
Analyse audio des Enregistrements

– AZF 21 Septembre 2001

Patrick A. Naylor 17 avril 2009

Questions traitées

- Enregistrements analysés
 - Traitement préalable
- Peut-on **détecter** un ou plusieurs évènements avant l'explosion principale ?
- Vu que la propagation acoustique de l'explosion AZF peut être clairement détectée sur les enregistrements
 - Peut-on expliquer les autres sons par la propagation sismique de l'explosion AZF ?
 - Peut-on conclure que les autres sons ont pour origine une autre source acoustique précédant l'explosion AZF ?
- L'information donnée par le Sonomètre de Ramonville, est-elle cohérente ?
- Existe-t-il une explication cohérente des sons détectés qui prenne en compte une **source acoustique** précédant l'explosion ainsi que la propagation **sismique** de l'explosion AZF ?

Enregistrements analysés

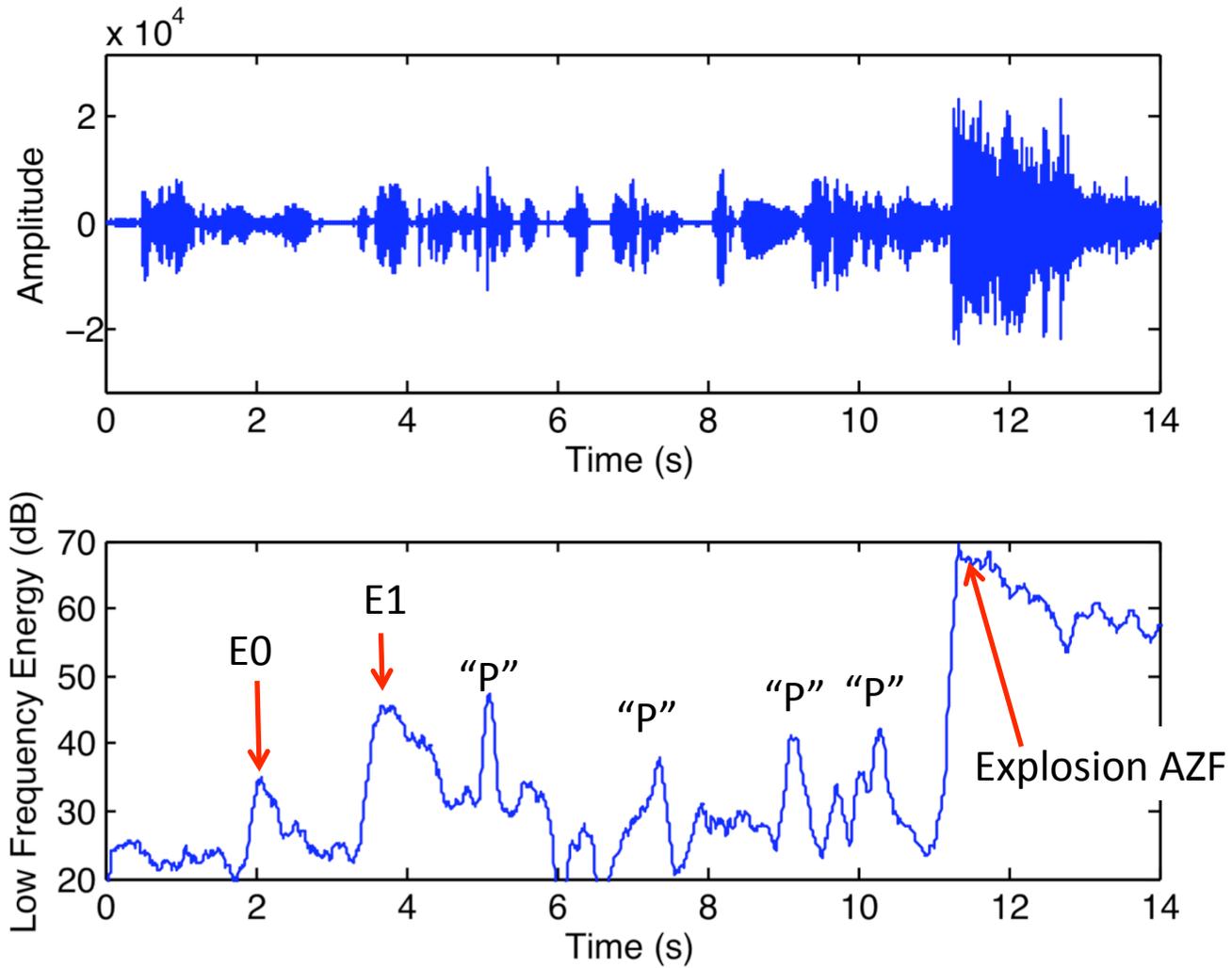
Liste des Enregistrements

Nom	Localisation	Observations
AF	Air France	Réunion
CB	Collège Bellefontaine	Reportage TV. Coupure avant l'explosion.
ED	Ecole Dentaire	Cours
HD	Hôtel Dieu	Réunion
HP	Hôpital Purpan	Dictée
RP	Radio Présence	Interview Radio
RS	Ramonville	Sonomètre
TB	La Tour de Blagnac	Conversation
UR	URSSAF	Réunion

Les enregistrements ont été corrigés par calibrage du signal 50 Hz

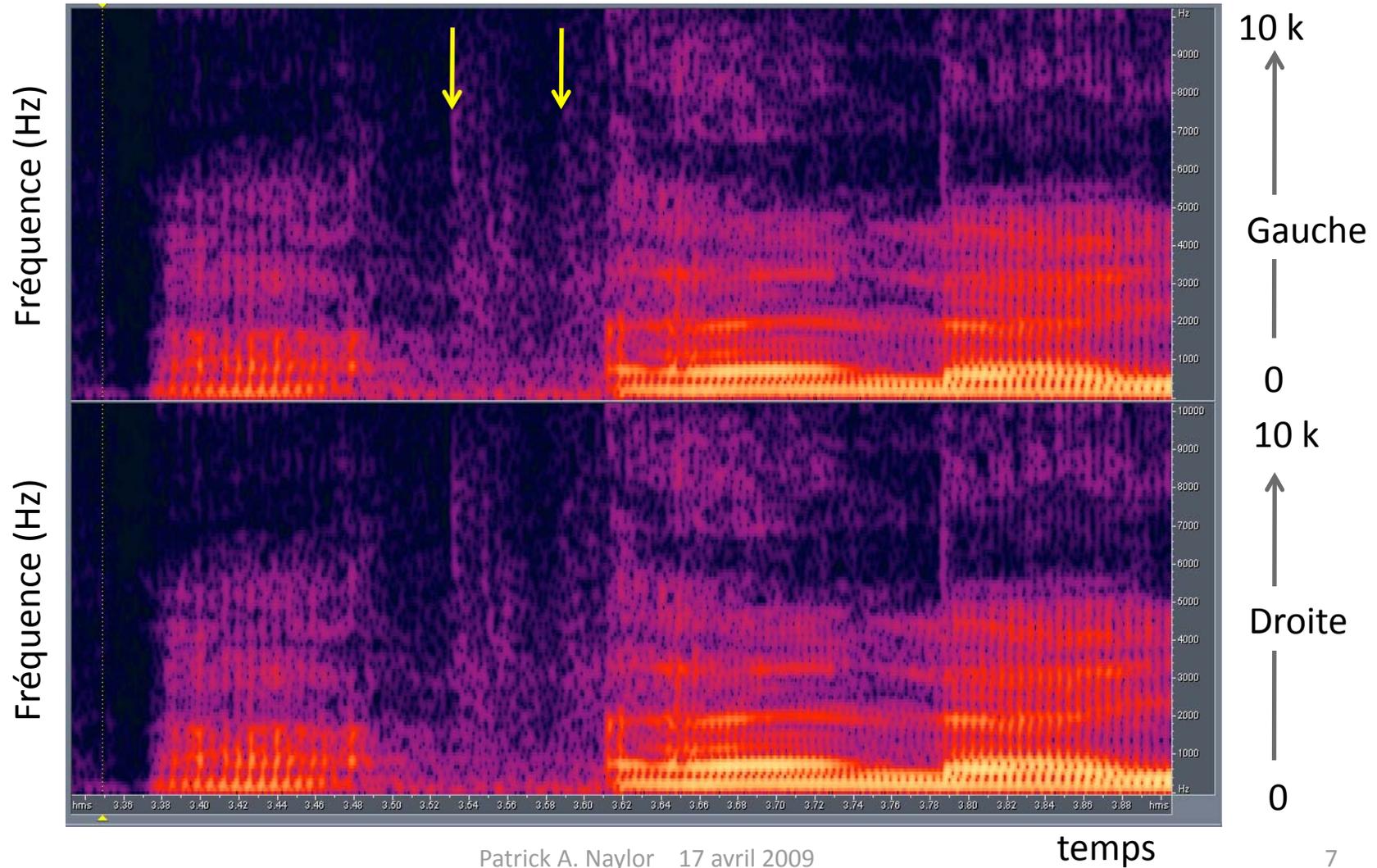
Peut-on **détecter** un ou plusieurs évènements
avant l'explosion principale ?

Radio Présence

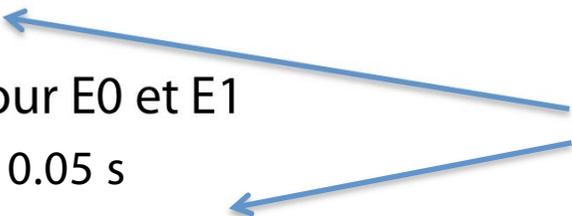


E1 - Radio Présence

2 impulsions, large gamme de fréquences



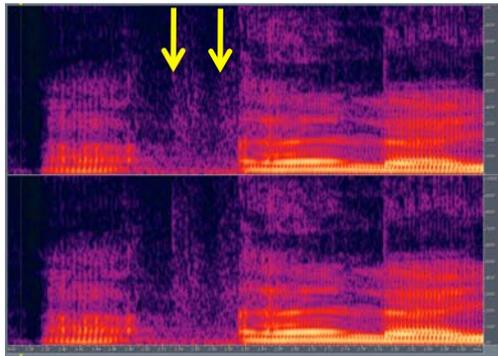
Analyse chronologique pour RP

- 2 évènements détectés avant l'Explosion AZF : E0, E1
 - Délais:
 - E1 jusqu'à l'Explosion AZF = 7.72 s
 - E0 jusqu'à l'Explosion E1 = 1.39 s
 - Temps de propagation acoustique AZF->RP
 - $3288/344 - 0.4 = 9.16$ s
 - Temps de propagation sismique AZF->RP
 - $3288/2795 = 1.18$ s
 - Temps de propagation pour E0 et E1
 - E0: $9.16 - 7.72 - 1.39 = 0.05$ s
 - E1: $9.16 - 7.72 = 1.44$ s
 - Aucune conclusion ne peut être tirée à partir de la seule vitesse de propagation
 - L'analyse chronologique ne nous indique pas clairement si E0 et E1 sont dus à la propagation sismique de l'explosion principale
 - Erreur 22%
- Neither correspond exactly.
- 

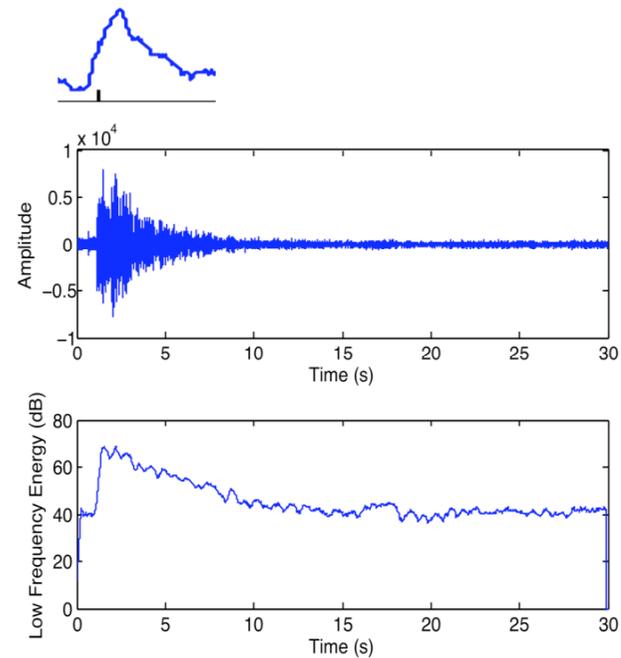
Caractéristiques temporelles de E1 et E0 sur enregistrement RP

- E1 a 2 impulsions séparées de 60 ms environ

“Ta-Da”



- Elévation rapide de E0 suivie d'une décroissance de type exponentiel

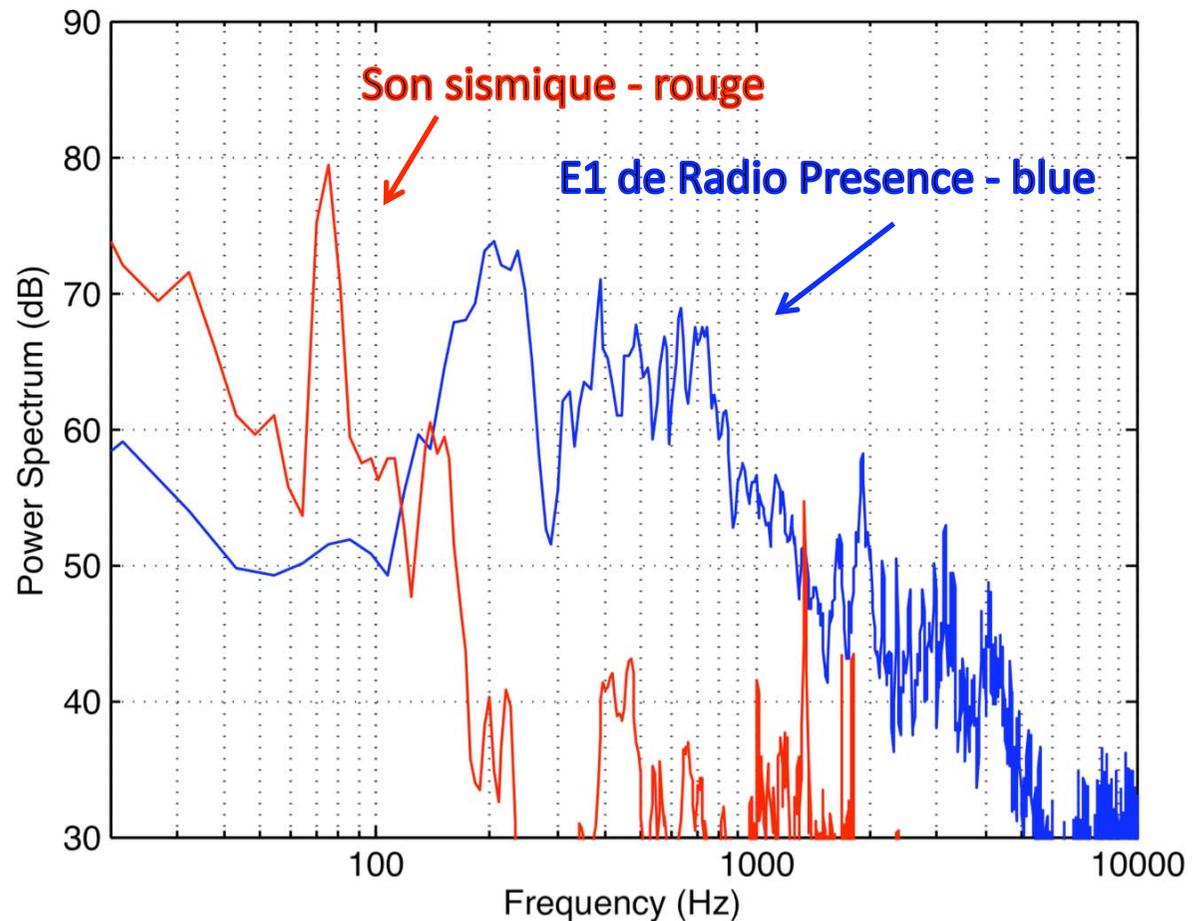


Hôpital Marchand Tir 407 v2

E0 ressemble beaucoup au son d'une explosion dans le sol avec une propagation sismique. E1 ne présente aucune similitude avec une propagation sismique.

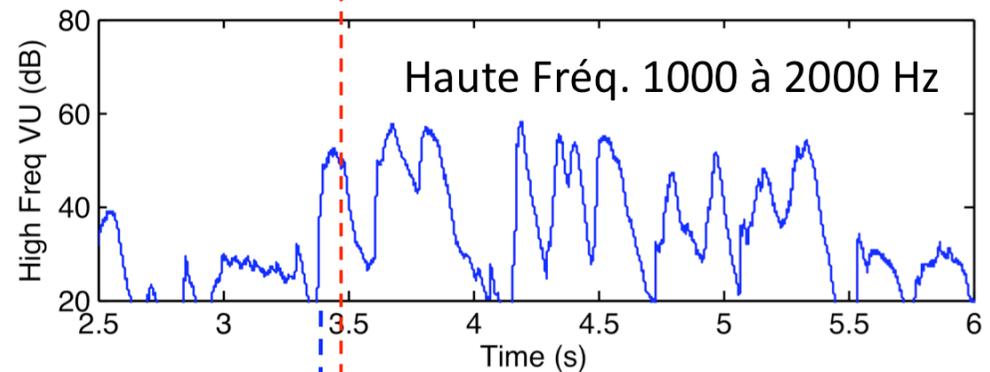
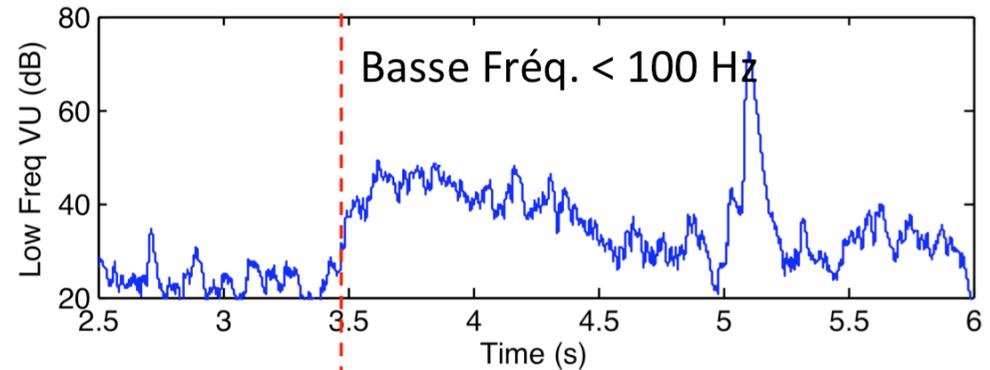
Caractéristiques des fréquences de E1

- Le spectre de E1 présente des fréquences élevées
 - Forte activité jusqu'à 800 Hz et une faible activité même à 2 kHz
- Les basses fréquences à < 150 Hz sont faibles
- C'est l'inverse du son d'une onde sismique



Caractéristiques temps-fréquence de E1

- Ondes sismiques
 - Basses fréquences
- Radio Présence
 - Les hautes fréquences ont lieu avant les basses fréquences
- De ce fait
 - Les hautes fréquences ne peuvent pas être la réponse de l'environnement (bâtiment) à un stimulus de basse fréquence



Début des hautes fréquences

Début des basses fréquences

Conclusions pour RP

- E0 pourrait s'expliquer du fait d'une propagation sismique ou d'une source acoustique
 - La signature temporelle correspond bien à un son sismique
 - La chronologie n'est pas vraiment cohérente avec une propagation sismique
- E1 ne peut pas être expliqué par une propagation sismique de l'explosion
 - La spécificité de double impulsion n'est pas cohérente avec les sons sismiques
 - Les basses fréquences sont trop faibles, bien plus faibles que les hautes fréquences
 - Les hautes fréquences se produisent avant les basses fréquences
 - La chronologie est quelque peu incohérente avec une propagation sismique

Résumé des Evènements

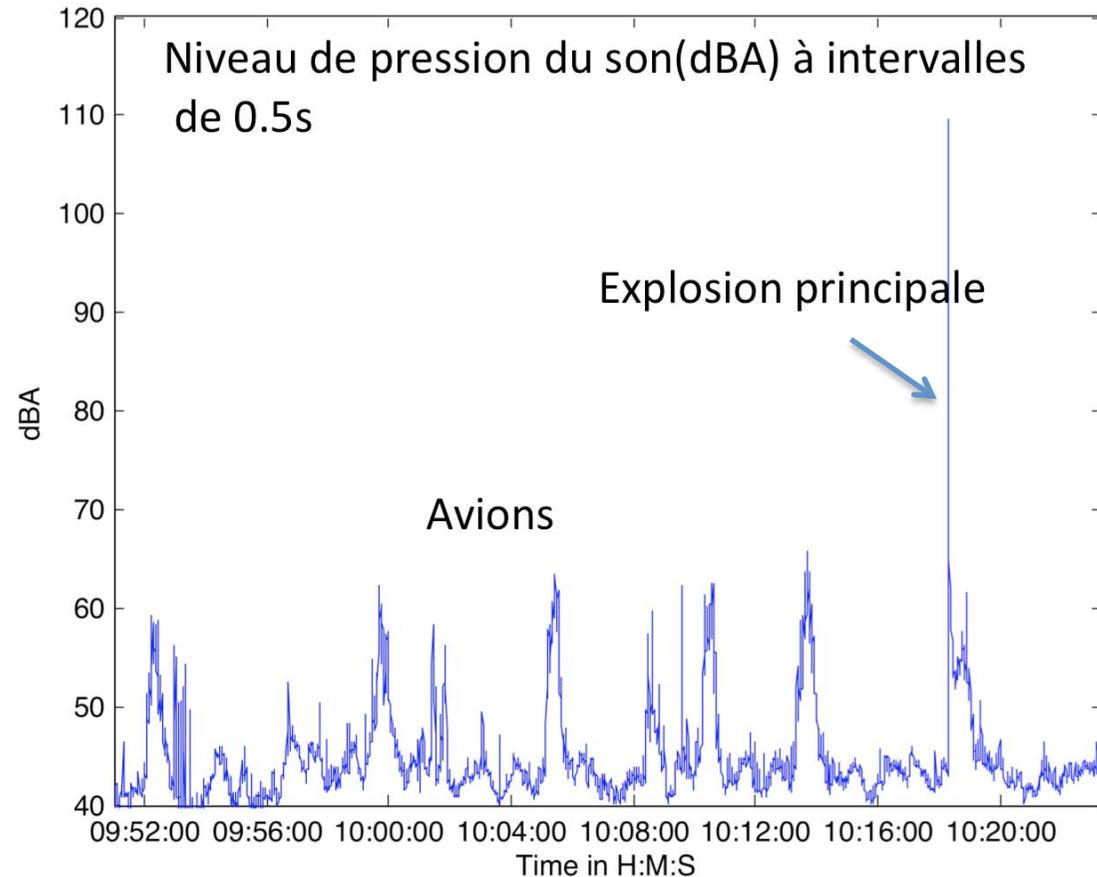
– Temps écoulé avant explosion (seconds)

Nom	Evènement sismique précédent E0	Evènement acoustique précédent E1	Observations
AF		10.2	
CB	coupure	-3 *	Incertain en raison de la coupure
ED		6.4	
HD		8.9	
RP	9.1	7.7	
RS			manquant
TB		4.4	
UR	7.9	3.7	

Sonomètre de Ramonville

Sonomètre de Ramonville

- Correction horaire
- Absence de réponse sismique
- Deux bruits supplémentaires

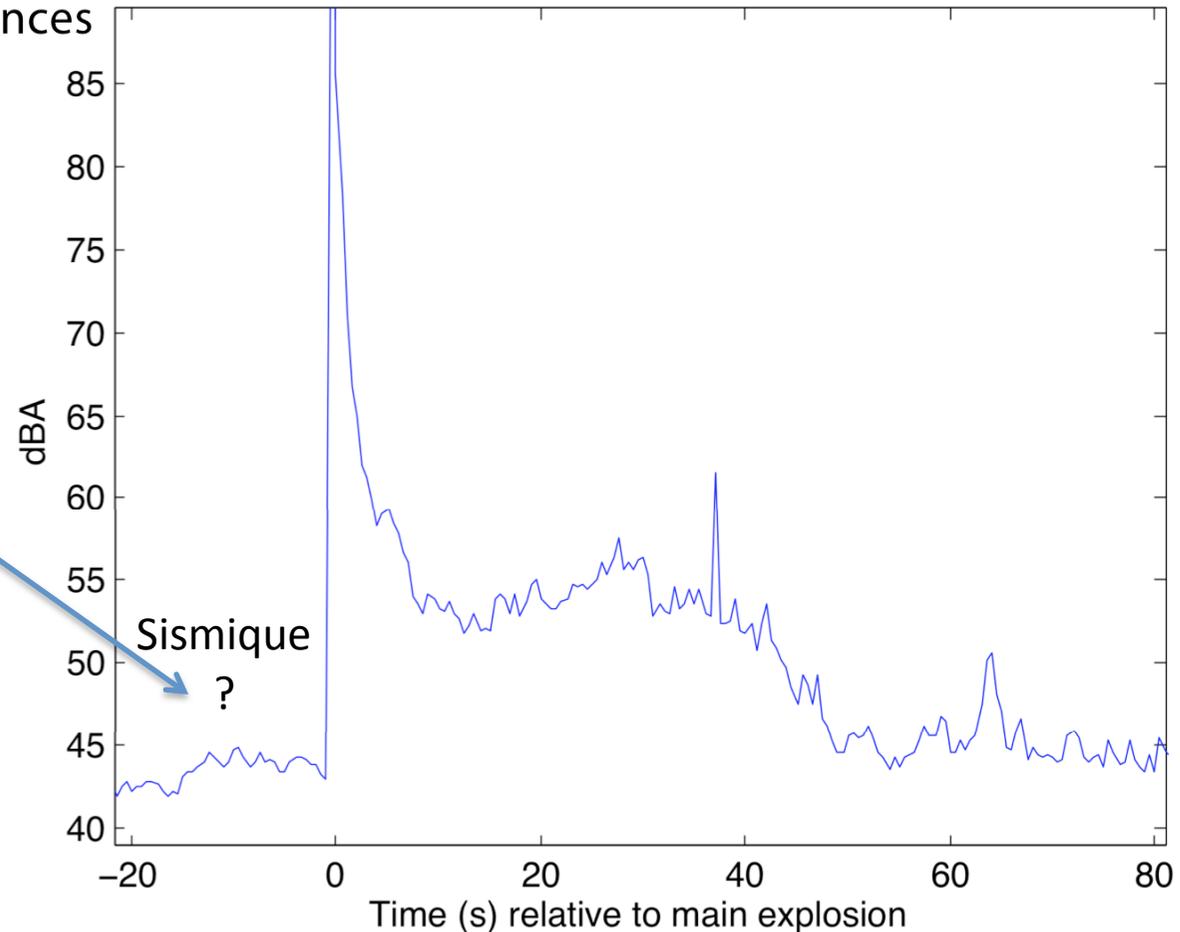


Analyse chronologique pour le Sonomètre

- Heure de l'explosion à l'OMP : 10H17:55.3
- Temps de propagation acoustique jusqu'au sonomètre: 10.8 s
- Heure d'explosion au sonomètre : 10H18:06.1
- Explosion dans les données du sonomètre : 10H18:18
 - L'horloge du Sonomètre retarde de : 11.9 s
- J'ai aussi analysé l'heure de passage des avions
- Comparaison des données du radar avec les données du sonomètre
 - Il y a un retard dans les données du sonomètre par rapport aux données du radar
- Ceci est prévisible vu que l'installation était récente et l'horloge n'avait pas encore été calibrée
 - Mais maintenant nous connaissons la correction de calibrage

Evènement sismique dans les données du sonomètre

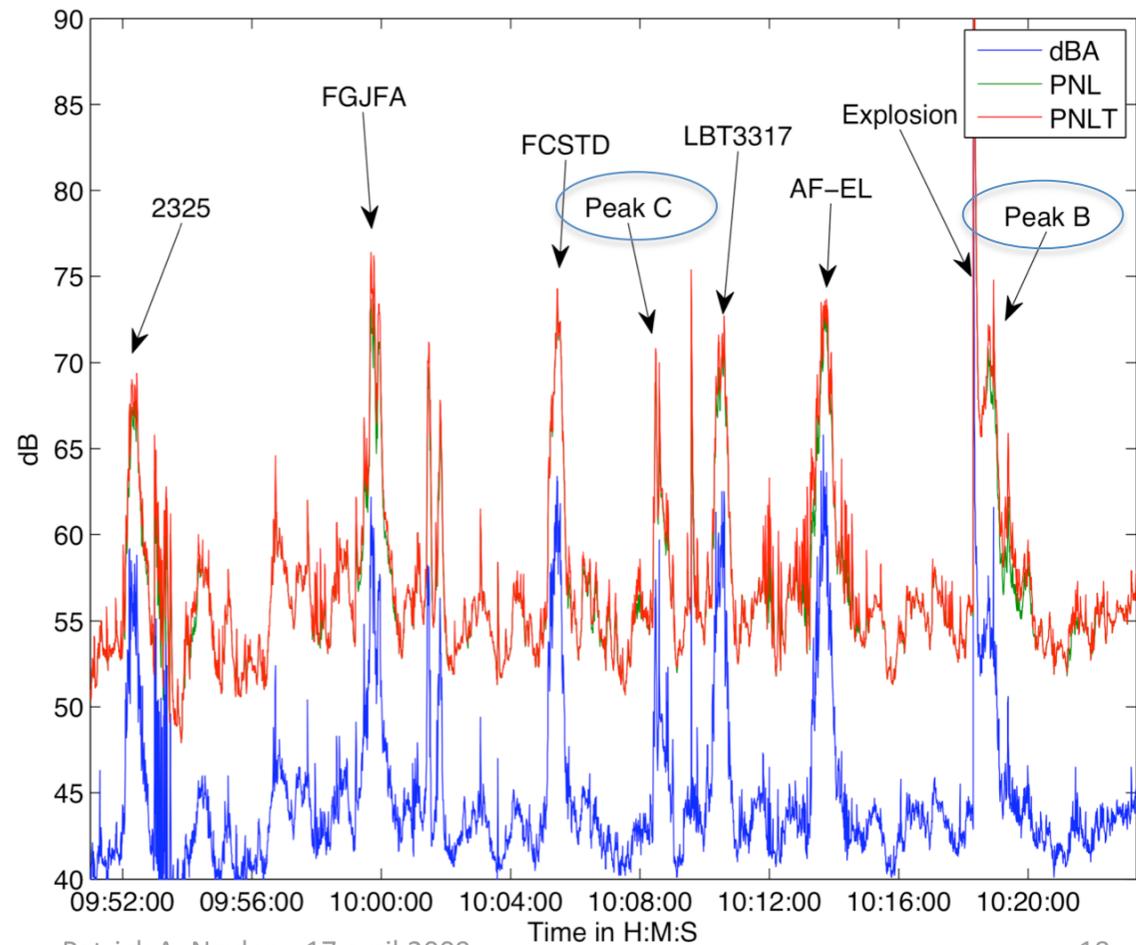
- Le sonomètre est capable de détecter
 - Les basses fréquences
 - Les sons faibles
- Le délai prévu pour l'évènement sismique est de 9.4s avant l'explosion principale
 - Aucun épisode relevé



Les avions dans l'enregistrement du sonomètre

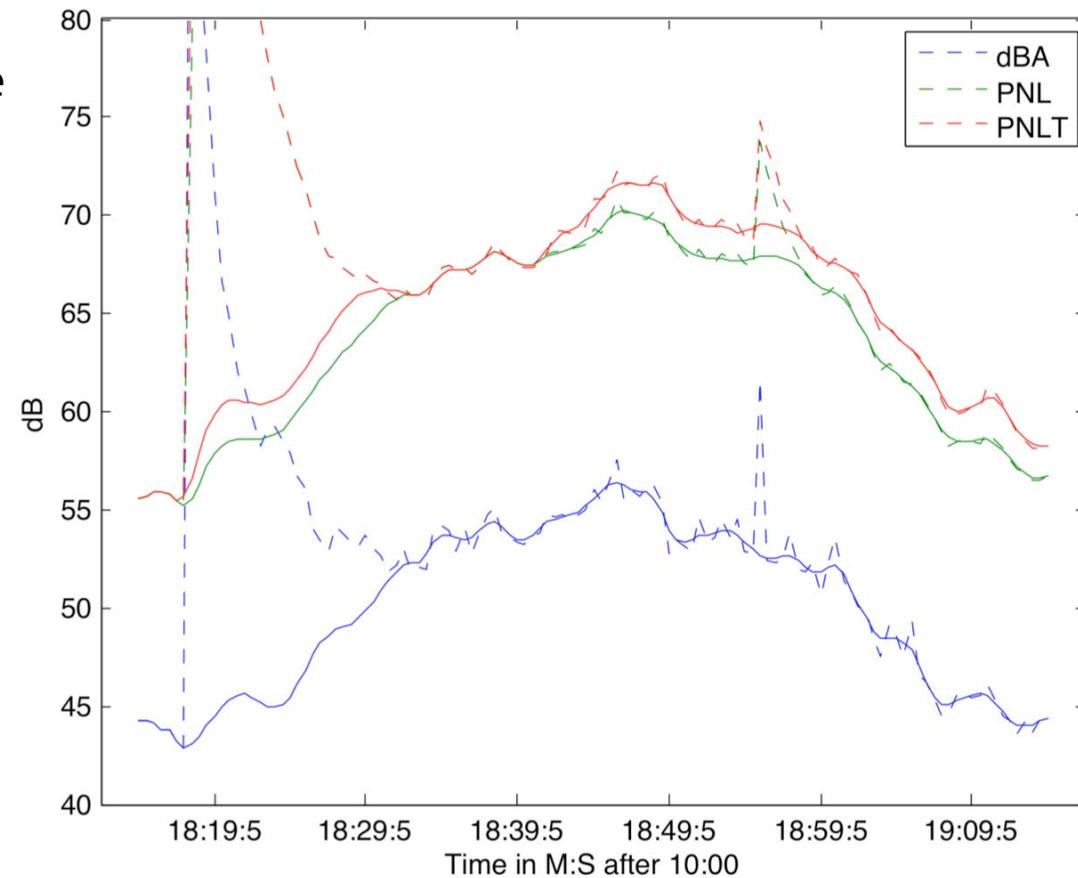
- Bonne correspondance entre les données du radar et les pics acoustiques enregistrés par le sonomètre à l'exception des:

Pic B et Pic C ne peuvent être expliqués par les données du radar



Pic B

- Lignes continues
 - reconstruction du pic en éliminant l'effet de l'explosion
- Lignes pointillées
 - original



Comparaison du Pic B avec les autres avions

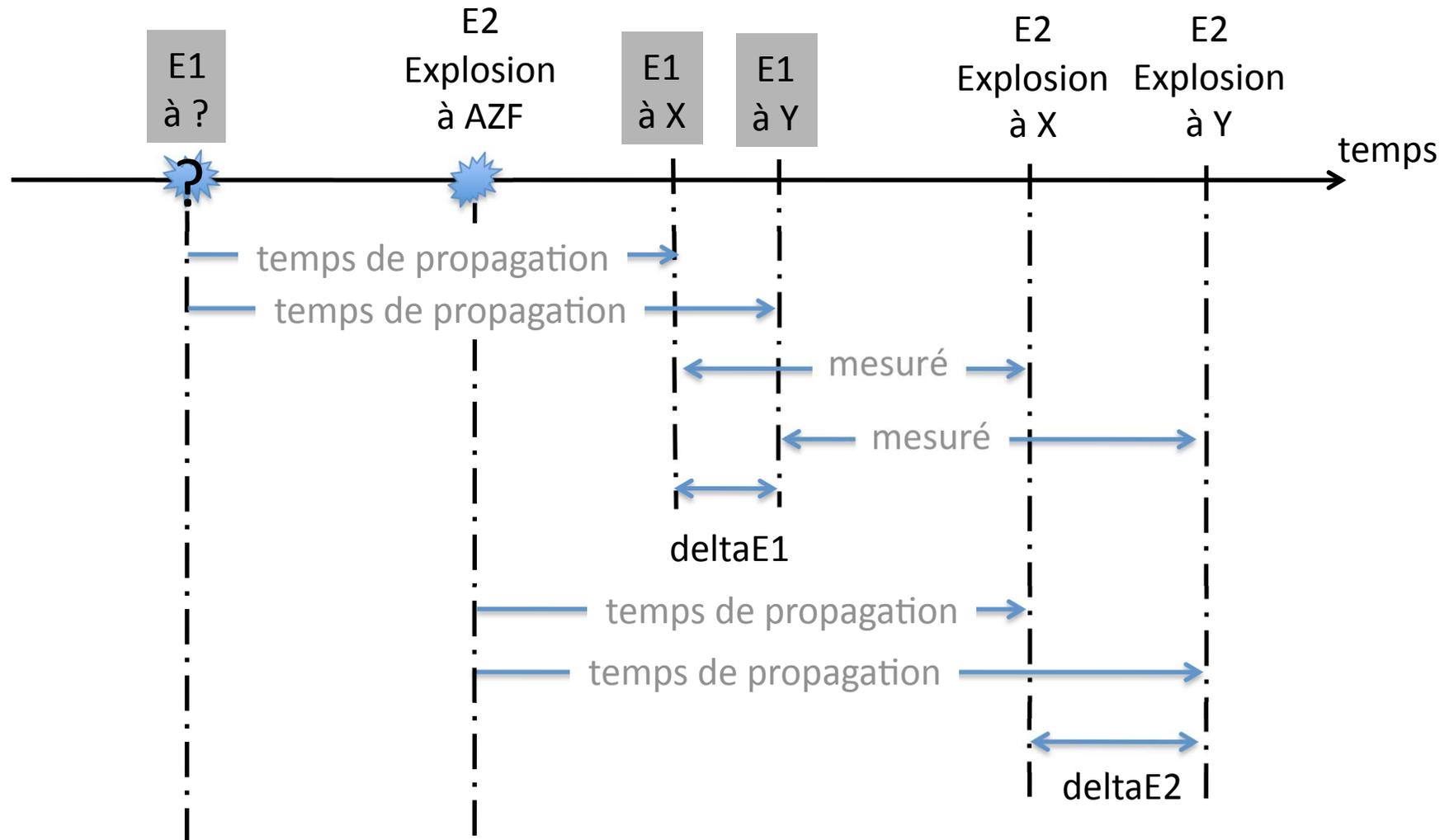
Nom	Pic (dBA)	Durée (s)	Zone dBA (dB.s)	Rapport (dB)
FGSTD	62.6	41	4553	10.7
C	56.2	45	4251	12.9
LBT3317	60.9	51	5427	10.3
AFEL	62.0	51	5833	10.6
B	56.4	52	6048	13.8

Conclusions pour le Sonomètre

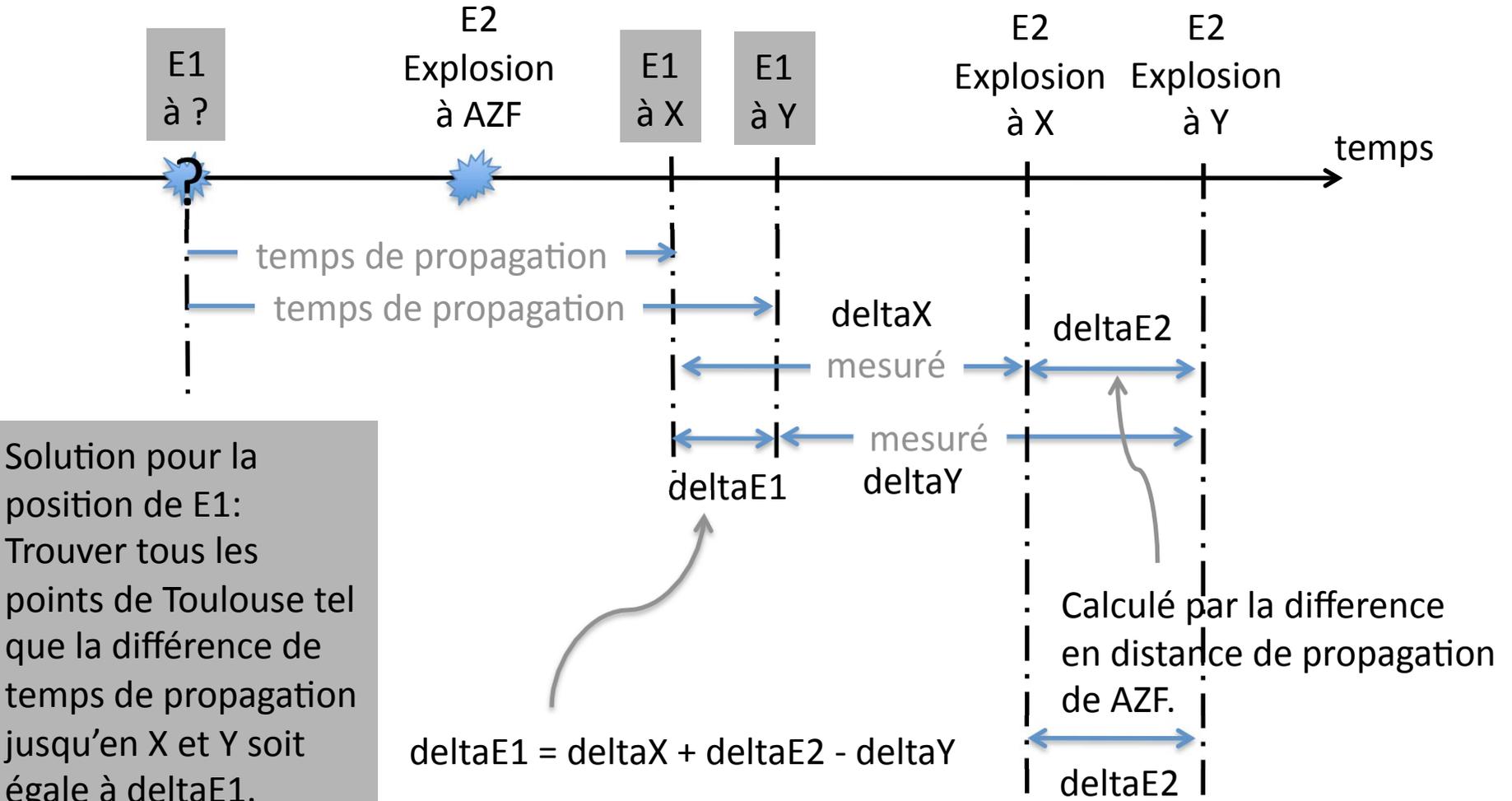
- L'heure peut à présent être calibrée
- Il n'est pas possible de détecter d'épisode sismique
- 2 sons qui ne correspondent pas aux avions sur le radar sont enregistrés
 - Ils présentent des caractéristiques correspondant à des bruits d'aéronefs
 - Ce ne sont pas des avions du même type que les autres

Existe-t-il une explication cohérente des sons détectés qui prenne en compte une **source acoustique** précédant l'explosion **ainsi qu'une propagation sismique** de l'explosion ?

Méthode



Méthode

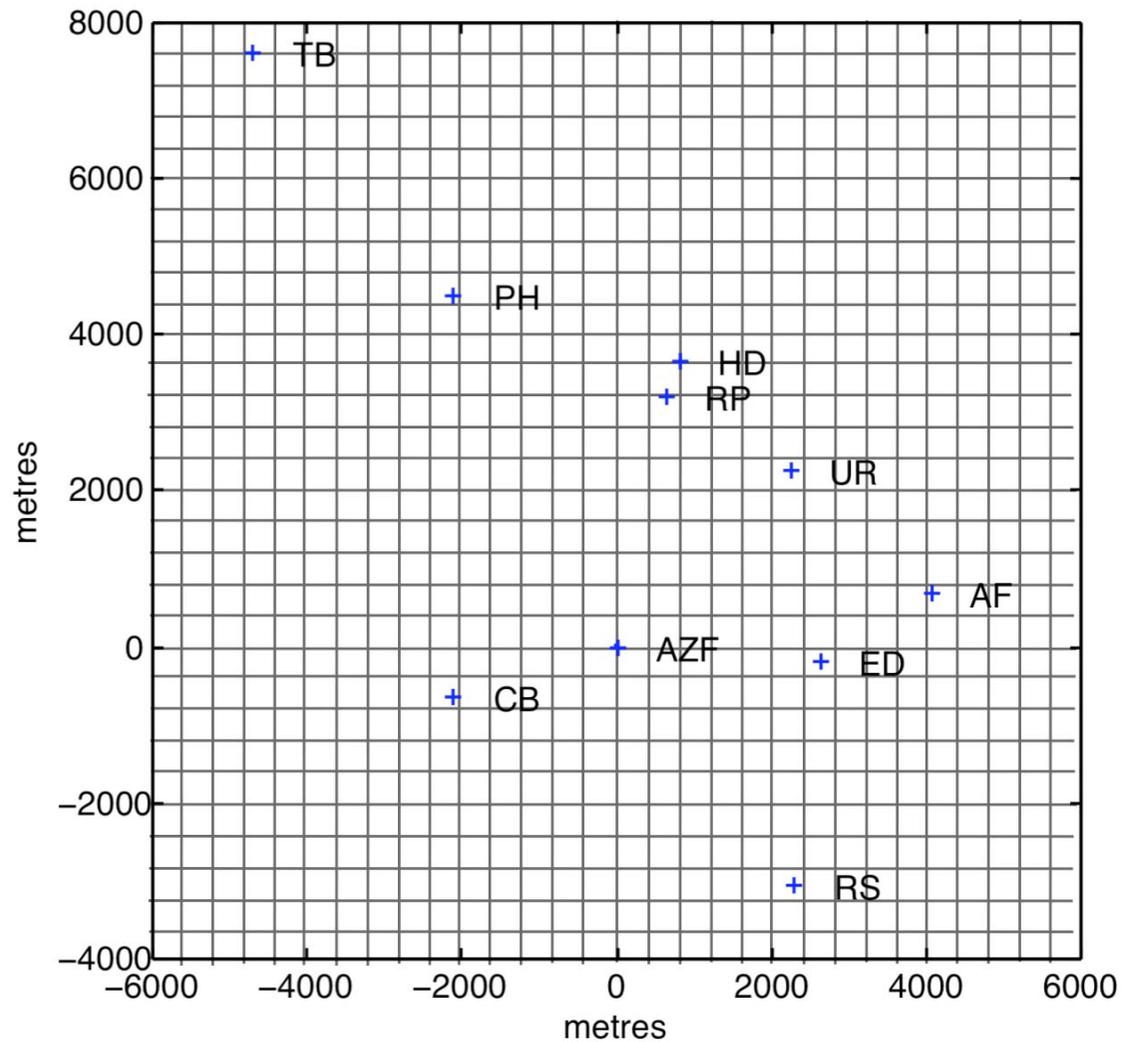


Solution pour la position de E1:
 Trouver tous les points de Toulouse tel que la différence de temps de propagation jusqu'en X et Y soit égale à deltaE1.

$$\text{deltaE1} = \text{deltaX} + \text{deltaE2} - \text{deltaY}$$

Calculé par la différence en distance de propagation de AZF.

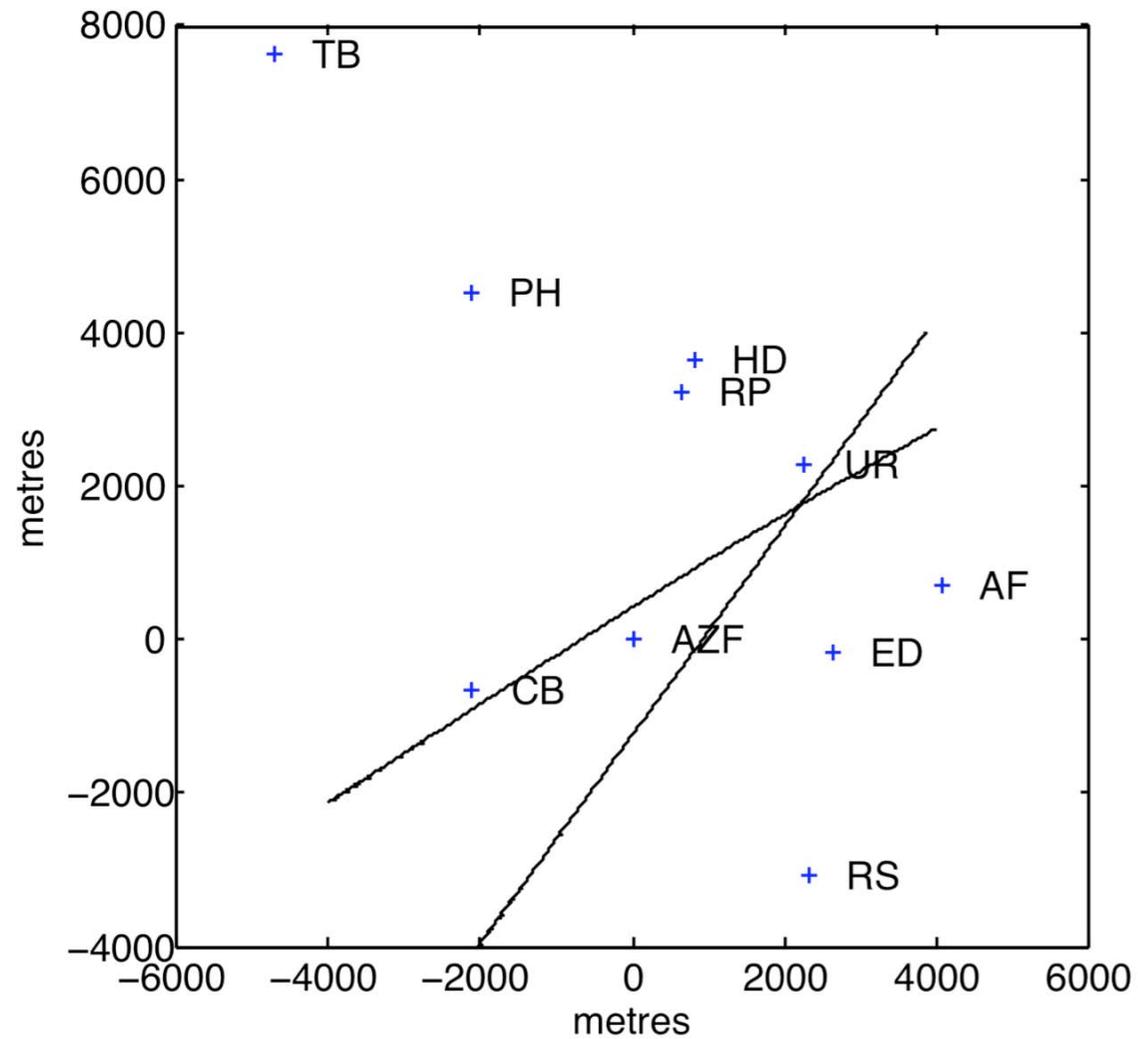
Recherche sur Toulouse – par pas de 10 m



La recherche
peut s'effectuer
au niveau du sol
ou à tout autre
altitude

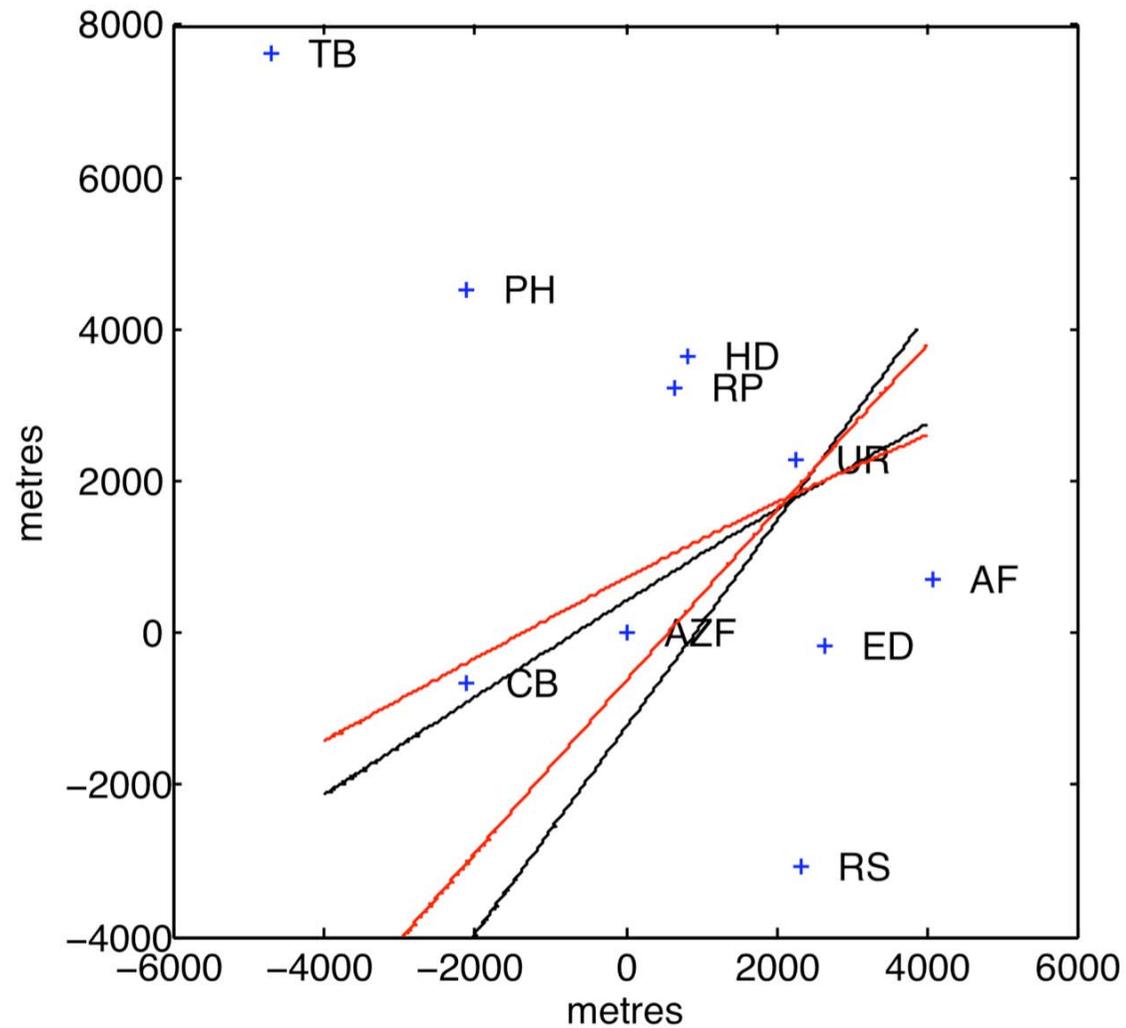
Localisation de E1

- RP et AF
- RP et ED



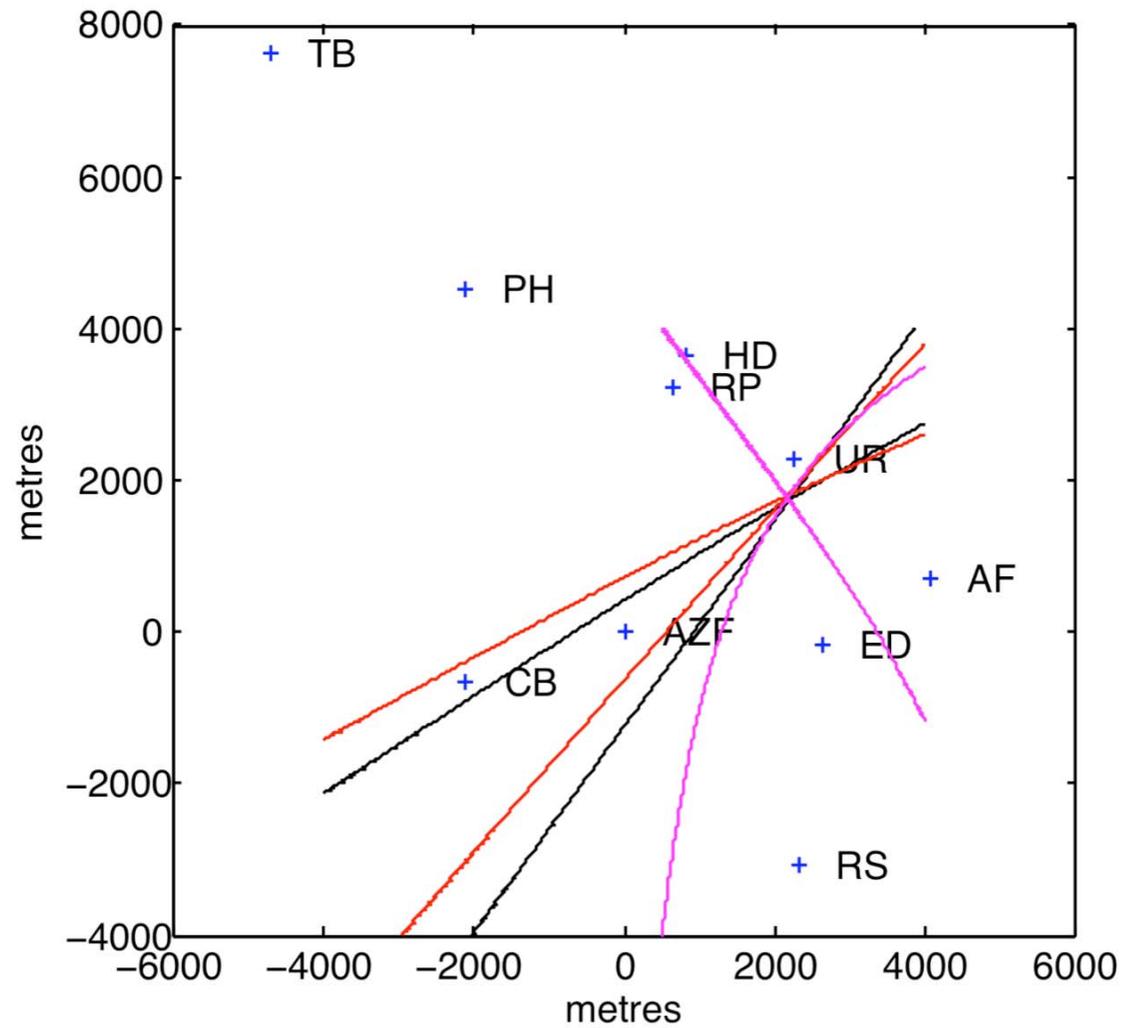
Localisation de E1

- RP et AF
- RP et ED
- HD et AF
- HD et ED



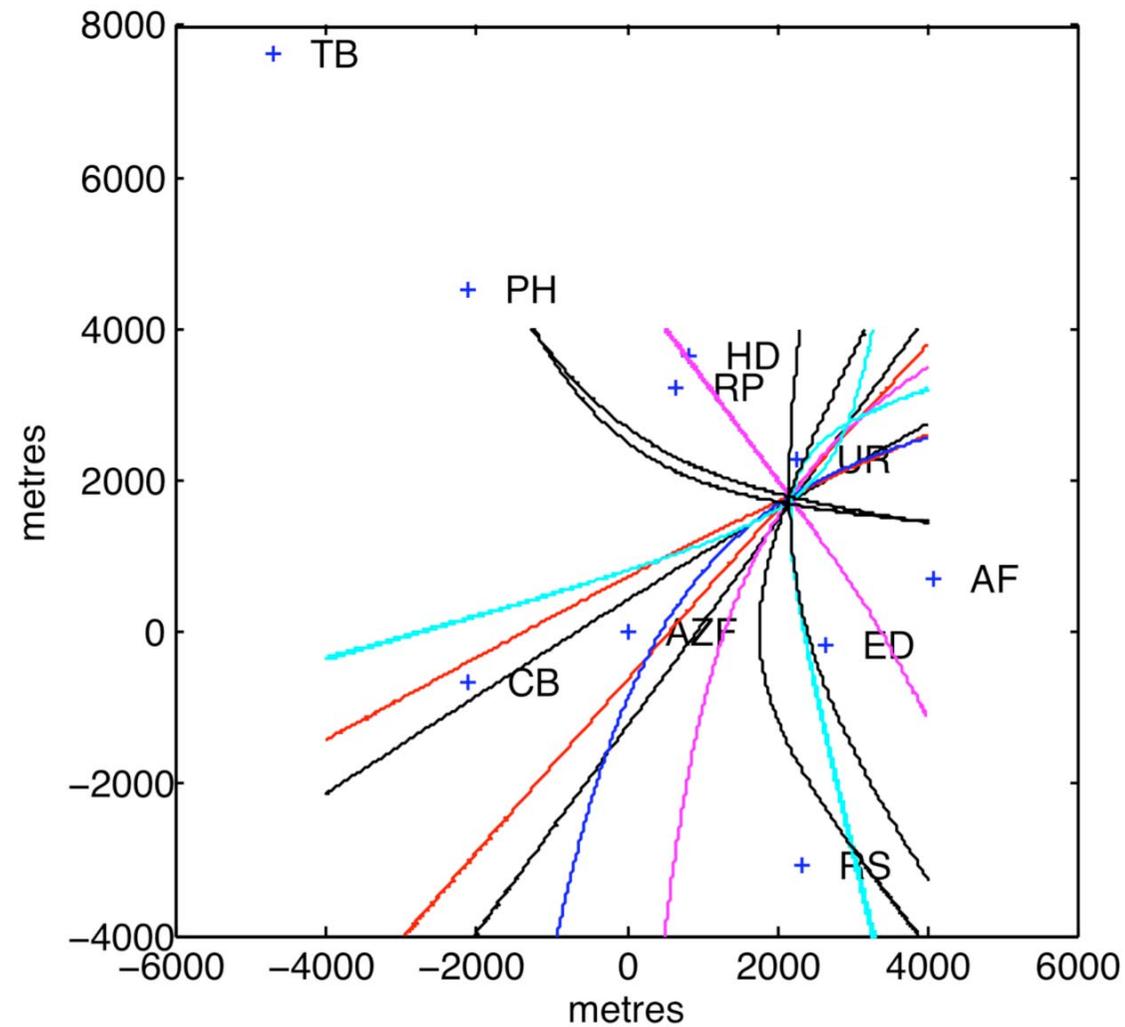
Localisation de E1

- RP et AF
- RP et ED
- HD et AF
- HD et ED
- AF et ED
- AF et TB

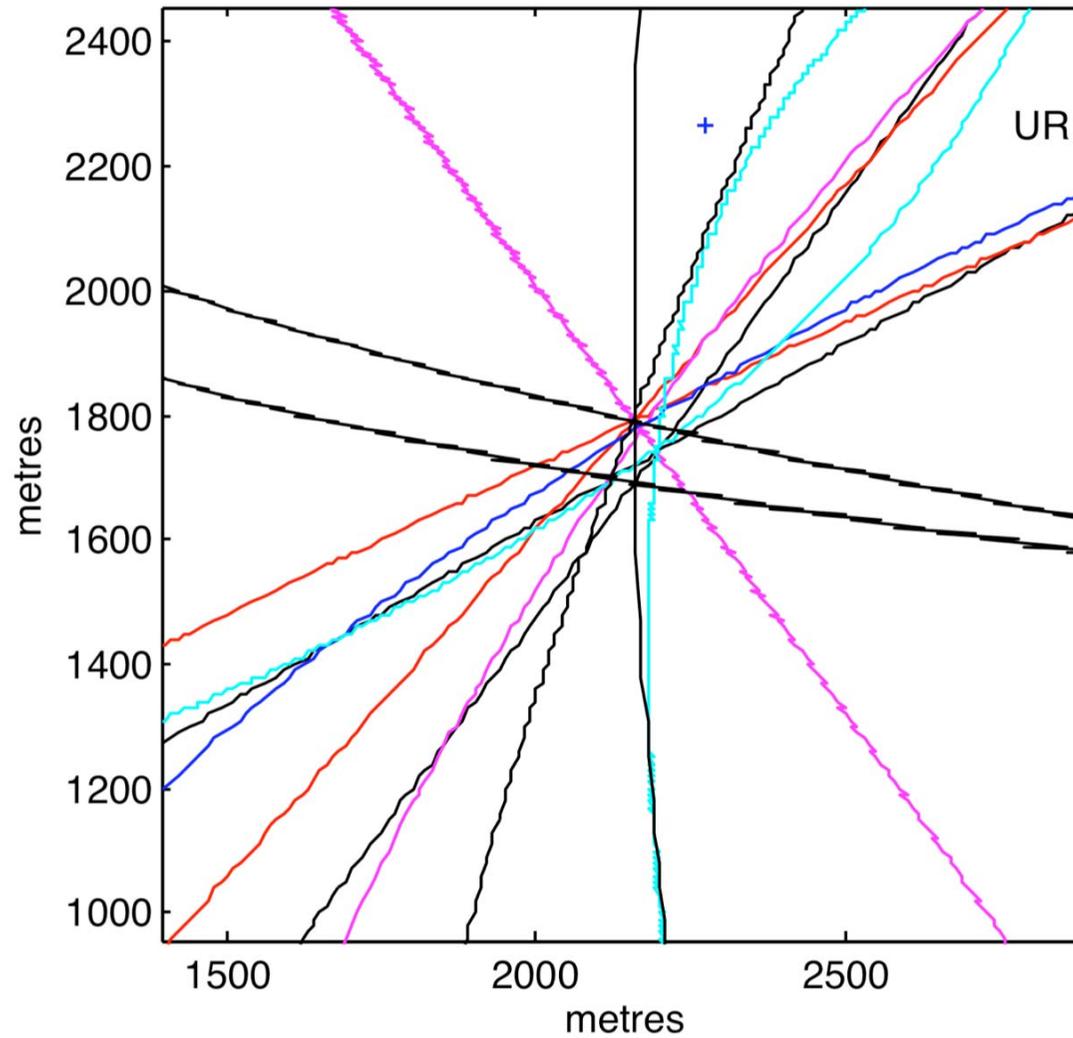


Localisation de E1

- RP et AF
- RP et ED
- HD et AF
- HD et ED
- AF et ED
- AF et TB
- TB et ED
- UR et AF
- UR et RP
- CB et AF
- CB et RP
- CB et ED
- CB et HD



Zoom



Heures/Temps absolus

Description	Heures/Temps
Heure de l'explosion à partir des données sismiques	10:17:55.3 +/- 0.5
Temps de propagation de l'explosion jusqu'à Blagnac	25.7 s
Heure d'arrivée de l'explosion à Blagnac	10:18:21.0
Heure de l'explosion mesurée sur l'enregistrement de Blagnac	10:18:22.1

Description	Heures/Temps
Heure mesurée de E1 sur l'enregistrement de Blagnac	10:18:17.7
Temps de propagation jusqu'à l'emplacement de E1	26.6 s (par exemple à 800 m d'altitude)
Heure absolue calculée de E1	10:17:51.1

Conclusions générales

- La série d'enregistrements présente des informations cohérentes
 - Explosion AZF (acoustique)
 - Explosion AZF (sismique)
 - Une autre source acoustique
- Le Sonomètre présente certains bruits qui ne peuvent s'expliquer par les avions visibles sur le radar
- Une autre source acoustique est définie avec constance
 - Localisation: 2175 m Est, 1750 m au Nord du cratère AZF, +/- 100 m
 - Heure: environ 4.2 s avant l'explosion
 - Altitude: meilleures solutions situées dans la zone de 500 à 1000 m