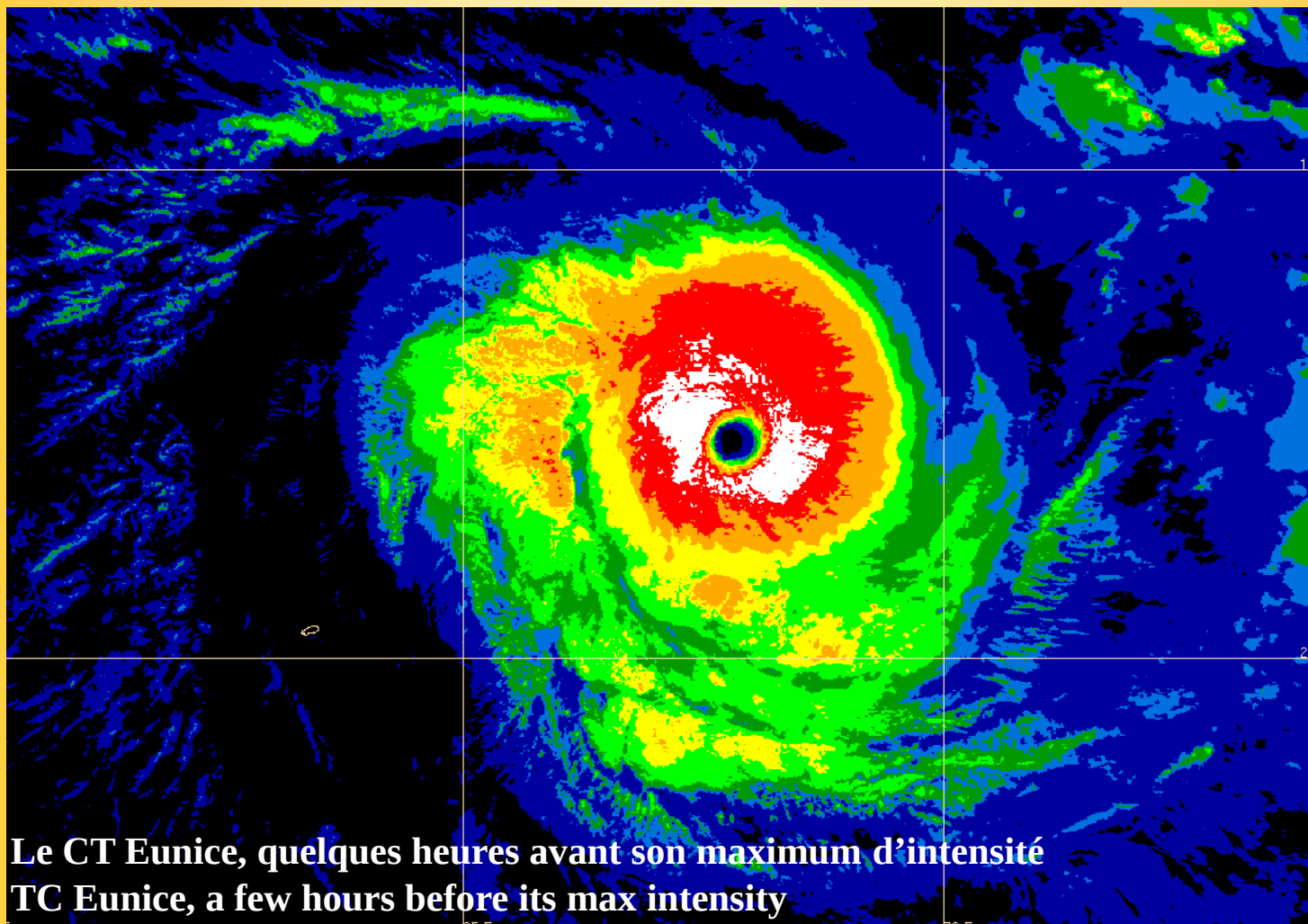


*L'analyse des systèmes
dépressionnaires
tropicaux par la méthode
de Dvorak*

**Tropical Cyclone Analysis
using the Dvorak
Intensity Analysis
Technique**



Le CT Eunice, quelques heures avant son maximum d'intensité
TC Eunice, a few hours before its max intensity

Who is Dvorak ? Qui est Dvorak ?



- **Vernon DVORAK, an American meteorologist (NOAA/NESDIS)**
- **Designed, between 1969 and 1984, a method based on sat. imagery to assess TC intensity.**
- **Retired nowadays (live in California)**
- **No particular link with Antonin Dvorak, Czech composer of the 19th century ...**

- **Vernon DVORAK, météorologiste américain (NOAA/NESDIS)**
- **Mis en place une méthodologie d'analyse des images satellitaires entre 1969 et 1984 pour estimer l'intensité des phénomènes cycloniques.**
- **Aujourd'hui retraité (vit en Californie)**
- **À priori, rien à voir avec Antonin Dvorak, compositeur tchèque du 19ème siècle ...**

What is the Dvorak technique ?

Qu'est ce que la technique de Dvorak ?

- A statistical method for estimating the intensity of tropical cyclones from satellite imagery
- Can use both Infrared and Visible imagery
- Based on a “measurement” of the cyclone’s convective cloud pattern and a set of rules
- Une méthode statistique pour estimer l’intensité des Systèmes Dépressionnaires Tropicaux (SDT) à partir de l’imagerie satellite.
- S’applique à partir de l’imagerie VIS et IR.
- Basée sur des “mesures” de la configuration nuageuse du SDT ainsi que sur un certain nombre de règles / contraintes.

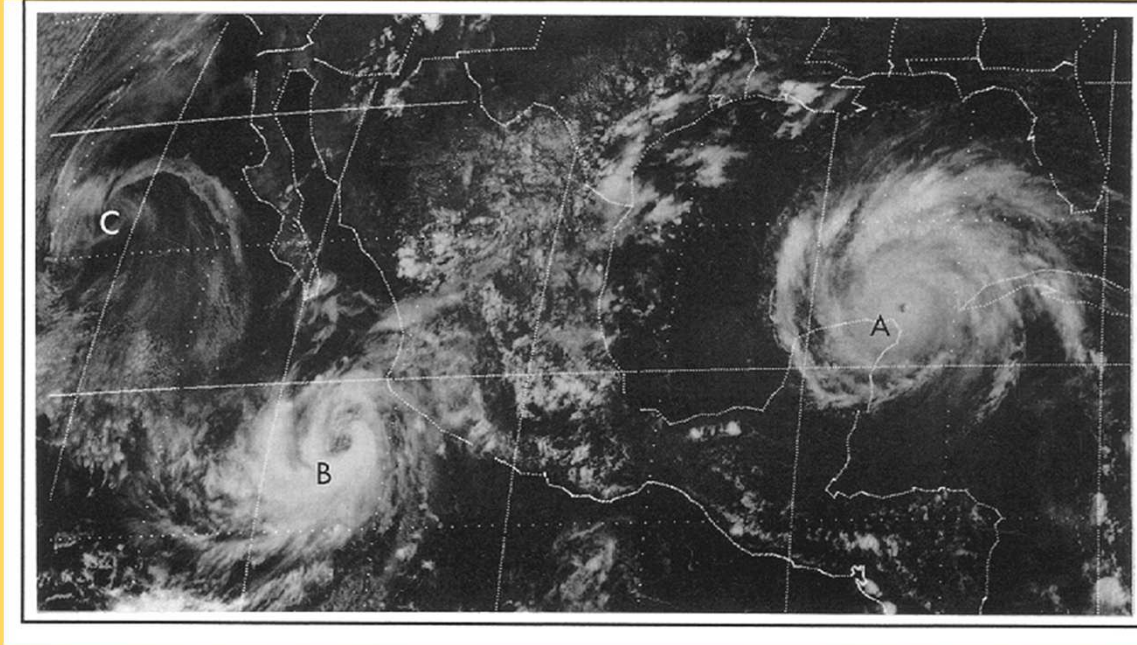
What the Dvorak Technique is not

Ce que la technique de Dvorak n'est pas

- A direct measurement of wind, pressure, or any other meteorological variable associated with a tropical cyclone!
- A replacement for *in situ* measurements of a tropical cyclone
- Une mesure directe du vent max, de la pression minimale ou de tout autres variables météorologiques associées au SDT.
- Un remplacement aux potentiels mesures in-situ pouvant être faites au sein des SDT.

Dvorak Technique Premise

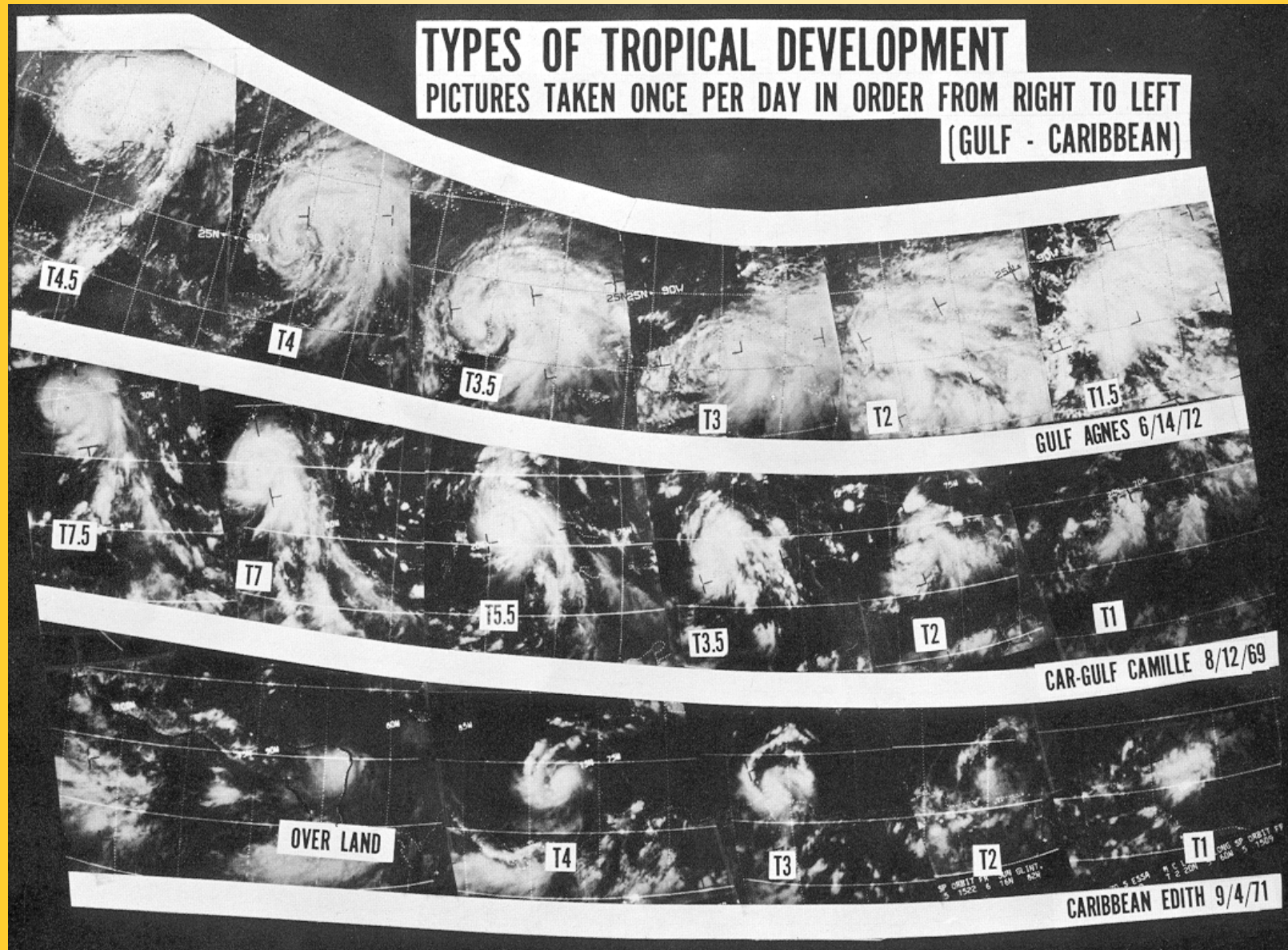
Les prémisses de la technique



- Tropical cyclones have characteristic evolutions of cloud patterns that correspond to stages of development and certain intensities.
- Les SDT ont des évolutions caractéristiques de leurs configurations nuageuses qui correspondent à des stades de développement et à un niveau d'intensité.

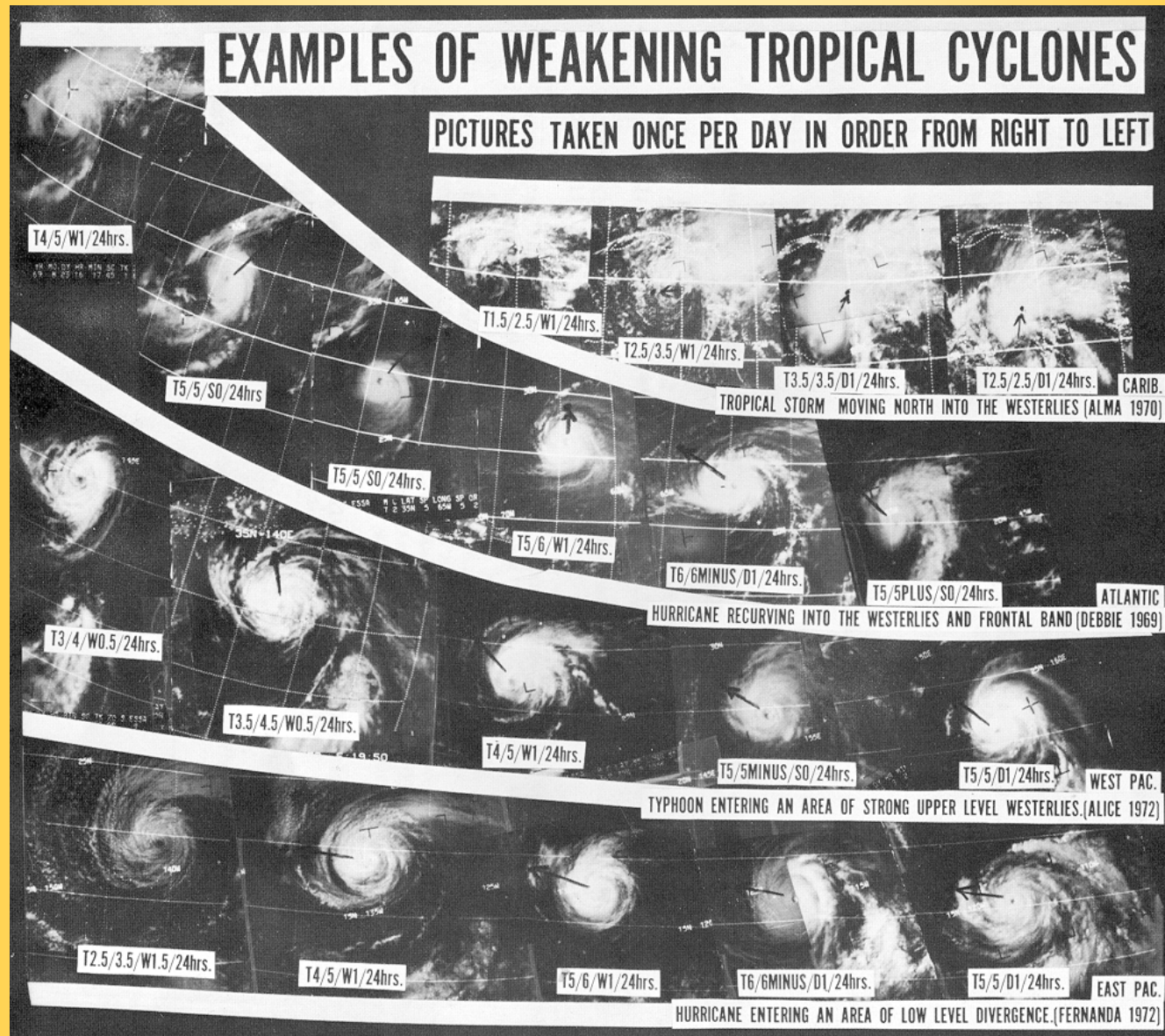
Types of tropical development

Différents types de développement



Types of weakening trend

Différents types d'affaiblissement

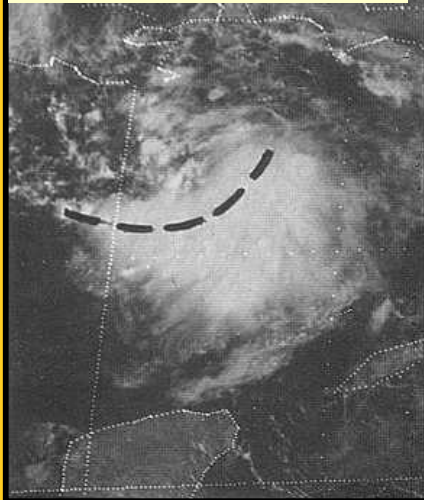


Dvorak technique cloud patterns

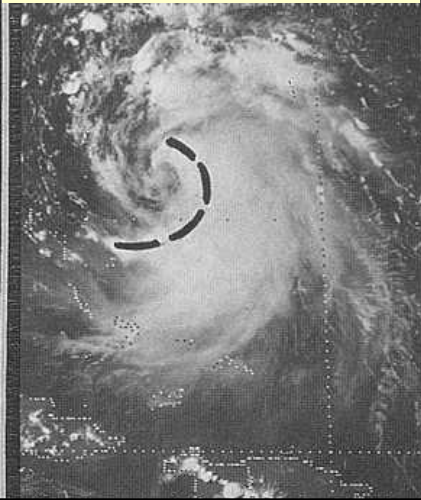
Les configurations nuageuses

- **Curved Band (VIS and IR)**
 - **Shear (VIS and IR)**
 - **Eye (VIS and IR)**
 - **Central Dense Overcast (VIS)**
 - **Embedded Center (IR)**
 - **Central Cold Cover (VIS and IR)**
-
- **Bande incurvée (VIS et IR)**
 - **Cisaillée (VIS et IR)**
 - **Œil (VIS et IR)**
 - **CDO (VIS)**
 - **Centre noyé dans la masse (IR)**
 - **Nébulosité centrale froide (VIS et IR)**

Day 1 / Jour 1



Day 2 / Jour 2



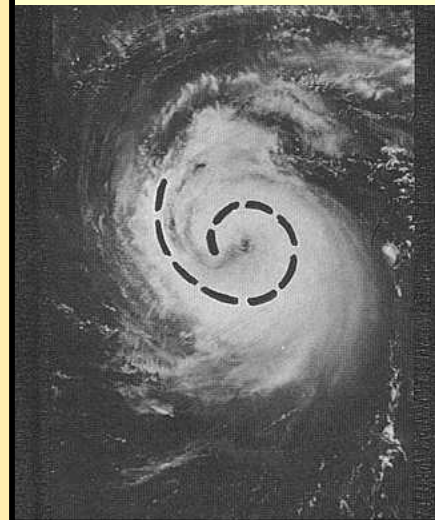
Day 3 / Jour 3



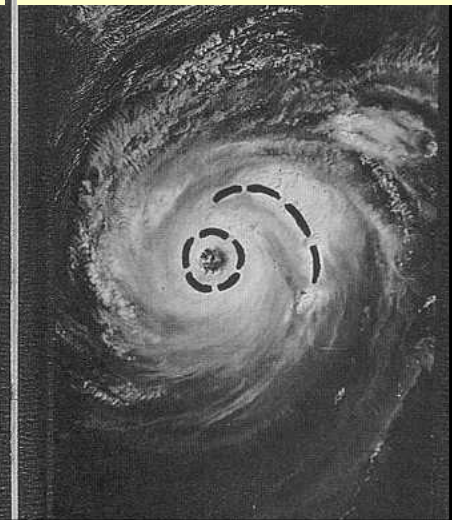
**Imagerie en canal visible
montrant l'évolution typique sur 5
jours (à raison d'une image par
jour)**

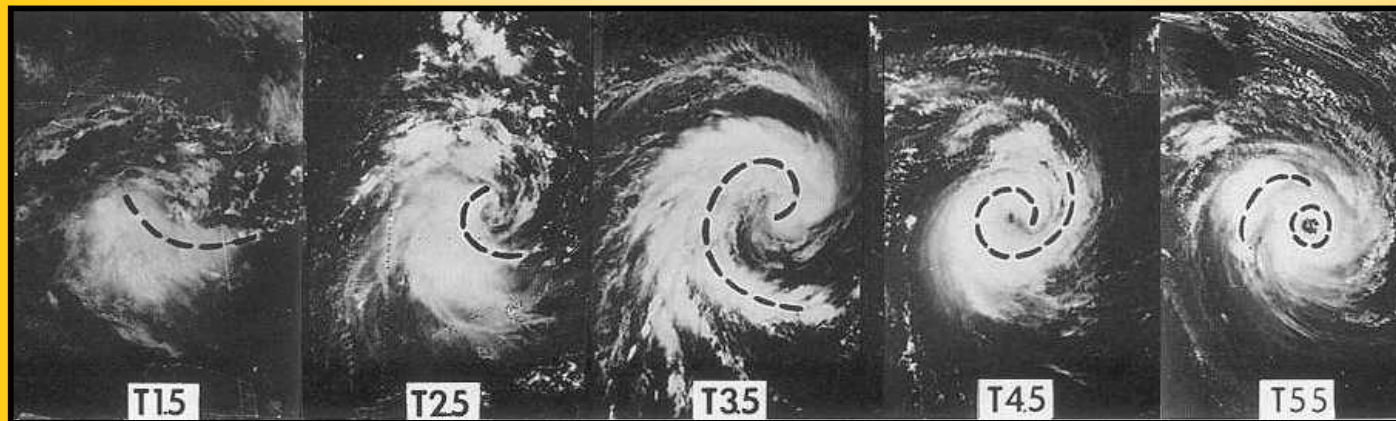
**VIS imagery showing typical
development over 5 days (one
picture per day)**

Day 4 / Jour 4



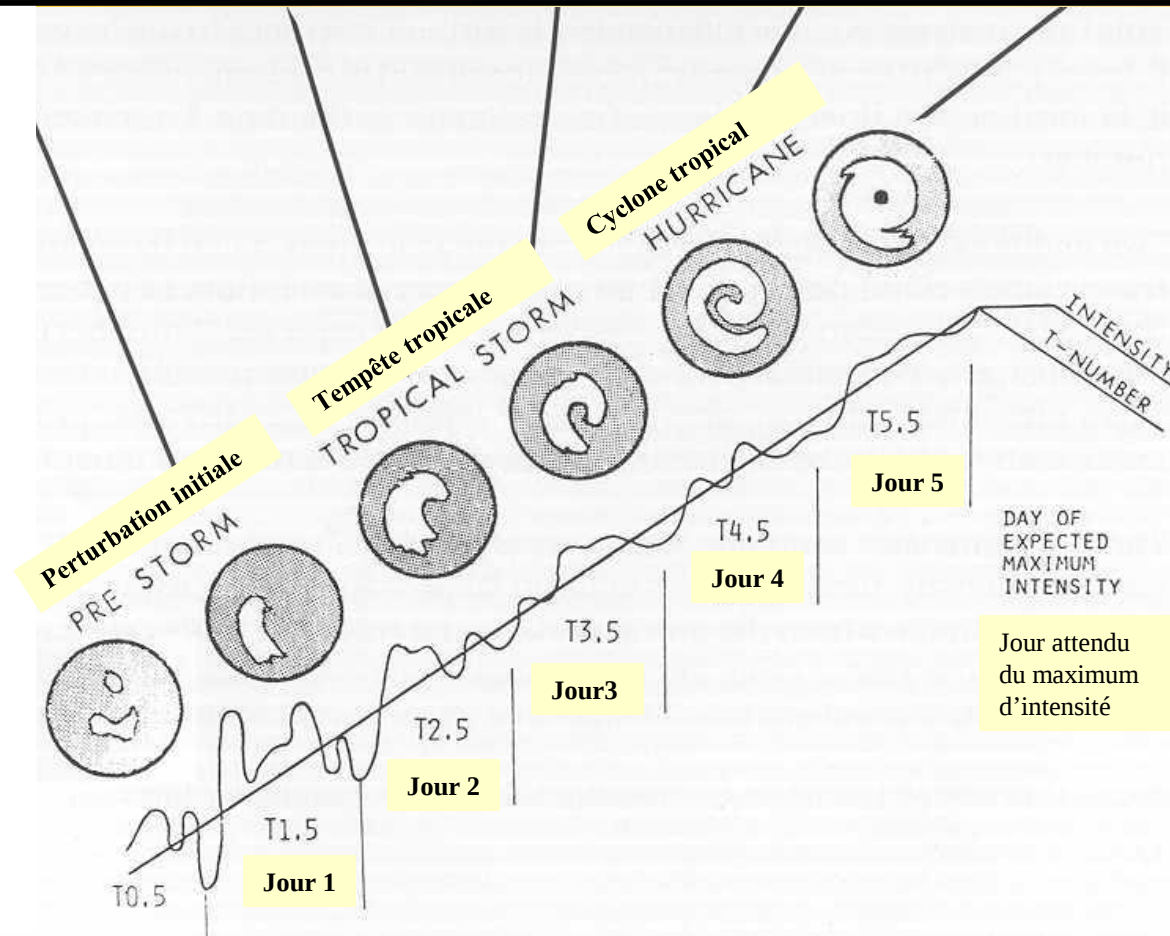
Day 5 / Jour 5



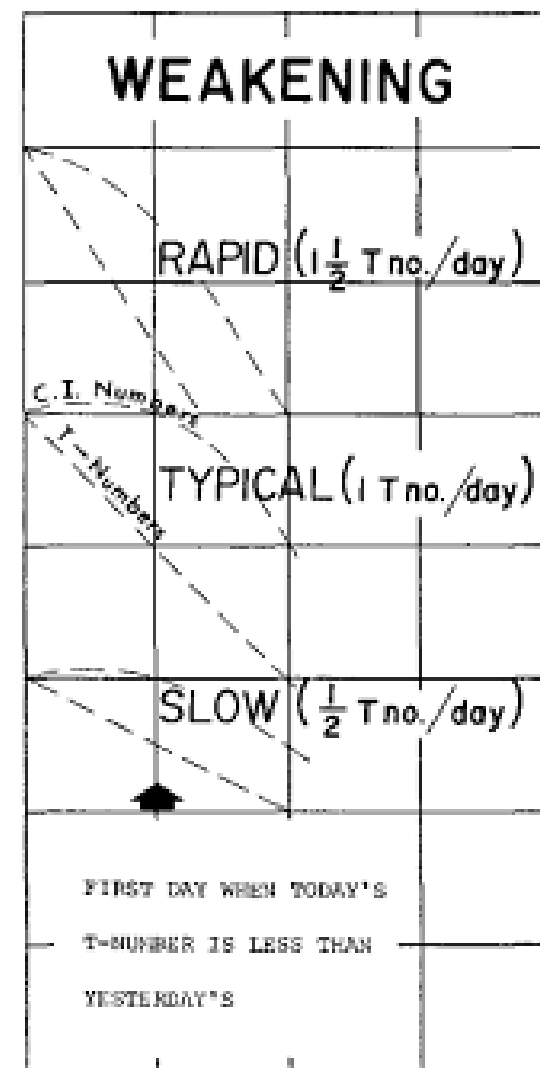
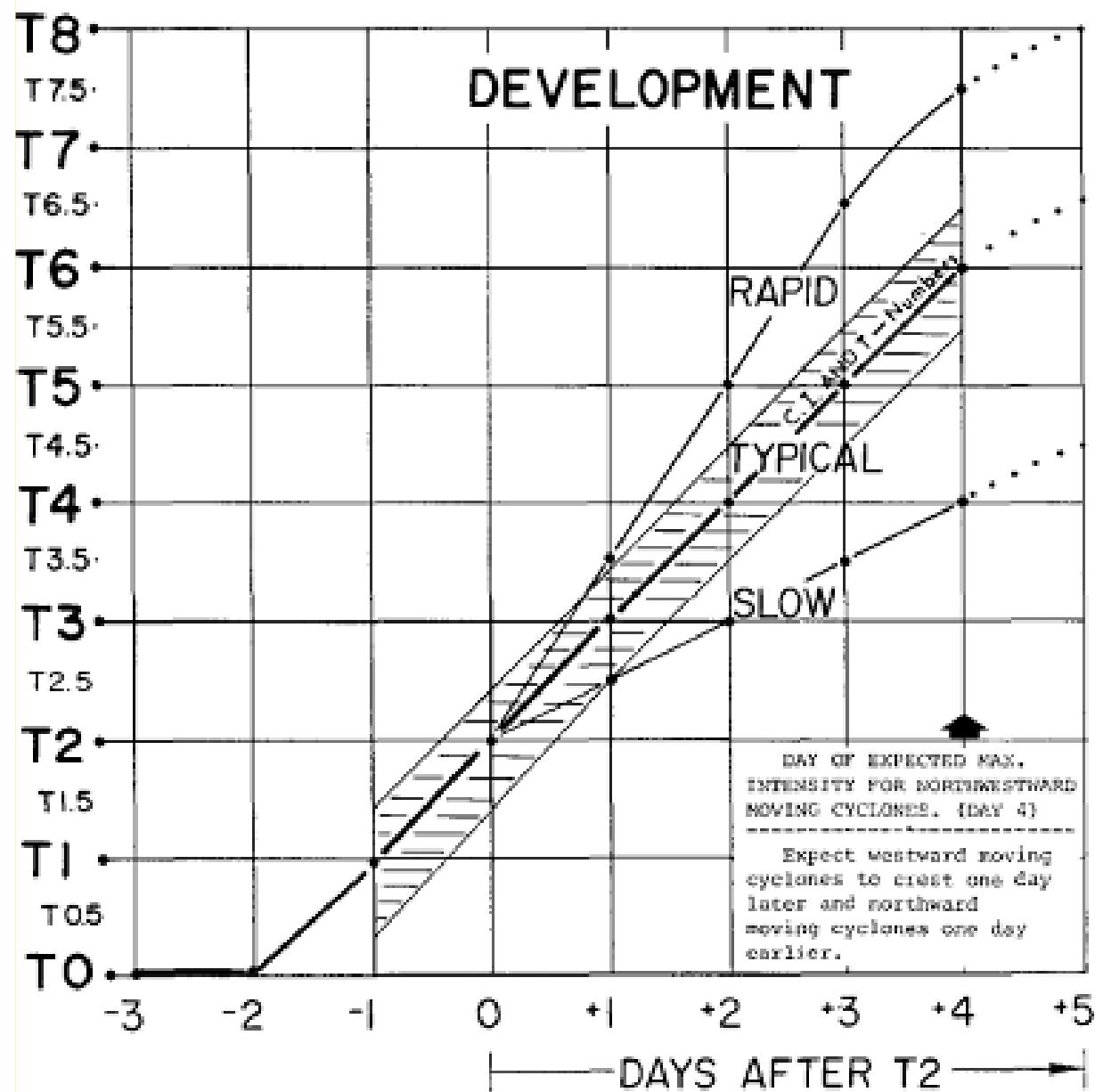


**Développement
d'un cyclone
tropical modèle
(suivant un taux
d'intensification
d'un nombre T
par jour).**

T8
T7
T6
T5
T4
T3
T2
T1



**A modeled
depiction of
tropical cyclone
development
(at the average
rate of one T-
number per day).**



A process in 5 main steps

1. Find the center

2. Assessment / measurement

Measurement of the convective pattern:

- Curved band
- Shear
- Eye
- CDO
- Embedded center

→ **Data T. number (DT)**

24h comparison:

→ **Model Expected T. number (MET)**

Pattern matching:

→ **Pattern adjusted model T. number (PT)**

3. Choose the best estimate between **DT / MET** or **DT/PT**

4. Apply constraints

5. → **Final T. number - FT** and **Current Intensity – Ci**

FT and Ci

FT et Ci

- During the intensifying trend, $FT = Ci$
 - During the weakening trend and to take into account the inertia of the wind fields compared to the cloud structure, $Ci > FT$ of 0.5 or 1.0
-
- En phase de développement: $FT = Ci$
 - En phase d'affaiblissement et pour prendre en compte l'inertie du champs de vents par rapport aux modifications de la configuration nuageuse, $Ci > FT$ de 0.5 ou 1 unité.

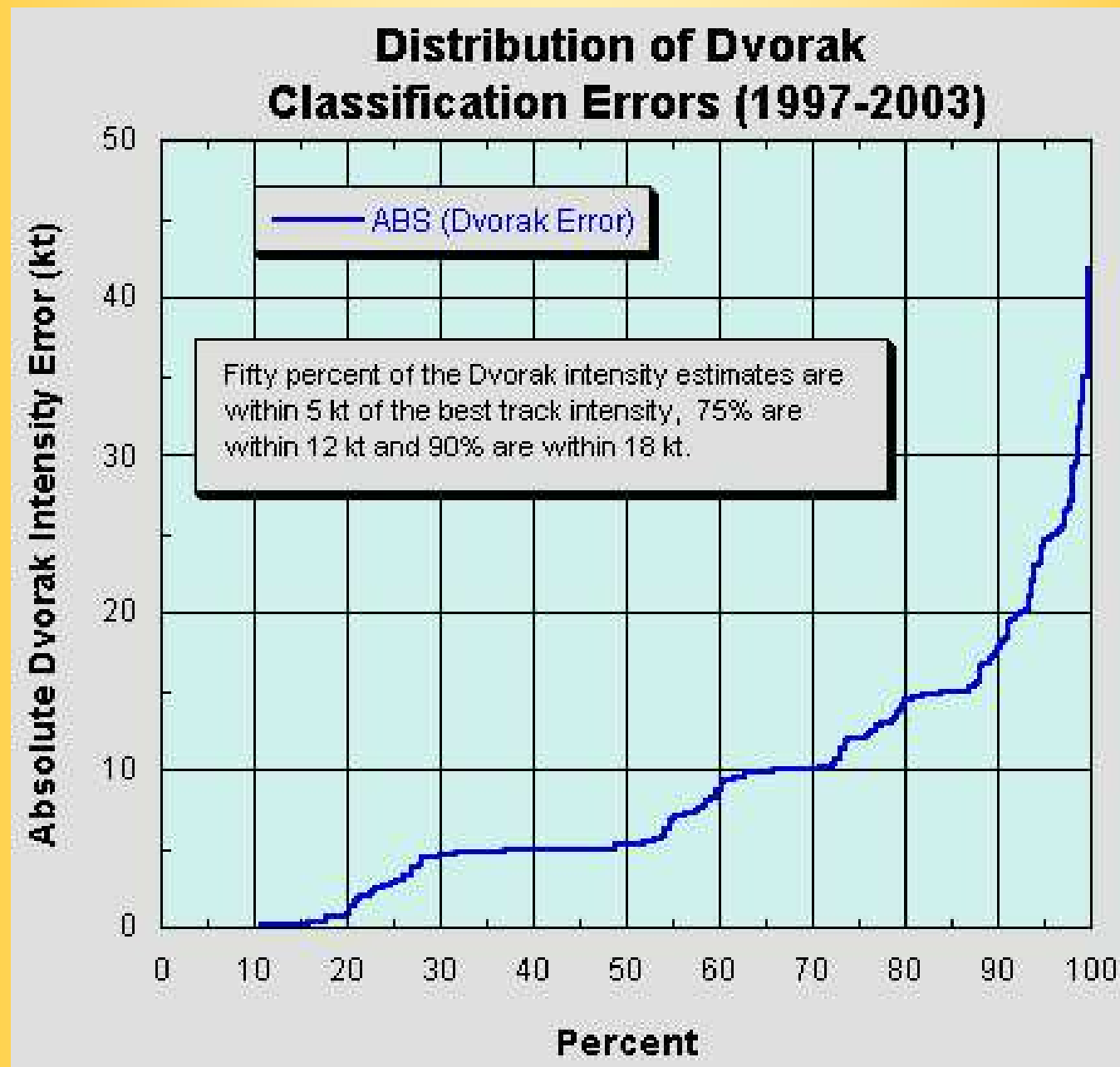
Vmax estimate / Estimation du Vmax

CI Number	Vmax 1' (kt)	Vmax 10' (kt)
1.0	25	22
1.5	25	22
2.0	30	26
2.5	35	31
3.0	45	40
3.5	55	48
4.0	65	57
4.5	77	68
5.0	90	79
5.5	102	90
6.0	115	101
6.5	127	112
7.0	140	123
7.5	155	136
8.0	170	150

0,88 conversion factor used between 1' winds and 10' winds. Harper et al. 2010, recommand a 0.93 factor impling a 5% increase.

Coefficient de conversion à **0.88** pour passer des vents 1' aux vents 10'. Harper et al. 2010, recommande un coefficient à 0.93 impliquant une hausse de 5%.

Distribution des erreurs DVORAK



Evaluation / Evaluation DVORAK

Knaff et al. 2010

An evaluation of Dvorak Technique-based tropical cyclone intensity estimates

- DVO SAB & TAFB vs. Best-Track with recco (ATL & NEPAC) → 20 ys (1989 to 2008)
- In average, DVO underestimate the intensity (1.5-2.5 kt) for Ci between 2.5 and 3.5.
- DVO overestimate the intensity (1.5-2.5 kt) for Ci between 4.5 and 5.5
- DVO underestimate the intensity (4-9 kt) for Ci between 6.5 to 7.0
- Best skill between 90-125 kt (1' winds). Greater limitations below 90 kt and above 125 kt.
- Biaias also due to: 12h intensity change, latitude, translation speed, size.
- Results may not be applicable in all bassins ...



***La localisation du centre d'un système
dépressionnaire tropical***

Locating Tropical Cyclone Centres

A process in 5 main steps

1. Find the center

2. Assessment / measurement

Measurement of the convective pattern:

- Curved band
- Shear
- Eye
- CDO
- Embedded center

→ **Data T. number (DT)**

24h comparison:

→ **Model Expected T. number (MET)**

Pattern matching:

→ **Pattern adjusted model T. number (PT)**

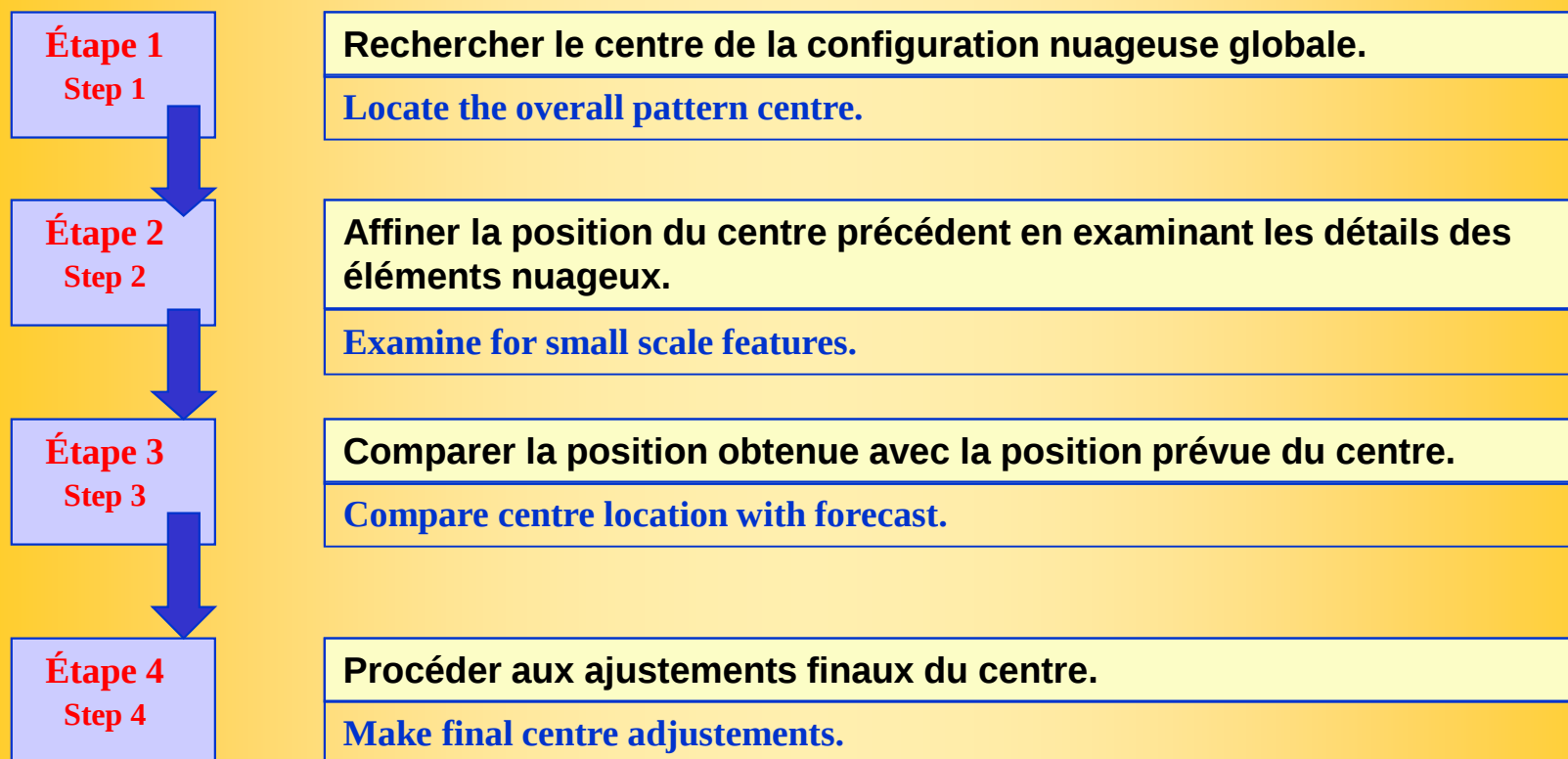
3. Choose the best estimate between **DT / MET** or **DT/PT**

4. Apply constraints

5. → **Final T. number - FT** and **Current Intensity - Ci**

Quatre étapes pour positionner le centre d'un système dépressionnaire tropical à partir de l'imagerie satellitaire

Four steps for locating Tropical cyclone centres using satellite imagery



Étape 1 : Rechercher le centre de la configuration nuageuse globale.
Step 1 : Determine the centre of the overall cloud pattern.



Pour estimer, en première approche, la position du centre :

The first guess estimate of the centre is determined by :

Rechercher le point focal de courbure des lignes nuageuses et bandes nuageuses de grande échelle.

Locating the focal point of the broadscale cloud line and curvature of the system

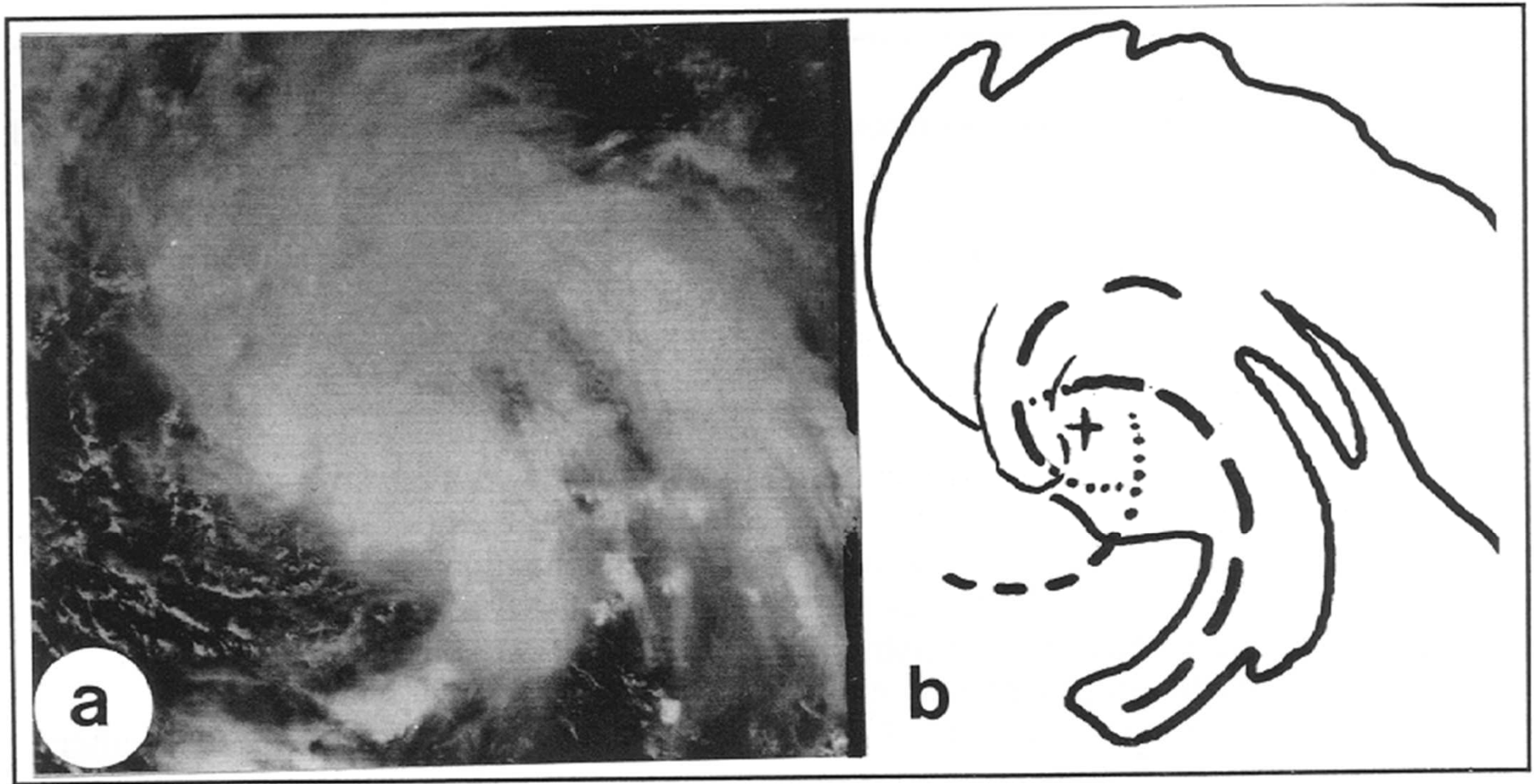


Rechercher le modèle de configuration nuageuse directement comparable à celle de l'image à analyser, et positionner le centre conformément à la manière dont il est défini sur ce modèle.

Comparing the cloud pattern with those of tropical cyclone development models, and locating the centre as defined on the corresponding model.

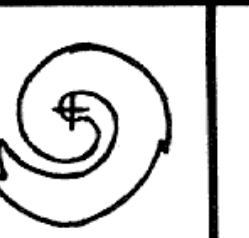
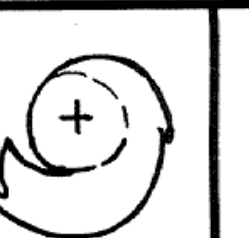
Locate the Cloud System Center

Localiser le centre



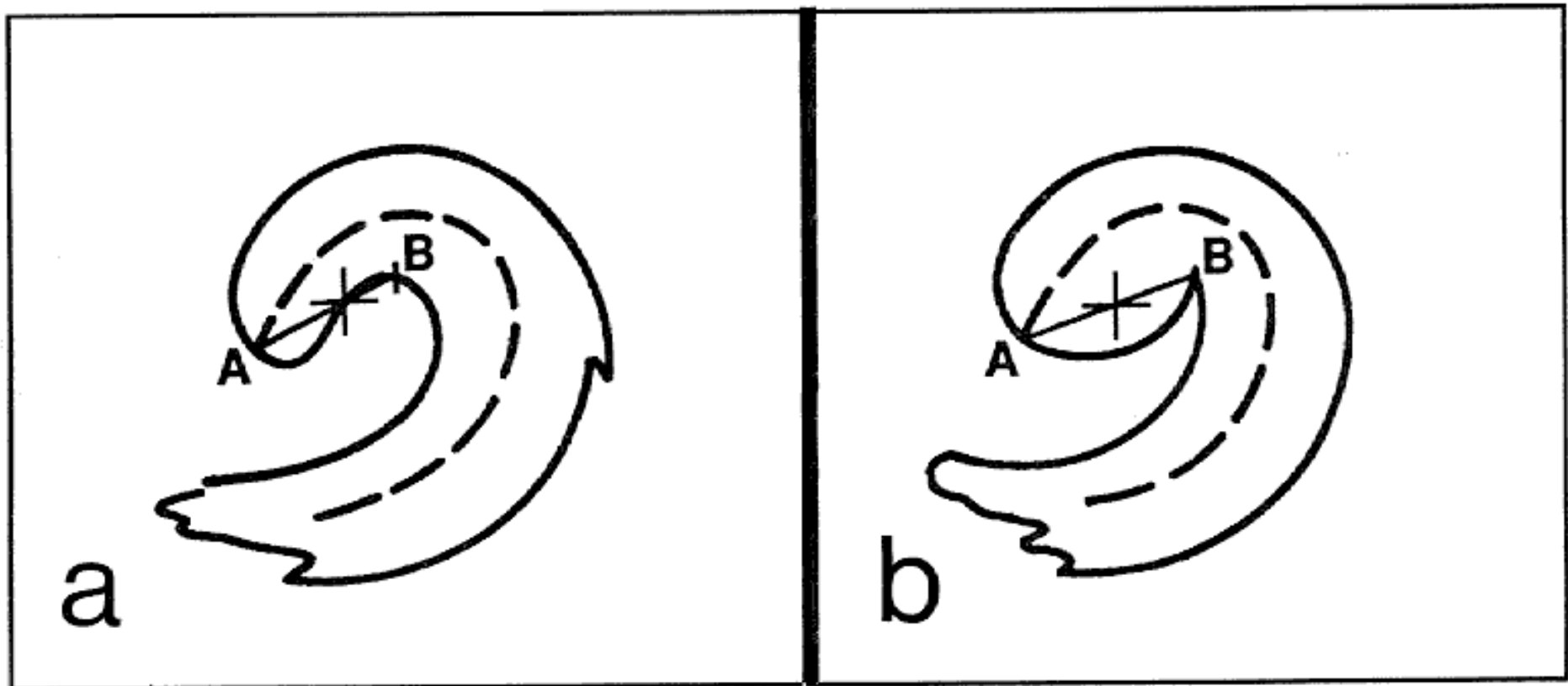
Expected CSC positions

Positions attendues du centre

TYPICAL CLOUD PATTERN EVOLUTION				
DAY 1 (T1.5)	DAY 2 (T2.5)	DAY 3 (T3.5)	DAY 4 (T4.5)	DAY 5 (T5.5)
				
BASIC CURVED BAND PATTERN TYPE				
				
CENTRAL DENSE OVERCAST (CDO) PATTERN TYPE				
				
"SHEAR" PATTERN TYPE				

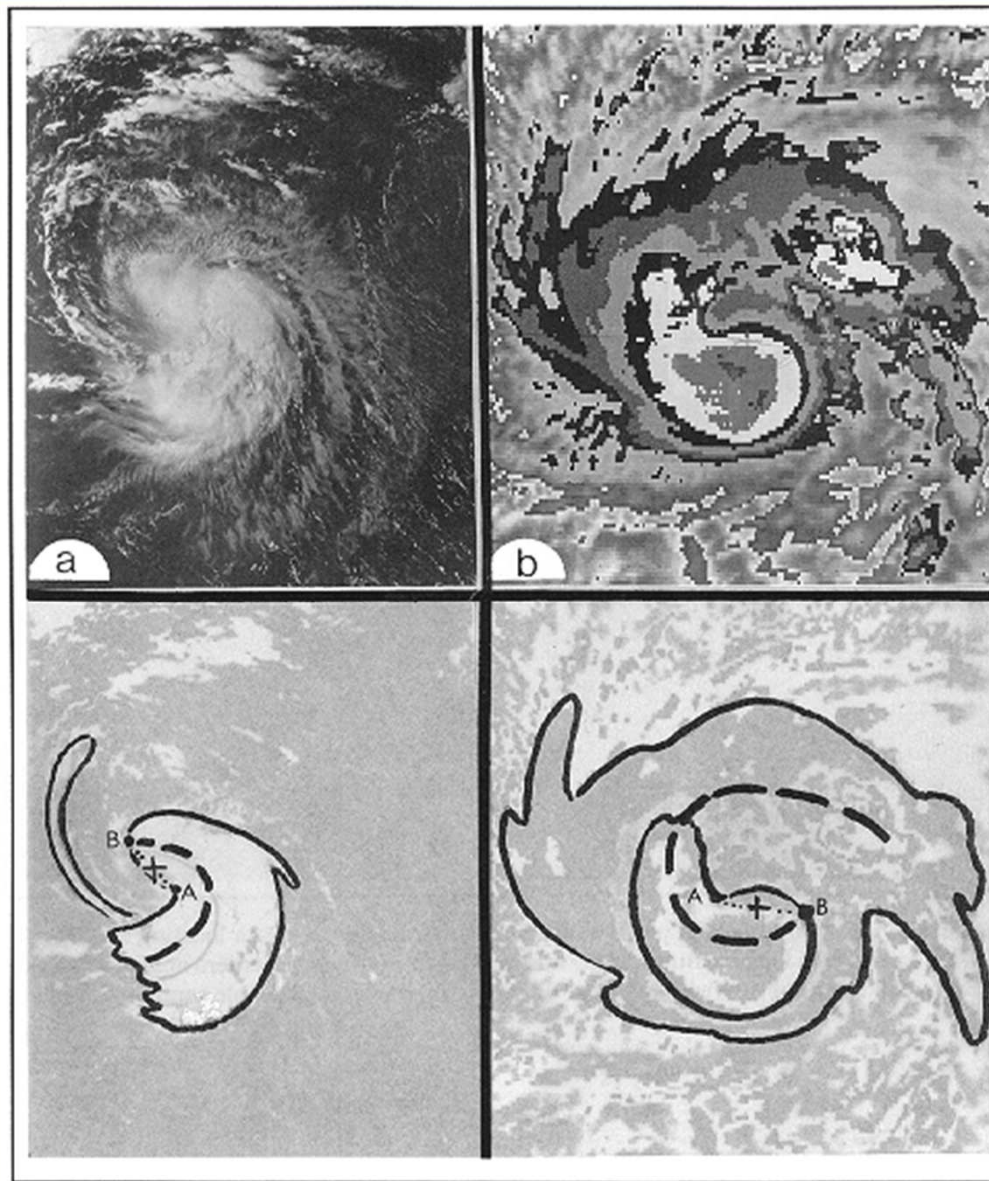
Expected CSC positions for curved band pattern

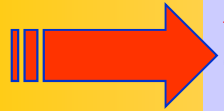
Centre attendu pour une configuration en bande incurvée



Curved band examples

Exemples en BI





Étape 2 : Affiner la position du centre précédent en examinant les détails des éléments nuageux.

Step 2 : Examine for small scale features.



Les éléments à prendre en compte à ce niveau sont :

The cloud features used in this step include :

Présence d'un œil ou indication de la présence d'un œil (point chaud).

Presence of an eye or indication of the presence of an eye (warm spot).



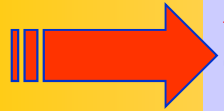
Courbure des enroulements nuageux de basses couches, zones de présence nuageuses faibles (« trous »), ou zone vers laquelle convergent des alignements nuageux.

Low level cloud line curvature, cloud minimum areas (holes), or area of cloud line mergence.



Éléments concernant les couches nuageuses moyennes ou supérieures, tels que courbure d'alignements ou de bandes nuageuses, zones de nuages plus froids, « trous » dans le couche nuageuse, sommets de cumulonimbus plus élevés.

Middle or upper level cloud features such as line or band curvature, cold cloud areas, holes in cloud cover, or protruding cumulonimbus tops.



Étape 3 : Comparer la position obtenue avec la position prévue du centre.

Step 3 : Compare centre location with forecast.



Cette étape est fondamentale pour faire apparaître un éventuel problème d'analyse et nécessite :

This step is crucial to discovering problems with the analysis, that may not have been previously recognized, and requires :

Comparer le centre obtenu après les étapes 1 et 2 avec la position prévue pour l'heure de l'image satellite, position obtenue par extrapolation de la trajectoire antérieure.

To compare the centre arrived at after the first two steps, with the expected position for the time of the satellite image (position extrapolated from the previous track).

On pourra ainsi mettre en évidence une erreur de positionnement du centre pour cause de mauvais choix de ce centre, ou une erreur pour cause de déplacement du centre lié par exemple à un cisaillement vertical du vent.

This step highlights possible errors due to wrong cloud centre selection or displacements caused by vertical wind shear.



Étape 4 : Procéder aux ajustements finaux du centre.

Step 4 : Make final centre adjustments.

Cette étape permet de procéder aux éventuelles corrections finales de la position du centre et tiennent essentiellement en des ajustements pour tenir compte des éléments suivants :

This step is to make final corrections in the centre placement when indicated, and mainly consist in making adjustments to take into account the following factors :

Correction de la grille.

Gridding errors (check accuracy against land features).



Erreurs de parallaxe.

Parallax errors (high satellite viewing angles).



Décalage entre le centre nuageux et le centre de la circulation
dépressionnaire de surface.

Displacement of the cloud system away from the surface wind centre of the system.

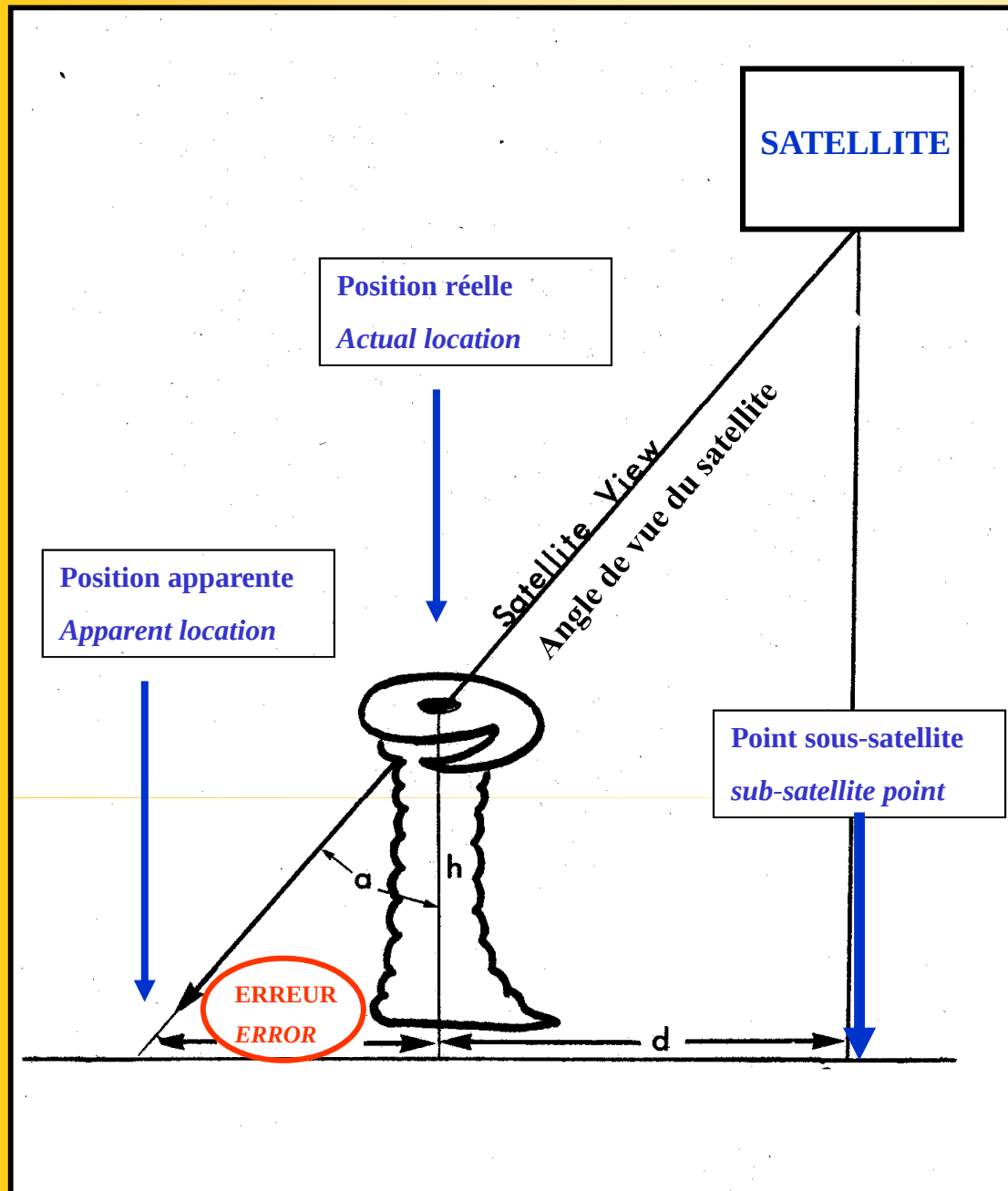
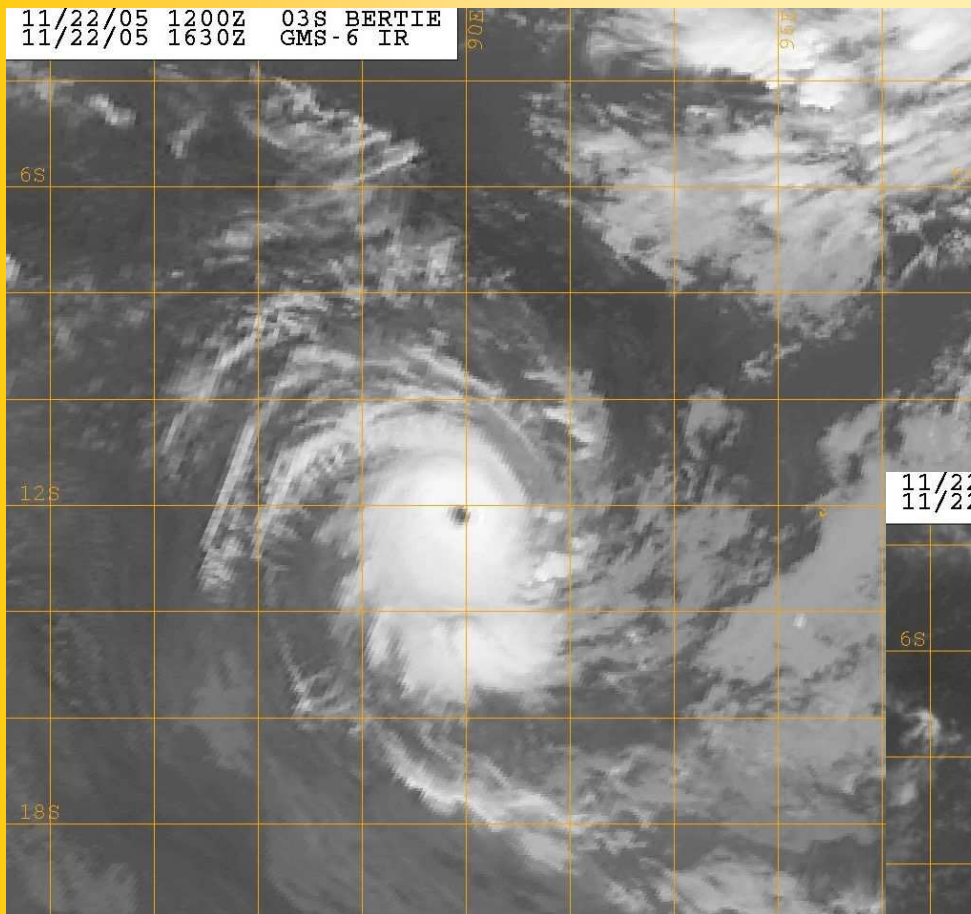


Schéma illustrant l'erreur de parallaxe associée à l'observation satellitaire d'un cyclone tropical depuis l'espace (échelle réelle modifiée).

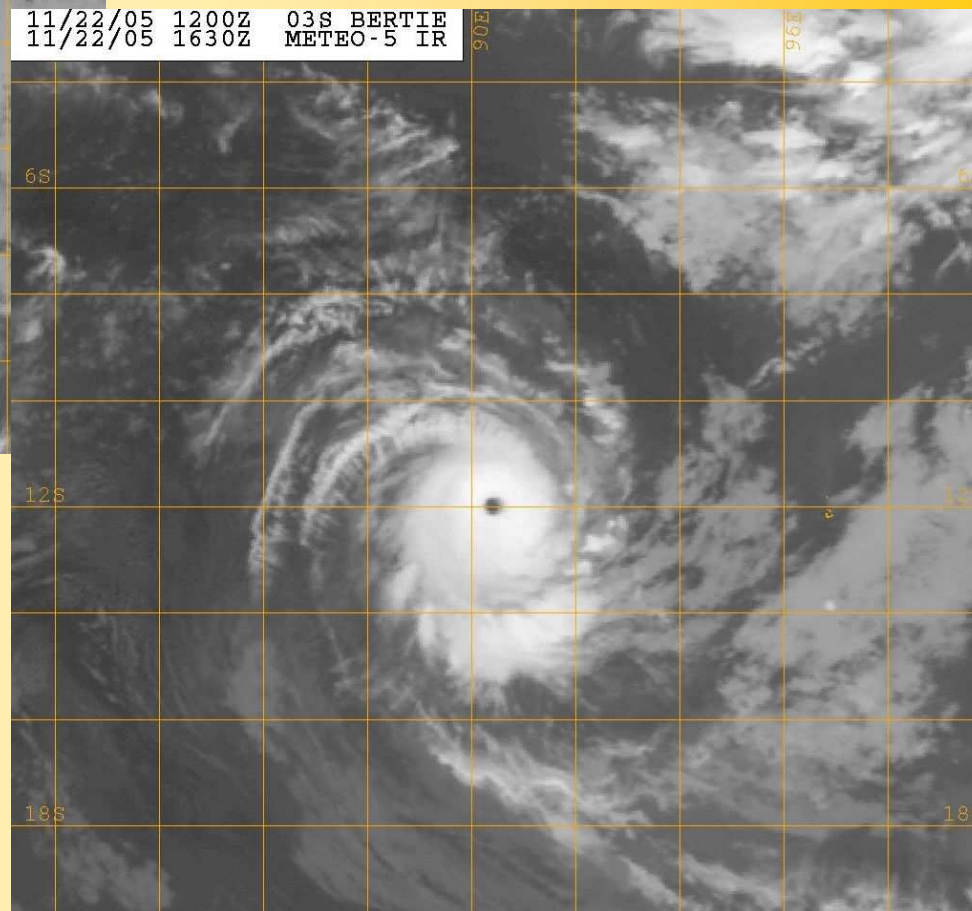
Schematic (not drawn to scale) illustrating the parallax error induced when viewing a tropical cyclone from space (satellite observation).

11/22/05 1200Z 03S BERTIE
11/22/05 1630Z GMS-6 IR



Erreur de parallaxe :
images illustrant le décalage qu'il peut
y avoir entre les localisations du centre
d'un même cyclone (ALVIN/BERTIE)
par deux satellites géostationnaires
différents.

11/22/05 1200Z 03S BERTIE
11/22/05 1630Z METEO-5 IR

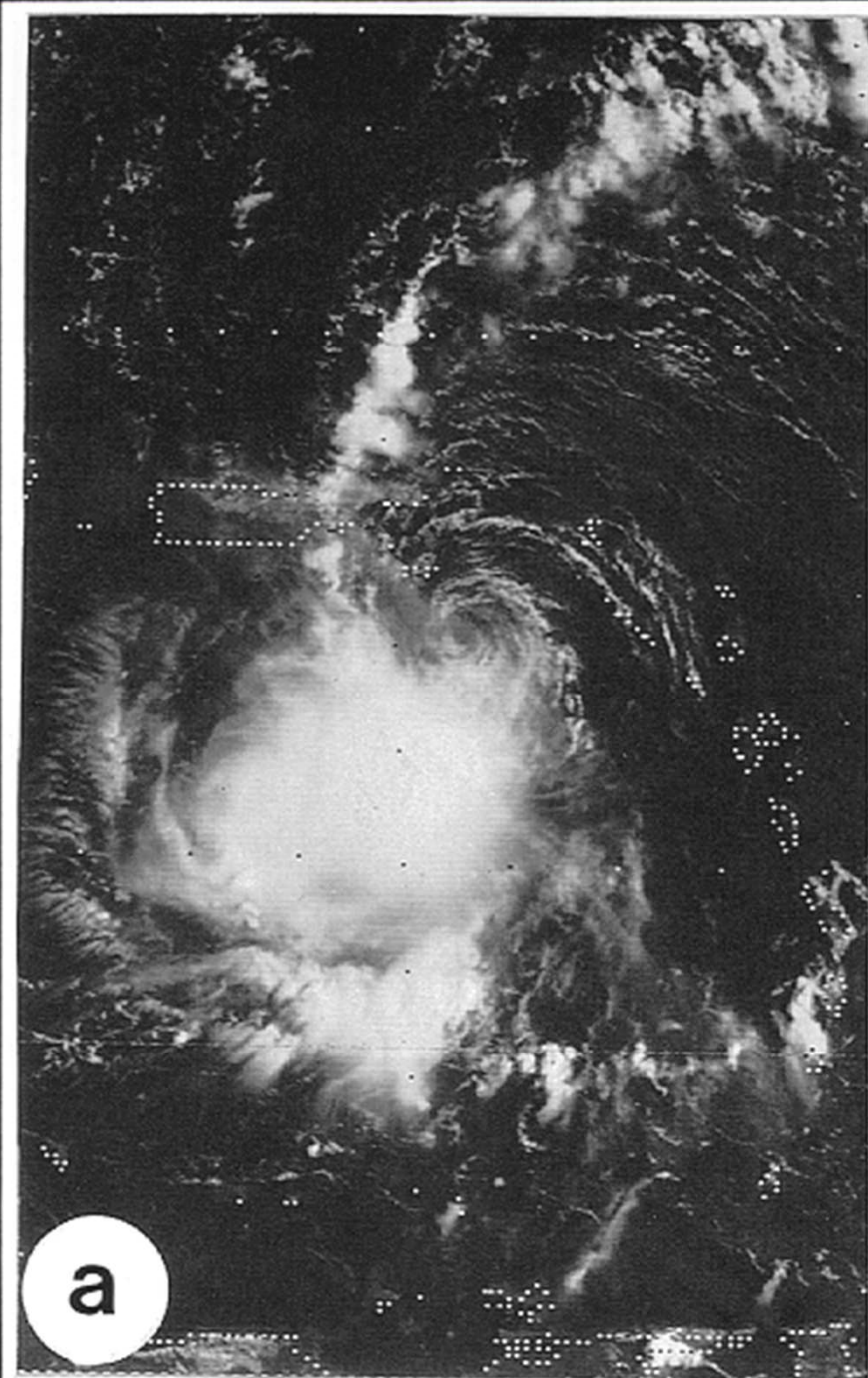


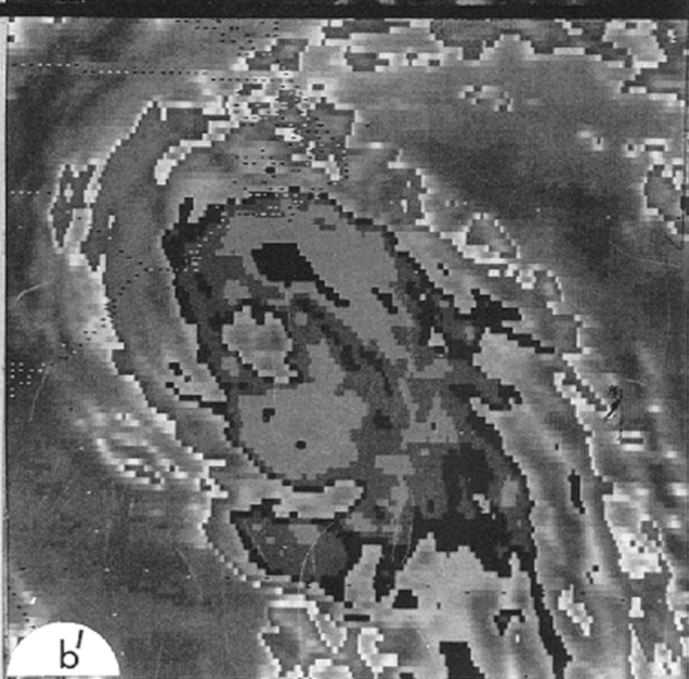
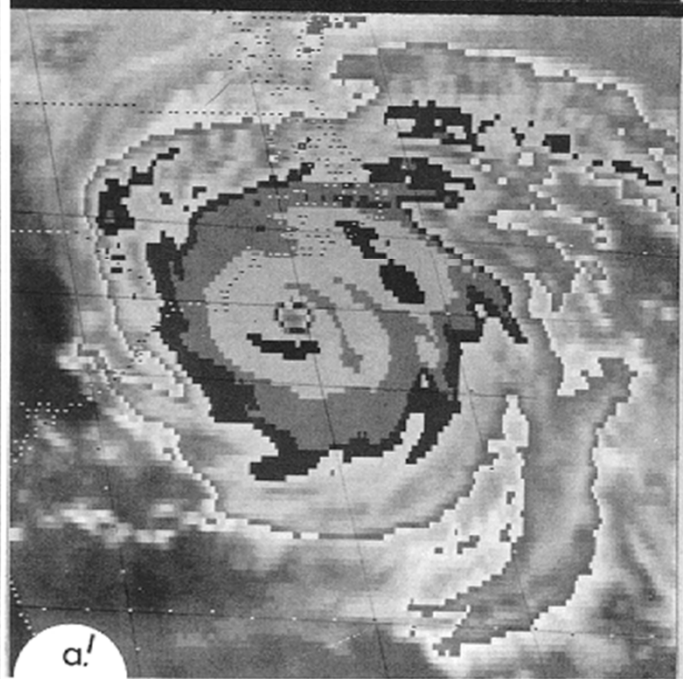
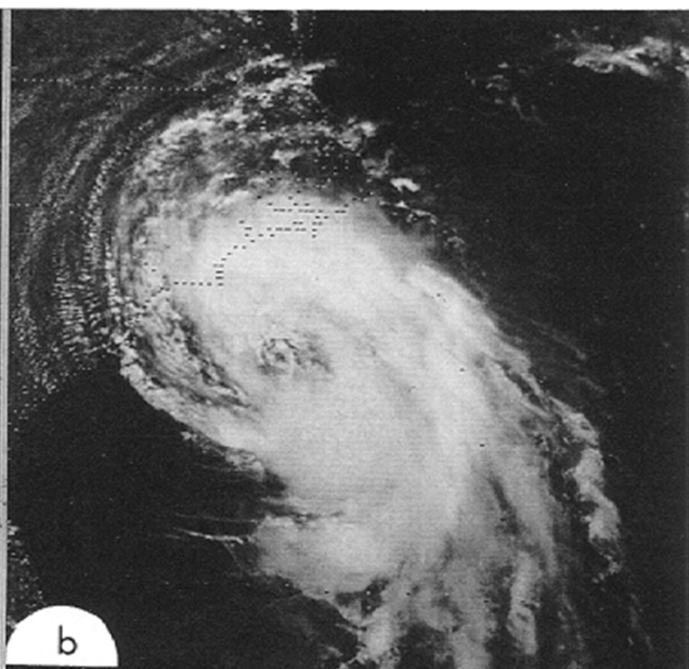
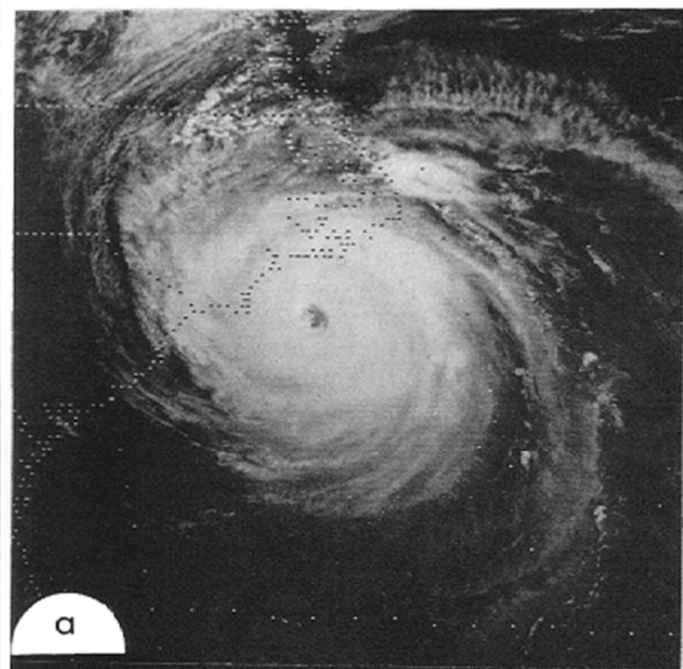
Parallax error :
concomitant images showing the
spatial difference that can exist
between the locations of a
cyclone's centre as seen by two
different geostationary satellites.

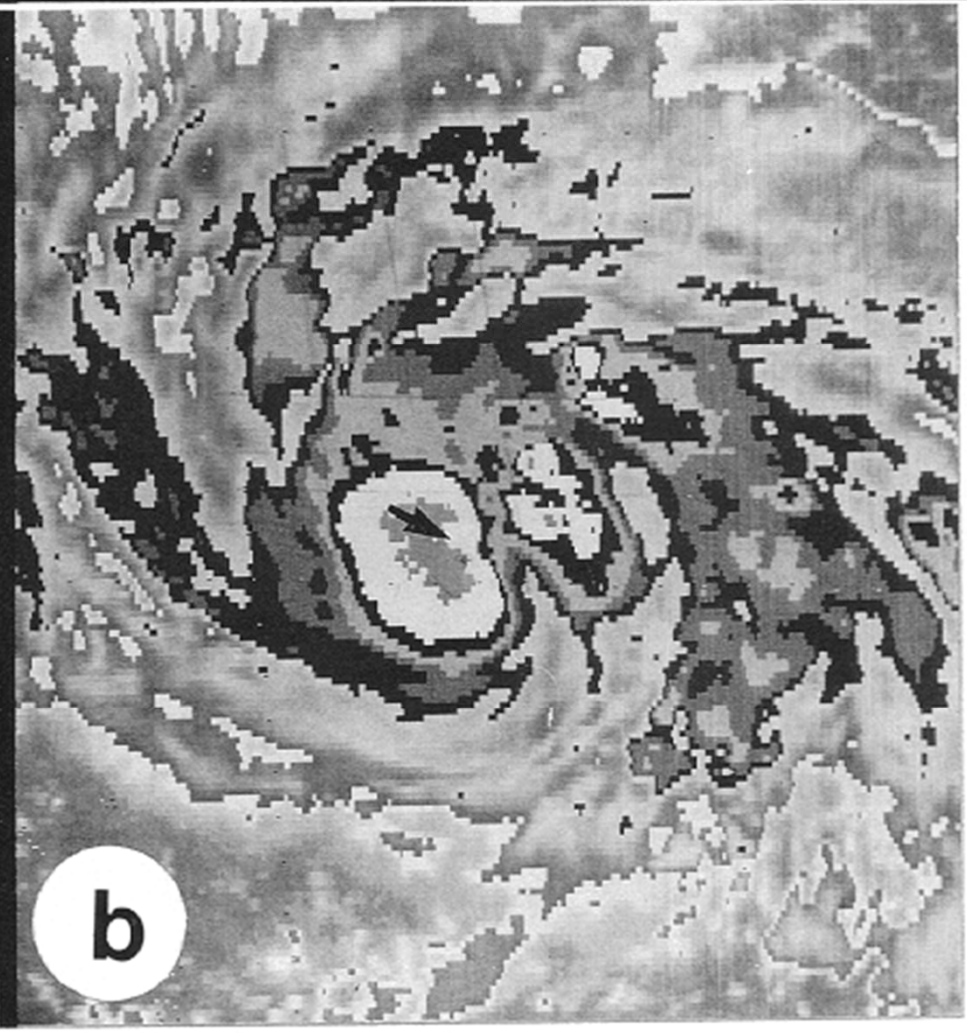
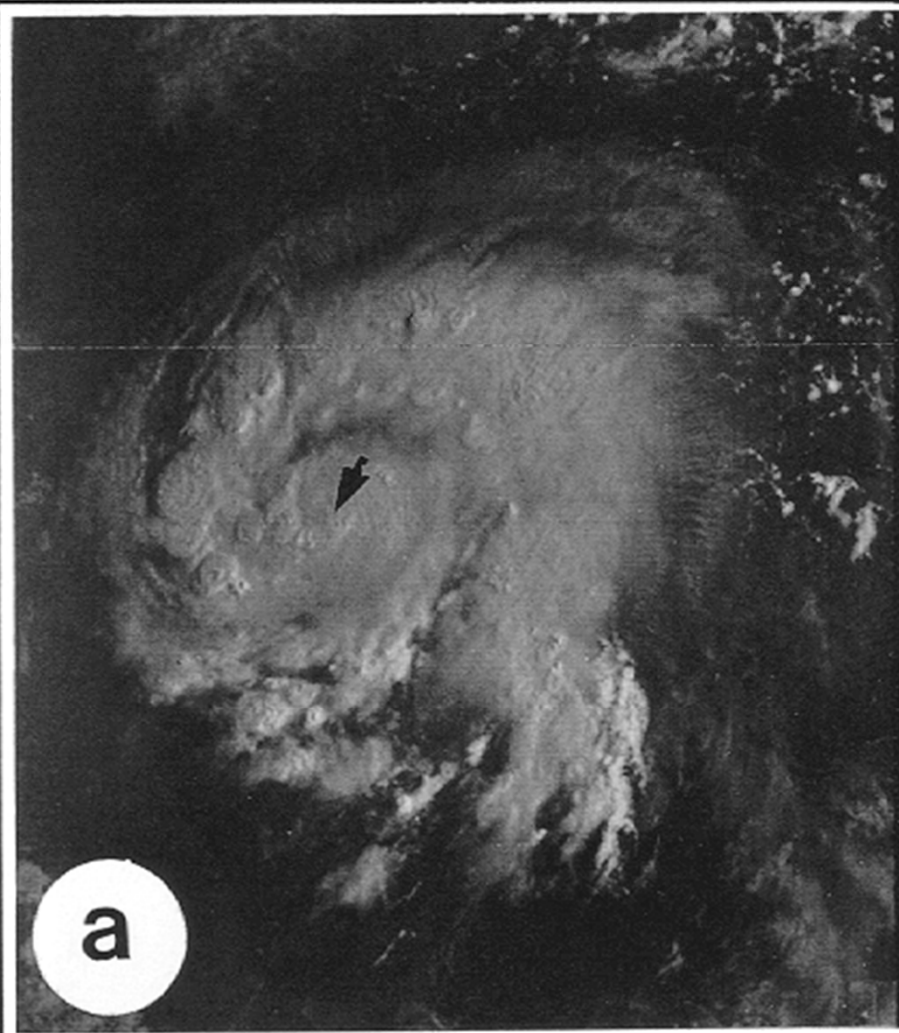
Notes on “find the center”

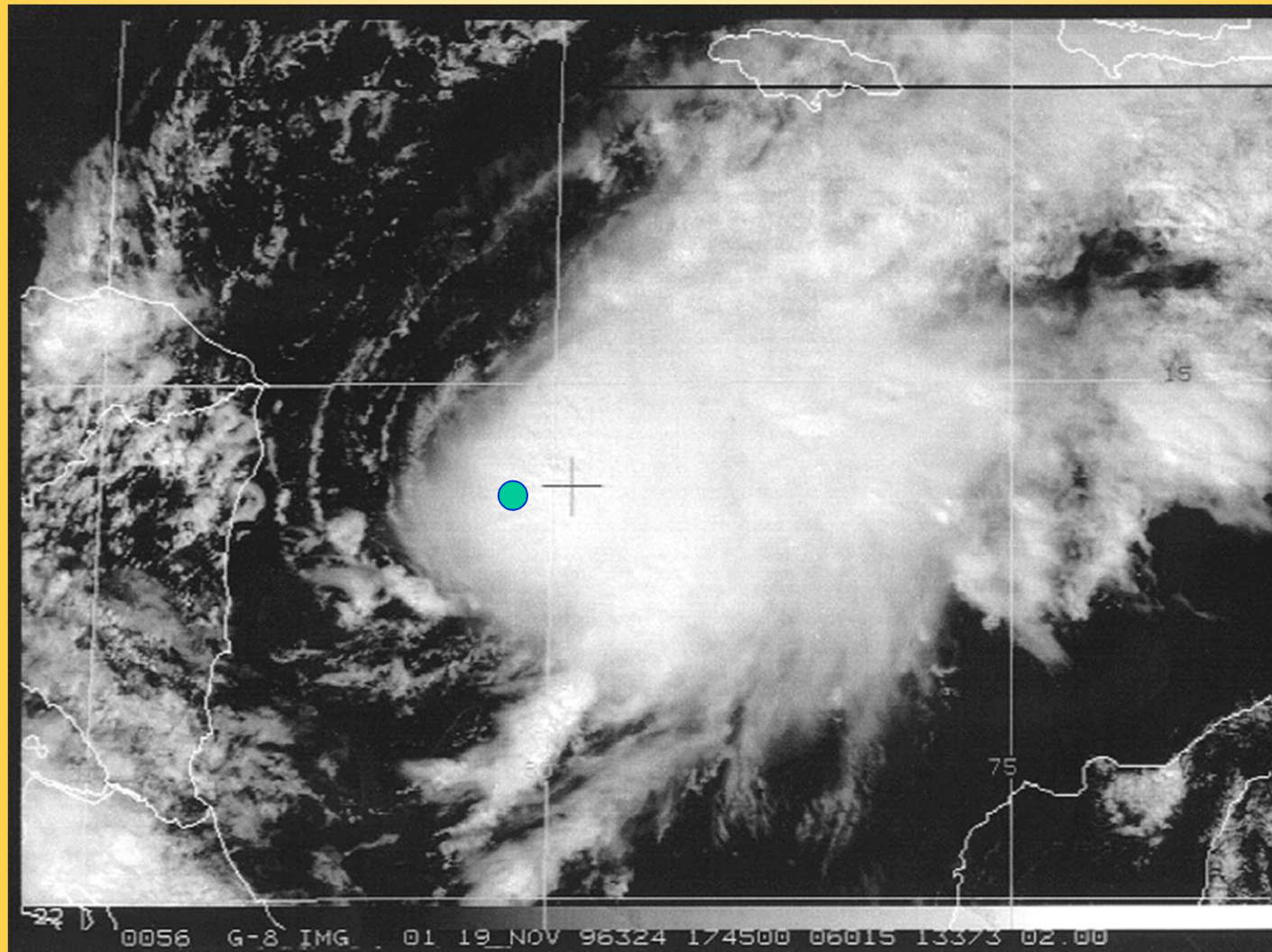
Notes sur “trouver le centre”

- The technique was originally designed for single images, not animation
- Other type of imagery (MW) often help ...
- With system with multiple centers, used an average one
- With “shear pattern”, a reliable first guess is on the upshear side of the strongest convection
- La technique a été faite à la base pour des images uniques ... pas des animations
- La position du centre peut être affinée en utilisant d'autres types d'imagerie (MO ...)
- Dans un système avec des centres multiples, utiliser un centre moyen
- Pour les configurations cisailées, un premier guess fiable est le côté au vent de la convection profonde.









**Cloud System Center finding
exercises !**

Exercices sur trouver le centre !



Mesures sur la configuration nuageuse

Measures of the cloud pattern

A process in 5 main steps

1. Find the center

2. Assessment / measurement

Measurement of the convective pattern:

- Curved band
- Shear
- Eye
- CDO
- Embedded center

→ **Data T. number (DT)**

24h comparison:

→ **Model Expected T. number (MET)**

Pattern matching:

→ **Pattern adjusted model T. number (PT)**

3. Choose the best estimate between **DT / MET** or **DT/PT**

4. Apply constraints

5. → **Final T. number - FT** and **Current Intensity – Ci**

A T1 classification can be given when ...

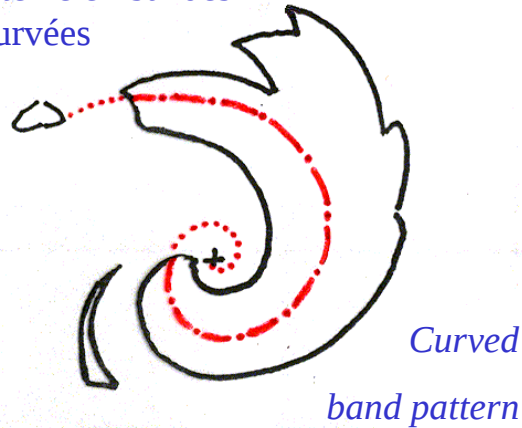
Une classification T1 peut être donnée si ...

- **A convective cluster has persisted for 12 hr or more**
 - **The cluster has a CSC defined within a 2.5° latitude wide or less area which has persisted for 6 hr**
 - **Associated convection is DG or colder on the BD curve over an area >1.5° diameter less than 2° from the center**
-
- **Un cluster convectif persiste depuis au moins 12h.**
 - **Ce cluster est accompagné d'un centre de circulation en surface situé au plus à 2.5° du cluster et existant depuis au moins 6h.**
 - **La convection associée doit être en code couleur BC ou plus froid (palette IR renforcé) sur une surface de plus de 1.5° de diamètre et située à moins de 2° du centre ...**

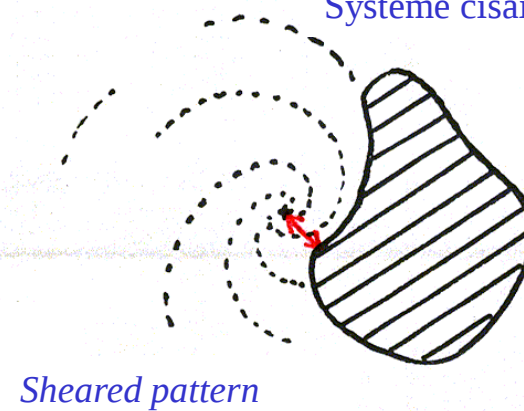
Four main cloud pattern.

Determine DT

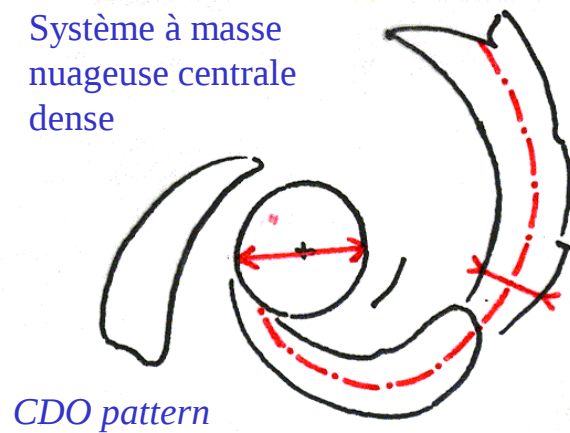
Système en bandes incurvées



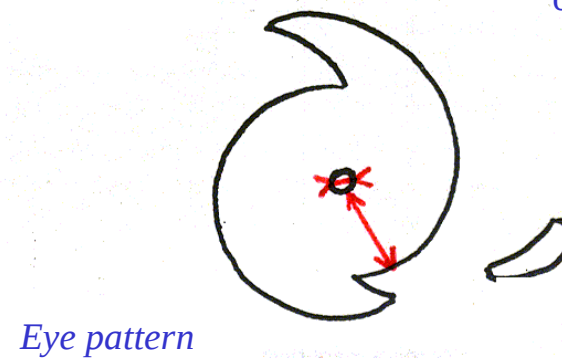
Système cisailé



Système à masse nuageuse centrale dense

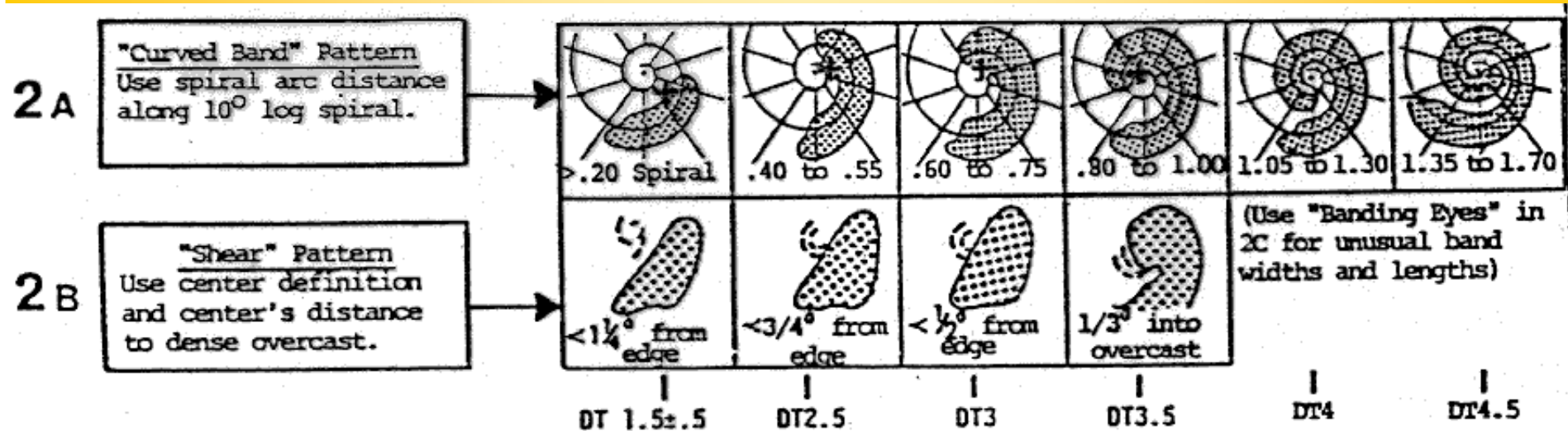


Système à oeil



Curved band and shear pattern

Conf. en bande incurvée et cisaillement



→ Direct access to the DT

→ Accès direct au DT

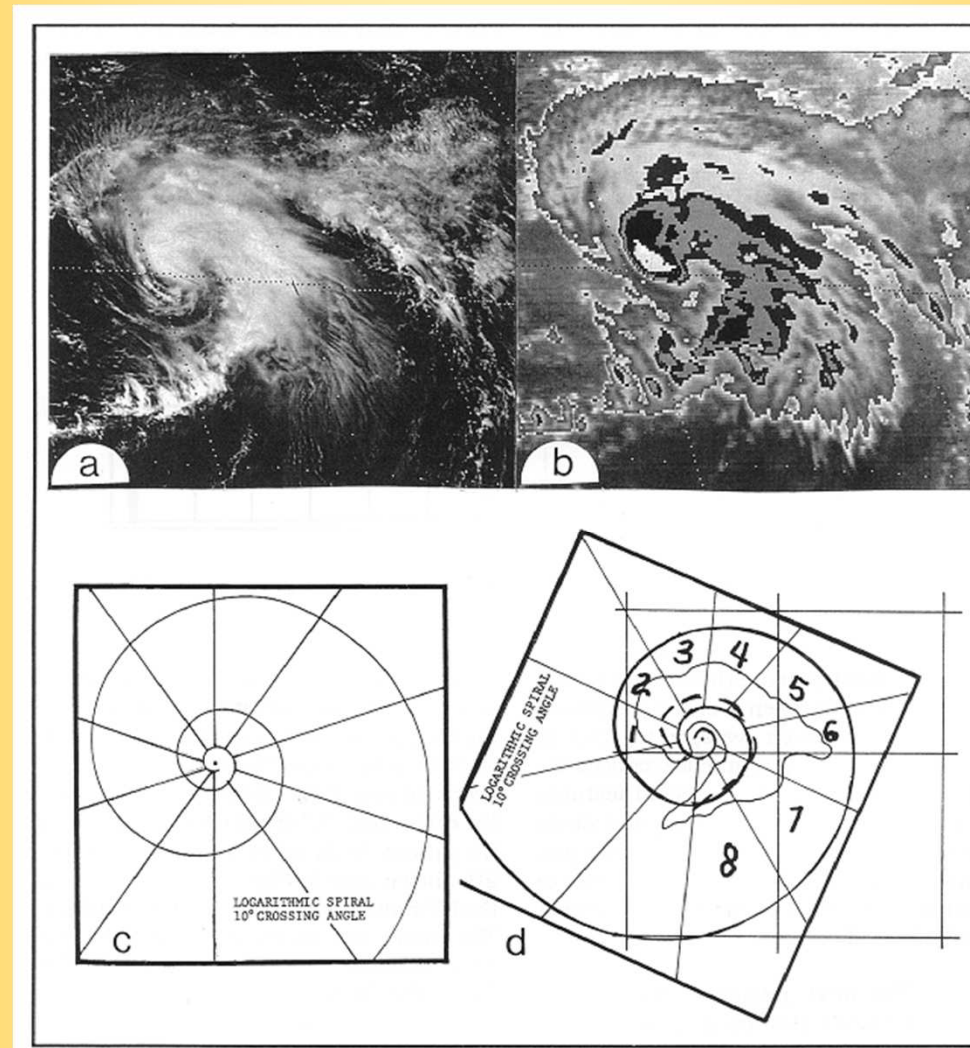
Curved band

Bande incurvée

- Fit the 10° log spiral parallel to the inner edge of the band (VIS) or to the coldest tops in the band (IR)
- Measure only the primary band of the cyclone - other bands don't count
- Endpoints of bands can be rather subjective
- Important: The center of the log 10° spiral is usually not the center of the cyclone!
- La spirale Log 10° doit épouser la courbure la plus prononcée des nuages (VIS) ou celle des sommets les plus froids (IR)
- Mesure uniquement sur la bande principale du SDT (les autres ne comptent pas)
- Début / fin de bande subjectif ...
- Le centre de la spirale n'est habituellement pas le vrai centre !

Measuring Curved band

Mesure d'une bande incurvée



0.8 Banding - $DT=3.5$

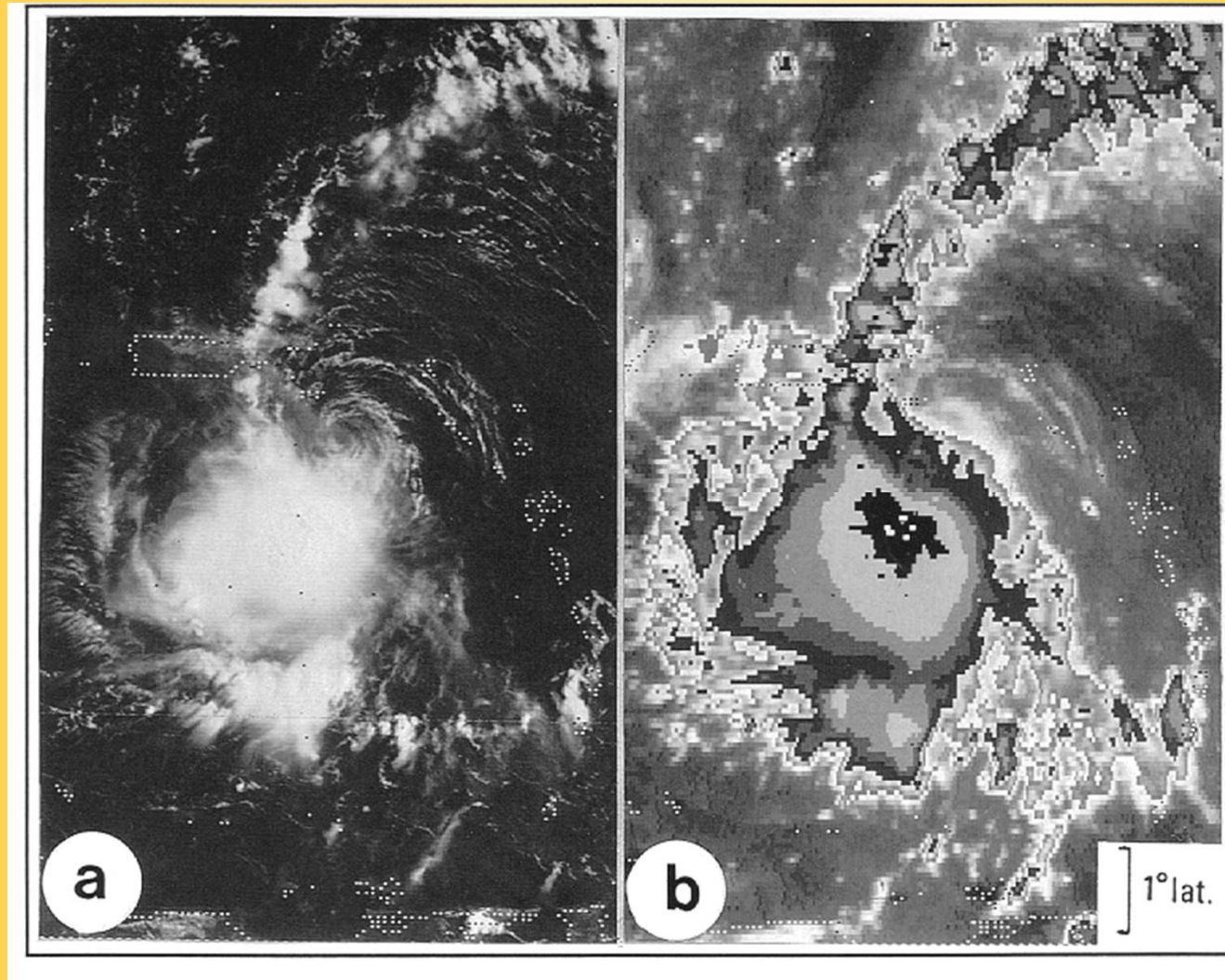
Shear

Cisaillement

- **Measure the distance from the low level center to the edge of the dense overcast (VIS) or to the edge of the LB shade (EIR)**
- **The edge of the convection can be rather subjective**
- **Mesurer la distance entre le centre et la bordure de la convection (VIS) ou la bordure en code couleurs BC (IR renforcé)**
- **Subjectivité de l'appréciation de la bordure de la convection ...**

Measuring shear patterns

Mesures en conf. cisailée



Shear Distance $< 0.5^\circ$ - DT=3.0

Notes on shear and curved band

Notes sur les configurations BI et Cis.

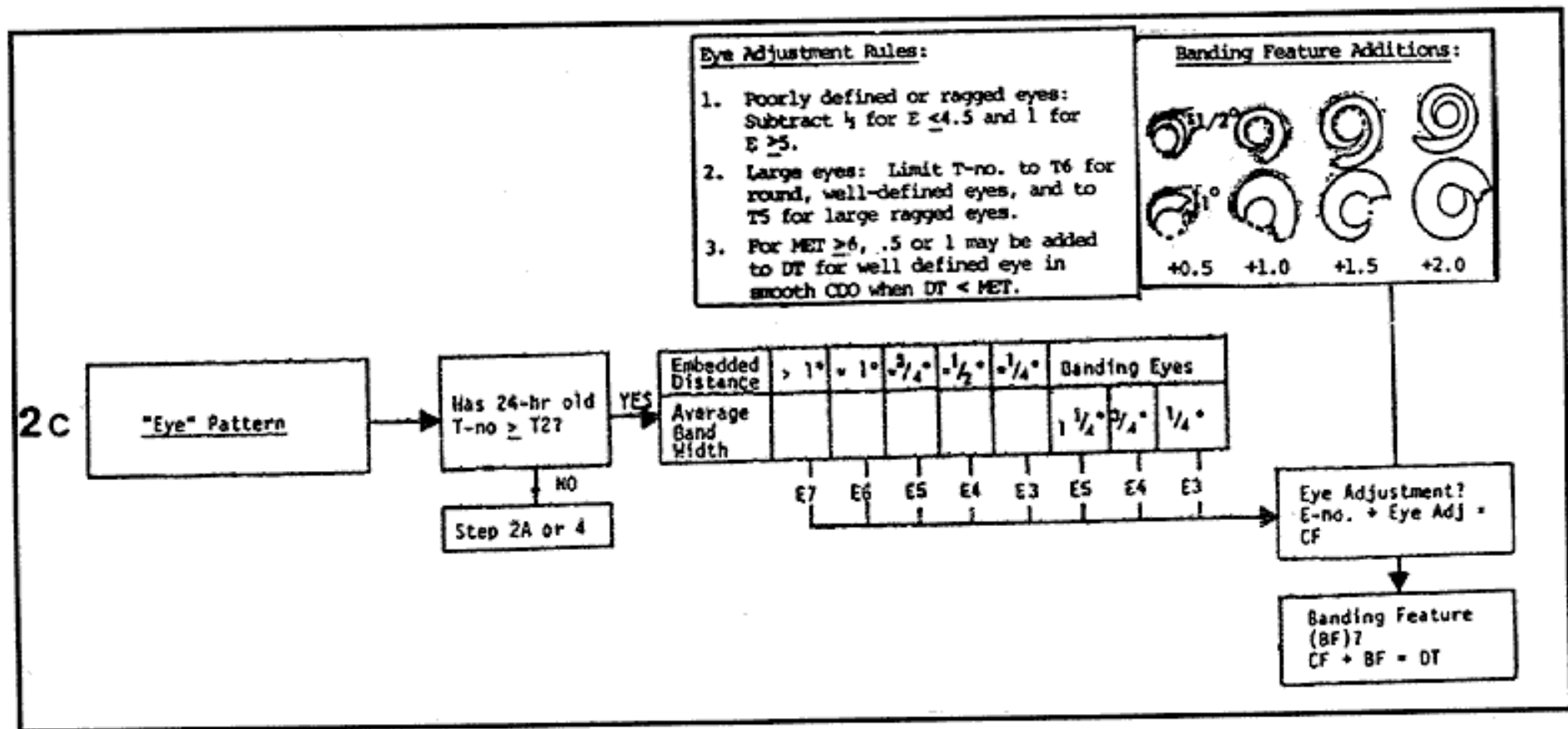
- **Both curve bands and shear patterns directly produce DT numbers**
- **The measurements are the same for both visible and infrared imagery**
- **Only adjustment is in IR curved band technique, where 0.5 is added to the DT number if the band is orange or colder**
- **Les deux méthodes donnent directement le DT**
- **Les mesures donnent les mêmes résultats en VIS ou en IR.**
- **Pour la bande incurvée, en IR, si la bande présente sur une portion significative de sa longueur des sommets en code couleurs orange ou plus froids, on ajoute 0.5 au DT.**

Curved band and shear exercises !

Exercices sur bandes incurvées et cisaillement!

Eye pattern (VIS)

Configuration en oeil (VIS)



→ DT is derived through intermediate variables

→ DT s'obtient après avoir mesuré des quantités intermédiaires

Eye pattern (VIS)

Configuration en oeil (VIS)

- Measure the distance from the center of the eye to the edge of the Central Dense Overcast (E-number)
- Make eye adjustment based on size and clarity of eye (E-Number + Eye Adjustment = CF Number)
- Add BF for applicable banding (CF + BF = DT)
- **DT= CF+BF=E-Num + E adj. + BF**
- Mesurer la distance la plus courte entre la bordure externe du coeur central (Central Dense Overcast) → E-Number (nombre)
- Appliquer les ajustements du nombre à la taille et à la définition de l'oeil (Ajustement de l'oeil = CF Number)
- Ajouter éventuellement du BF (Banding Features)
- **DT= CF+BF=E-Num + E adj. + BF**

Embedded Distance	> 1°	1°	3/4°	1/2°	1/4°
Average Band Width					
	E7	E6	E5	E4	E3

Eye pattern (VIS)

Oeil en VIS: Ajustement et BF

- Poorly defined or ragged eyes: subtract 0.5 for $E \leq 4.5$ and 1 for $E \geq 5$
- Large eyes (45 nm or greater): Limit T-no to T6 for round well-defined eyes and to T5 for large ragged eyes
- For $MET \geq 6$, 0.5 or 1 may be added to DT for well-defined eye in smooth CDO when $DT < MET$

- Oeil mal défini ou déchiqueté: soustraire 0.5 pour $E \leq 4.5$ et 1 pour $E \geq 5$
- Gros oeil (45 mn ou +): DT limité à 6.0 pour un oeil bien défini et bien circulaire et à 5.0 pour les yeux déchiquetés.
- Si le Model Expected T-num (MET) est ≥ 6.0 , on peut ajouter 0.5 ou 1.0 pour les yeux bien défini au sein d'un CDO lisse si $DT < MET$

Eye Adjustment Rules:

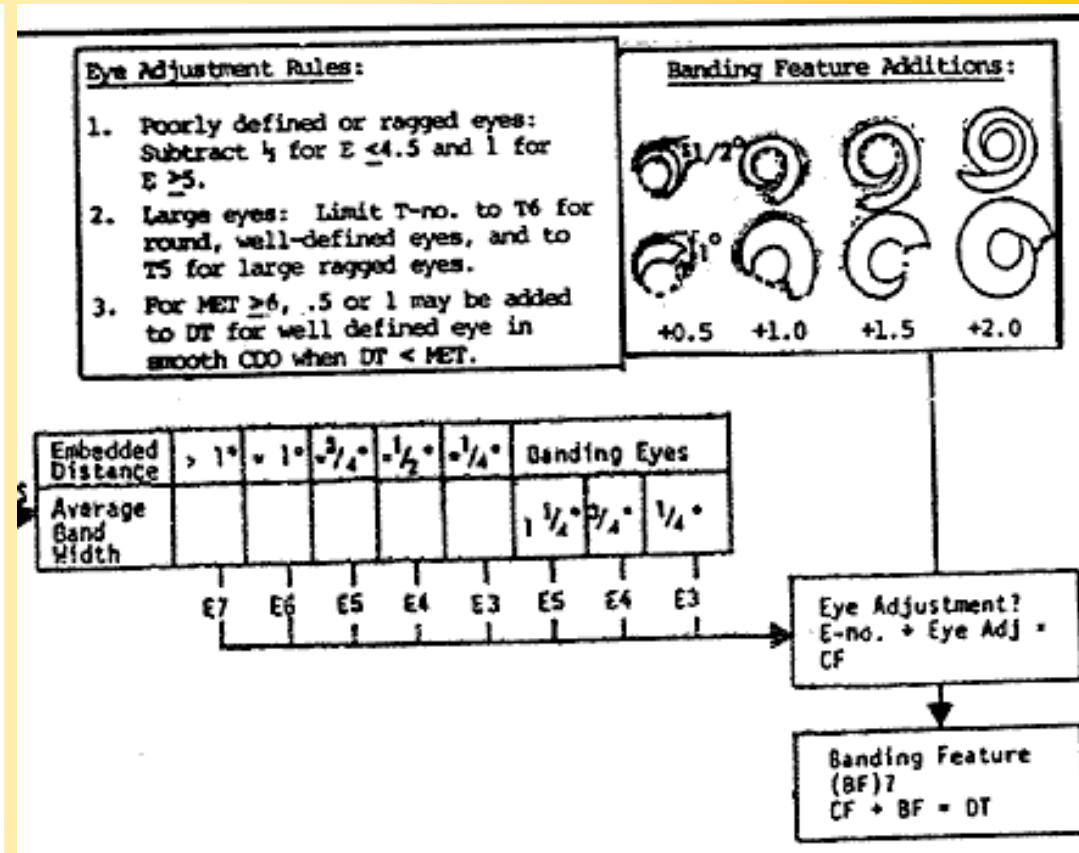
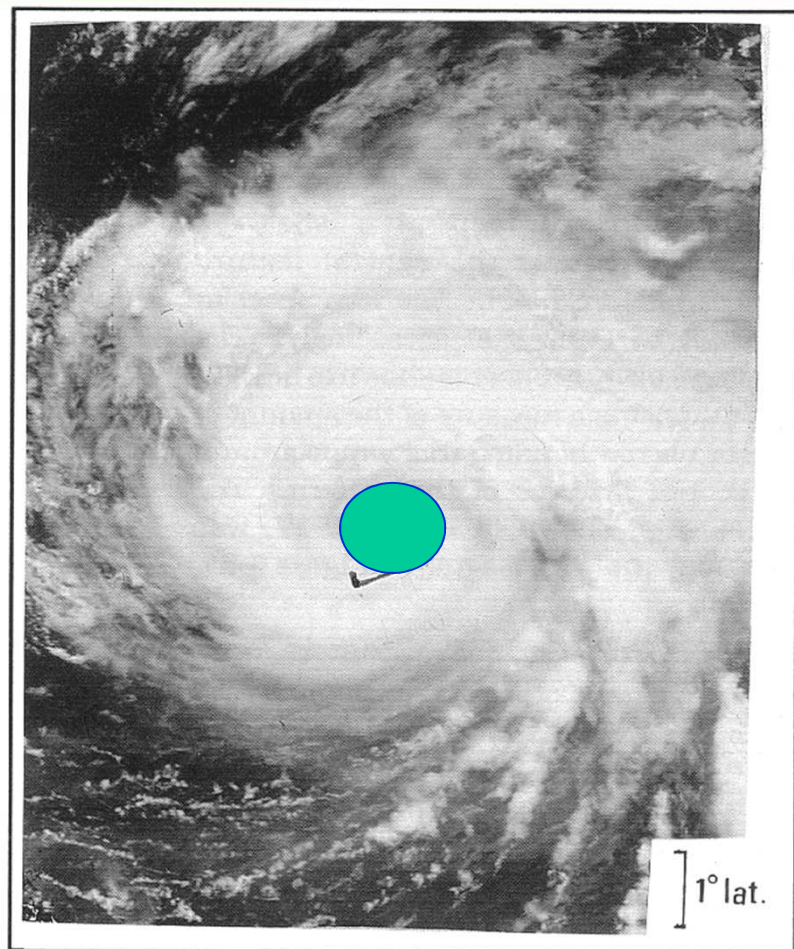
1. Poorly defined or ragged eyes: Subtract $\frac{1}{2}$ for $E \leq 4.5$ and 1 for $E \geq 5$.
2. Large eyes: Limit T-no. to T6 for round, well-defined eyes, and to T5 for large ragged eyes.
3. For $MET \geq 6$, .5 or 1 may be added to DT for well defined eye in smooth CDO when $DT < MET$.

Banding Feature Additions:



Eye pattern example (VIS)

Exemple oeil visible



CF5 + BF2 $\uparrow$ DT=7.0

Banding eye (VIS)

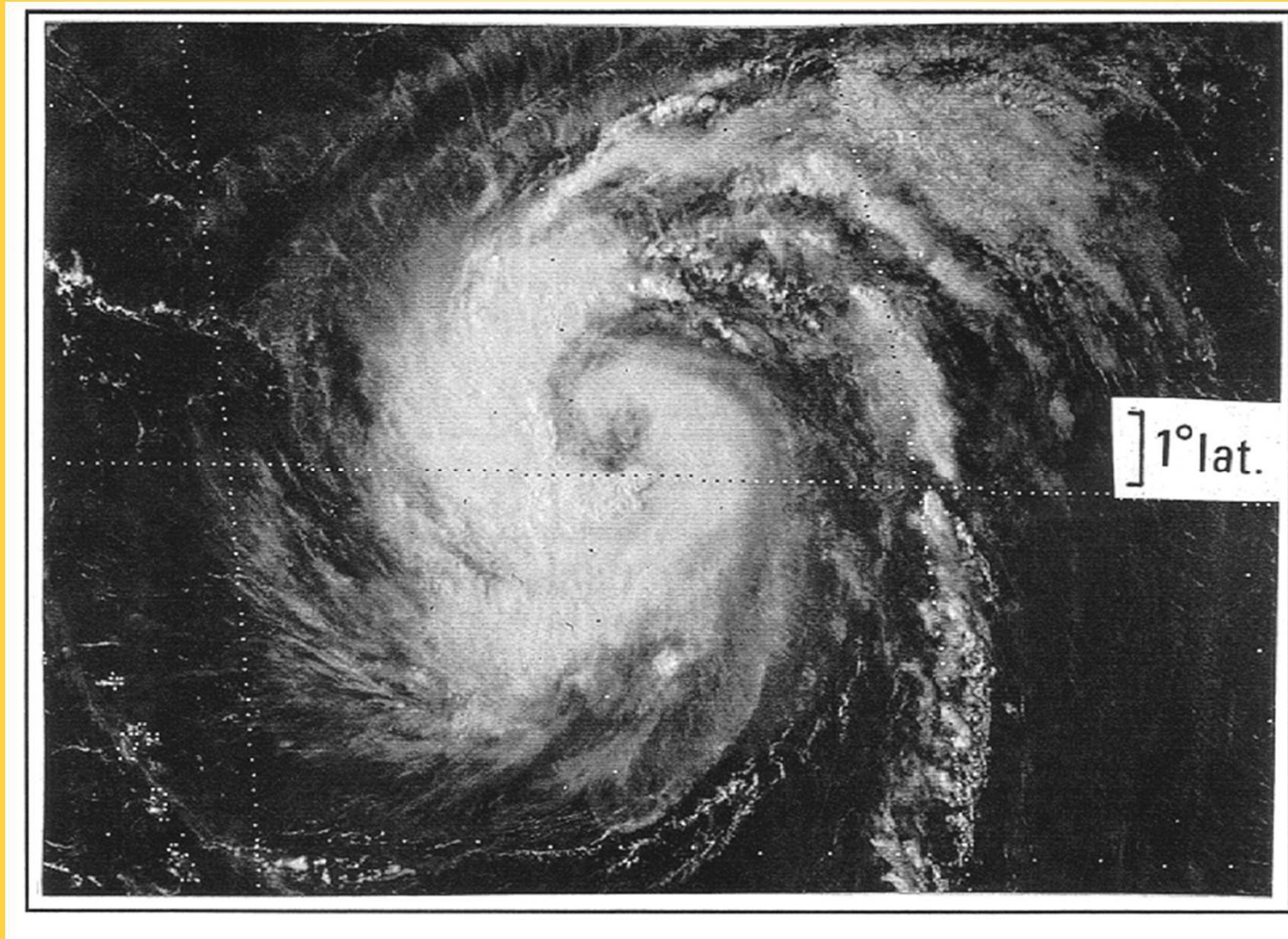
Les yeux en bandes (VIS)

- E-number determined by the average width of the band surrounding the eye
- E-number déterminé par la largeur moyenne de la bande entourant l'oeil.

Banding Eyes			
Average Band Width	$1\frac{1}{4}''$	$\frac{3}{4}''$	$\frac{1}{4}''$
	E5	E4	E3

Banding eye example (VIS)

Exemple d'oeil en bandes



Band width 1.0° - DT=4.5

Notes on VIS eye pattern

Notes sur la conf. oeil VIS

- **VIS embedded distances are measured from the center of the eye for small eyes (diameter < 30 NM) otherwise from the inner wall of the eye**
- **Pour les “petits yeux” (diamètre < 30 MN), calculer la distance d’inclusion de l’œil (embedded distance) à partir du centre de l’œil, la cas échéant à partir de la bordure du mur de l’œil.**

VIS eye exercises !

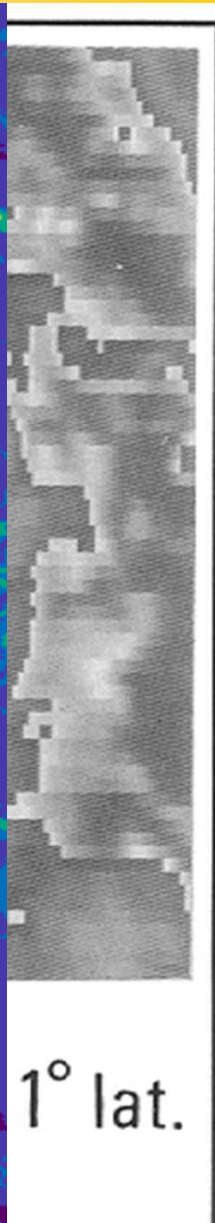
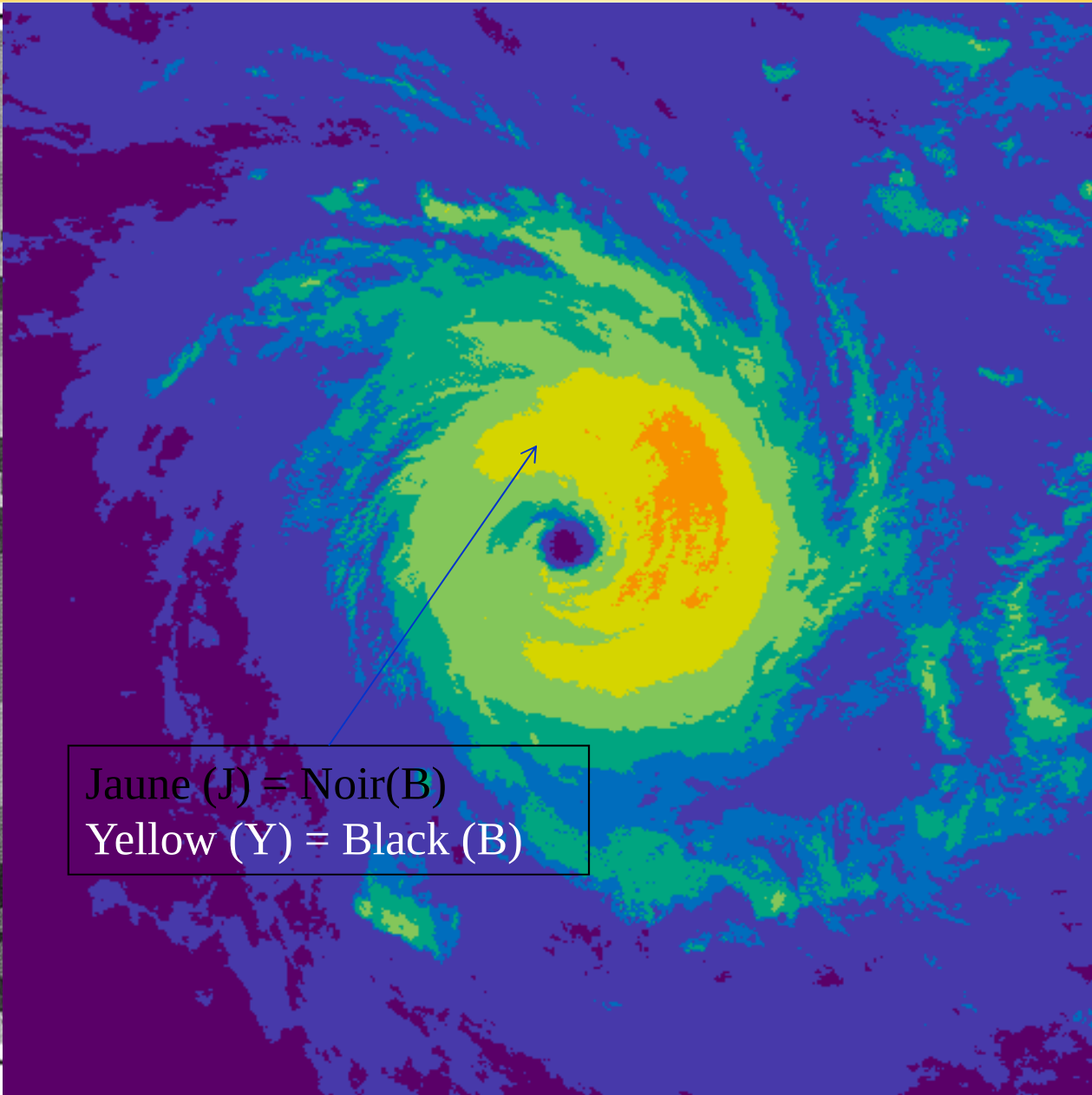
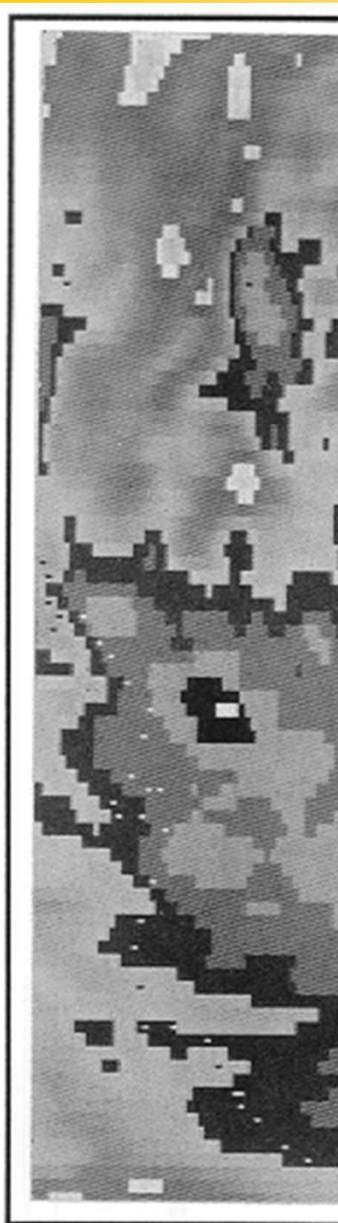
Exercices sur conf. oeil dans le visible!

EIR eye pattern

Configuration en oeil (EIR)

- Use of a specific color shade
- Utilisation d'une palette de couleurs adaptée

MeteoFrance	T (°C)	Dvorak (84)
Noir (N/B)	>9.0	Warm Medium Gray (WMG)
Bleu Foncé (BF/DB)	9.0 to -30	Off White (OW)
Bleu Clair (BC/LB)	-31 to -41	Dark Gray (DG)
Vert Foncé (VF/DG)	-42 to -53	Medium Gray (MG)
Vert Clair (VC/LG)	-54 to -63	Light Gray (LG)
Jaune (J/Y)	-64 to -69	Black (B)
Orange (O/O)	-70 to -75	White (W)
Rouge (R/R)	-76 to -80	Cold Medium Gray (CMG)
Blanc (B/W)	<-80	Cold Dark Gray (CDG)

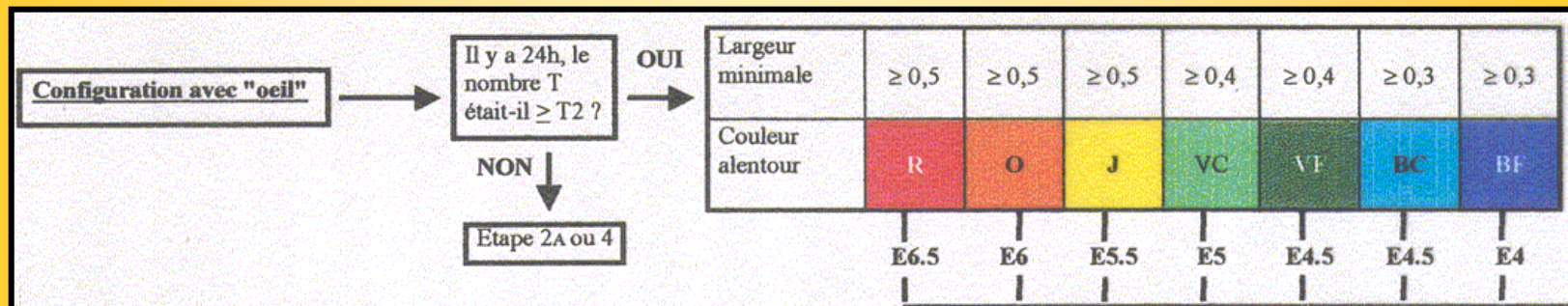


1° lat.

EIR eye pattern

Configuration en oeil (EIR)

- Find the coldest BD curve color surrounding the eye that meet the minimum width criteria (E-number)
 - Trouver le code couleur le plus froid qui remplit les conditions de largeur minimale.
- Nombre de l'oeil (E-number)



EIR eye pattern

Configuration en oeil (EIR)

- Based on eye temp and the coldest ring temp (without any width criteria !!), make the adjustment
- En fonction de la température de l'oeil et de la température de l'anneau le plus froid (sans critère de largeur !!), déduire l'ajustement du nombre de l'oeil

		TEMPERATURE de L'OEIL						
Température ANNEAU environnant		N	BF	BC	VF	VC	J	O
	BF	0	-0.5					
	BC	0	0	-0.5				
	VF	0	0	-0.5	-0.5			
	VC	+0.5	0	0	-0.5	-0.5		
	J	+1.0	+0.5	0	0	-0.5	-0.5	
	O	+1.0	+0.5	+0.5	0	0	-1.0	-1.0
	R	+1.0	+0.5	+0.5	0	0	-0.5	-1.0

E-number +
Eye adjust. =
CF Number

EIR eye pattern

Configuration en oeil (EIR)

- No positive adjustment for “big eyes” (diameter of the surrounding grey shades ≥ 45 NM) or elongated eyes (short axis $< 2/3$ long axis)
- For elongated eyes, if no previous negative adjustment has been made, subtract 0.5 for Enum ≥ 4.5)
- Pas d'ajustement positif pour les “gros yeux” (diamètre de la couleur entourant la couleur la + chaude ≥ 45 MN) ou les yeux allongés (axe court $< 2/3$ axe long)
- Pour les yeux allongés, si aucun ajustement négatif n'a été fait, soustraire 0.5 pour les nombre de l'oeil ≥ 4.5)

EIR eye pattern

Configuration en oeil (EIR)

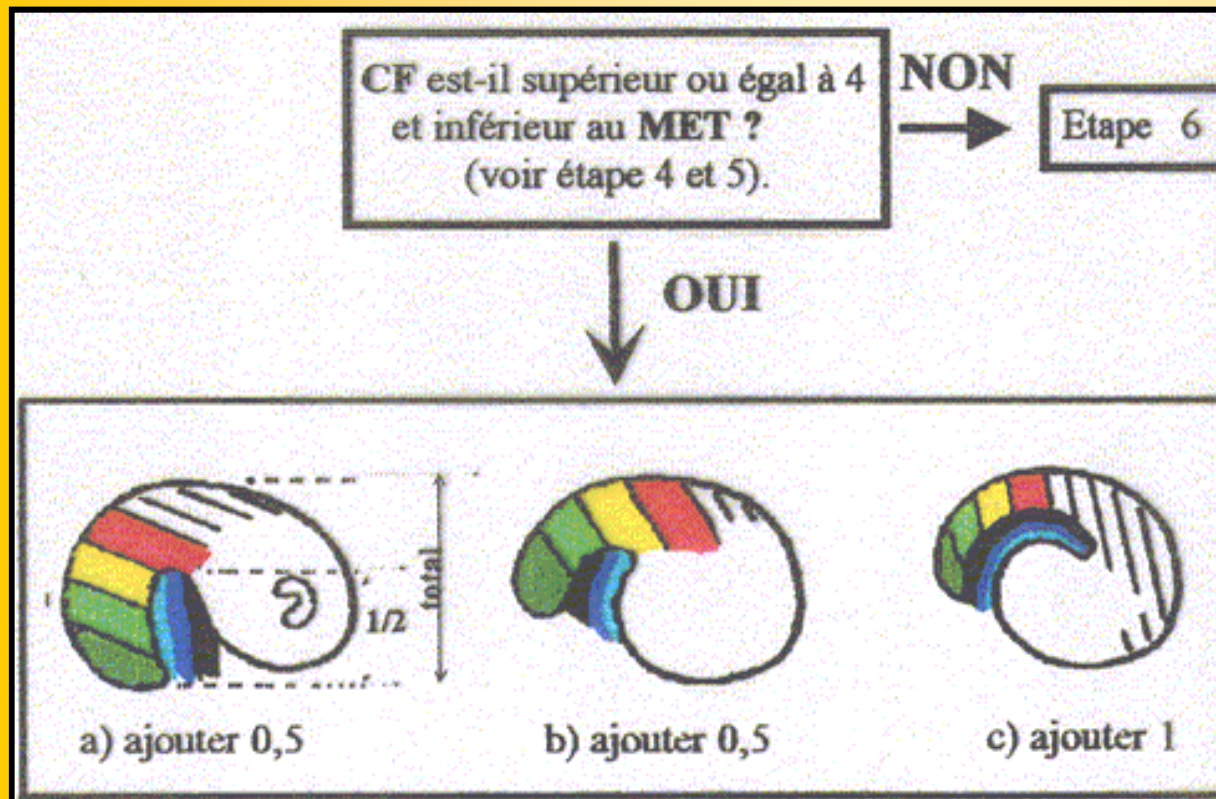
- Adds BF if criteria are met:
- Ajouter le BF si approprié:

If $CF \geq MET$,
then $CF = DT$

If $CF < 4$, then
 $CF = DT$

Si $CF \geq MET$,
alors $CF = DT$

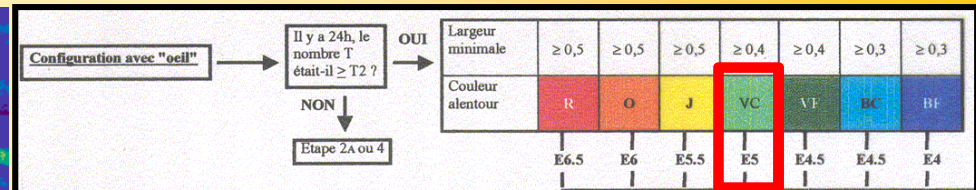
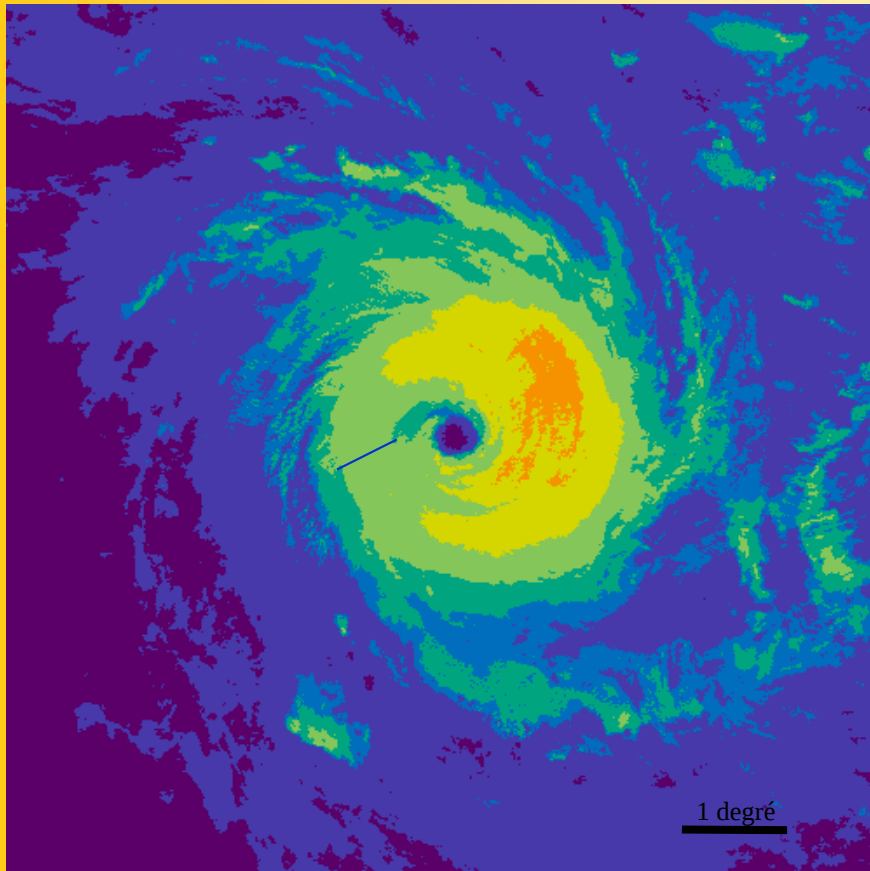
Si $CF < 4$, alors
 $CF = DT$



$$DT = CF + BF = E\text{-Num} + E\text{ adj.} + BF$$

EIR eye pattern

Configuration en oeil (EIR)



		TEMPERATURE de L'OEIL						
Température ANNEAU environnant		N	BF	BC	VF	VC	J	O
	BF	0	-0.5					
	BC	0	0	-0.5				
	VF	0	0	-0.5	-0.5			
	VC	+0.5	0	0	-0.5	-0.5		
	J	+1.0	+0.5	0	0	-0.5	-0.5	
	O	+1.0	+0.5	+0.5	0	0	-1.0	-1.0
	R	+1.0	+0.5	+0.5	0	0	-0.5	-1.0

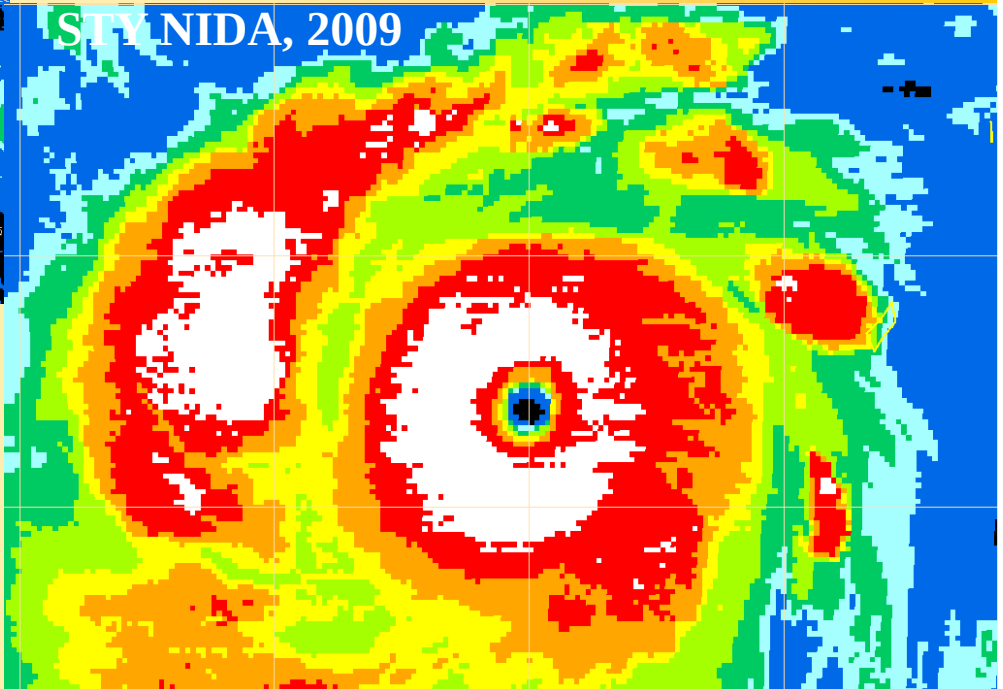
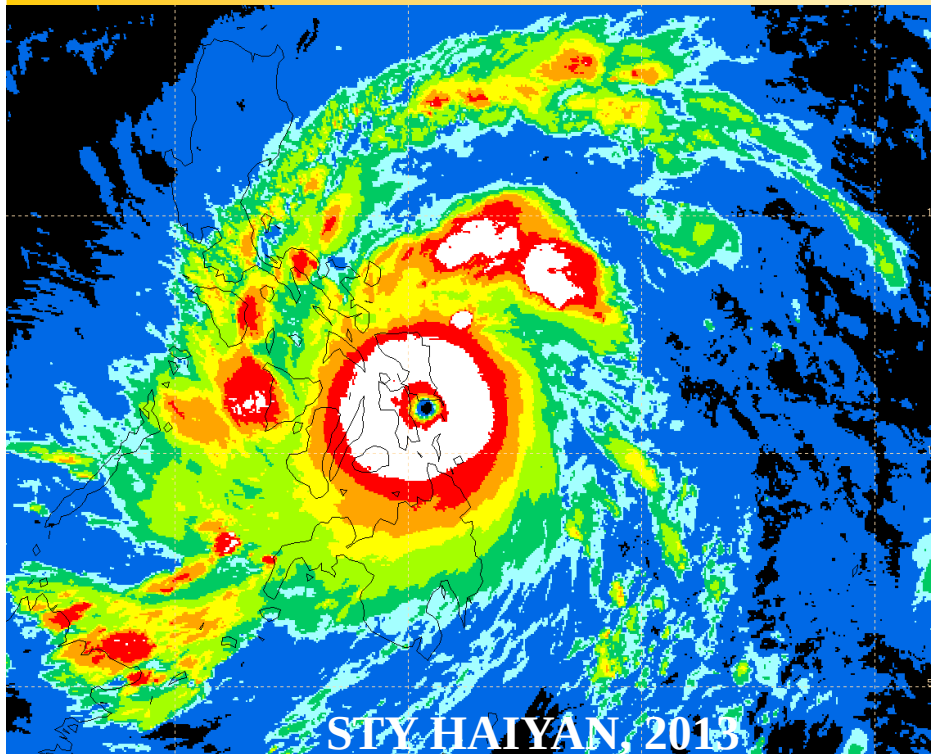
$E = 5.0$

$E \text{ ajusté} = + 0.5$

$BF = 0$

$$\rightarrow DT = 5.0 + 0.5 = 5.5$$

How strong are these ?
A quel point ces systèmes sont puissants ?



Notes on EIR eye pattern

Notes sur la conf. oeil EIR

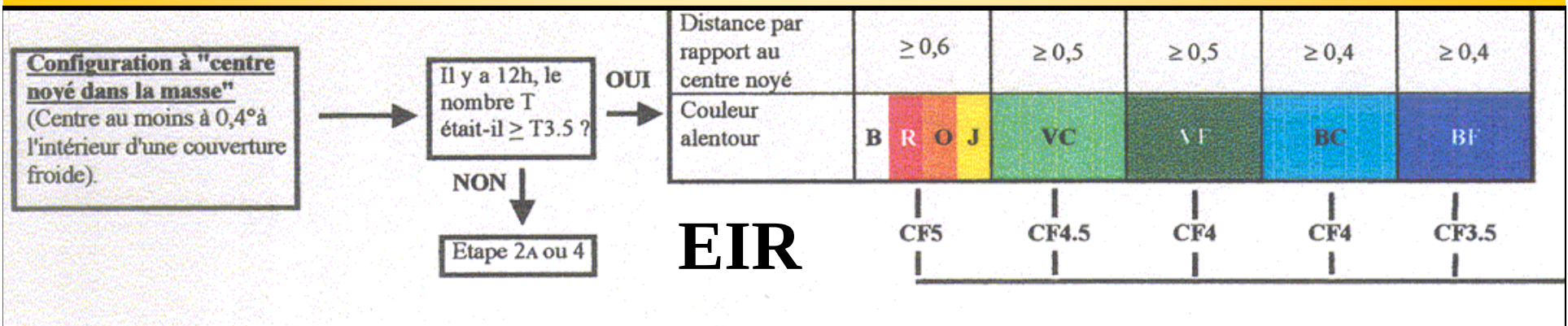
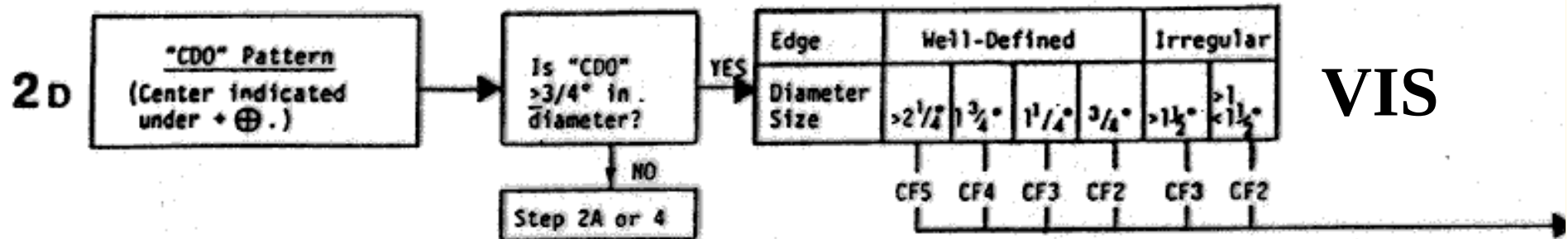
- IR Eye Pattern is the most objective of all Dvorak measurements
- For IR eye adjustment, a surrounding color that is too narrow for use in determining the eye number may be used for the eye adjustment.
- L'analyse en oeil en IR renforcé (EIR) est l'analyse la plus objective de toutes les mesures possibles de la méthode.
- Rappel: pour l'ajustement du nombre de l'oeil, il n'y a pas de critère de largeur minimale lorsque l'on considère la température de l'anneau environnant.

EIR eye exercises !

Exercices sur conf. oeil dans l'EIR!

CDO and Emb. Center pattern

Conf. CDO et centre noyé dans la masse.



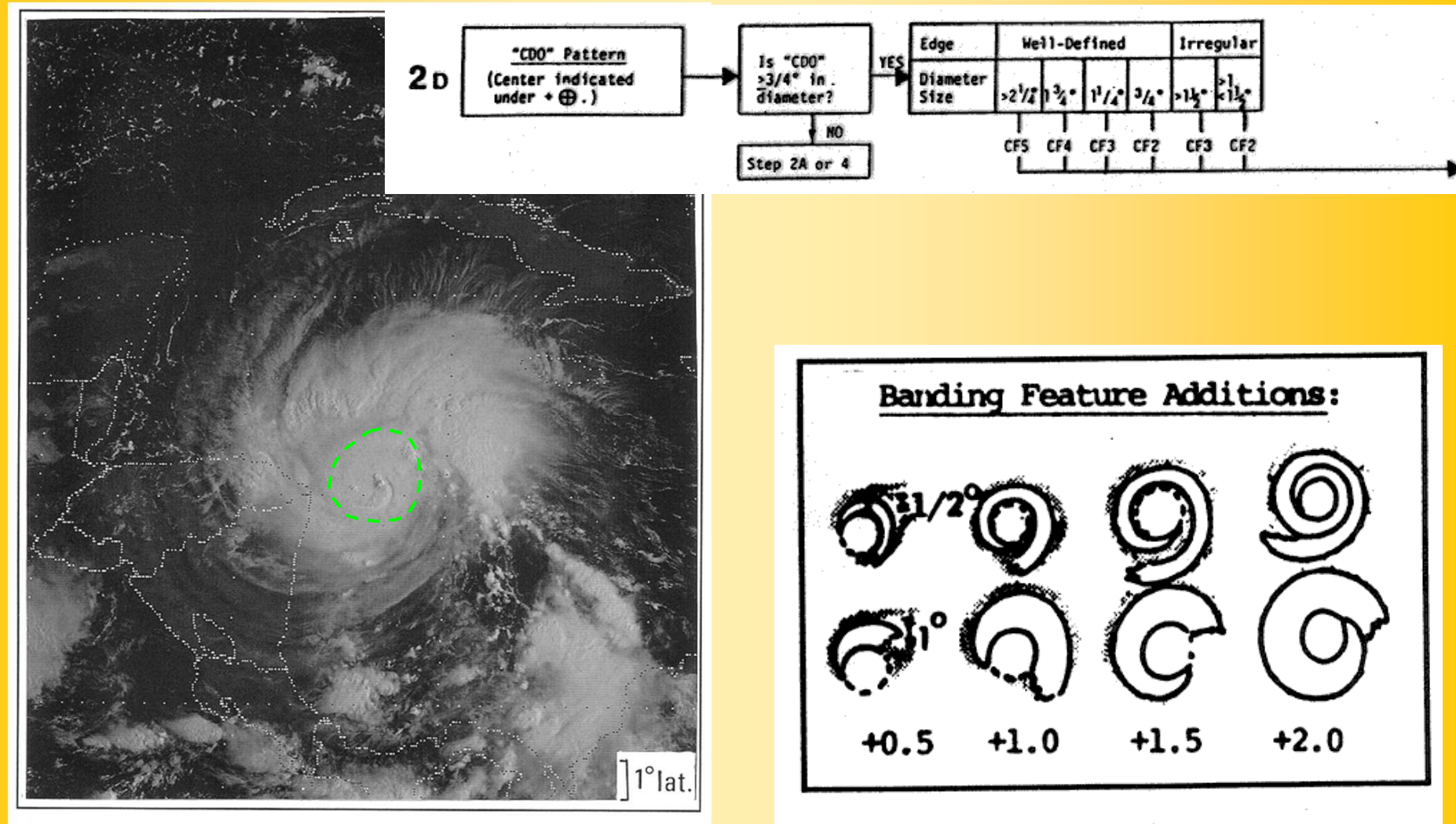
$$DT = CF + BF$$

CDO and Emb. Center pattern

Conf. CDO et centre noyé dans la masse.

- **Patterns are complimentary - CDO is used with VIS imagery and Embedded Center with IR**
 - **CDO pattern measures the size of the CDO**
 - **Embedded Center pattern measures how far the CSC is embedded into specified colors on the BD curve**
 - **All banding rules from Eye patterns apply to CDO and Embedded Center patterns**
-
- **Configurations complémentaires - CDO est utilisé en VIS et le centre noyé dans la masse en EIR.**
 - **CDO ce qui importe c'est la taille du CDO**
 - **Centre noyé sous la masse on mesure la distance et la bordure de la couleur froide la plus proche**
 - **Règles BF identiques à la conf. oeil**

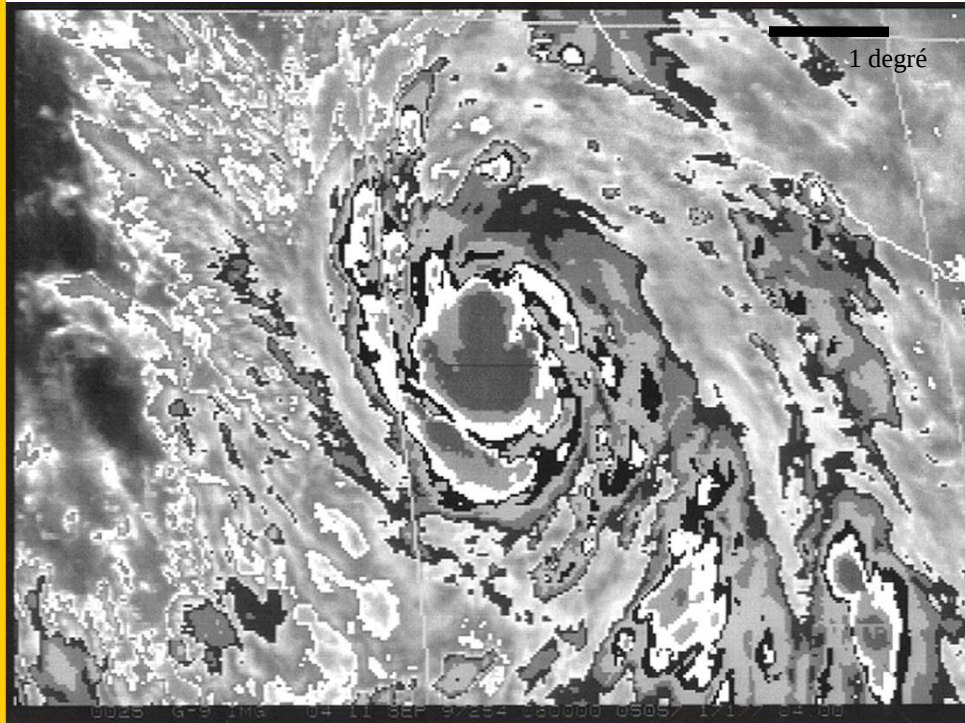
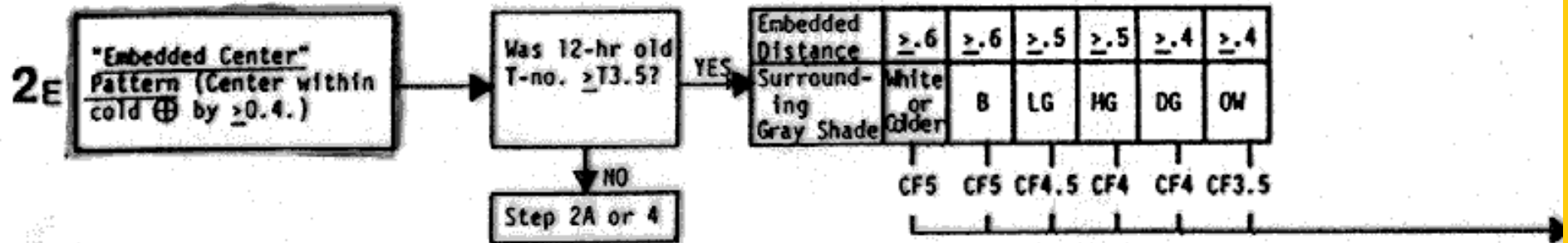
CDO



CF4.5 + BF0.5 → DT=5.0

Emb. Center pattern

Centre noyé sous la masse



CSC embedded in CMG - DT=5.0

Notes on CDO / Emb. Center pattern

Notes sur conf. CDO / centre sous la masse

- Embedded Center pattern only applies when the 12 hr old FT is 3.5 or greater
- Edge of CDO is often subjective
- Embedded Center pattern is the most uncertain of all Dvorak measurements - where the classifier puts the CSC makes a big difference in the intensity estimate
- La conf. “centre noyé sous la masse” s’applique lorsque le FT d’il y a 12h était à 3.5 ou plus.
- Définir les limites du CDO est subjectif
- La configuration a centre noyé dans la masse est la configuration la moins fiable de la méthode ...
(sensibilité sur la position du centre)

CDO/ Emb. Center exercises !

Exercices sur conf. CDO / embedded center!

CCC – Central Cold Cover pattern

Conf. à nébulosité centrale froide

- This is not a pattern in the same sense as other pattern types (no DT derived)
- Known as the “bursting” pattern and is often seen as a large area of shapeless cold top clouds that masking the CSC.
- It means “arrested development” with direct implication on the FT
- Ce n’est pas une configuration à proprement parlé.
- La configuration se présente comme une vaste zone de nuages denses ou froids sans forme qui recouvre le centre de surface.
- Elle veut dire “développement arrêté”, implication directe sur le FT (on ne déduit pas de DT avec cette configuration)

CCC – Central Cold Cover pattern

Conf. à nébulosité centrale froide

3

"Configuration à nébulosité
centrale froide"

Règles: Si le précédent nombre $T \leq T_3$, maintenir la tendance du modèle pendant 12 heures; puis conserver le même nombre T . Si le précédent nombre $T \geq T_{3.5}$, conserver le même nombre T et l'utiliser à titre définitif. Passer ensuite à l'étape 9.

Central Cold (Dense) Cover
Pattern

Rules: When past T-no. inf. or equal to T_3 , maintain model trend for 12 hours; then hold same. When past T-no sup. or equal $T_{3.5}$ hold T-no same. Use as final T-no; then go to Step 9

CCC – Central Cold Cover pattern

Conf. à nébulosité centrale froide



Tropical storm Erika (08/2015)
spreading over the lesser Antilles
Tempête tropicale Erika (08/2015)
abordant les petites antilles

A process in 5 main steps

1. Find the center

2. Assessment / measurement

Measurement of the convective pattern:

- Curved band
- Shear
- Eye
- CDO
- Embedded center

→ **Data T. number (DT)**

24h comparison:

→ **Model Expected T. number (MET)**

Pattern matching:

→ **Pattern adjusted model T. number (PT)**

3. Choose the best estimate between **DT / MET** or **DT/PT**

4. Apply constraints

5. → **Final T. number - FT** and **Current Intensity – Ci**

Determine 24 hr Trend and MET

Determiner la tendance en 24 hr (MET)

- 24 hr comparison are made to avoid the strong diurnal effects often observed in tropical cyclone patterns
- For trend purposes, always use 24 hr comparisons even though classifications are made every 6 hr or 3 hours
- 24 hr trends are reported as Developing, Weakening, or Steady
- Les comparaisons à 24h d'intervalle sont faites pour éviter les variations de configuration liées au cycle diurne de la convection.
- Les estimations de tendance se font toujours en comparant les images à 24h d'intervalle (même si les analyses se font toutes les 6 ou 3 heures)
- Les tendances en 24h sont reportées en tant que: Developing, Weakening, or Steady

24 hr Trend : Developping

Tendance en 24 hr: Developing

- Increase in convection near CSC (larger or colder CDO)
- Increase in curved banding (either primary band or bands around the CDO)
- Eye forms, or becomes warmer, or more distinct
- Exposed center closer to overcast
- Increased curvature of low clouds near CSC
- Augmentation de la convection près du centre (CDO plus large avec / ou des sommets plus froids)
- Augmentation de la courbure des bandes incurvées (aussi bien la bande principale que les bandes autour d'un CDO)
- Un oeil se forme ou devient plus chaud et plus distinct
- Centre exposé se rapprochant de la convection
- Augmentation de la courbure des nuages de basses couches près du centre

24 hr Trend: Weakening

Tendance en 24 hr: Weakening

- **Convection decreases near CSC (smaller or warmer CDO)**
- **Decrease in curved banding**
- **Eye disappears, or becomes cooler, or less distinct**
- **Exposed center further from overcast or previously covered center becomes exposed**
- **Less curvature of low clouds near CSC**
- **La convection d'affaiblit près du centre (CDO plus petit avec / ou des sommets plus froids)**
- **Perte de courbure des bandes incurvées**
- **L'oeil disparaît ou devient plus froid et/ou moins distinct.**
- **Le centre exposé s'éloigne de la convection ou un centre non exposé devient exposé.**
- **Moins de courbure dans les nuages de BC**

24 hr Trend: Steady

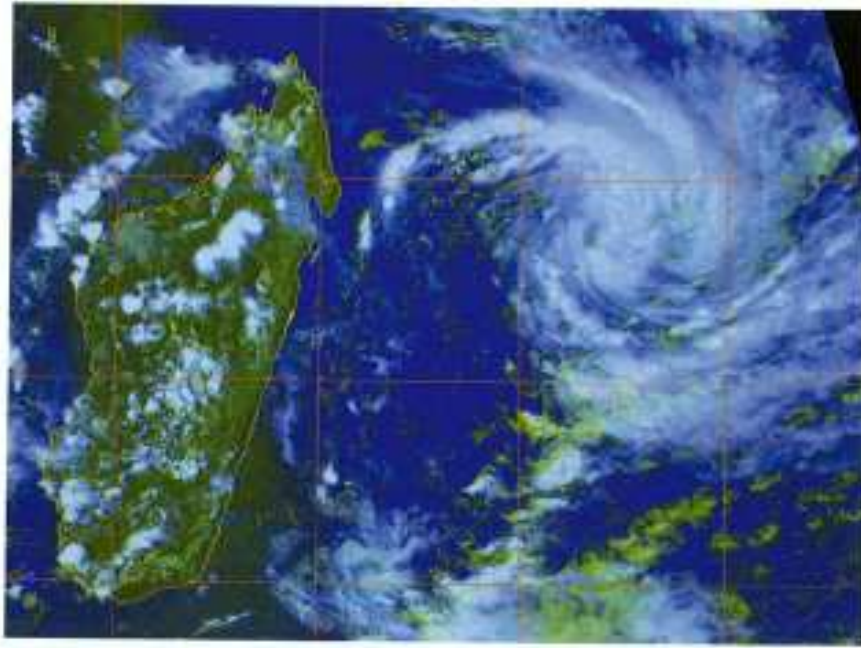
Tendance en 24 hr: Sationnaire

- **No noticeable 24 hr change**
 - **Mixed signals (both developing and weakening signs present)**
 - **CCC pattern in a cyclone T3.5 or greater or CCC for 12 hr or more in a weaker cyclone**
-
- **Pas de changement significatif en 24h.**
 - **Des signes contradictoires (présence de signes à la fois d'affaiblissement et de développement)**
 - **Configuration CCC pour un SDT avec un FT à 3.5 ou plus. Configuration CCC depuis 12 hr ou plus pour un SDT avec un FT < 3.5.**

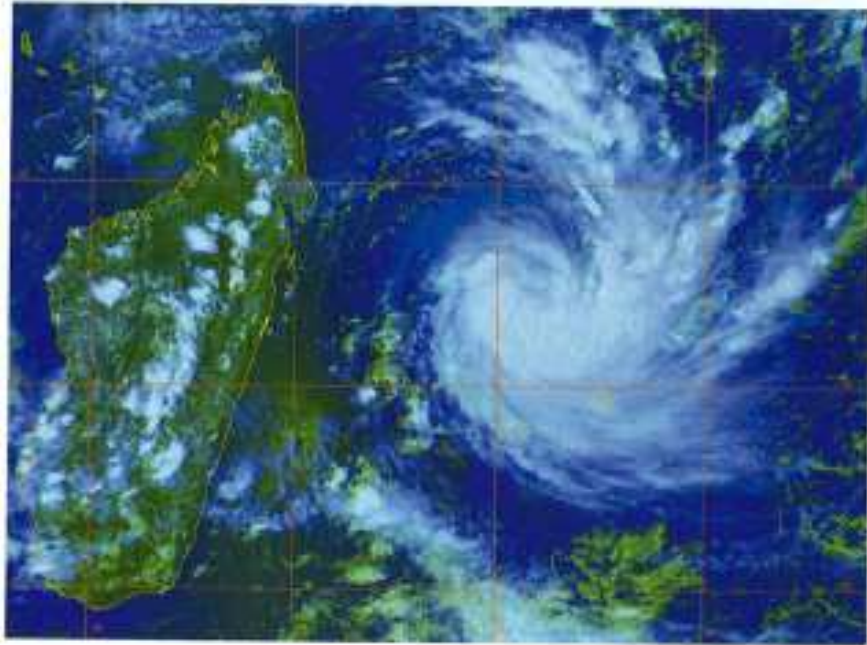
24hr TREND exercises !

Exercices sur la tendance en 24h!

24 hr Trend: Exercises

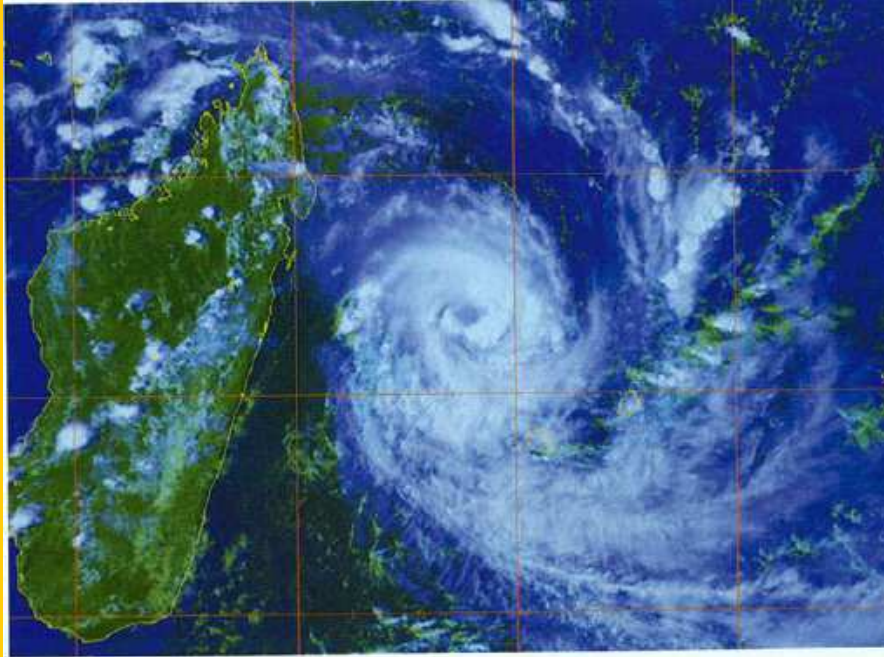


24 hr old

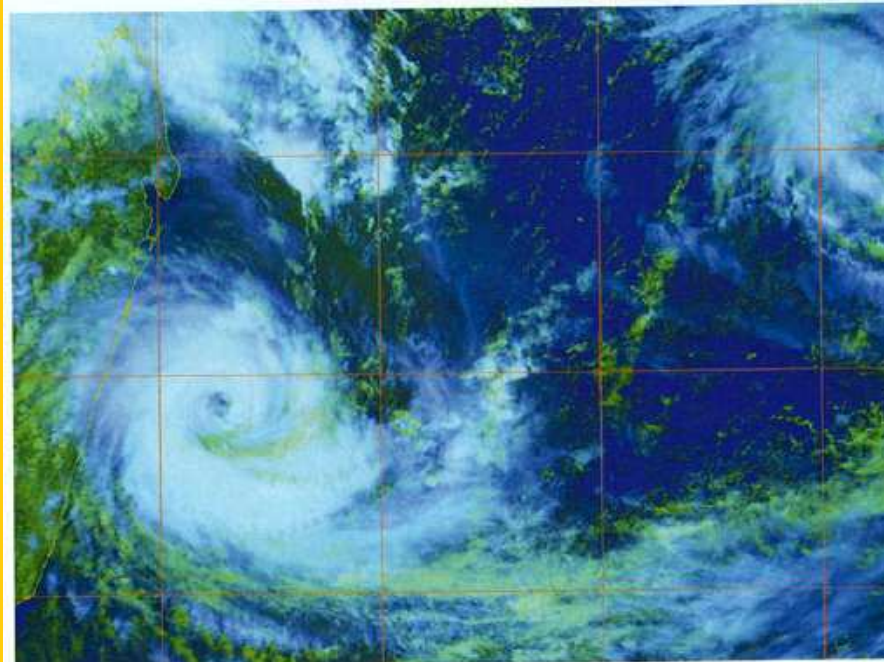


D

24 hr Trend: Exercises

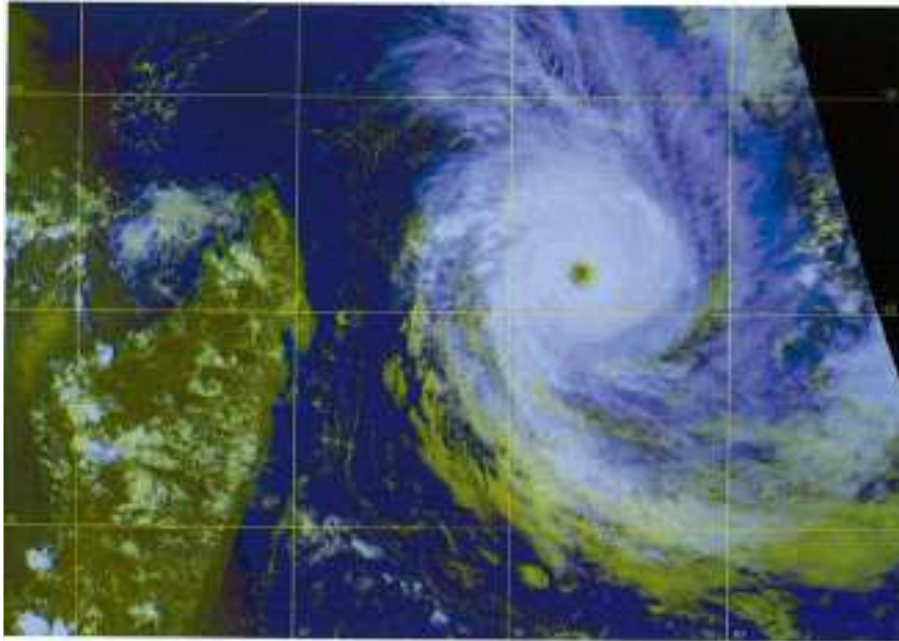


24 hr old



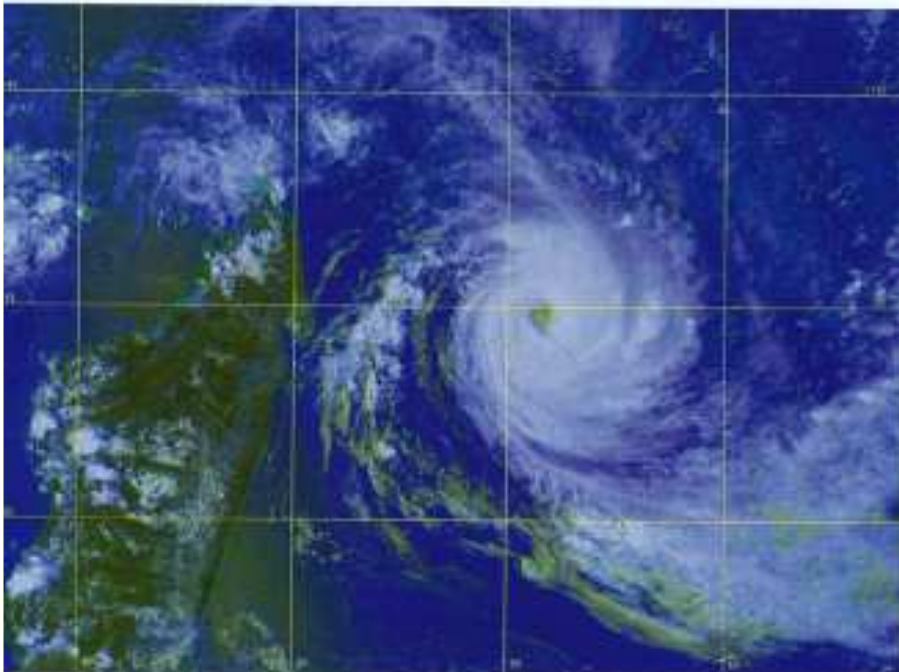
D

24 hr Trend: Exercises

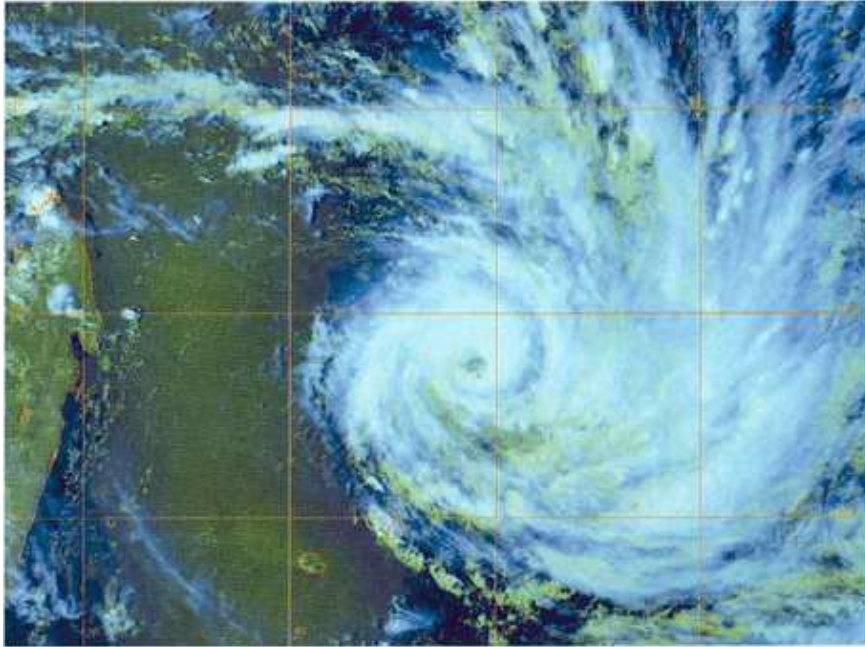


24 hr old

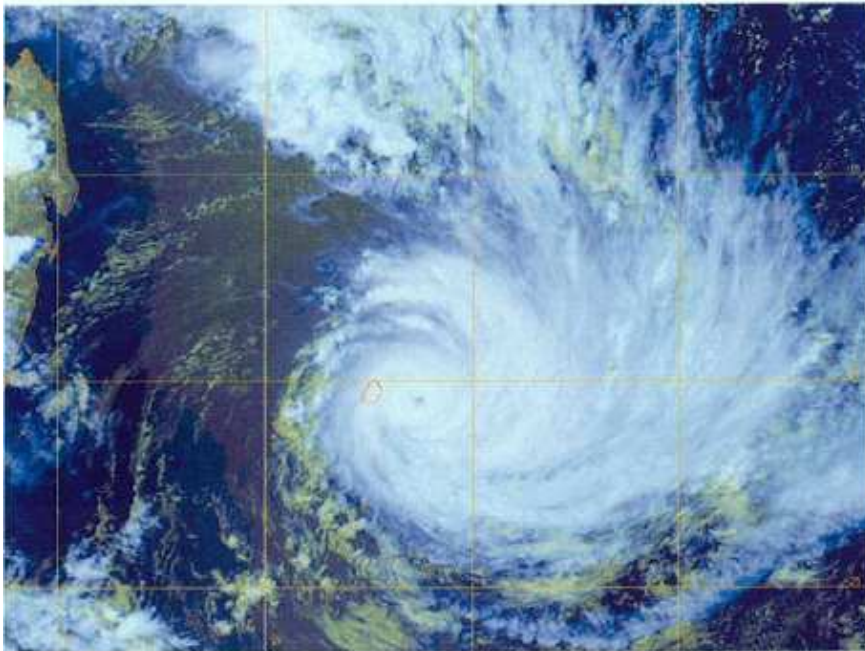
W



24 hr Trend: Exercises

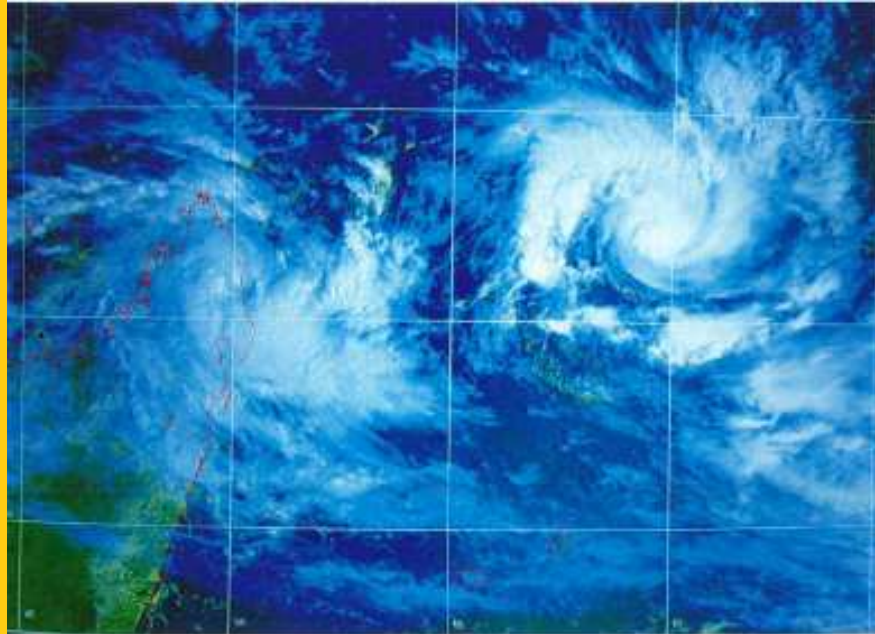


24 hr old

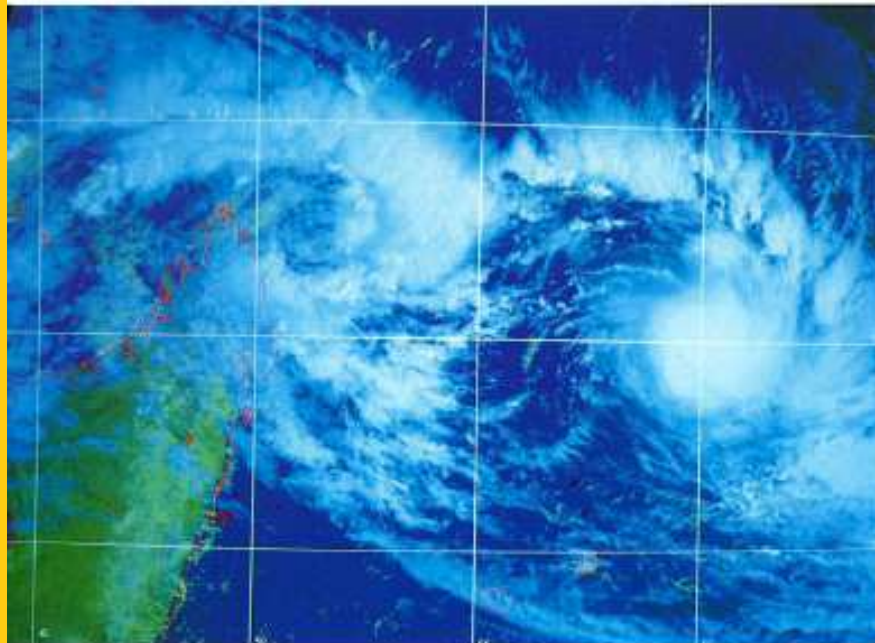


D

24 hr Trend: Exercises



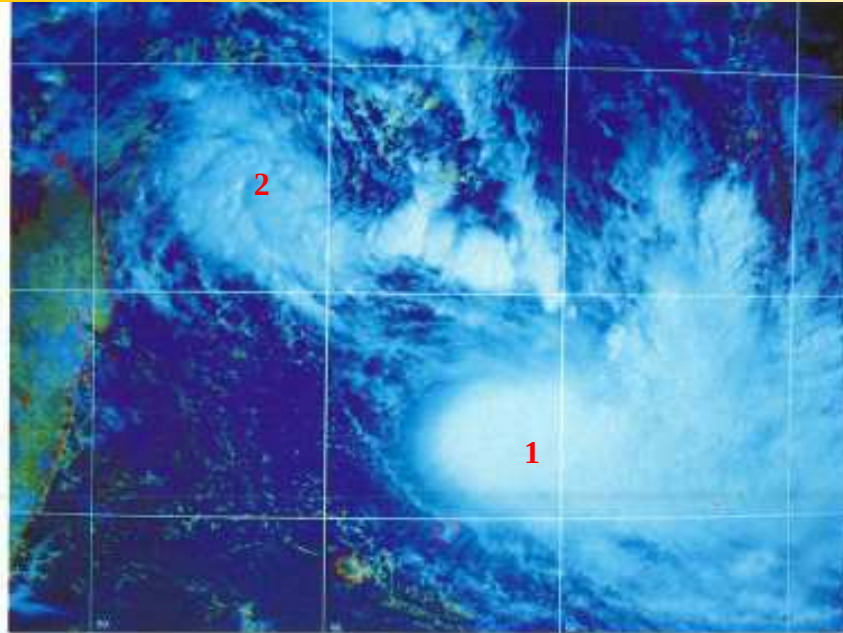
LE 03 JANVIER 1995 A 0520 UTC (ORBITE 51860 DU SATELLITE NOAA 9)
03 JANVIER 1995 AT 0520 UTC (SATELLITE NOAA 9, ORBIT 51860)



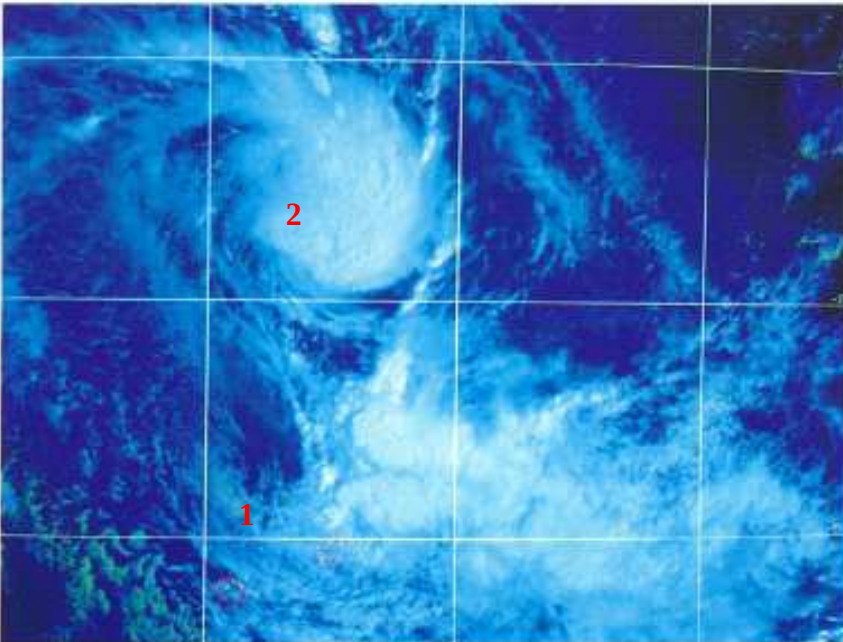
24 hr old

S

24 hr Trend: Exercises



LE 05 JANVIER 1995 À 0457 UTC (ORBITTE 51 888 DU SATELLITE NOAA 9)
05 JANUARY 1995 AT 0457 UTC (SATELLITE NOAA 9, ORBIT 51888)



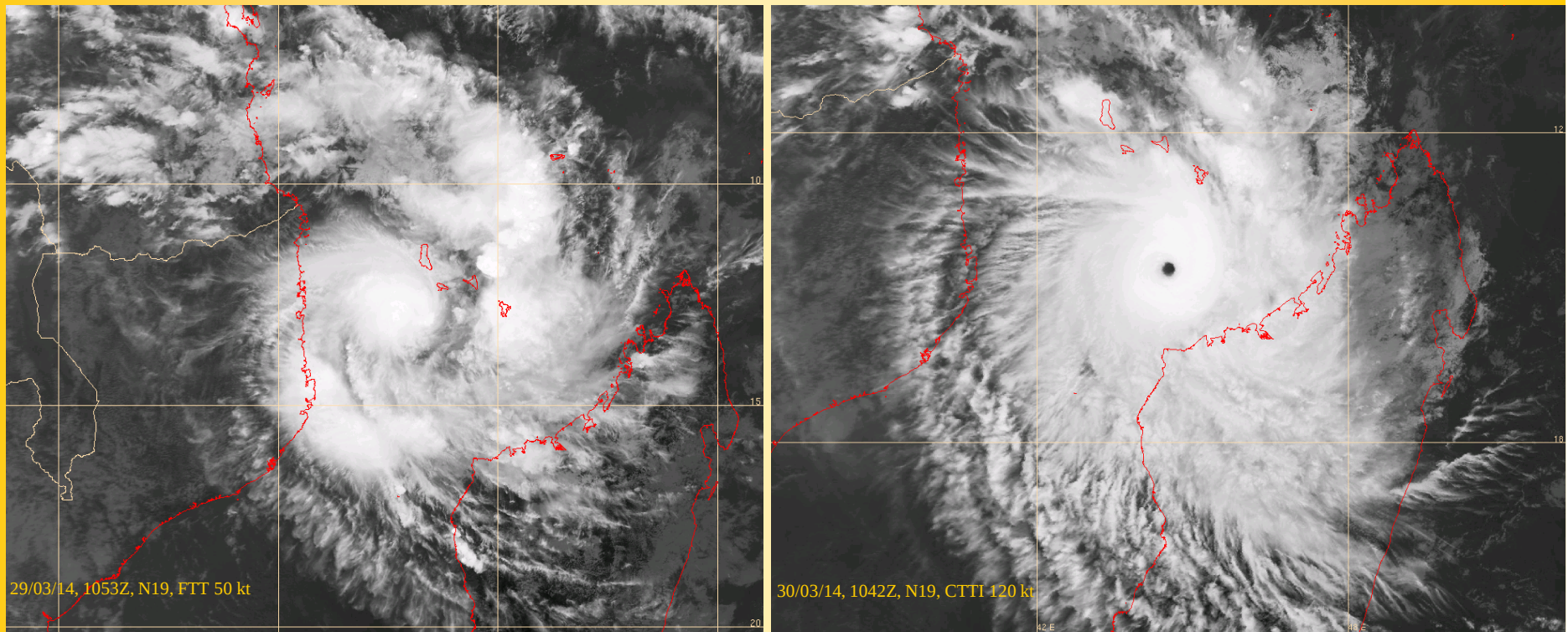
24 hr old

1: $W+$

2: D

Crazy 24 hr trend !

Evolution exceptionnelle en 24 h !



24 hr old

HELLEN

D +

Model Expected T-Number: MET

- The MET is a first guess estimate of the intensity
- It is based on the 24 hr old Final T-Number and the determined 24 hr trend
- For a Steady trend, the MET = the 24 hr old FT
- Le MET est un “first guess” pour l’estimation d’intensité.
- Il est basé sur le FT d’il y a 24h et de la tendance sur les dernières 24h.
- Pour une tendance stable ou stationnaire, le MET est égal au FT d’il y a 24h.

Model Expected T-Number: MET

- For normal Development or Weakening,

$$\text{MET} = 24 \text{ hr old FT} \pm 1.0$$

- For rapid Development (D+) or Weakening (W+) ,

$$\text{MET} = 24 \text{ hr old FT} \pm 1.5$$

- For slow Development (D-) or Weakening (W-),

$$\text{MET} = 24 \text{ hr old FT} \pm 0.5$$

- Pour un développement (D) / affaiblissement (W) typique,

$$\text{MET} = \text{FT (J-1)} \pm 1.0$$

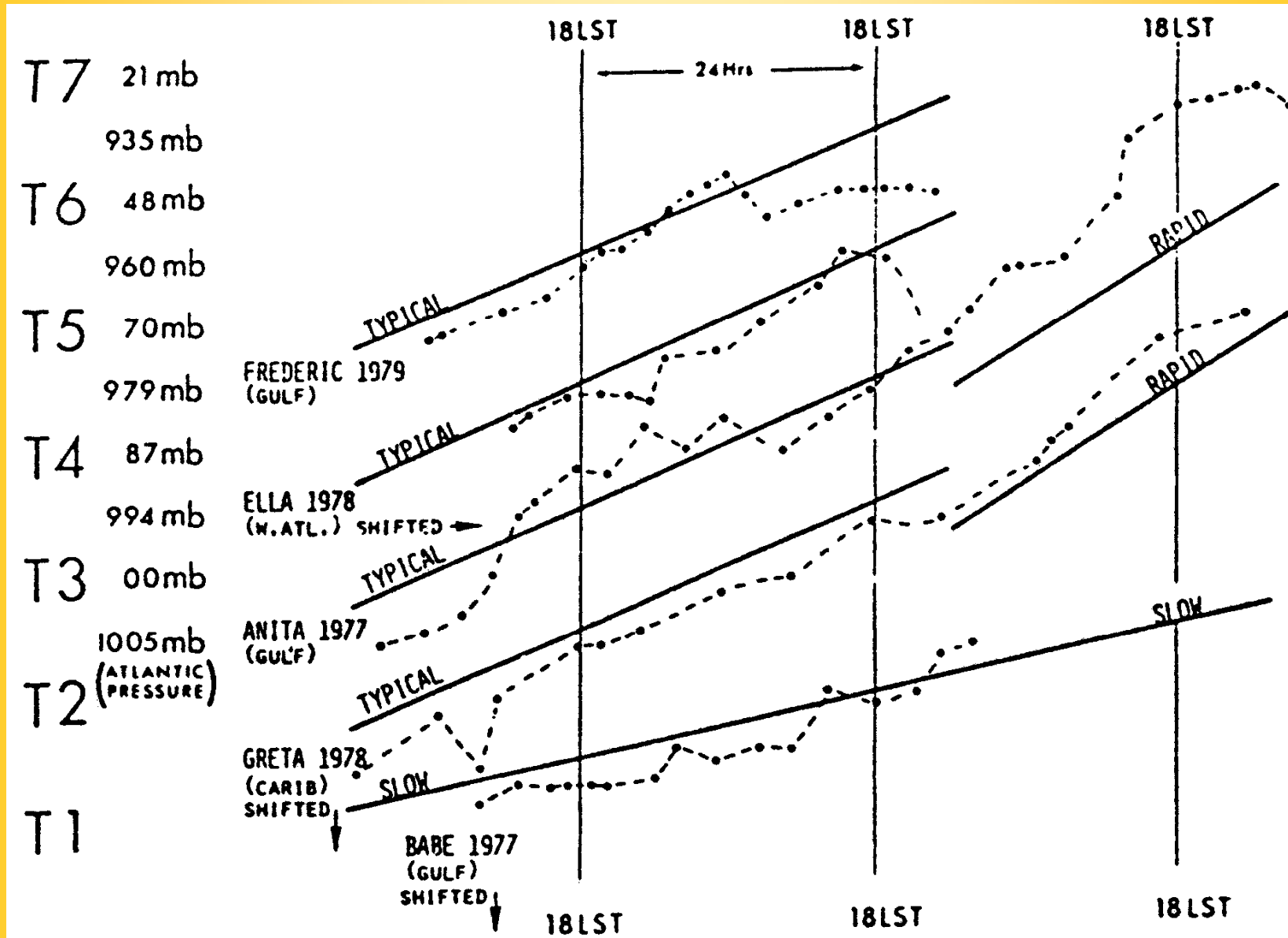
- Pour un développement (D+) / affaiblissement (W+) rapide,

$$\text{MET} = \text{FT (J-1)} \pm 1.5$$

- Pour un développement (D-) / affaiblissement (W-) lent,

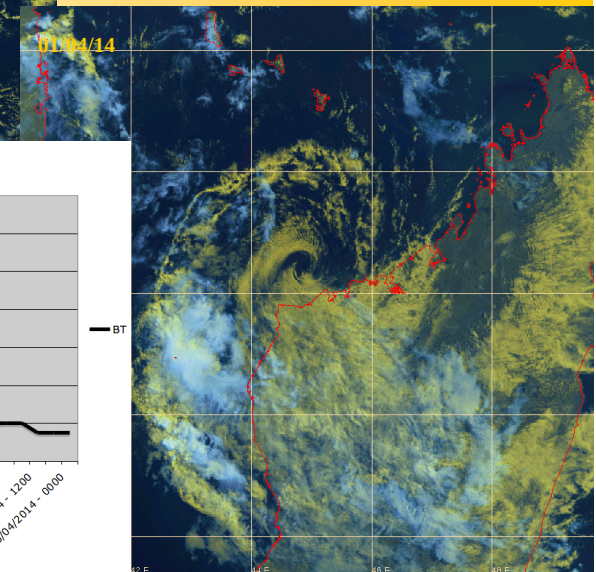
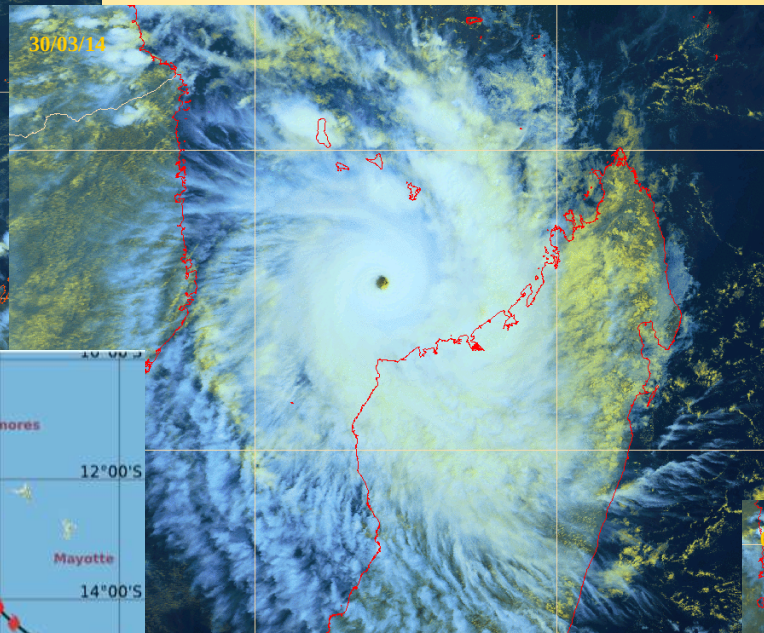
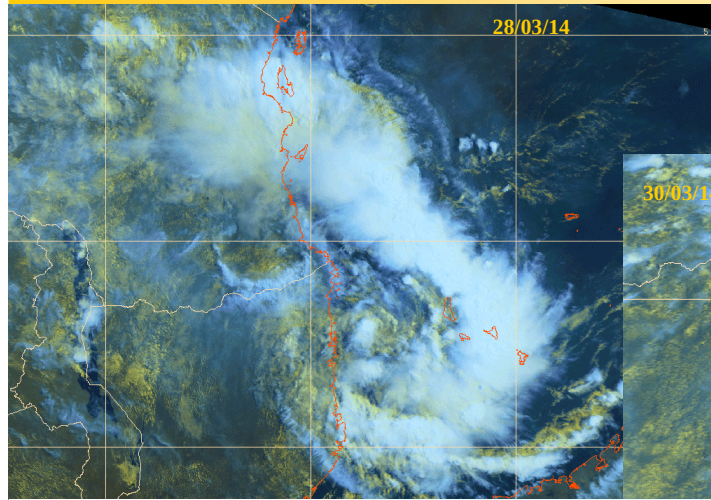
$$\text{MET} = \text{FT (J-1)} \pm 0.5$$

Model Expected T-Number: MET

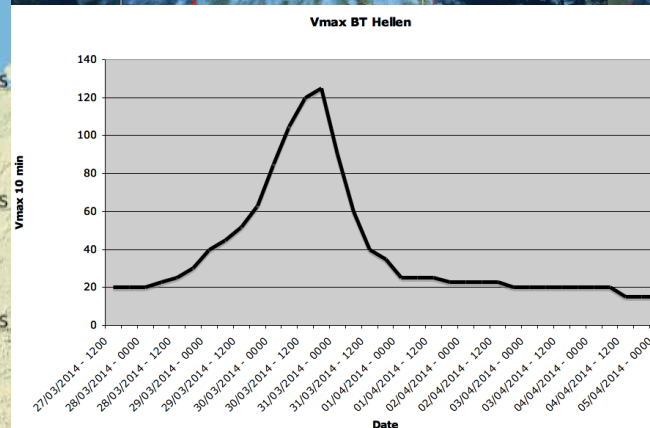
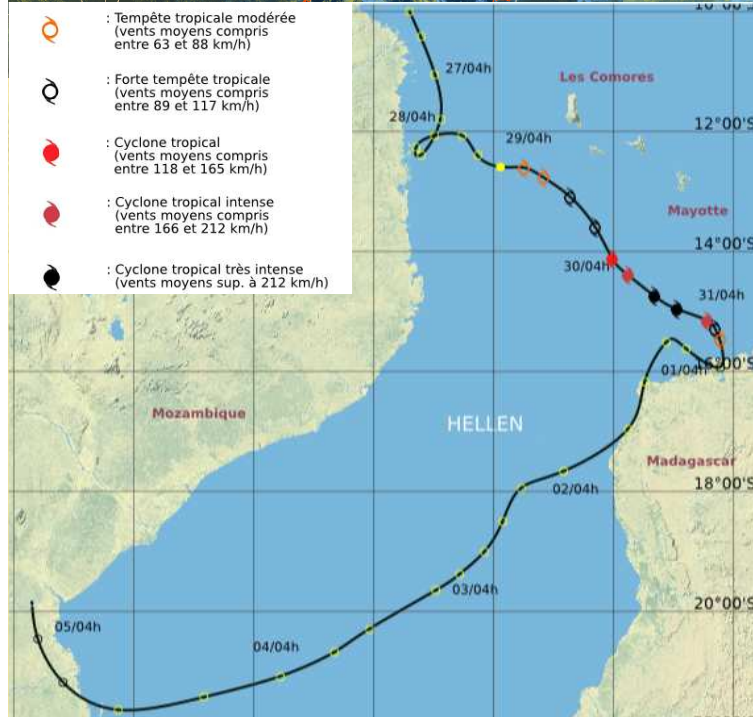


Very Intense Tropical Cyclone Hellen (03/14)

Cyclone tropical très intense Hellen (03/14)



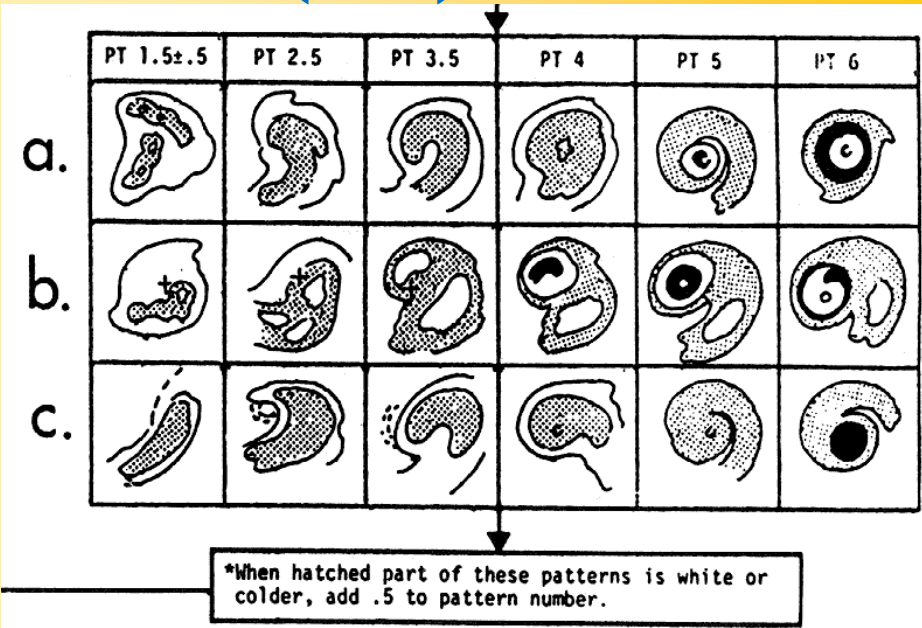
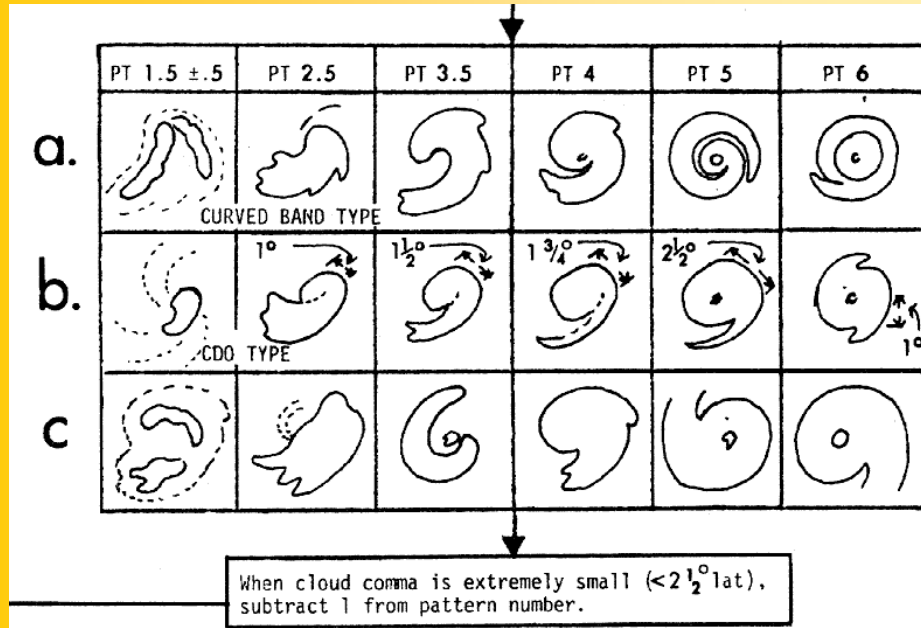
-  : Tempête tropicale modérée
(vents moyens compris entre 63 et 88 km/h)
-  : Forte tempête tropicale
(vents moyens compris entre 89 et 117 km/h)
-  : Cyclone tropical
(vents moyens compris entre 118 et 165 km/h)
-  : Cyclone tropical intense
(vents moyens compris entre 166 et 212 km/h)
-  : Cyclone tropical très intense
(vents moyens sup. à 212 km/h)



Pattern T-Number (PT)

- The Pattern T-number is chosen by comparison of the cyclone cloud pattern to the diagrams on the flow charts
- PATs above T6 require extrapolation
- PT est établi en comparant la configuration du SDT avec les exemples établis par Dvorak.
- Une interpolation est parfois requise (pas d'exemple tous les 0.5 T). Pour les $PT > 6.0$, il faut extrapoler (pas d'exemple)

Pattern T-Number (PT)



- PT depends on MET: $PT = MET \pm 0.5$ (adjusted MET)
- From the MET, adjust if necessary to the right ($PT = MET + 0.5$) or left ($PT = MET - 0.5$)
- If no change is required, $PT = MET$
- PT dépend du MET: $PT = MET \pm 0.5$ (PT = MET ajusté)
- Partir de la colonne correspondant au MET, puis voir si il faut ajuster vers la colonne de droite ($PT = MET + 0.5$) ou de gauche ($PT = MET - 0.5$)
- Si aucun changement nécessaire, $PT = MET$

A process in 5 main steps

1. Find the center

2. Assessment / measurement

Measurement of the convective pattern:

- Curved band
- Shear
- Eye
- CDO
- Embedded center

→ **Data T. number (DT)**

24h comparison:

→ **Model Expected T. number (MET)**

Pattern matching:

→ **Pattern adjusted model T. number (PT)**

3. Choose the best estimate between **DT / MET** or **DT/PT**

4. Apply constraints

5. → **Final T. number - FT** and **Current Intensity - Ci**

Final T-Number

- Use DT when cloud features are clear-cut
 - Use PT when DT is not clear and when PT is different from MET
 - For all other cases, use the MET
 - Beware constraints!
-
- Utiliser / préférer le DT lorsqu'il n'y a aucune ambiguïté dans son calcul
 - Utiliser le PT quand le DT n'est pas clair et que le PT est différent du MET (MET ajusté)
 - Pour tous les autres cas, utiliser le MET
 - Attention aux contraintes !

A process in 5 main steps

1. Find the center

2. Assessment / measurement

Measurement of the convective pattern:

- Curved band
- Shear
- Eye
- CDO
- Embedded center

→ **Data T. number (DT)**

24h comparison:

→ **Model Expected T. number (MET)**

Pattern matching:

→ **Pattern adjusted model T. number (PT)**

3. Choose the best estimate between **DT / MET** or **DT/PT**

4. Apply constraints

5. → **Final T. number - FT** and **Current Intensity - Ci**

FT constraints

Les contraintes sur le FT

- Initial classification must be T1 or T1.5
 - During first 24?/48? Hr of development, FT cannot be lowered at night (##*@!)
 - 24 hr after initial T1, FT must be ≤ 2.5
 - Modified FT limits (next slide)
 - FT must = MET ± 1
-
- Classification initiale à 1.0 ou 1.5
 - Durant les premières 48h de développement, le FT ne peut diminuer pendant la nuit
 - 24h après FT=1.0, le FT doit être ≤ 2.5
 - Limites autorisées sur les modifications du FT (diapo suivante)
 - FT doit être = MET ± 1

Modified FT limits

Limites autorisées des variations du FT

- When $FT < 4$, authorised max variation is 0.5/6h
- Pour $FT < 4$, le maximum autorisé est de 0.5 en 6h.
- When $FT > 4$, apply the following rules:
 - Pour $FT > 4$, appliquer les limites suivantes:
 - 1.0 / 6h
 - 1.5 / 12 hr
 - 2.0 / 18 hr
 - 2.5 / 24 hr
- Applicable for developing and weakening trend
- Valable aussi bien en développement qu'en affaiblissement

A process in 5 main steps

1. Find the center

2. Assessment / measurement

Measurement of the convective pattern:

- Curved band
- Shear
- Eye
- CDO
- Embedded center

→ **Data T. number (DT)**

24h comparison:

→ **Model Expected T. number (MET)**

Pattern matching:

→ **Pattern adjusted model T. number (PT)**

3. Choose the best estimate between **DT / MET** or **DT/PT**

4. Apply constraints

5. → **Final T. number - FT** and **Current Intensity - Ci**

Current Intensity Number (Ci)

- **CI = FT except when FT shows a change to a weakening trend, or when redevelopment is indicated**
- **For weakening systems, hold the CI to the highest FT during the preceding 12 hr period, but never more than 1.0 above the current FT**
- **CI is never < FT!**
- **Ci = FT sauf en phase d'affaiblissement ou de redevelopment.**
- **En phase initiale d'affaiblissement le Ci doit être maintenu pendant 12h avant de baisser. Toutefois le Ci ne doit jamais dépasser de plus de 1.0 le FT.**
- **Ci n'est jamais inférieur au FT !**

Examples
Exemples
(6 hrs interval / intervalle de 6 h)

FT/CI	FT/CI	FT/CI	FT/CI
1.5/1.5	6.0/6.0	6.0/6.0	5.5/5.5
2.0/2.0	5.5/6.0	5.0/6.0	5.0/5.5
2.5/2.5	4.5/5.5	4.5/5.5	4.5/5.5
3.0/3.0	4.0/5.0	4.5/5.0	3.5/4.5
3.5/3.5	3.5/4.5	4.5/4.5	4.0/4.5
4.0/4.0	3.0/4.0	4.0/4.5	4.5/4.5
5.0/5.0	2.5/3.0	3.5/4.5	5.0/5.0

What's wrong ?

Qu'est ce qui ne va pas ?

(6 hrs interval / intervalle de 6 h)

FT/CI	FT/CI	FT/CI	FT/CI
1.0/1.0	6.0/6.0	6.0/6.0	5.5/5.5
2.5/2.5	5.0/6.0	5.5/6.0	5.0/5.5
3.5/3.5	4.5/6.0	4.5/5.5	5.0/5.5
5.0/5.0	4.0/5.0	4.5/5.5	5.0/5.5
6.5/6.5	3.5/4.5	4.5/5.5	5.0/5.5
7.0/7.0	2.5/4.0	4.0/5.0	5.0/5.5
7.5/7.5	2.0/3.5	3.5/4.5	5.0/5.5

What's wrong ?

Qu'est ce qui ne va pas ?

(6 hrs interval / intervalle de 6 h)

FT/CI	FT/CI	FT/CI	FT/CI
1.0/1.0	6.0/6.0	6.0/6.0	5.5/5.5
2.5/2.5	5.0/6.0	5.5/6.0	5.0/5.5
3.5/3.5	4.5/6.0	4.5/5.5	5.0/5.5
5.0/5.0	4.0/5.0	4.5/5.5	5.0/5.5
6.5/6.5	3.5/4.5	4.5/5.5	5.0/5.5
7.0/7.0	2.5/4.0	4.0/5.0	5.0/5.5
7.5/7.5	2.0/3.5	3.5/4.5	5.0/5.5

Why are there constraints ?

Pourquoi des contraintes ?

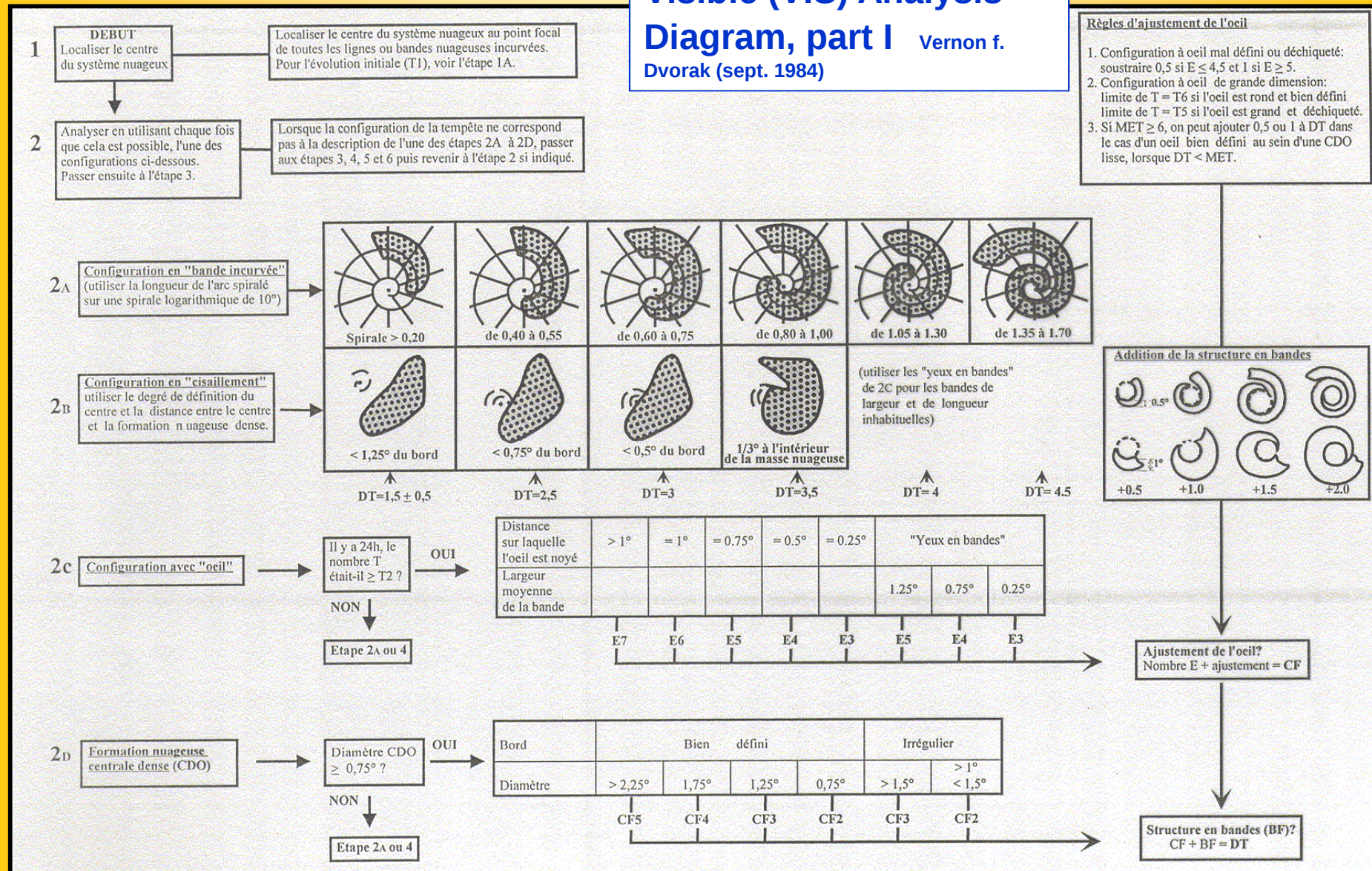
- Weak systems sometimes lose all convection during the diurnal minimum
- Cloud patterns for weak systems sometimes look unrealistically strong
- Strong systems sometimes don't intensify as quickly as the cloud pattern suggests
- In weakening systems, the decay of winds and pressures usually lags behind that of the cloud pattern
- Les faibles systèmes perdent parfois toute leur convection durant le minimum convectif du cycle diurne.
- La configuration nuageuse des faibles systèmes apparaît parfois forte de façon non réaliste.
- Les systèmes forts ne s'intensifient pas forcément aussi vite que ce que suggère la configuration nuageuse.
- Dans les systèmes s'affaiblissant, inertie du champ de vents et de pression par rapport à la configuration nuageuse.

Diagramme d'analyse dans le canal visible, 1^{ère} partie

Vernon f. Dvorak (sept. 1984).

Visible (VIS) Analysis Diagram, part I

Vernon f.
Dvorak (sept. 1984)



Vernon f. Dvorak (sept. 1984)

**Visible (VIS) Analysis
Diagram, part II Vernon f.
Dvorak (sept. 1984)**

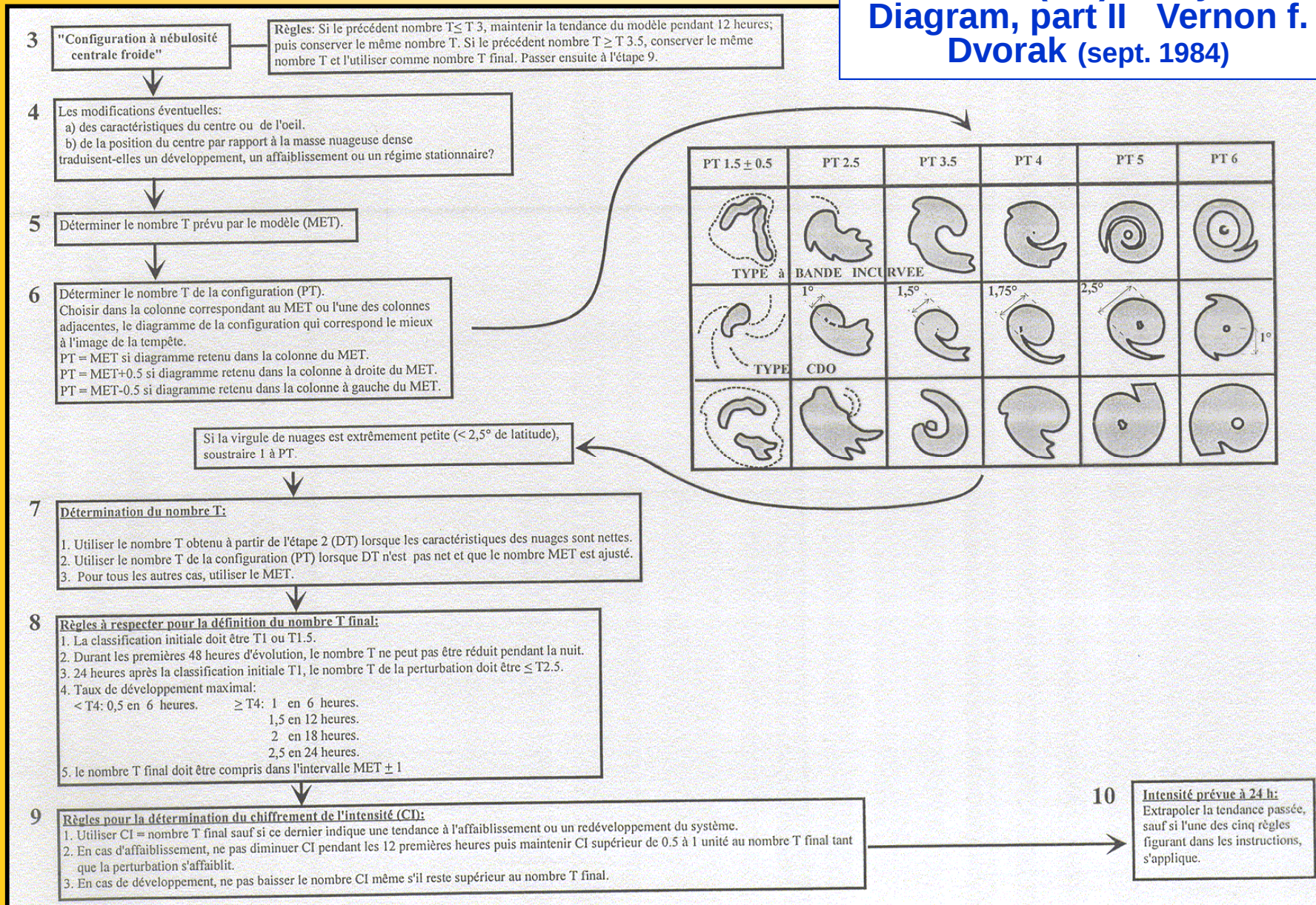


Diagramme d'analyse dans le canal infrarouge renforcé, 1^{ère} partie

Vernon f. Dvorak (sept. 1984).

Enhanced infra-Red (EIR) Analysis Diagram, part I Vernon f. Dvorak (sept. 1984)

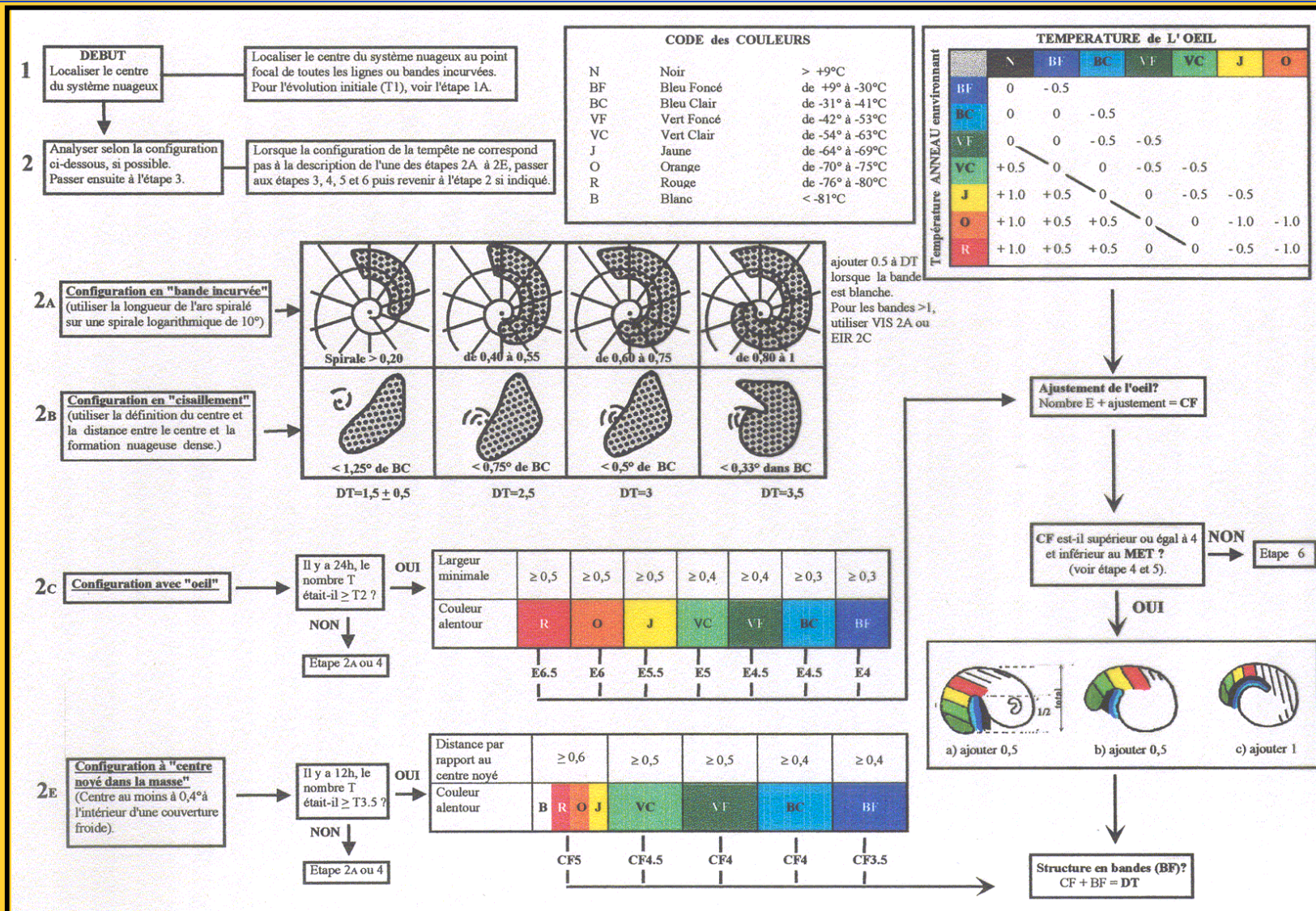


Diagramme d'analyse dans le canal infrarouge renforcé, 2^{ème} partie

Vernon f. Dvorak (sept. 1984).

Enhanced infra-Red (EIR) Analysis Diagram, part II Vernon f. Dvorak (sept. 1984)

3 "Configuration à nébulosité centrale froide"

Règles: Si le précédent nombre $T \leq 3$, maintenir la tendance du modèle pendant 12 heures; puis conserver le même nombre T. Si le précédent nombre $T \geq 3.5$, conserver le même nombre T et l'utiliser à titre définitif. Passer ensuite à l'étape 9.

4 Déterminer la tendance des dernières 24 heures et s'il y a évolution, affaiblissement ou régime stationnaire décelable par une modification:
a) des caractéristiques du centre ou de l'oeil.
b) de l'emplacement du centre dans la nébulosité froide.

5 Déterminer le nombre T prévu à l'aide d'un modèle (MET).

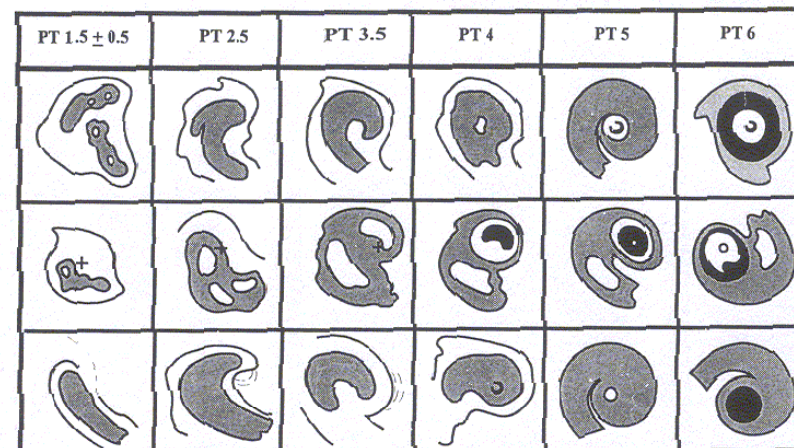
6 Déterminer le nombre T de la configuration.
Choisir dans la colonne du MET ou l'une des colonnes adjacentes, le diagramme de la configuration qui correspond le mieux à l'image de la tempête.
Ajuster $MET \pm 0,5$ si indiqué.

Lorsque la partie hachurée de ces diagrammes est blanche ou d'une nuance plus froide, ajouter 0,5 au nombre T de la configuration.

7 Détermination du nombre T:
1. Utiliser le nombre T obtenu à partir des données à l'étape 2 lorsque les caractéristiques des nuages sont nettes.
2. Utiliser le nombre T de la configuration lorsque DT n'est pas net et que le nombre MET est ajusté.
3. Pour tous les autres cas, utiliser MET.

8 Règles relatives à la détermination du nombre T définitif:
1. La classification initiale doit être T1 ou T1.5.
2. Durant les premières 48 heures d'évolution, le nombre T ne peut pas être réduit pendant la nuit.
3. 24 heures après la classification initiale T1, le nombre T de la tempête doit être $< T2.5$.
4. Limites du nombre T définitif:
 $< T4$: modifier de 0,5 en 6 heures.
 $> T4$: modifier de 1 en 6 heures.
 modifier de 1,5 en 12 heures.
 modifier de 2 en 18 heures.
 modifier de 2,5 en 24 heures.
5. le nombre T final doit être égal à $MET \pm 1$

9 Règles concernant le nombre indicatif de l'intensité du courant (CI):
1. Utiliser CI = nombre T définitif sauf si ce dernier indique une tendance à l'affaiblissement ou qu'une nouvelle évolution est signalée.
2. En cas d'affaiblissement initial, CI doit être inchangé pendant 12 heures puis supérieur au nombre T de 0,5 ou 1 suivant l'affaiblissement de la tempête.



10

Intensité prévue:
Extrapoler la tendance passée, sauf si l'une des cinq règles figurant dans les instructions, s'applique.

Tropical Cyclone Analysis Worksheet

[illegible]