

Les décharges atmosphériques

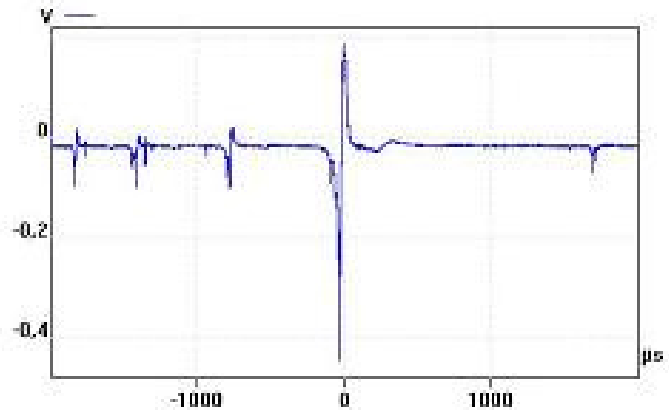
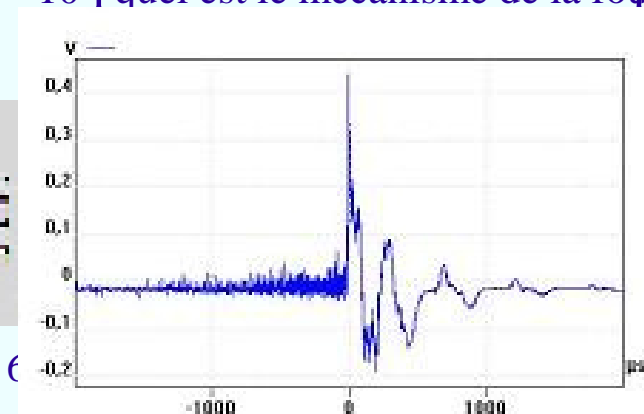
Quelles questions importantes qui intriguent encore les chercheurs ?

Séquence simplifiée du développement de la foudre (négatif descendant)

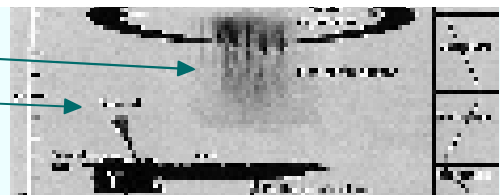


5 – quels sont les processus qui déchargent complètement le nuage ?
 B – comment les processus de décharge de la foudre interagissent-ils avec le nuage ?

8 – comment déduire les propriétés foudre du rayonnement EM
 9 – quels liens lient foudre et phénomènes météorologiques ?



- sprites
 - blue jets
 dans la mésosphère et l'ionosphère?



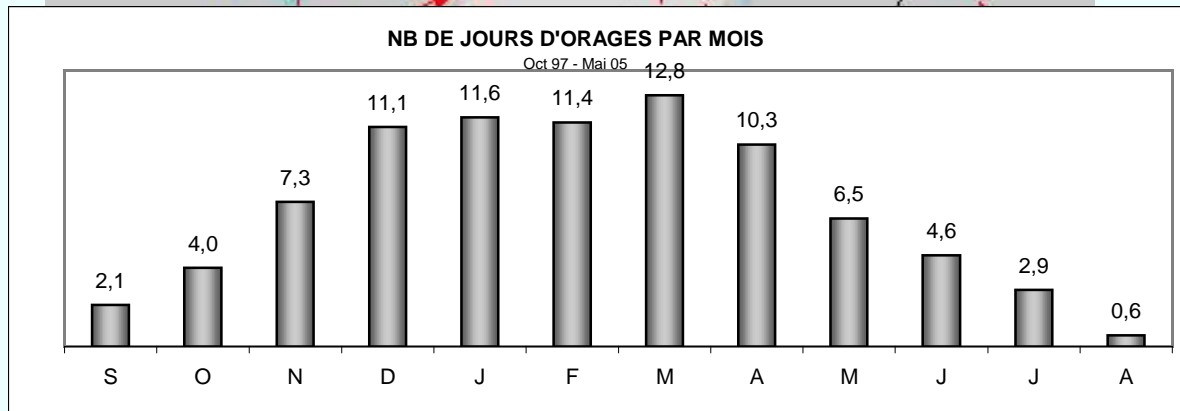
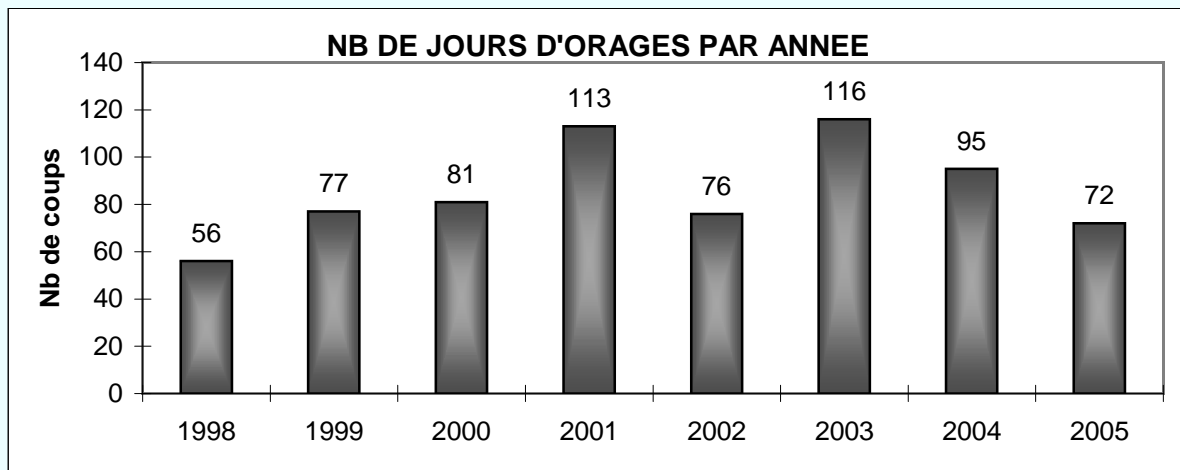
7 – quelle est la source des émissions X et γ dans la décharge de foudre ?

8 – quel est le mécanisme de production de gaz dans l'atmosphère (LiNO_x)

Compteur CIGRE et niveau kéraunique

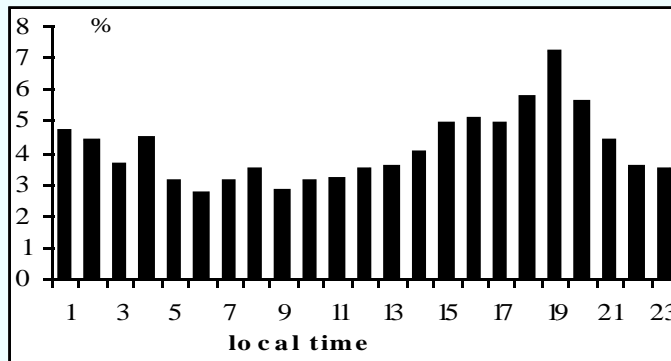
3 compteurs CIGRE installés à l'Université
(BP ~ 0,5-10kHz - rayon de détection ~ 25 km)

3 compteurs CIGRE installés sur 3 sites
(+ datation des impulsions)

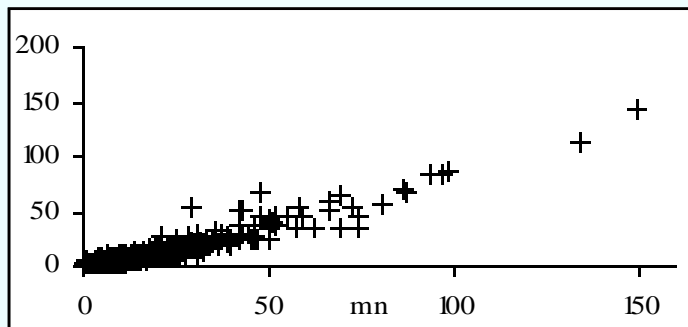


Exploitation des données CIGRE

distribution horaire



Nbre de flashes fonction de la durée des orages (~0,7/min)



densité de foudrolement fonction du nbre de jours d'orage
(relation de Mackerras)

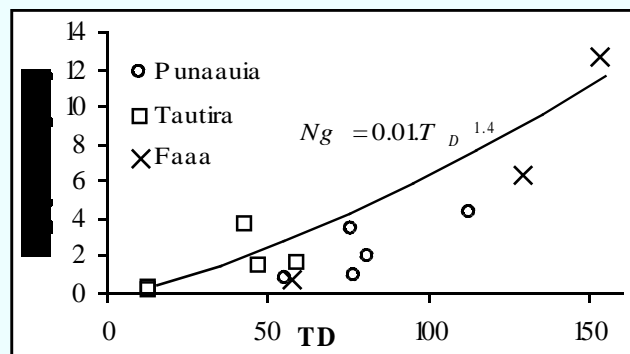
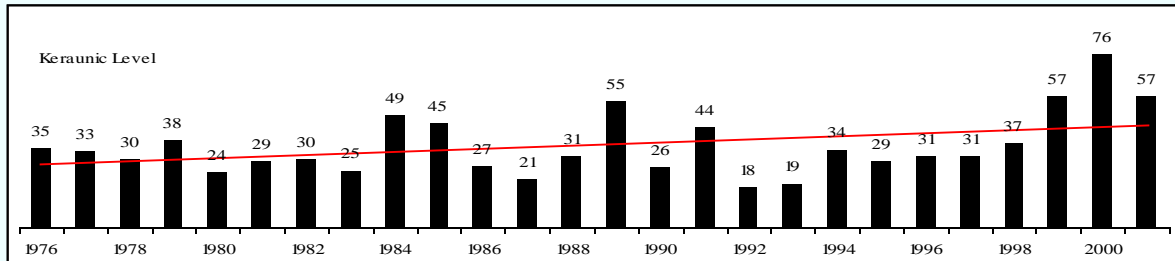


Figure 4 : CG flash density vs thunderstorm day compared with the Mackerras's relation

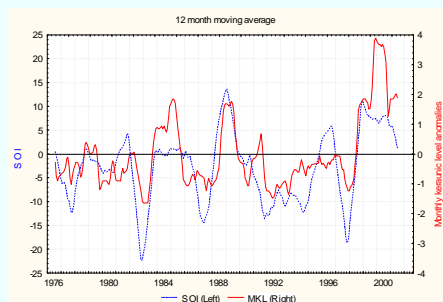
Exploitation des données CIGRE

Niveau kéraunique de MétéoFrance → longue période

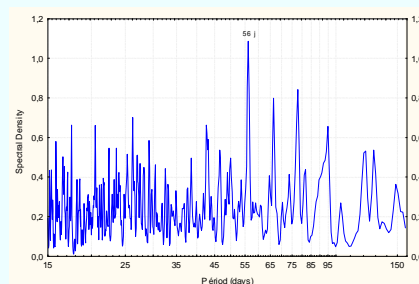


→ corrélation avec linéaire CIGRE

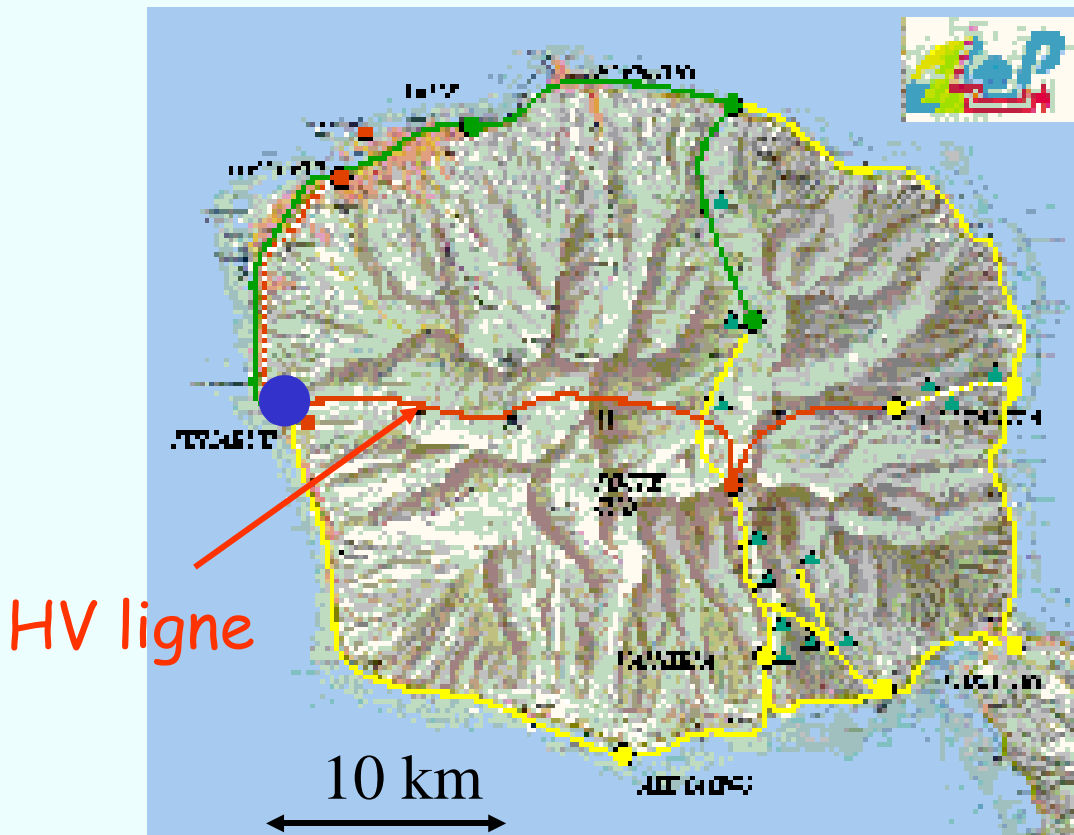
activité électrique mensuelle
et SOI (ENSO)



analyse de Fourier (25 ans) :
pic à 56 jours → TISO



Elaboration d'un système de localisation Foudre à Tahiti (collaboration Electricité De Tahiti)



Centrale Hydraulique

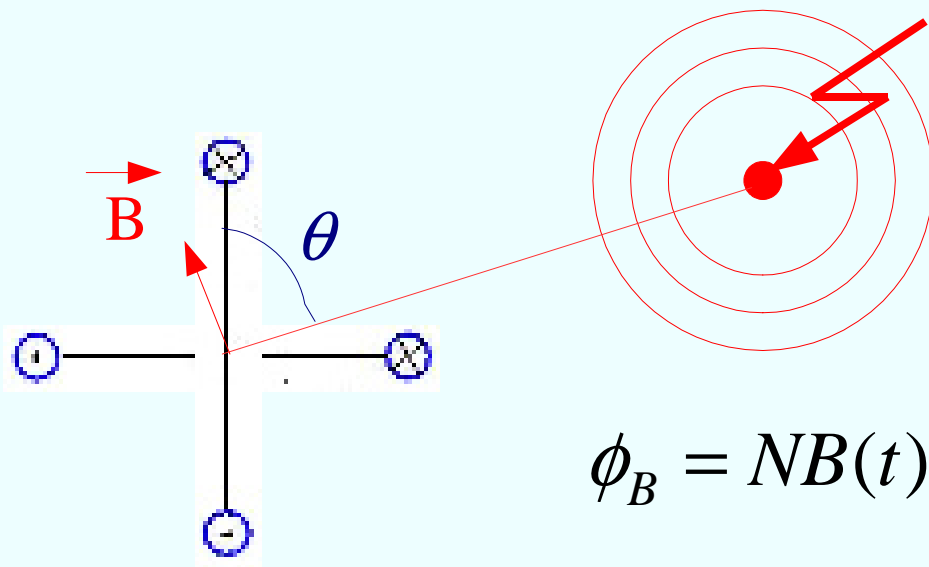
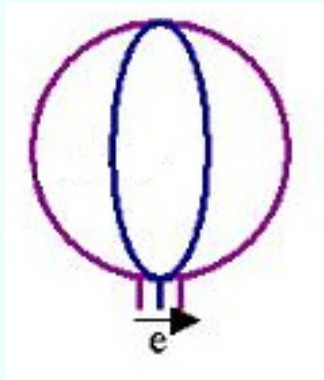


Centrale thermique



University of French Polynesia

Principe de la localisation par antenne magnétique



$$\phi_B = NB(t)S$$

$$\Rightarrow e(t) = -N\pi R^2 \frac{dB}{dt} \quad \Rightarrow K(t) = \int e(t)dt \propto B(t)$$

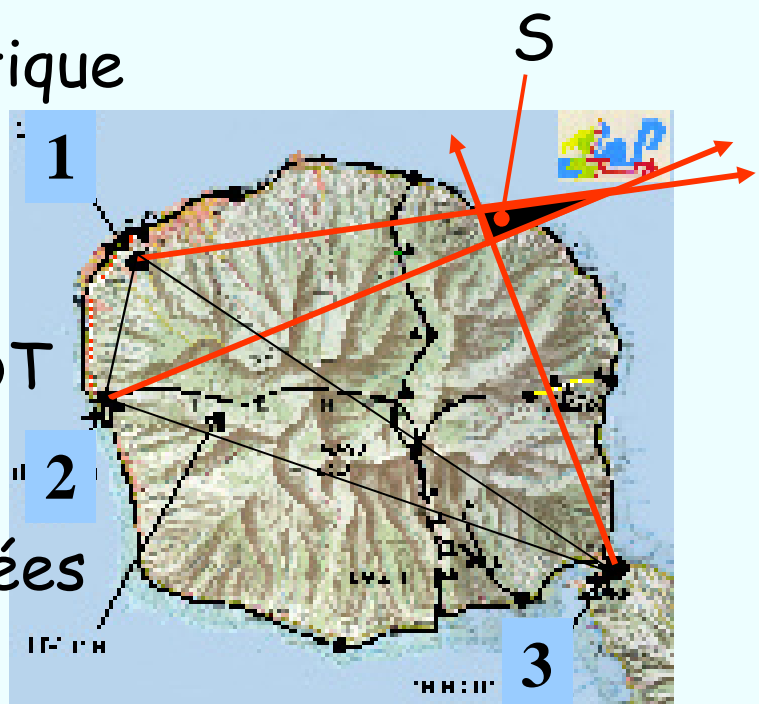
$$\left. \begin{array}{l} K_1(t) \propto B(t) \cos \theta \\ K_2(t) \propto B(t) \sin \theta \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{K_2(t)}{K_1(t)} = \tan \theta$$

Principe du réseau LIFT

Antennes à champ magnétique

Mode de communication EDT

Centres qui gèrent les données



► Heure GPS

► Précision : 10 ms BP : 40-100kHz

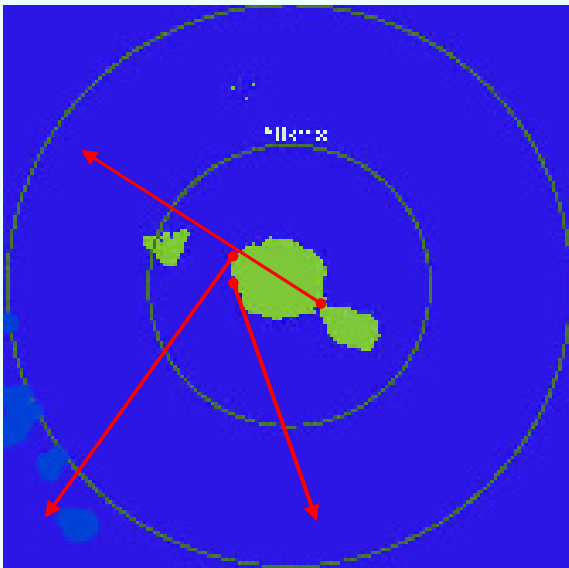
3 azimuths ds la même fourchette → 1 flash

Triangulation → Surface S

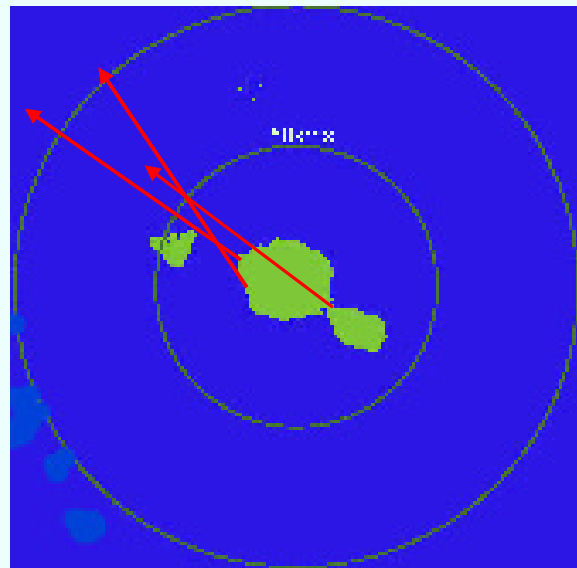


University of French Polynesia

Exemples de triangulations



Triangulation aberrante

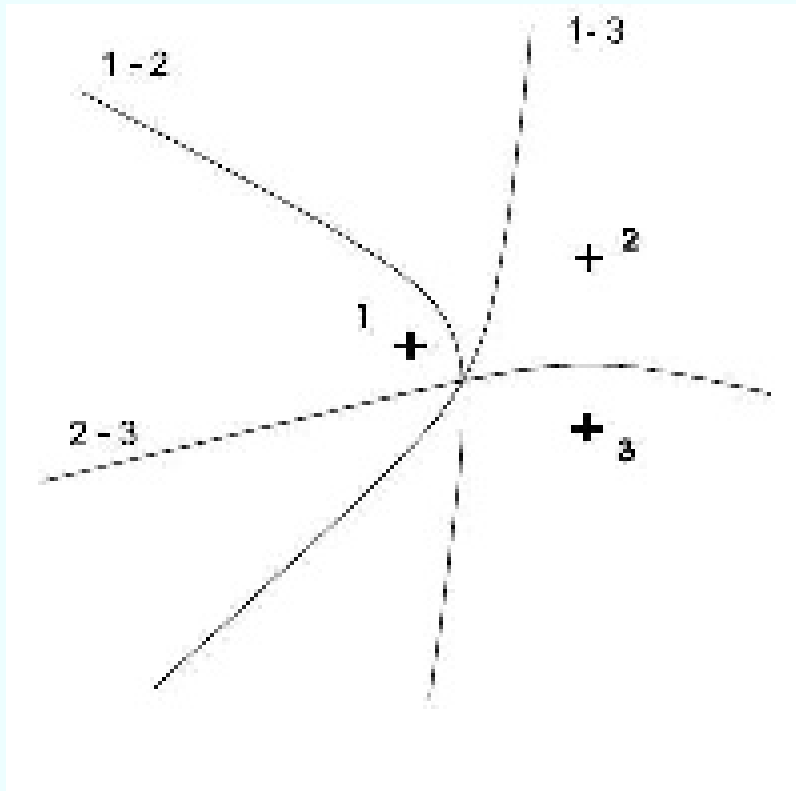


Erreur probable dans l'alignement de



University of French Polynesia

Localisation par la mesure des temps d'arrivée TOA



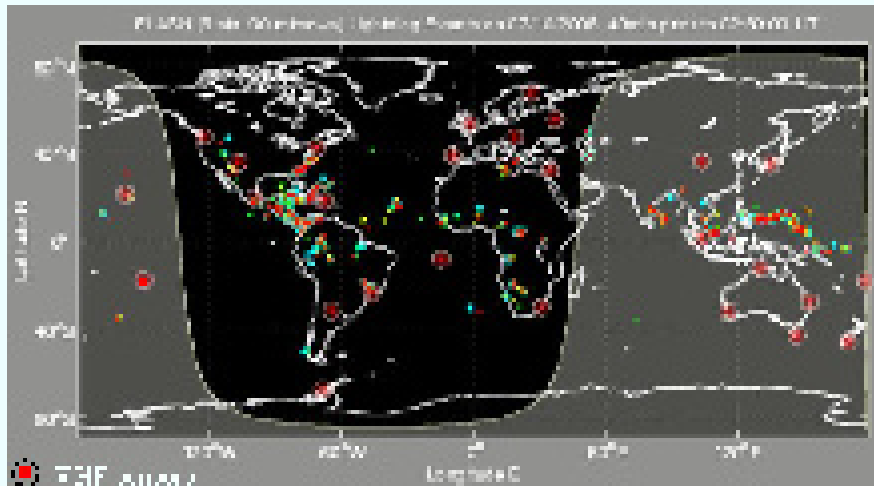
la mesure du temps d'arrivée par chaque
couple de stations définit une parabole

Wide World Lightning Location Network

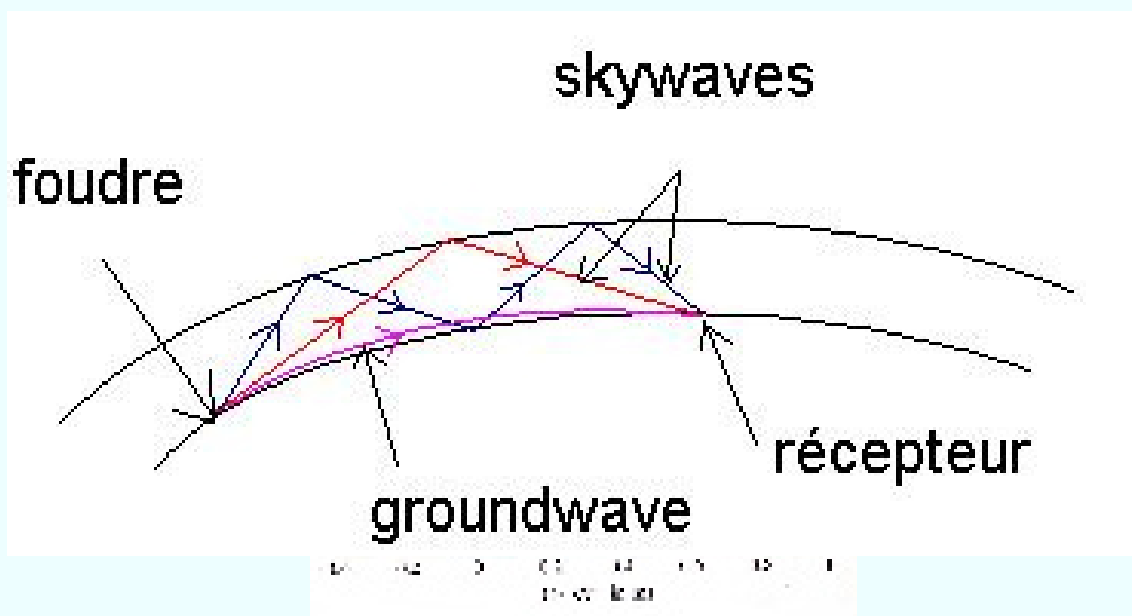
Le spectre du rayonnement EM de la foudre : qques Hz à qques centaines de MHz

- pic dans les VLF : les sferics
- réseaux de 24 détecteurs VLF (3-30 kHz).

Distribution des détecteurs VLF autour du globe



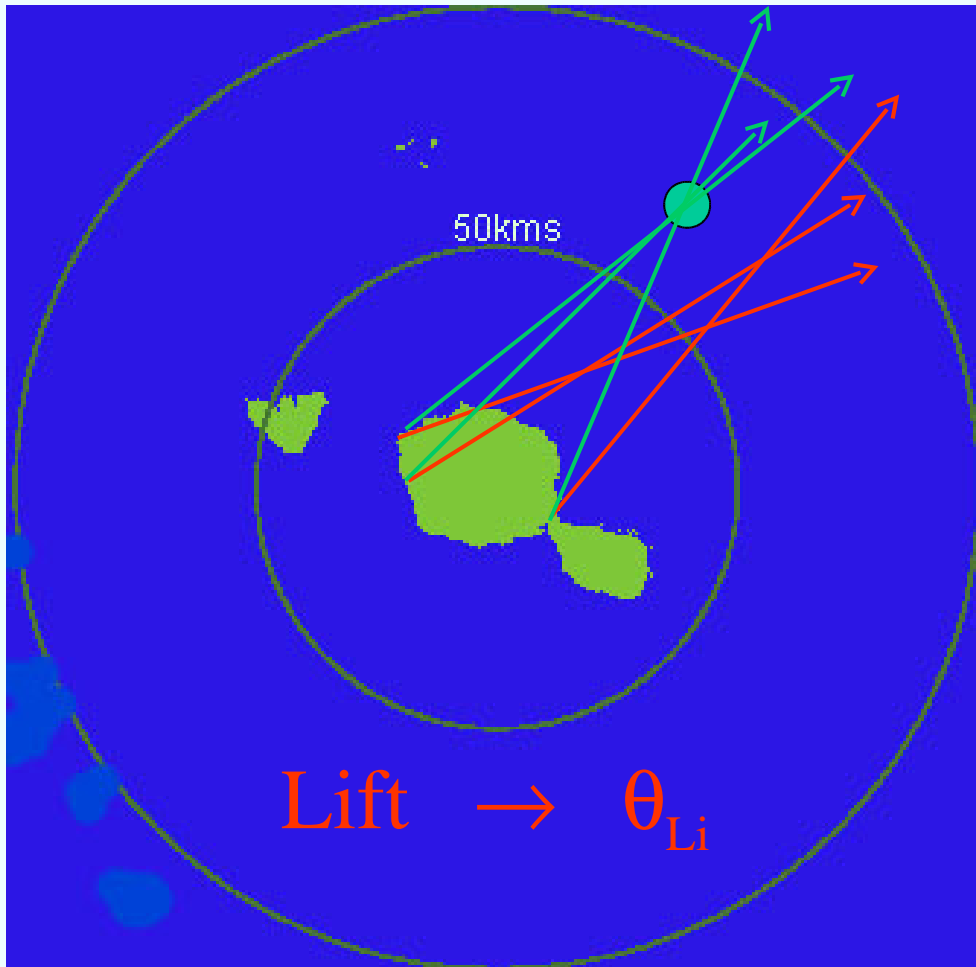
la localisation est déduite de la mesure du temps d'arrivée du groupe d'onde (TOGA



l'onde (sferics) avec la distance au cours de la propagation dans le guide
Superposition des ondes
directes et des ondes réfléchies

Comparison with the WWLLN locations

WWLLN $\rightarrow \theta_{Wi}$



Lift $\rightarrow \theta_{Li}$

$$\Delta\theta_i = \theta_{Wi} - \theta_{Li}$$



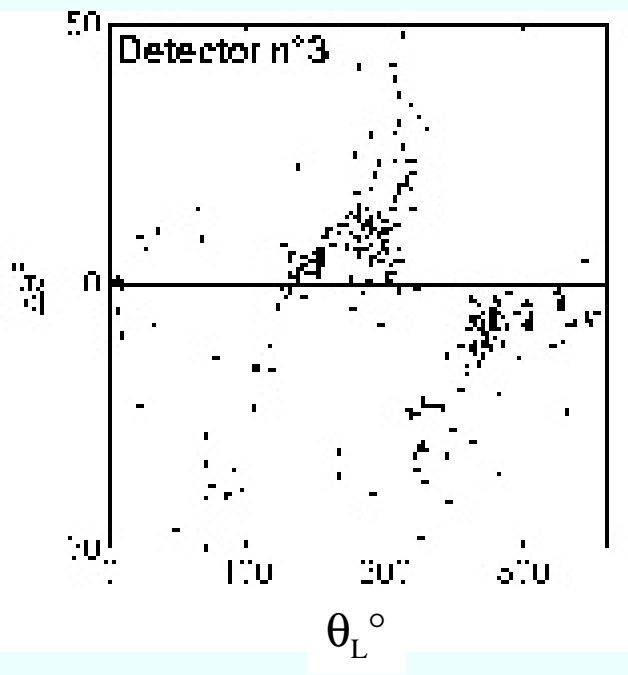
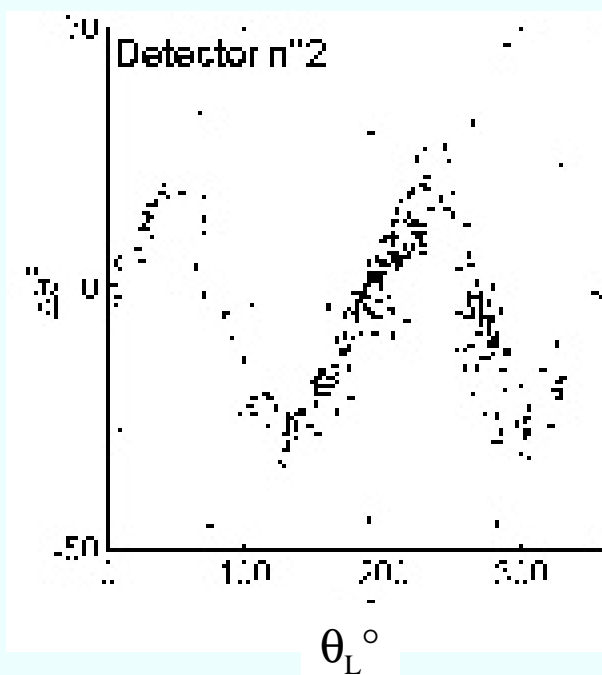
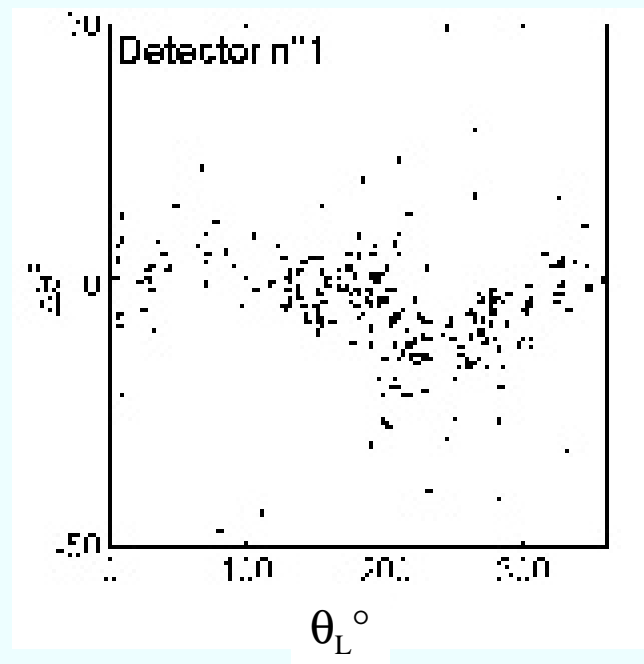
University of French Polynesia

Erreur systématique

$$\Delta\theta_i = \theta_{Wi} - \theta_{Li}$$

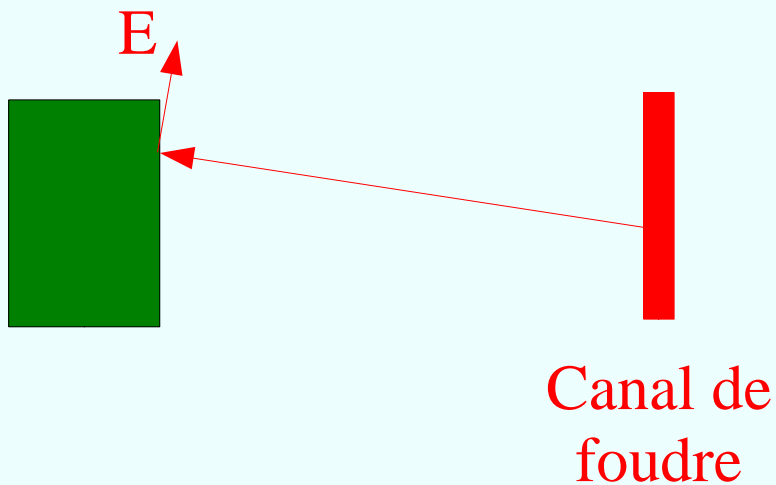
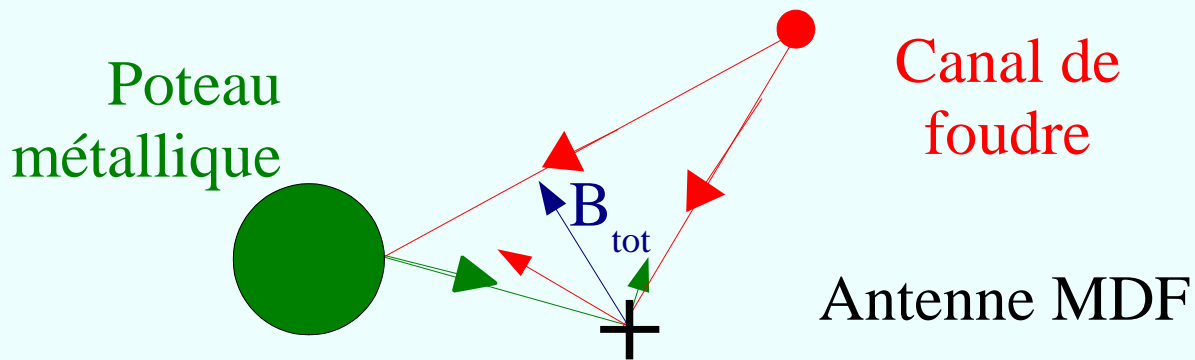
$$\Delta\theta_i \text{ vs } \theta_{Li}$$

- periodical function
- function of $2\theta_L$



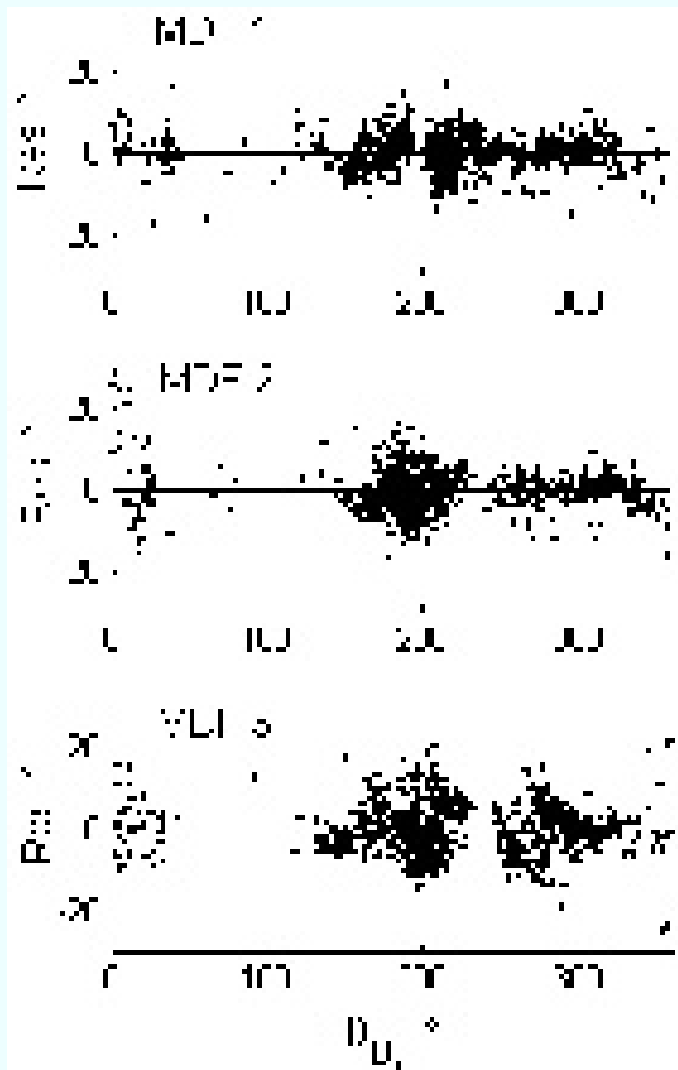
University of French Polynesia

Erreur systématique



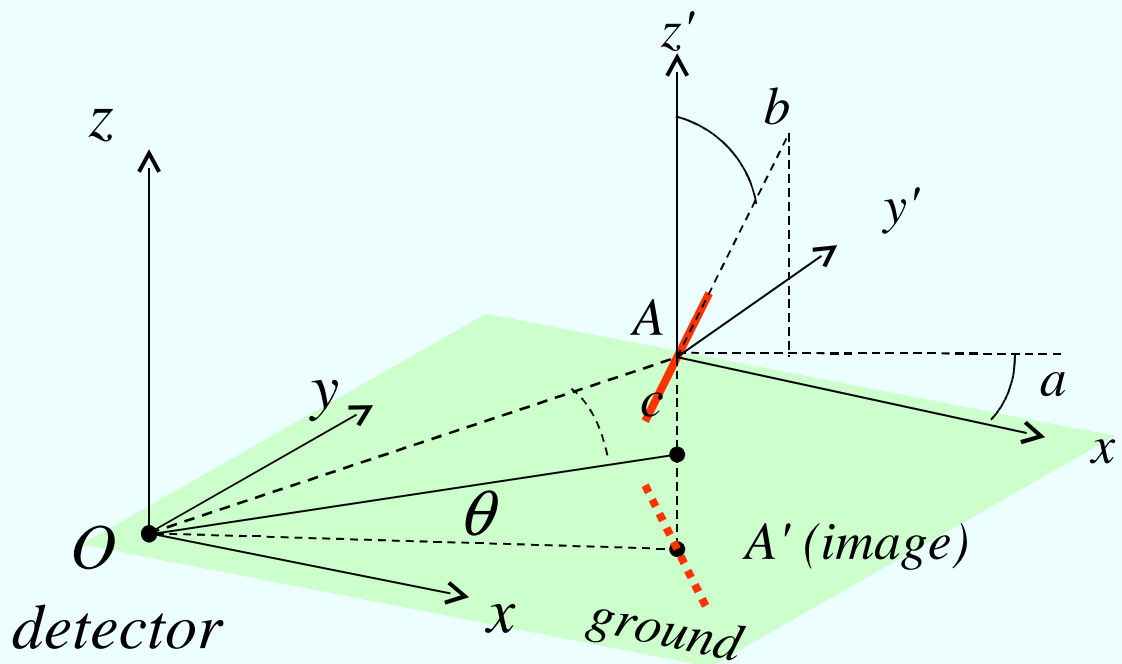
1^{ère} fonction de correction

$$K_i = a_{0,i} + \sum_{n=1}^{N_i} a_{n,i} \cos(n.\theta_{w,i} + \varphi_{n,i})$$



University of French Polynesia

2^{ème} fonction de correction



θ_L : measured azimuth θ : actual azimuth

$$\operatorname{tg}(\theta) = \operatorname{tg}(\theta_L) \frac{1 - \operatorname{tg}(b) \cdot \operatorname{tg}(c) \cdot \frac{\cos(a)}{\cos(\theta_L)}}{1 + \operatorname{tg}(b) \cdot \operatorname{tg}(c) \cdot \frac{\sin(a)}{\sin(\theta_L)}}$$

$$\theta_i = f(\theta_{Li}, a, b, c)$$



University of French Polynesia

Process of the localisation

1 - one event \rightarrow 3 azimuths : $\theta_{L1} \quad \theta_{L2} \quad \theta_{L3}$

2 - 1st correction function:

$$\Delta\theta_i = m_i + n_i \sin(2 \theta_B)$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$\Rightarrow \theta'_i = \theta_{Li} + \Delta\theta_i$$

3 – 2nd correction function

$\rightarrow \mathbf{a} : 0^\circ \rightarrow 360^\circ \quad \mathbf{b} : 0^\circ \rightarrow 60^\circ \quad \mathbf{c} : 0^\circ \rightarrow 60^\circ$

\rightarrow 2nd correction : $\mathbf{f}(\theta'_i, \mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}) \Rightarrow \theta''_i$

\rightarrow Triangulation \rightarrow minimum S surface

$$\Rightarrow \theta_1 \quad \theta_2 \quad \theta_3$$



University of French Polynesia

Effect of the corrections

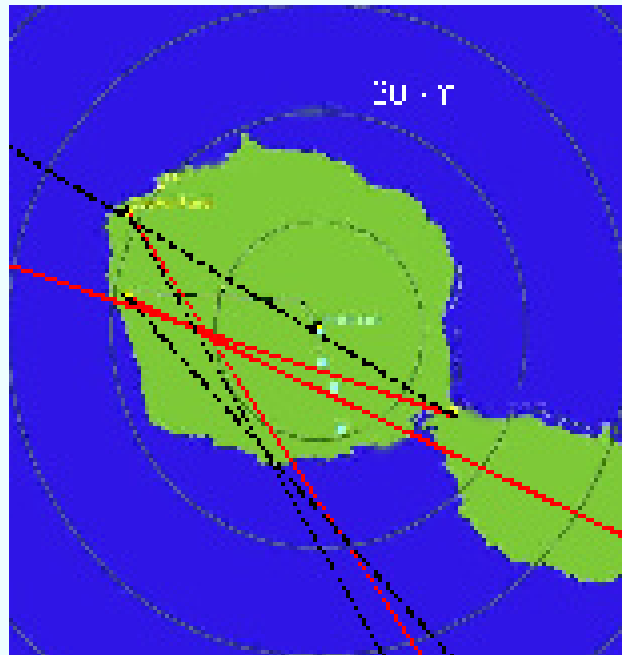
--- not corrected

— corrected

$$a = 90^\circ$$

$$b = 26^\circ$$

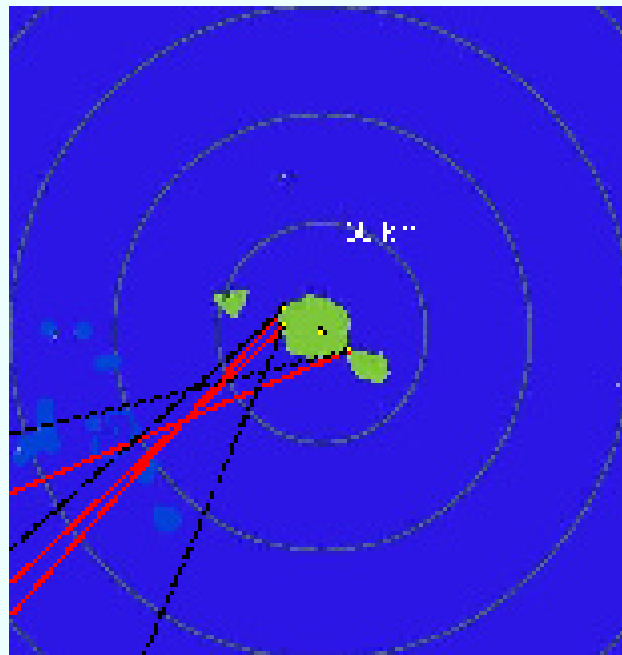
$$c = 19^\circ$$



$$a = 90^\circ$$

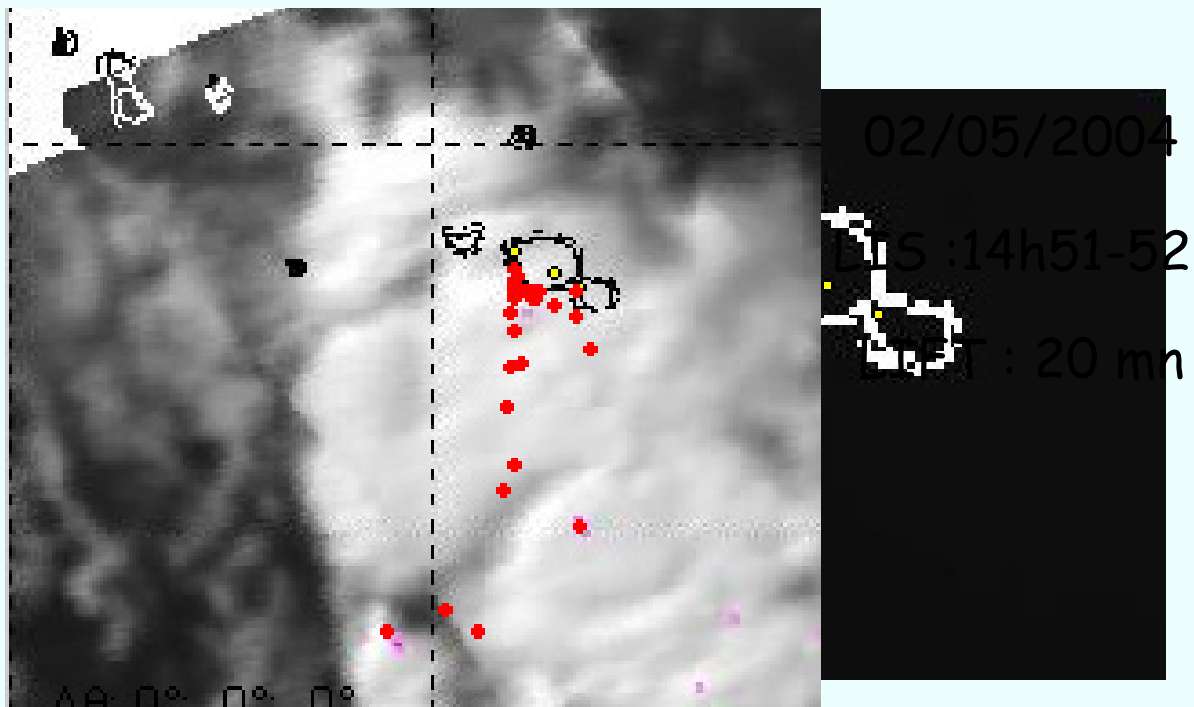
$$b = 20^\circ$$

$$C = 3^\circ$$

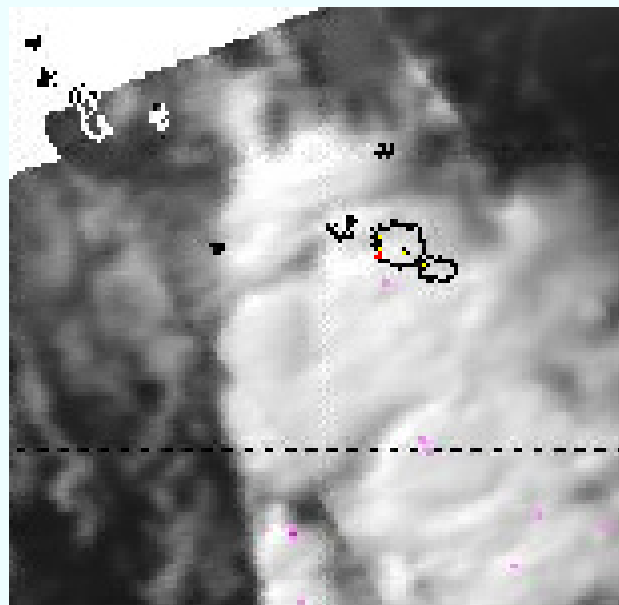


University of French Polynesia

Comparison with the LIS data



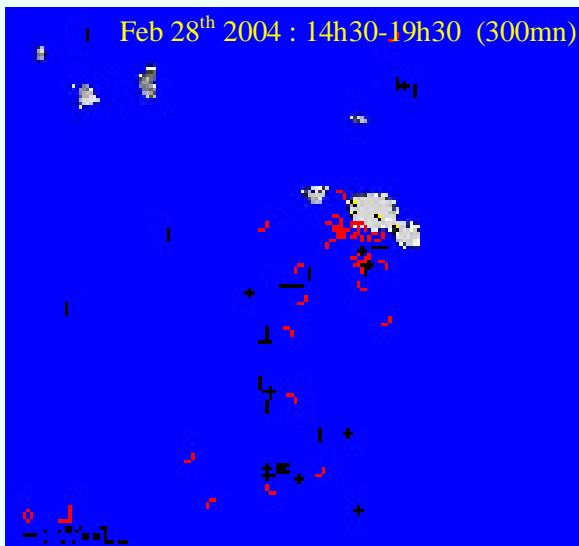
Without a correction



University of French Polynesia

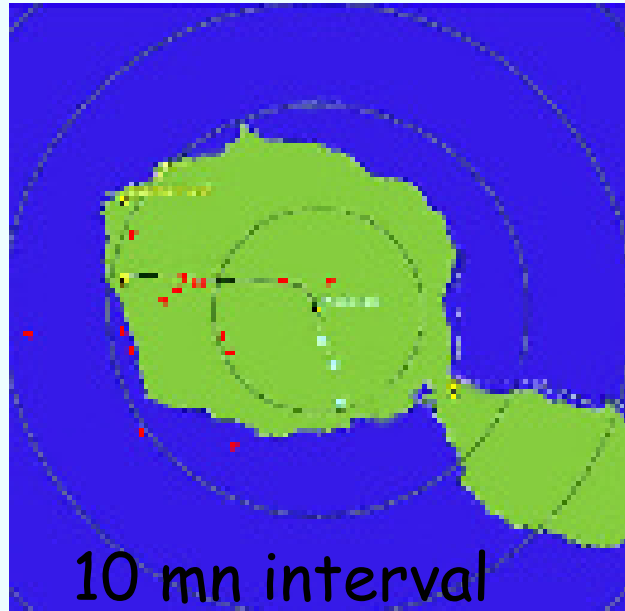
Comparison with the WWLLN data

5 hour
thunderstorm

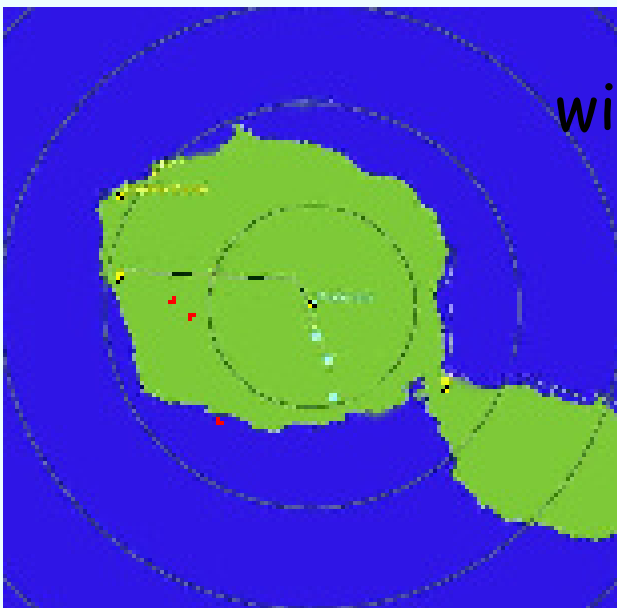


Break down of the HV line

with corrections



without a correction

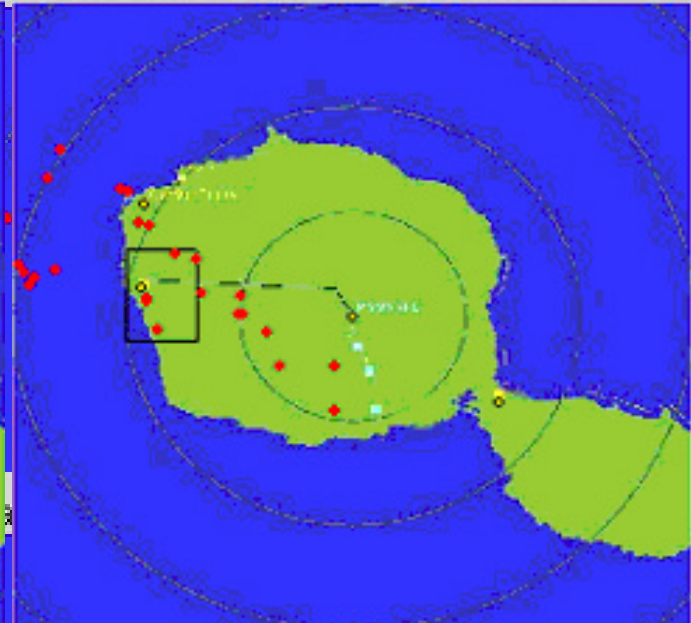
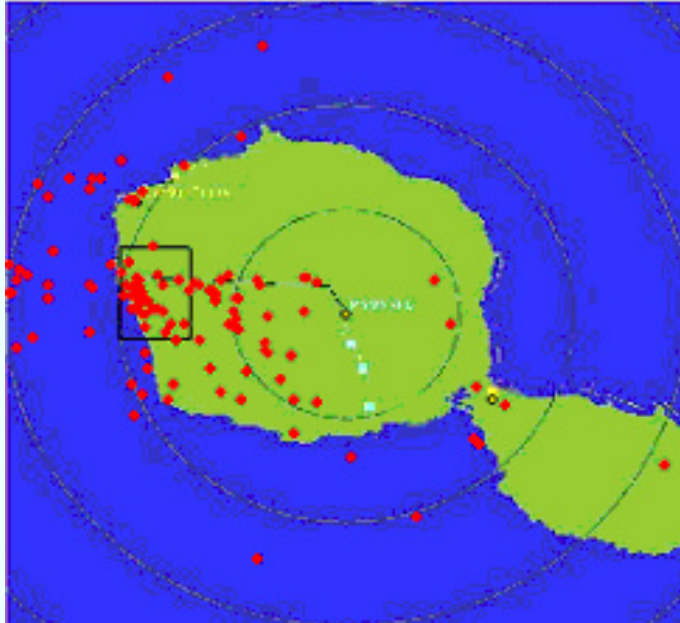


University of French Polynesia

LIFT = système d'alarme

13 fev 04.xls De : 17:00:00 à 18:10:00

25 avr 04.xls De : 23:00:00 à 23:35:00



critère d'alarme:

- zone critique
- fréquence minimale de foudroiement



University of French Polynesia

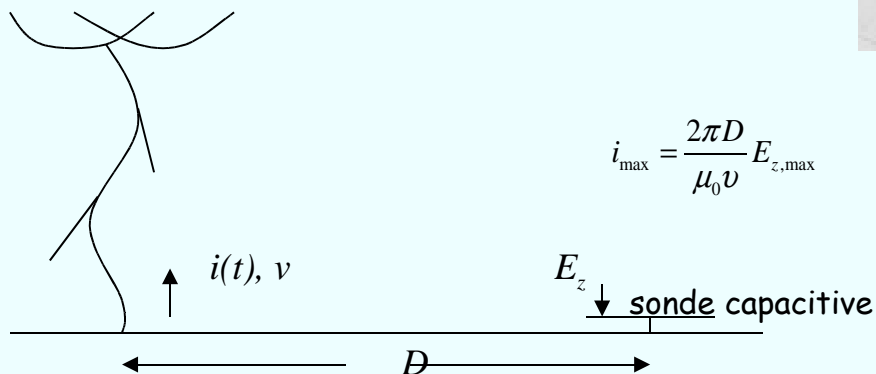
Perspectives

mesure de champ - mesure de courant

Antenne + amplification + intégration + calibrage

composante verticale E_z du champ :

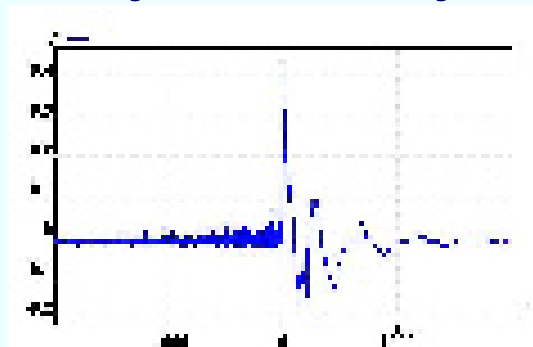
$$E_z(t) = \frac{C}{\epsilon_0 \cdot S} \cdot V(t)$$



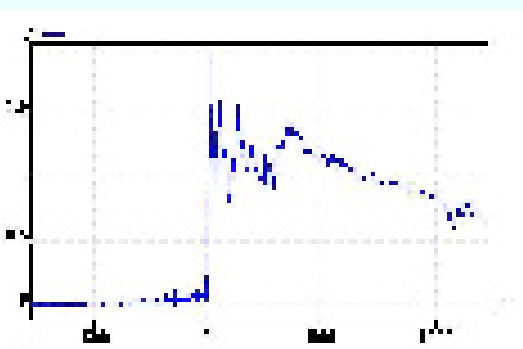
$$i_{\max} = \frac{2\pi D}{\mu_0 v} E_{z,\max}$$

v est la vitesse de l'onde de courant

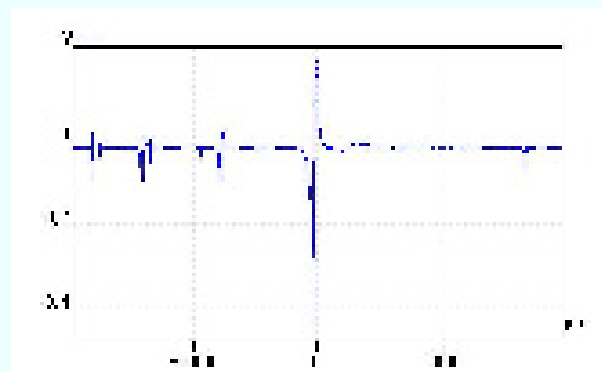
enregistrement d'un CG négatif



Cas d'une décharge proche



décharge intra ou inter nuage



- mesure de la composante verticale de B



- réalisation de la division analogique des composantes du champ B
- modélisation des champs