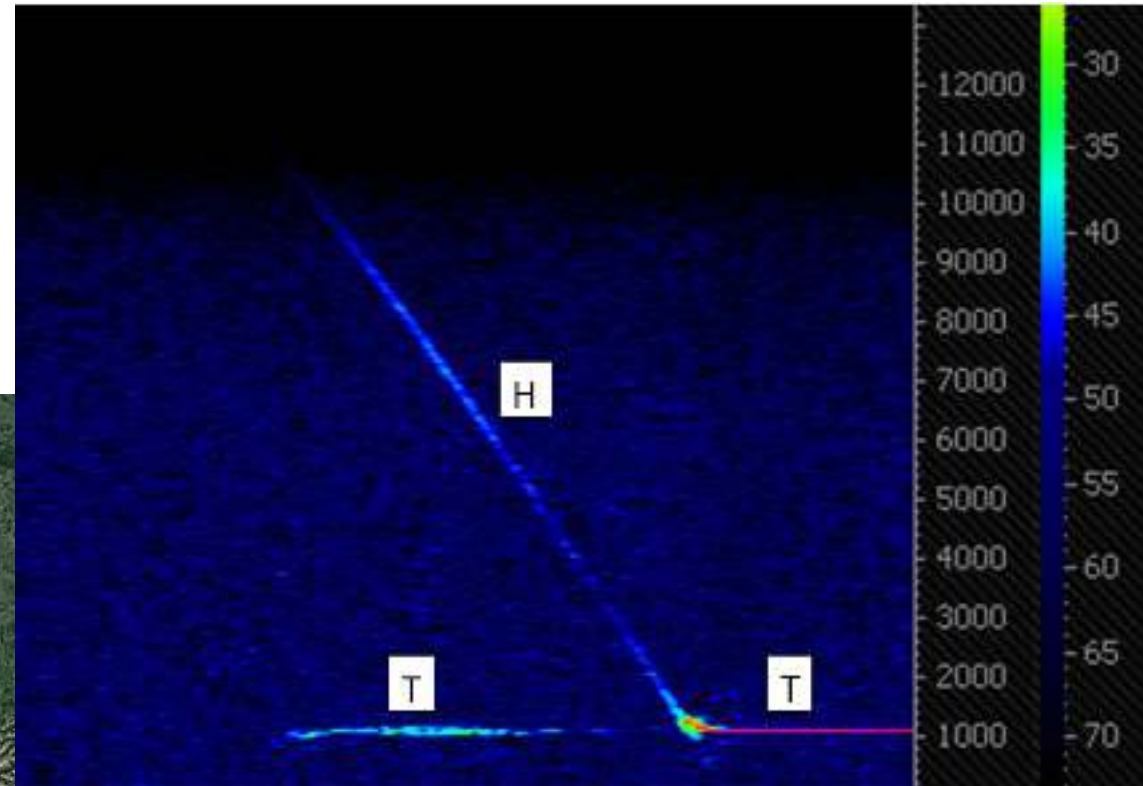


Observation Radio

Fripon Radio c'est :

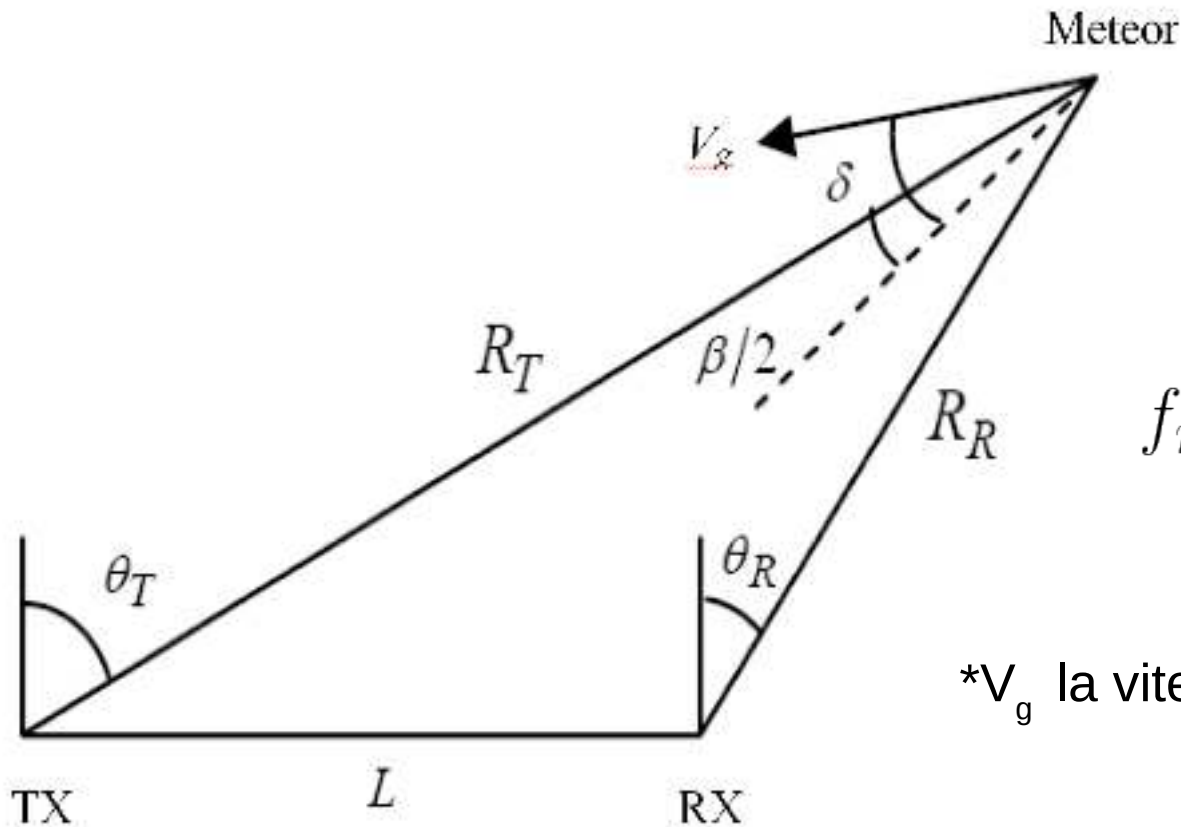
- 25 antennes réceptrices
- 1 émetteur militaire GRAVES



- Réflexion des ondes radios sur la queue ionisée (T) et sur le front de choc (H)

Effet Doppler

On utilise l'effet Doppler sur les head échos pour mesurer la vitesse du bolide.



$$f_{rec} = f_{em} \frac{1 - \frac{dR_T}{cdt}}{1 + \frac{dR_R}{cdt}}$$

$$f_{rec} = f_{em} \frac{1 + \frac{V_g}{c} \cos(\delta - \frac{\beta}{2})}{1 - \frac{V_g}{c} \cos(\delta + \frac{\beta}{2})}$$

* V_g la vitesse projetée dans le plan ci-contre

Analyse temps fréquence

Réalisation des spectrogrammes :

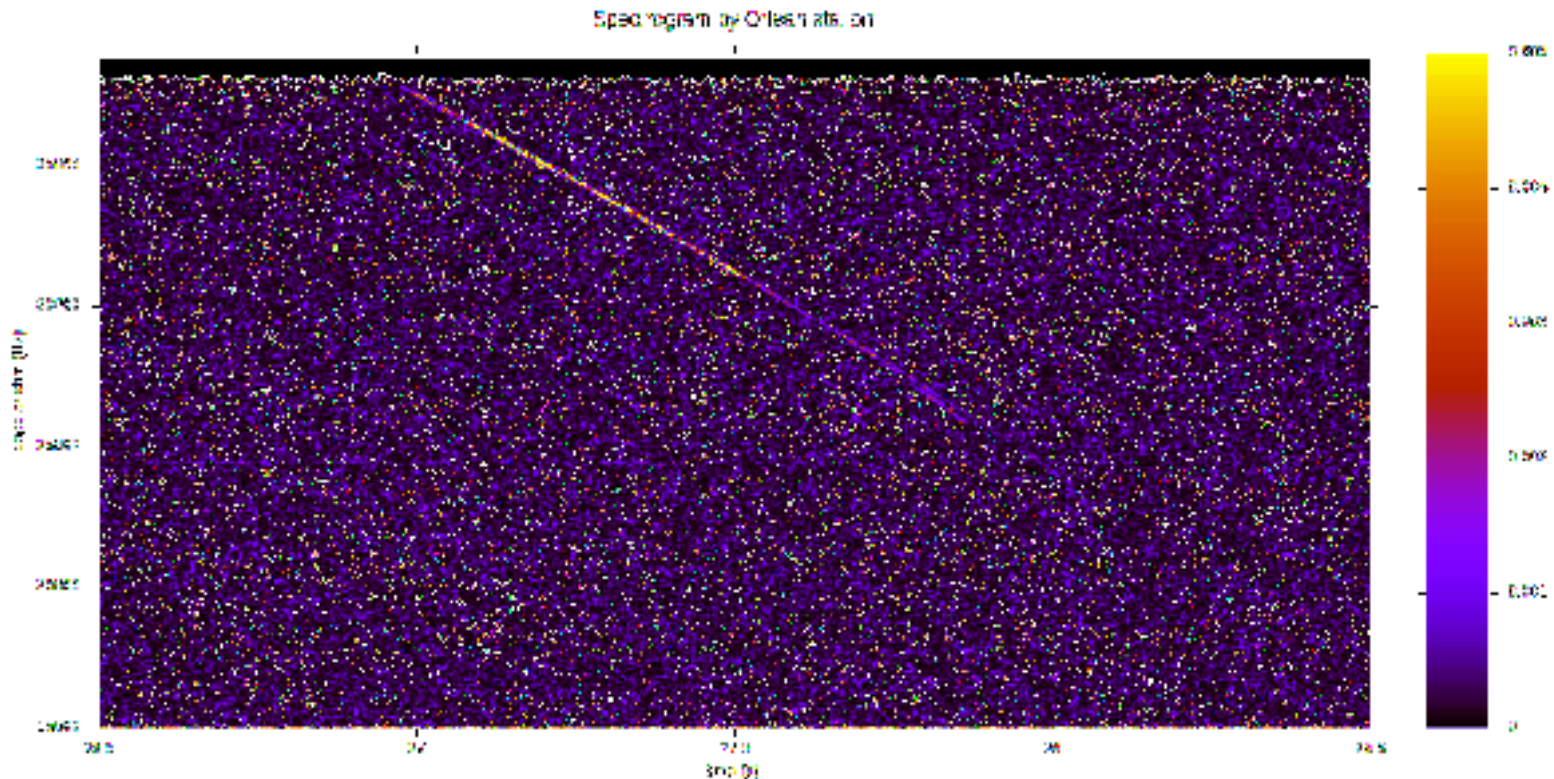
- Enregistrement sur 96KHz.
- Transformée de Fourier rapide (FFT) sur une fenêtre glissante de 2048 échantillons.
- Décalage de 256 échantillons par itération.

Minimisation des incertitudes :

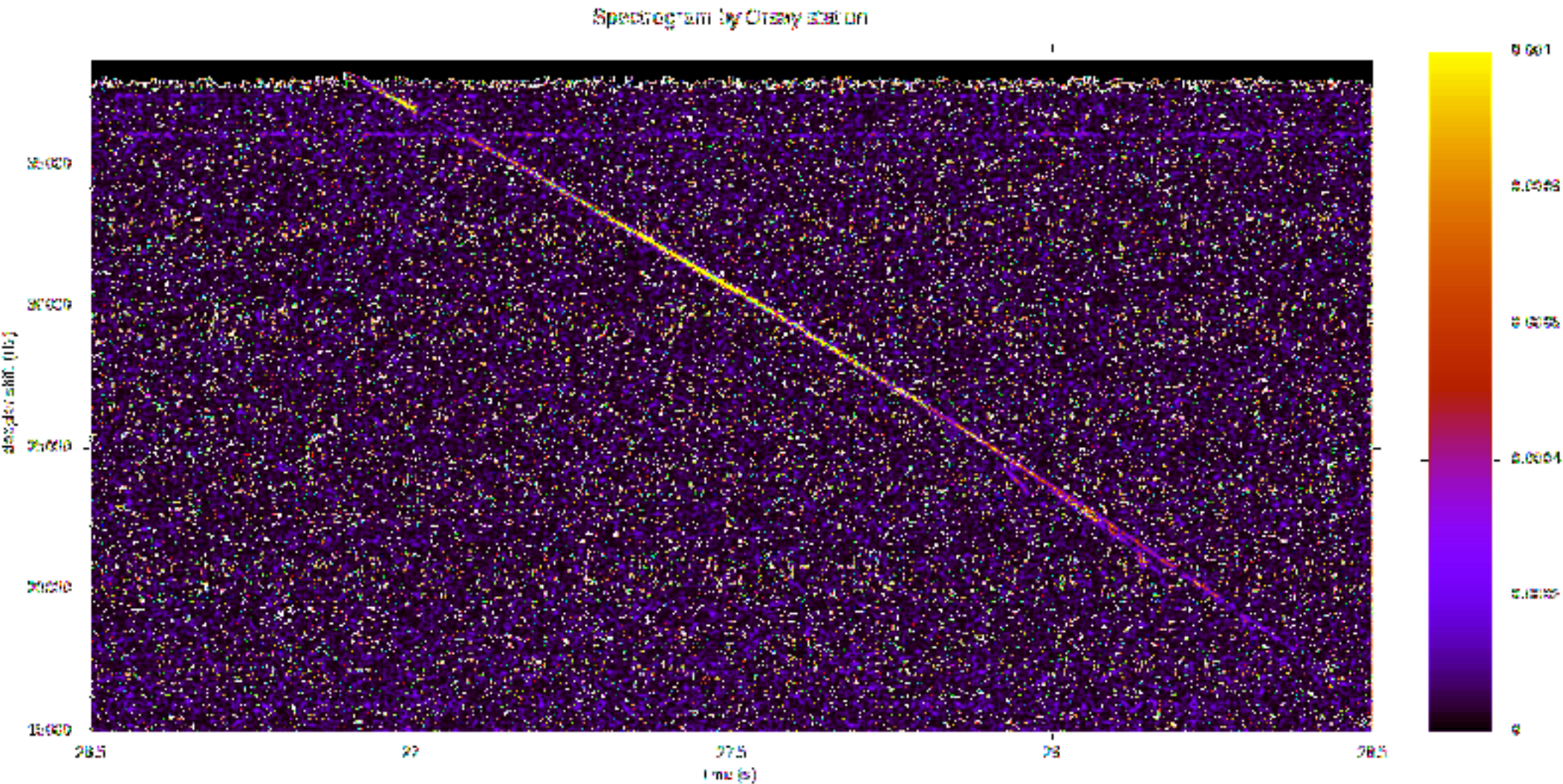
- Principe d'incertitude : $\Delta t \Delta f \geq \frac{1}{4\pi}$ Minimisé par une fenêtre glissante gaussienne.
- Variation de la fréquence : $\Delta f \geq \Delta t \left| \frac{\delta f}{\delta t} \right|$
- Pour une variation de l'ordre de 10KHz par seconde, l'écart type optimal de la gaussienne est de 2.8ms, (soit 270 échantillons).

Bolide du 22 juin 2016

A 1h14, le réseau FRIPON détecte un bolide sur 18 caméras et les 2 antennes radios alors installées.



Une fragmentation observée en radio !



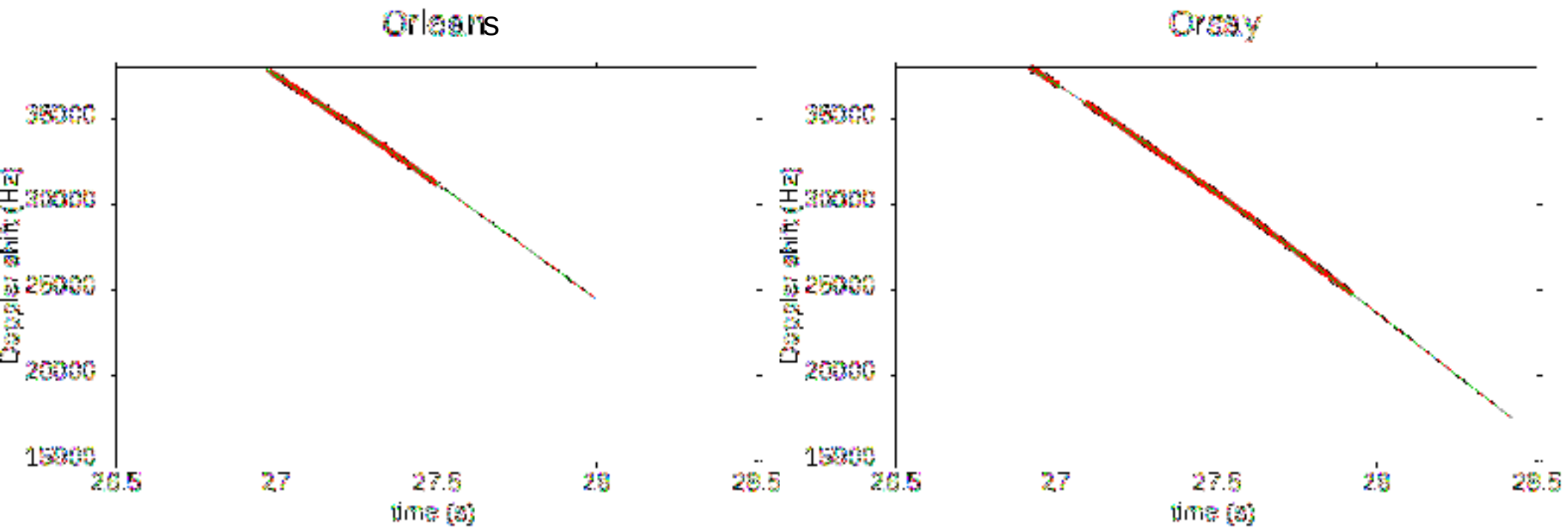
Vitesse en haut de l'atmosphère

- Pas de datation précise des enregistrements.
- Mesure directe de la vitesse impossible.
 - Nécessité d'un modèle.

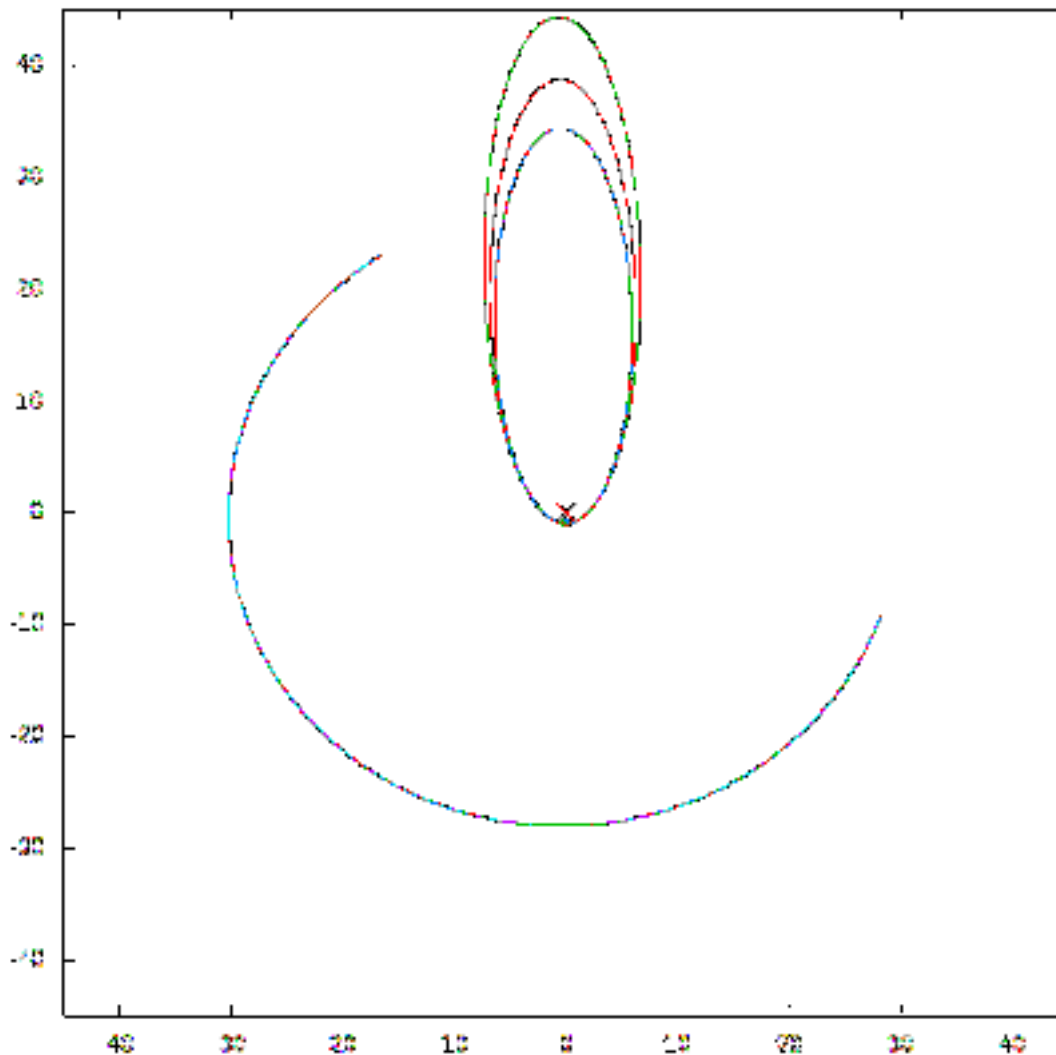
Hypothèse de vitesse constante.

- Résolution par méthode des moindres carrés
- 2 paramètres : vitesse et décalage temporel.

	Vitesse (m/s)	Incertitude (m/s)
Orsay	71860	85
Orleans	71715	90
Ensemble	71790	60



Orbite

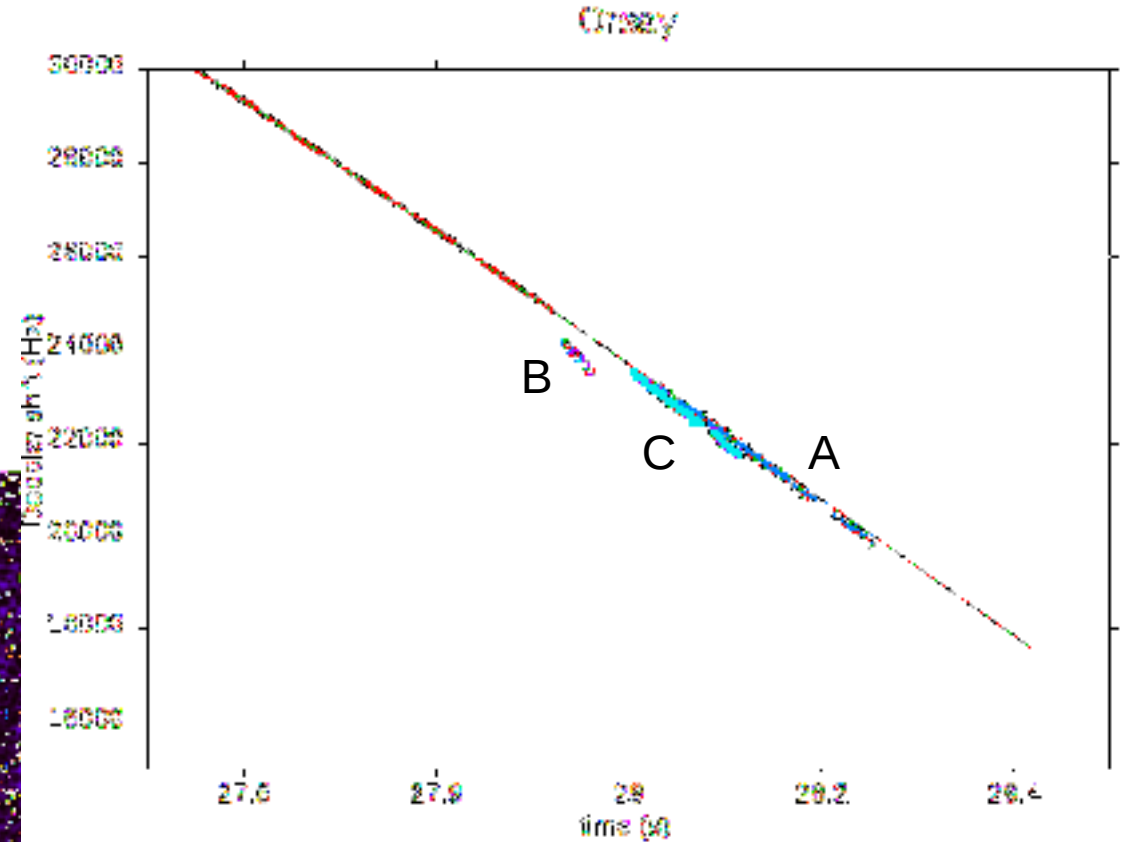
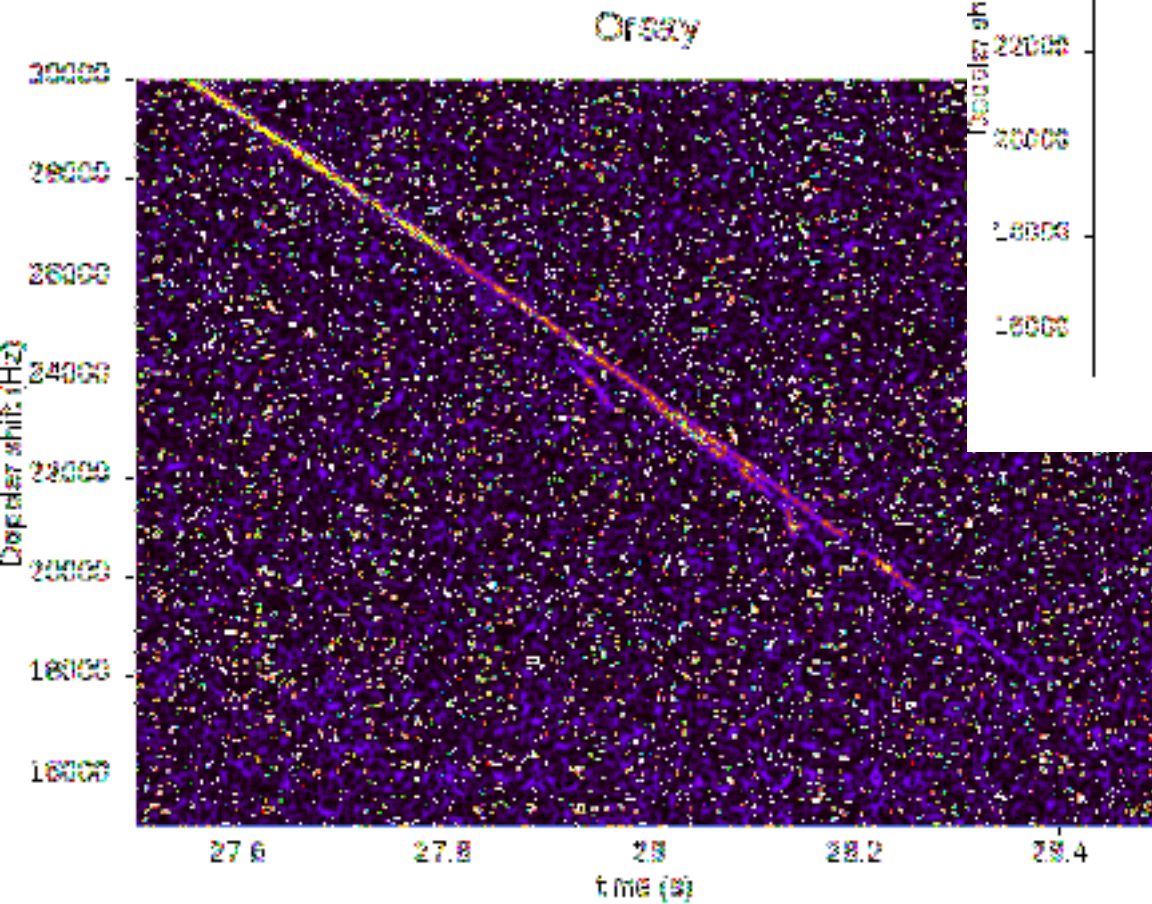


	Valeur	Incertitude
Apogée	41.2 ua	5.5 ua
Périgée	0.989 ua	0.003 ua
Excentricité	0.953	0.006

- Trois orbites correspondant à la vitesse mesurée, plus et moins un sigma.
- Orbite de Neptune (bleu ciel), Soleil (croix rouge), point d'impact avec la Terre (rond).
- Apogée dans la ceinture de Kuiper

Fragmentation

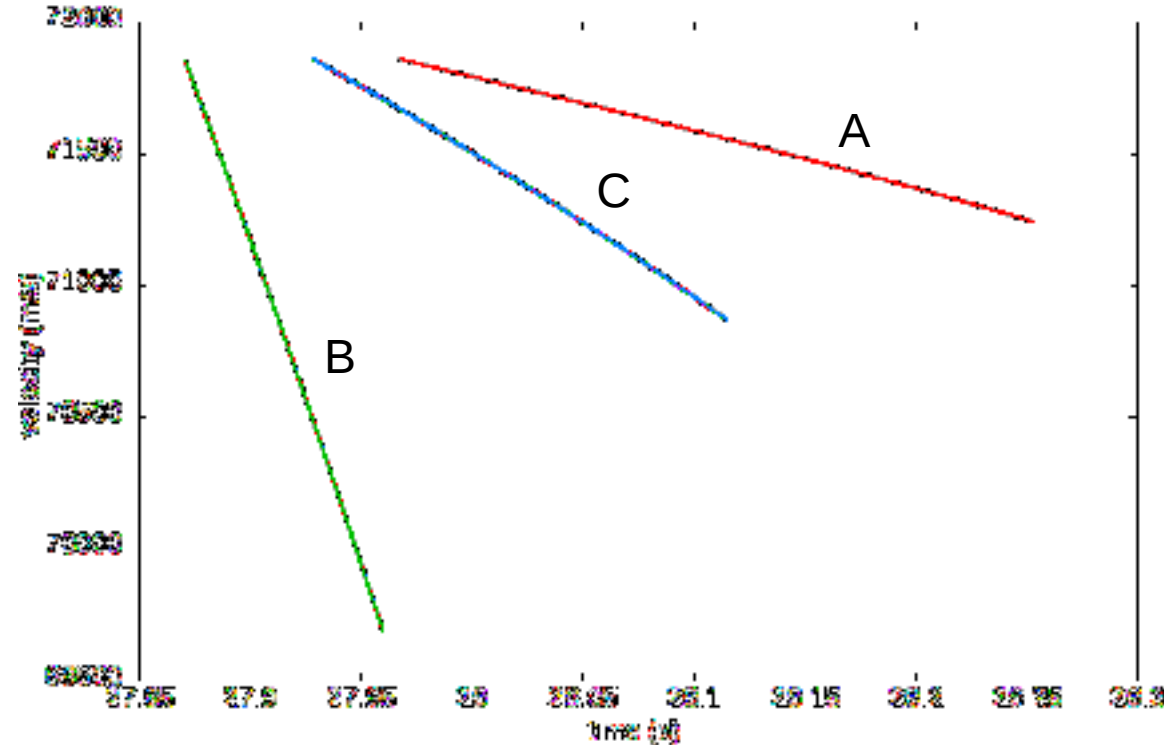
Séparation du bolide (rouge) en trois fragments (violet, cyan et bleu)



Les trois fragments se décalent de la ligne verte (hypothèse vitesse constante). C'est le signe d'une décélération.

Décélération

- On modélise les trois head echos par des droites (un modèle plus complexe serait non pertinent vis à vis des mesures)
- On intègre la trajectoire des fragments sur ce modèle.
- L'intersection entre ces droites et l'écho 'vitesse constante' nous donne une idée de l'altitude de fragmentation

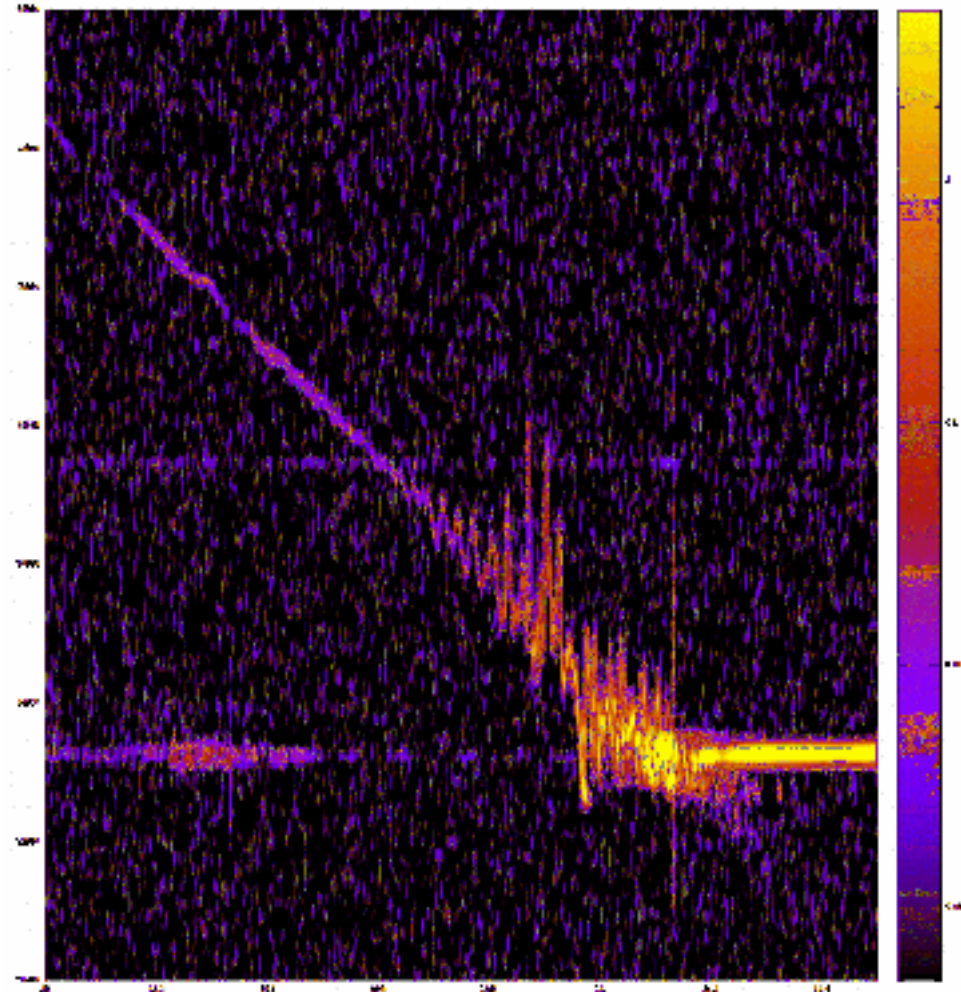


	Altitude de l'intersection (m)	Incertitude (m)
A	95650	220
B	97540	90
C	96420	190

	Accélération (m/s ²)	Incertitude (m/s ²)
A	-2300	400
B	-24400	3300
C	-5400	1000

Oscillation ?

- Observation d'oscillations sur certains événements.
- Caractéristiques (ordre de grandeur) :
 - 3KHz d'amplitude (6km/s!)
 - Température minimale : 90000K
 - fréquence de 35Hz
 - 30m d'amplitude spatiale !
- Hypothèses :
 - Turbulences ?
 - Rotation du bolide associée à un jet (type cométaire) ?



Avenir

- Orbites des bolides.
- Interaction bolide/atmosphère
 - Fragmentation, décélération
 - Physico-chimie des chocs produisant les head echos.
- Compositions des bolides
- Survie de fragments ? Si oui retrouver le point de chute.