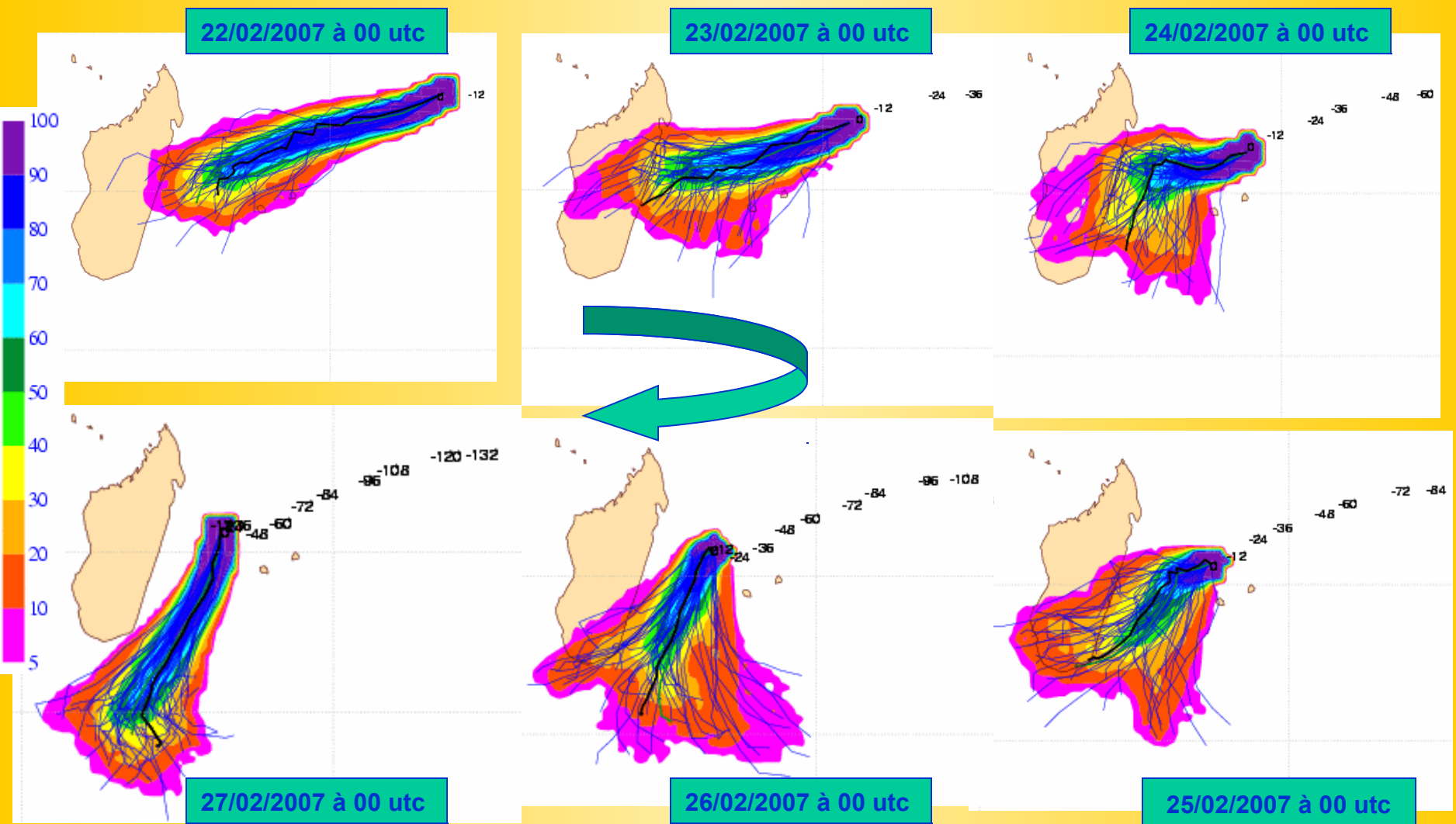
Les nouvelles techniques de prévision de trajectoires cycloniques : la prévision d'ensemble



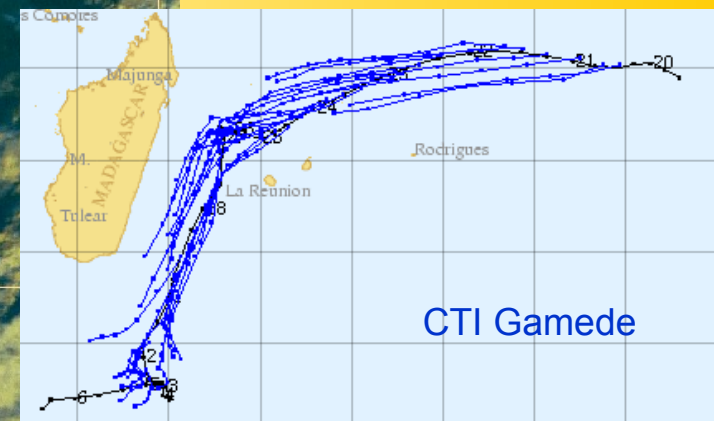
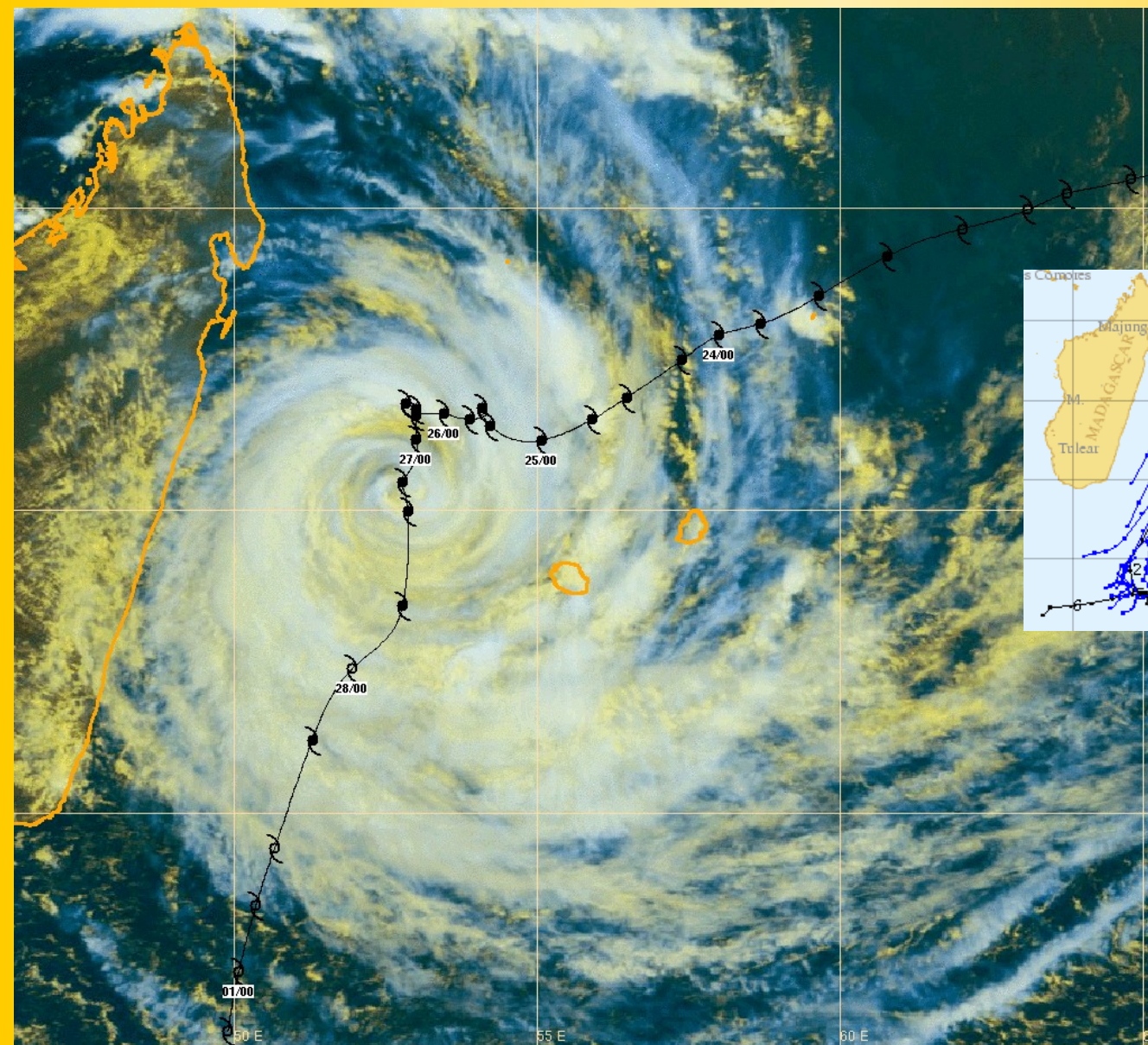
La prévision d'ensemble : un outil pour mieux « quantifier » l'incertitude sur la prévision



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

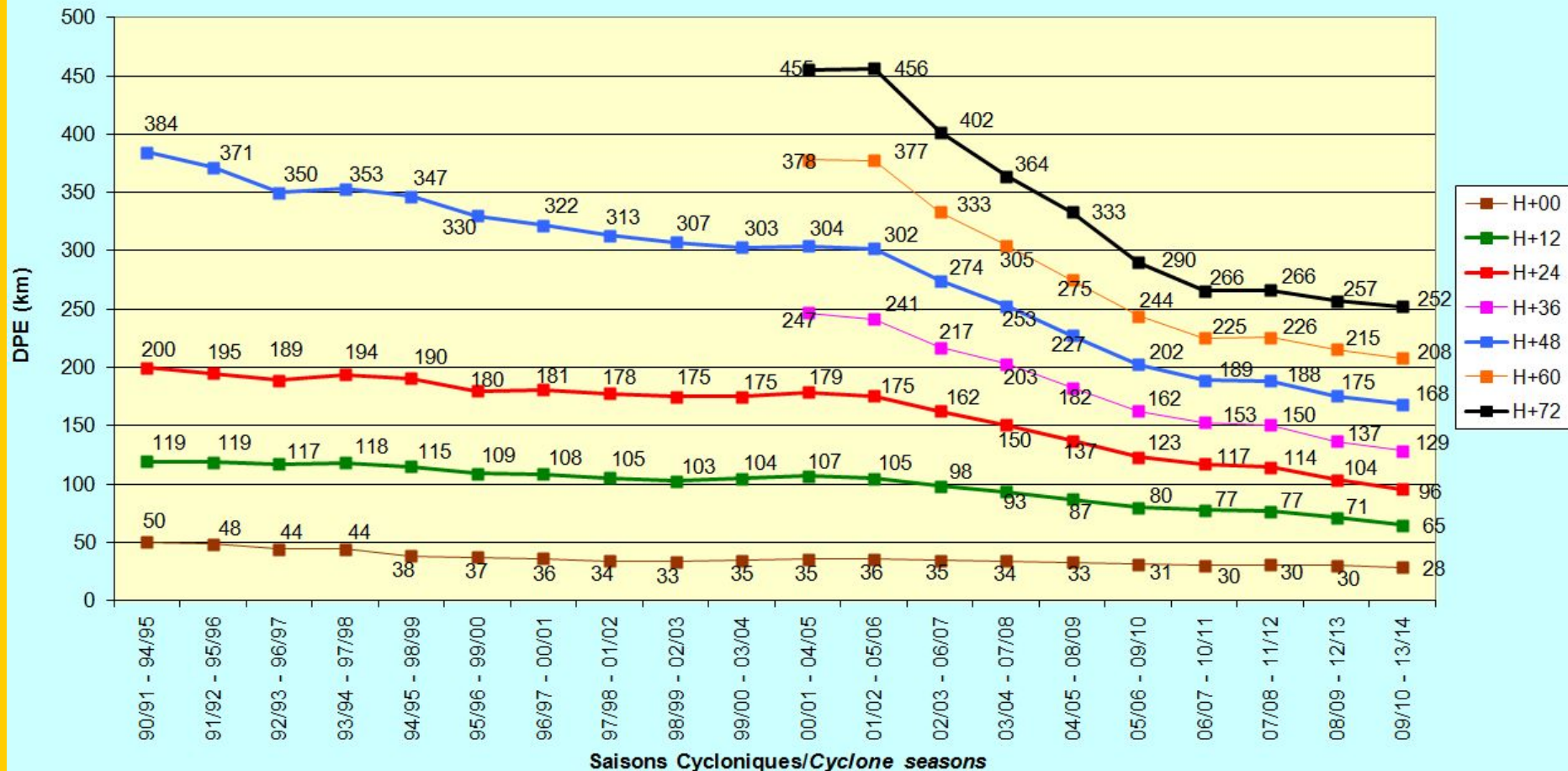


Trajectoire du cyclone tropical GAMEDE du 24 février au 1er mars 2007



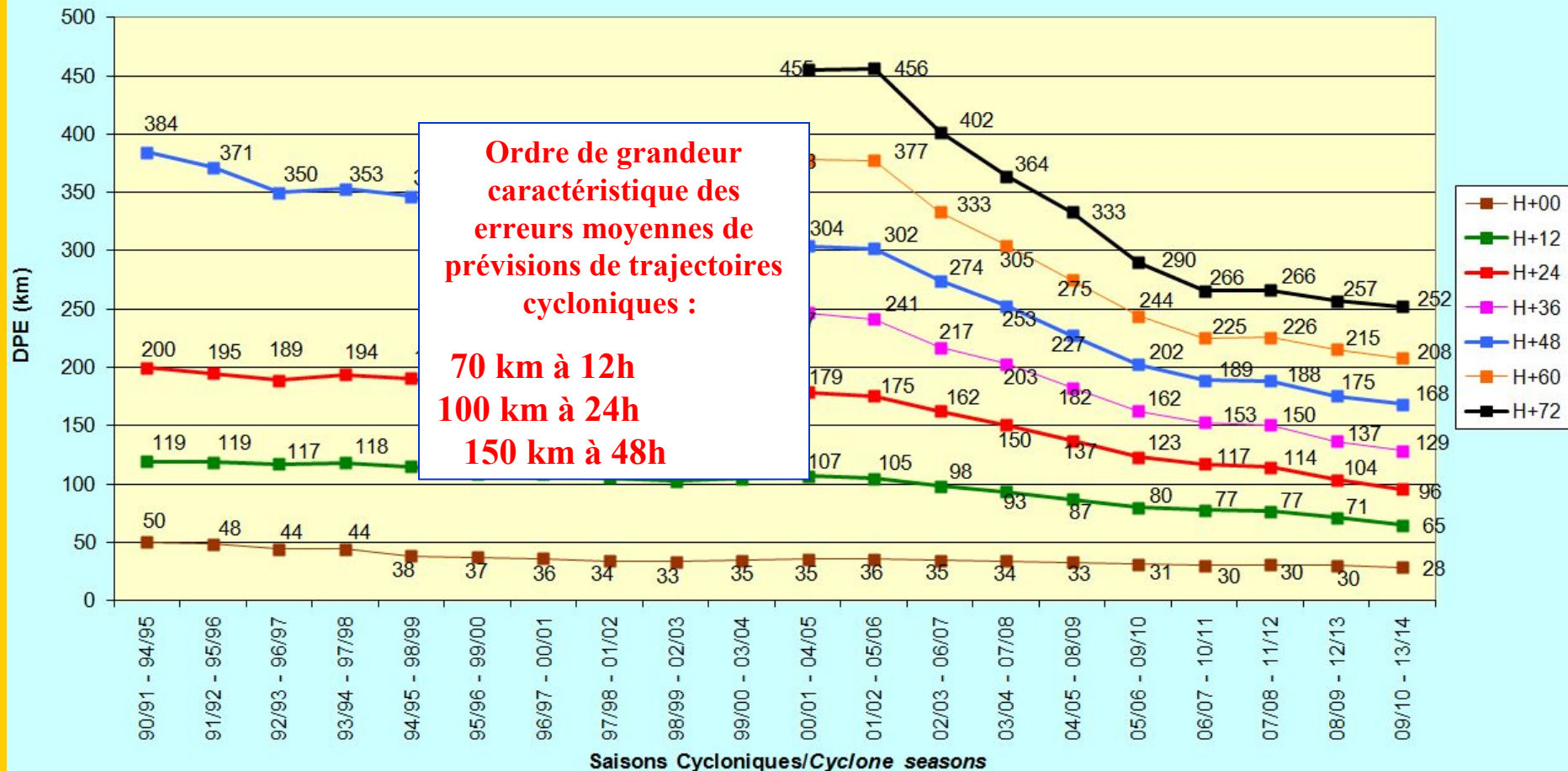
RSMC track forecasts verification

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

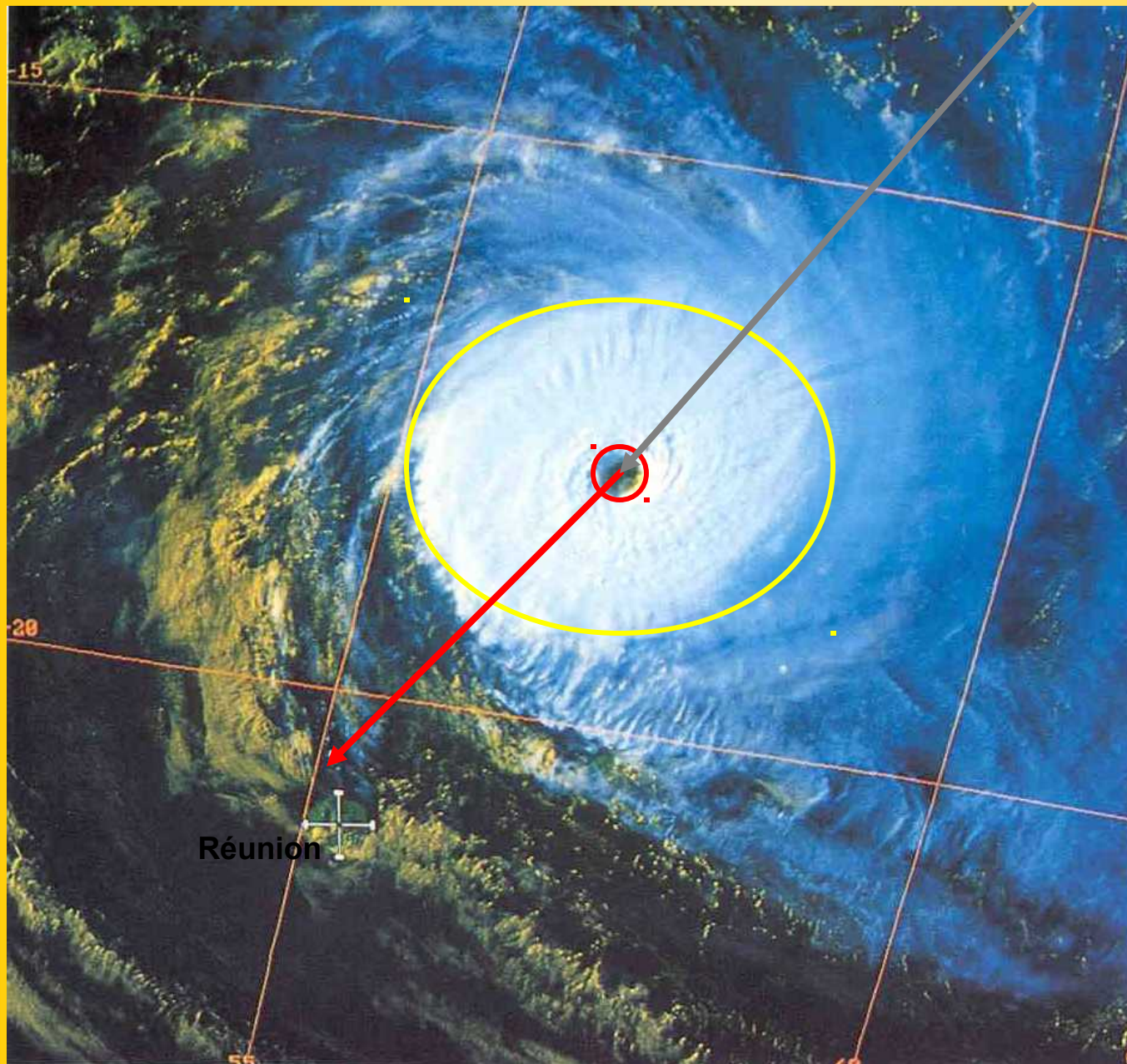


RSMC track forecasts verification

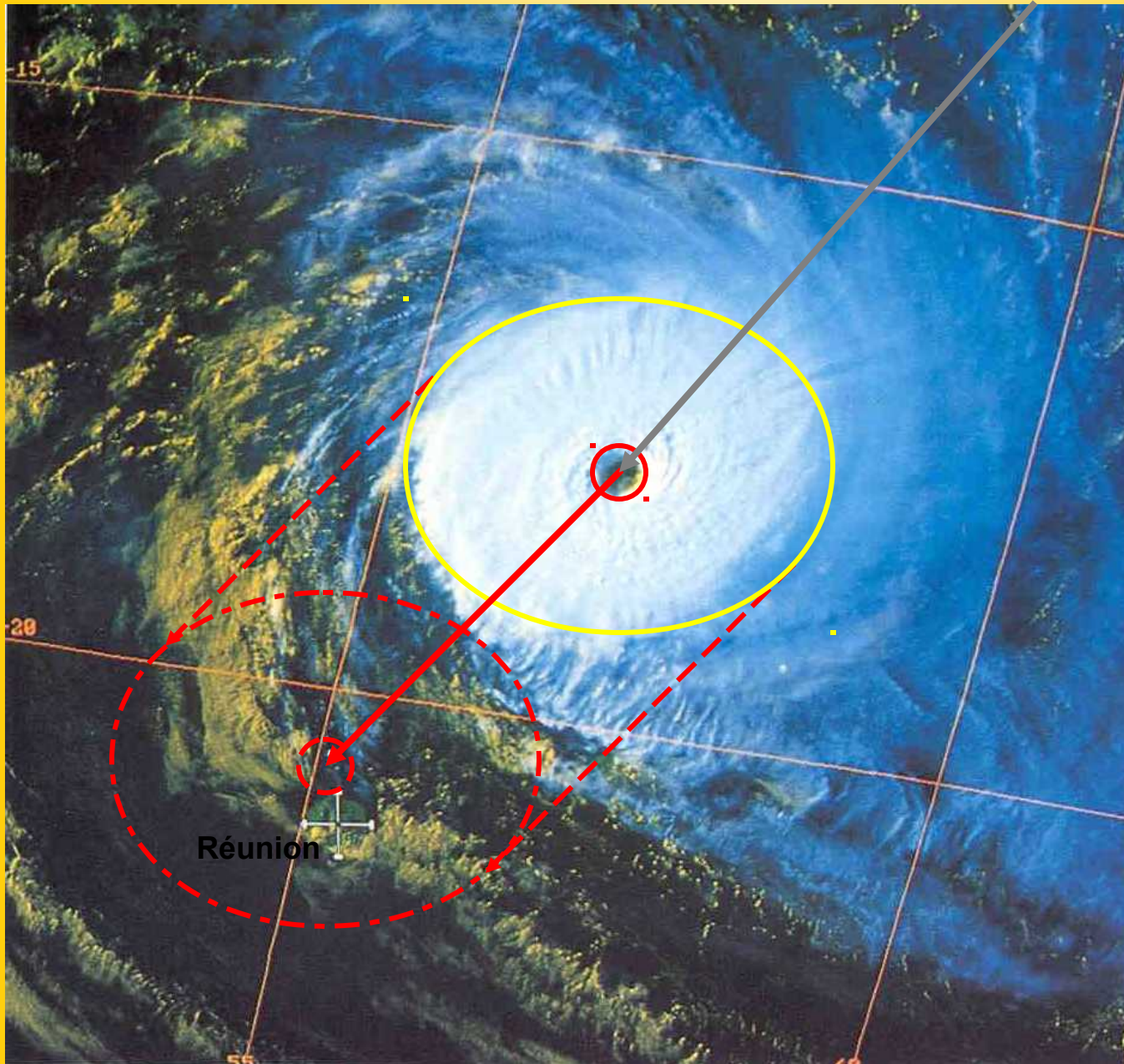
Evolution Interannuelle des prévisions du CMRS
Moyennes glissantes sur 5 ans (sauf H+36, H+60, H+72)
Toutes Intensités confondues
RSMC LA REUNION : Time-evolution of Cyclone tracks forecasts errors
5-years running means of direct position errors



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

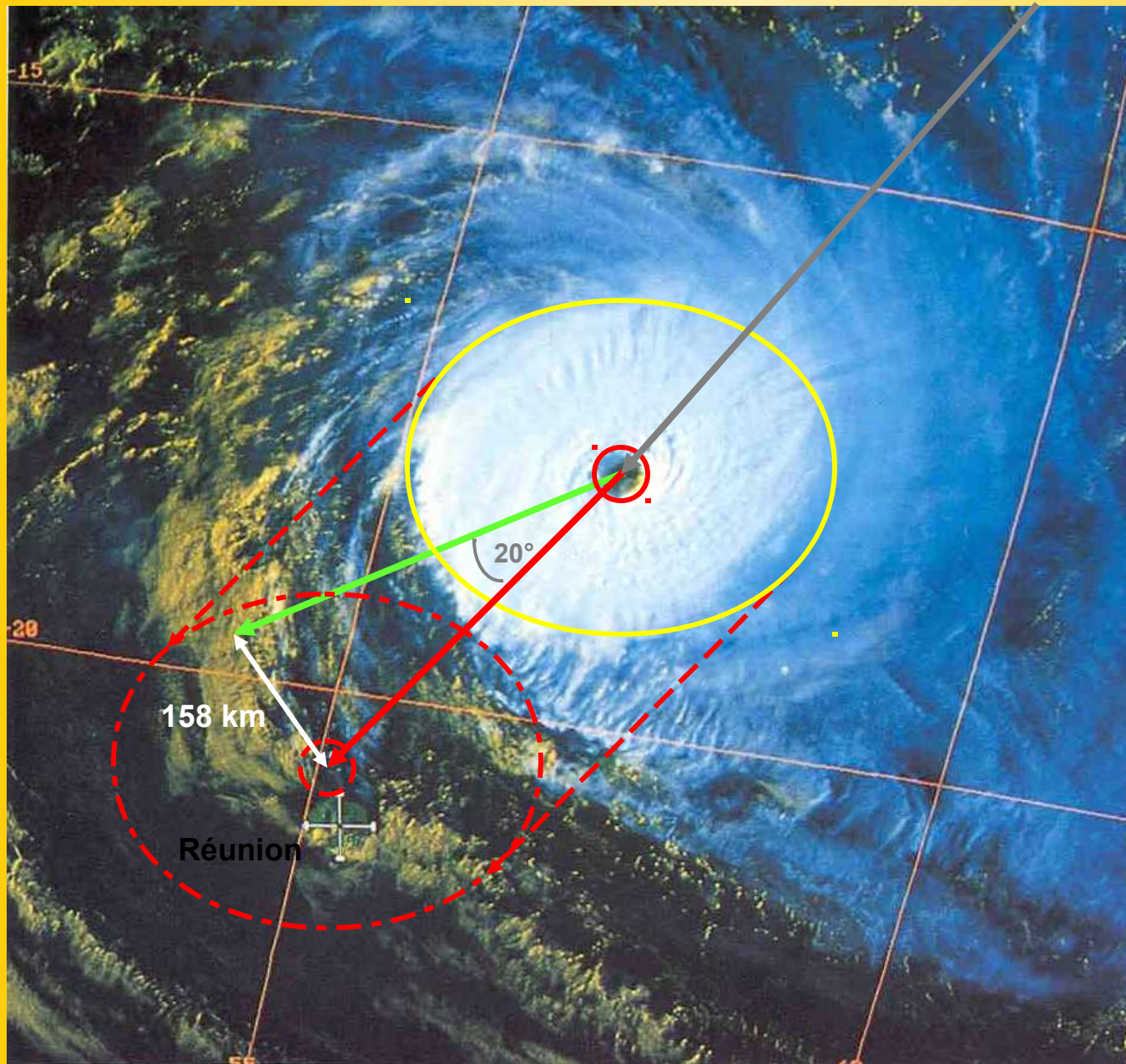


Prévision cyclonique et petites îles : « le syndrome du tout ou rien »



« 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.*