

BAUX KATHLEEN
Résidence Les Oustalous,
Bât La Palombière, App 47
57 route d'Espagne,
31100 TOULOUSE

Chambre des Appels Correctionnels
Cour d'Appel de TOULOUSE

CONCLUSIONS

POUR La partie civile **Kathleen BAUX**, N° 261, 57 route d'Espagne, 31100 TOULOUSE

CONTRE **SOCIETE GRANDE PAROISSE**
Monsieur SERGE BIECHLIN
Prévenus

SCP SOULEZ-LARIVIERE, Avocats au Barreau de PARIS
SCP MONFERRAN, Avocats au Barreau de TOULOUSE

EN PRESENCE :

Du **MINISTERE PUBLIC**
Des **PARTIES CIVILES**

PLAISE A LA CHAMBRE CORRECTIONNELLE **DE LA COUR D'APPEL DE TOULOUSE**

Lors de l'audience du 30 novembre 2011, la directrice de recherche du CNRS Annie SOURIAU, responsable sismologue de l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP) en 2001, a confirmé à nouveau tout l'intérêt qu'elle a prioritairement porté sur les deux courbes de l'OMP pour l'étude sismologique des événements sismiques de 2001.

Il est important de rappeler que la sismologie est une discipline qui exige une très grande rigueur scientifique. En effet, ce sont des interprétations qui sont faites à partir de données techniques chiffrées et graphiques. Ces interprétations qui sont basées sur des hypothèses doivent rester cohérentes avec les données techniques au risque de créer des erreurs en chaîne aux conséquences majeures.

Mme SOURIAU a rédigé et signé pour la DRIRE le 26 septembre 2001 un rapport des interprétations faites sur les données enregistrées par le sismographe au rebut de l'OMP, soit deux jours après la déclaration de M. Le Procureur BREARD annonçant l'accident chimique à 90 ou 99% comme cause de la catastrophe d'AZF.

Ce rapport (pièce **D842 - ANNEXE 1**), repris intégralement par le Ministère de l'Environnement dans le rapport du 31 octobre 2001 de M. BARTHELEMY, débute par une présentation de ce sismographe au rebut. Dès cette première page, Mme SOURIAU ne cache pas la première hypothèse qu'elle fait :

« La composante horizontale manquante, perpendiculaire à la direction AZF-OMP, a peu d'intérêt dans le cas d'une source explosive (pas d'onde de cisaillement). » En clair, cela signifie que les ondes horizontales n'ont pu être enregistrées mais cela n'a aucune importance puisqu'il s'agit d'ondes de cisaillements et comme il s'agit d'une explosion au sol, il n'y a pas d'ondes de

cisaillement. Nous voyons ainsi clairement que ce qui devrait être une conclusion de l'étude est posé en première hypothèse ou postulat.

D1966 page 3 – ANNEXE 2 : le 21/03/2002 Mme SOURIAU dit : « *nous avons imposé que l'épicentre soit au niveau du cratère soit 43° 5670 Nord, longitude 1°4269 Est d'après la carte communiqué par fax par la DRIRE* », carte jointe page 5 ce qui n'est pas exact mais recalculé par elle. (Coordonnées données à 15m près selon la DRIRE dans son fax).

Le CEA-DAM en fait de même dans son rapport de la pièce **D3101 page 38 – ANNEXE 3** (février 2002): « *A partir des données recueillies et dans la mesure où l'on connaît très précisément sa localisation, plusieurs approches sont possibles pour estimer l'heure origine d'un événement* »

Ceci constitue une première anomalie notable et majeure.

Elle signe le préjugé de l'entière enquête AZF à l'instar de la piste chimique

Elle signe le préjudice subi privant les toulousains, les victimes et la Justice d'une enquête objective, impartiale, en toute rigueur scientifique respectée.

En cascade arrivent ensuite une liste non exhaustive d'anomalies faites qui aboutissent à des conclusions qui ne peuvent être retenues par la Justice dans ce dossier.

Ces conclusions seront spécialement détaillées et « pédagogiques » afin que tout lecteur puisse parfaitement intégrer les notions sismologiques principales et les multiples subtilités qui ont permis d'induire en erreur les destinataires des documents de Mme SOURIAU, depuis le 26 septembre 2001 et jusqu'à aujourd'hui.

Les erreurs ici présentées démontrent l'importance des conséquences en cascade dans les conclusions retenues par la Justice dans ce dossier.

Nous demandons la nullité déclarée des divers rapports judiciaires basées sur des données erronées.

Sur la demande tendant à la délivrance d'une commission rogatoire :

Il était donc primordial de s'assurer de la qualité des données sismologiques fournies par Mme SOURIAU et son équipe de l'OMP. Or un examen des documents sismologiques de l'OMP, la lecture attentive des auditions du dossier judiciaire et les confirmations orales lors des exposés de Mme SOURIAU aux deux procès permettent de découvrir au moins 12 anomalies majeures qui remettent complètement en cause la validité de ces données et donc de tous les travaux qui en ont découlés.

1. l'épicentre est présupposé être au niveau du cratère
2. le recalage horaire de l'OMP n'est ni justifié, ni cohérent, ni constant
3. l'OMP ne fournit pas le même article de l'Académie des Sciences
4. les temps (initialisation, ondes P et explosion) fluctuent anormalement
5. l'heure de l'explosion n'a pas été calculée avec les courbes OMP seules
6. l'heure de l'explosion est basée sur des vitesses sismiques fausses
7. les coefficients d'amplitude ont deux versions très différentes
8. Annie SOURIAU n'est pas constante pour alerter l'Académie des Sciences
9. le coefficient d'amplitude retenu est incompatible avec le séisme de magnitude 3.4
10. l'onde acoustique des courbes de l'OMP est remise en cause
11. le collège d'experts judiciaires a évité toute exploitation d'amplitude
12. la troisième composante existe et n'était pas hors-service
13. les ondes S directes existent et se retrouvent à 800 km de Toulouse

14. la thèse est du bang sismique est intrinsèquement une anomalie et a été réfutée
15. 9 des 18 courbes du RéNaSS fournies par le RéNaSS ne sont pas complètes

Anomalie 01 : l'épicentre est présupposé être au niveau du cratère

Il débute par une présentation de ce sismographe au rebut. Dès cette première page, Mme SOURIAU ne cache pas la première hypothèse qu'elle fait :

« La composante horizontale manquante, perpendiculaire à la direction AZF-OMP, a peu d'intérêt dans le cas d'une source explosive (pas d'onde de cisaillement). » En clair, cela signifie que des ondes horizontales n'ont pu être enregistrées mais cela n'a aucune importance puisqu'il s'agit d'ondes de cisaillements et comme il s'agit d'une explosion au sol, il n'y a pas d'ondes de cisaillement. Nous voyons ainsi clairement que ce qui devrait être une conclusion de l'étude est posé en première hypothèse ou postulat : il n'y a qu'un seul séisme et il est au niveau du cratère.

En février 2002, son article de l'Académie des Sciences confirme ce postulat (pièce **D1965 page 7 – ANNEXE 4**) : *« Compte tenu de la magnitude mesurée, celui-ci (le foyer du séisme) est nécessairement associé au cratère créé par l'explosion. »*

Le 21 mars 2002, Mme SOURIAU récidive dans la pièce **D1966 page 3 – ANNEXE 2** : *« nous avons imposé que l'épicentre soit au niveau du cratère soit 43° 56'70 Nord, longitude 1°42'69 Est d'après la carte communiqué par fax par la DRIRE ».*

Le CEA-DAM en fait de même en avril 2002, dans son rapport de la pièce **D3101 page 38 – ANNEXE 3** : *« A partir des données recueillies et dans la mesure où l'on connaît très précisément sa localisation, plusieurs approches sont possibles pour estimer l'heure origine d'un événement »*

Conclusion 1 : ceci invalide l'ensemble des études par une hypothèse majeure prise dès le début de l'étude alors qu'elle aurait dû être une conclusion. Ceci signe l'absence d'objectivité et de rigueur scientifique

Anomalie 02 : le recalage horaire de l'OMP n'est ni justifié, ni cohérent, ni constant

Le sismographe au rebut de l'OMP est calibré (comme tout sismographe) pour garder en mémoire les 13,5 secondes avant l'arrivée des premières ondes P d'un séisme. Il indique ainsi grâce à l'horloge interne, l'heure du début de la courbe enregistrée appelée Ti (i = initial).

Suite à un séisme, l'arrivée des premières ondes sismiques P se détachent du bruit de fond, l'enregistrement cristallise alors cette période de 13,5 secondes déjà mémorisée et rajoute dans sa mémoire les secondes suivantes de l'événement jusqu'à ce que les phases purement sismiques retrouvent à nouveau la faible amplitude du bruit de fond. Mme SOURIAU a toujours mentionné que cette période de pré-enregistrement était de 13,5 secondes. Le temps initial Ti est donc normalement l'heure exacte de démarrage de cet enregistrement.

Nous appellerons par la suite Tp, l'heure exacte d'arrivée des premières ondes P sur les courbes du sismographe.

Cette constante de 13,5 secondes est indiquée dans les pièces **D1966 page 2 et 7 – ANNEXE 5** et **D1965 page 8 - ANNEXE 6**.

L'horloge de l'enregistreur du sismographe est parfaitement calée sur l'heure universelle, le Ti et le Tp sont nécessairement très précis.

Pour le cas de l'enregistreur de l'OMP, Mme SOURIAU indique que son appareil n'était pas à l'heure universelle et qu'un calage horaire a été nécessaire. Dans aucun document, Mme SOURIAU

ne donnera le moindre chiffre permettant d'indiquer comment elle a procédé pour recaler l'horloge : pas d'heure interne du sismographe, pas d'heure universelle de référence, aucune mention d'écart horaire constaté lors de synchronisation, seule la dérive horaire de l'enregistreur du sismographe sera donnée. C'est l'absence de justification.

De plus, Elle consistera à deux versions différentes de 0,02 sec et de 0,05 sec selon l'article.

Une première version dans l'article public validé par l'Académie des Sciences en Février 2002 indiquant que « *Le décalage entre temps interne et temps absolu a été déterminé a posteriori, à mieux que 0,05 s près, en évaluant, sur une dizaine de jours, la dérive de la base de temps du système d'acquisition.* ». **Article CRAS page 4 – ANNEXE 7**

Cette phrase diffère de la version fournie à la justice le 7 mars 2002, à la justice dans la pièce **D1967 page 7 – ANNEXE 8** : « *Le décalage entre temps interne et temps absolu a été déterminé a posteriori, en évaluant sur une dizaine de jours, la dérive de la base de temps du système d'acquisition* ». Il n'y a plus de valeur.

Lors de son audition du 21 mars 2002, elle indique finalement 0,02 seconde. **D1966 page 2 - ANNEXE 9.**

Pour la « science » elle indique 0,05 sec, pour la justice elle propose 0,02 sec.

Cette imprécision de 0,02 sec sera importante, car elle sera pleinement reprise par les sapiteurs et les experts judiciaires dans le traitement très fin des données à l'issue des tests sismiques de l'été 2004 (pièce **D6008 page 4 - ANNEXE 10**).

C'est l'absence de cohérence et de constance. La rigueur scientifique est entachée.

Conclusion 2 : Le recalage horaire ni justifié, ni cohérent, ni constant, signe l'absence de rigueur scientifique, induisant les erreurs d'interprétation suivante et les erreurs majeures dans les conclusions

Anomalie 03 : L'OMP ne fournit pas le même article de l'Académie des Sciences

A l'examen de cette seule information horaire, on peut être aussi très surpris que Mme SOURIAU puisse avoir au cours de la même période deux versions différentes du contenu d'un article publié par l'Académie des Sciences en mars 2002 et remis à cette Académie dès février 2002.

Pourquoi n'a-t-elle pas mentionné, à la justice, la dérive à « 0,05 près » de son article du CRAS le 7 mars 2002 et pourquoi l'a-t-elle changé à « 0,02 sec près » lors de son audition du 21 mars 2002 (pièce **D1966 page 2 – ANNEXE 9**) et ceci, sans prévenir l'Académie des Sciences ?

Conclusion 3 : Nous verrons par la suite que Mme SOURIAU a également changé d'autres valeurs au cours du temps, en avertissant ou en n'avertissant pas l'Académie des Sciences, sans raison justifiée et sans que l'on puisse y voir le moindre sérieux scientifique. Quelle version doit être retenue finalement ? Ceci invalide l'ensemble des études

Anomalie 04 : les temps (initialisation, ondes P et explosion) fluctuent anormalement

Le temps d'initialisation de l'enregistrement de l'OMP Ti varie alors qu'il n'y aucune raison qu'il varie de façon majeure : ce Ti dépendant uniquement de l'horloge interne et du recalage horaire.

Document	Temps initial Ti	Tp des ondes P	To explosion	Bruit de fond
Fax OMP D5852	10h17'41,199	10h17'54,9	10h17'55	13,7 sec
Audition D320	Effacé		10h17'55	13,7 sec
DRIRE D842	10h17'44,00	10h17'57,7	10h17'56	13,7 sec

CRAS D1965	Non fourni	Non fourni	10h17'55,3	13,5 sec
Audition D1966	10h17'45,181		10h17'55,3	11,7 sec
Fax OMP D1967		10h17'56,86		
STASI D4296	10h17'42,000	10h17'54,9		12,9 sec
Fichier Titan 1	inconnu	inconnu		
Fichier Titan 2	10h17'45,181	10h17'56,86		11,68 sec

Ce tableau met en évidence les diverses versions du Ti, depuis un Ti = 10h16'41.199 apparemment en heure non recalée dans le document d'un fax transmis par le 26 septembre 2001 au matin par M. Matthieu SYLVANDER de l'OMP (pièce **D5852 – ANNEXE 11**).

Un autre Ti est reconstitué avec les documents **D320 page 3 – ANNEXE 12** et **D842 page 6 – ANNEXE 13**, Ti = 10h17'44, qui serait une heure recalée pour le rapport destiné à la DRIRE.

Un nouveau Ti apparaît lors de l'audition de Mme SOURIAU le 21 mars 2002 : Ti = 10h17'45,181. Il est notable que la constante de calibrage annoncée à 13,5 varie, elle aussi, sans raison faisant ainsi varier le Tp de manière incohérente.

Le T0 (O= origine) correspond à l'heure exacte de l'événement (sur un lieu restant à déterminer si ce n'est pas le cratère comme l'impose Mme Souriau) qui sera l'épicentre. Cet horaire est calculé par l'écart temps entre cet épicentre et l'heure d'arrivée des premières ondes P. Il est donc parfaitement dépendant de la distance séparant cet épicentre du sismomètre et de la vitesse des ondes P pour qu'elles soient enregistrées.

Pour Mme Souriau, la vitesse de ses premières ondes P sur ses courbes OMP est d'environ 3 km/s. On pourrait imaginer pouvoir déterminer l'heure de l'événement T0, quand on a l'heure Ti donnée par le sismomètre et l'heure d'arrivée des premières ondes P, puisqu'elles arrivent 13,5 secondes après Ti : $Ti + 13,5s = Tp$ associée à leur vitesse.

Si Ti = 10h17'44,0, $Tp = 10h17'44,0 + 13,5 = 10h 17'57,5$

Pour Mme Souriau le cratère est l'épicentre situé à 4,2 km de l'OMP et la vitesse des ondes P est de environ 3 km/s : elles mettent donc 1,4 seconde pour arriver et être enregistrées sur le sismogramme.

Le T0 sera donc $Tp -$ le temps mis par les ondes P pour parvenir sur l'enregistreur soit $Tp - 1,43$. Soit $10h 17'57,5 - 1,4 = \mathbf{10h17'56,1 = T0}$ heure de l'explosion du 221 selon l'hypothèse première. Cette datation est cohérente avec la datation annoncée par le RéNaSS (Jugement 2009 page 335)

Dans le même temps, l'heure de l'événement sismique T0 (O= origine) associé par postulat de départ à l'explosion du hangar 221, varie aussi avec des imprécisions également fluctuantes.

Le T0 passe de 10h17'55 (D320) à 10h17'56 (D842) puis à 10h17'55,45 (D1967) et affiné à 10h17'55,3 (D1966) en tenant compte de deux méthodes de calcul.

Dans les deux premiers cas, l'origine de cette date est méconnue, dans le troisième cas elle est issue d'un calcul avec le temps des ondes P, $Tp = 10h17'56.86$, et dans le dernier cas elle est issue d'un calcul réalisé avec l'onde sismo-acoustique.

Le géophysicien Michel STASI pour son rapport aura des courbes fournies par l'OMP avec une heure non recalée et avec un temps d'initialisation écourté à 10h17'42,00 et non 10h17'41,199 (pièce **D4296 page 28 – ANNEXE 14**).

A l'heure universelle, on a donc deux recalages différents et non un seul. Il en est de même pour les temps d'arrivées des ondes P. Les durées du bruit de fond sont incompatibles avec les variations du Ti entre septembre 2001 et mars 2002.

D'où vient cette modification discrètement amenée entre 2001 et 2002 avec un article du CRAS entre les deux qui n'osera même pas fournir la moindre datation repérable sur les courbes de l'OMP ?

Or, le 21/03/2002, dans la pièce **D1966 page 3 – ANNEXE 15**, Mme SOURIAU modifie le $T_0 = 10h17'55,3$ et annonce dans la pièce **D1967 page 2 – ANNEXE 16** une arrivée des premières ondes P à $10h17'56,86$.

Il est notable que cette modification intervient alors que EDF a repéré des anomalies électriques antérieures à $T_0 = 10h17'56$, datations de septembre 2001 de Mme Souriau et du RéNaSS. Le 10 janvier 2002, EDF prend encore comme référence l'heure du séisme du RéNaSS à $10h17'40$ (pièce **D2026 page 5 – ANNEXE 17**). Les nouveaux incidents électriques concernent la SETMI à $10h17'55,77$ et sont mentionnés le 30 janvier 2001 par EDF pour le rapport d'étape des experts électricien **D2189 page 7 – ANNEXE 18**)

Est-ce une simple coïncidence ?

Néanmoins : les conséquences pour la position de l'épicentre sont importantes. Avec un décalage horaire de plus de 0,8 seconde ($10h 17' 57,7 - 10h 17' 56,86 = 0,84 \text{ sec}$) **l'épicentre est déporté de 2,3 km à l'ouest** (vitesse sismique toulousaine de 2879m/sec estimée à l'OMP lors des tests de l'été 2004 dans la pièce **D6007 page 21 – ANNEXE 19**).

De tels documents incohérents invalident la pertinence de ces nouvelles valeurs de mars 2002.

Pourtant..., la seconde version de mars 2002 sera pris en compte et constituera le fichier dit Titan 2 démarrant à $10h17'45,181$ mis sous scellé. Un premier fichier Titan 1 sera décrit par des experts de la défense, mais aucun Ti ne sera communiqué (**D6854 page 3 – ANNEXE 20**). Le temps d'arrivée des ondes P de $T_p = 10h17'56,86$ sera pris en compte par les sapiteurs Pascal BERNASCONI et Pascal BERNARD et par les experts judiciaires dans tous leurs travaux sur les tests sismiques de l'été 2004.

La pièce **D6008 page 20 – ANNEXE 21** du rapport des sapiteurs confirme parfaitement la reprise de cette valeur de $T_p = 10h17'56,86$ dans l'estimation de l'heure très précise de l'explosion d'AZF en se basant sur l'hypothèse d'un séisme de magnitude 3.4 au niveau du cratère et en se basant sur les vitesses sismiques des ondes P nouvellement calculées sur le terrain. Le rapport de ces sapiteurs reprend les courbes de cette version qui apparemment a perdu quelques $1/10^{\text{ème}}$ de seconde de bruit de fond sans que personne n'en soit informé.

Conclusion 4 : Sans certification ni cohérence sur ce temps initial compromettant la datation d'arrivée des premières ondes P, tous ces travaux en sismologie sont à invalider.

Anomalie 05 : l'heure de l'explosion n'a pas été calculée avec les courbes OMP seules

Depuis le premier jour où elle découvre son sismographe, Mme SOURIAU dispose de données suffisamment fines dans le temps pour pouvoir trouver une heure T_0 de l'explosion d'AZF intéressante en faisant l'hypothèse que cette explosion est associée au séisme de magnitude 3.4.

En effet, elle a une idée des vitesses sismiques sur la région de Toulouse puisque, dans ses premiers documents du 26 septembre 2001 (pièce **D842 page 3 et 4 – ANNEXE 22**), elle peut, sans problème, communiquer des tableaux d'écarts temporels entre un bruit sismique allant à la vitesse des ondes P et le bruit de l'onde de pression d'AZF à la vitesse du son. Cette vitesse approche les 3 km/sec.

Pourquoi Mme SOURIAU ne propose pas, dès septembre 2001, depuis ses courbes de l'OMP seules, une heure approximative du séisme fixé au cratère ?

Vitesse sismique Vp	Distance cratère OMP	Délai à retrancher à Tp	Heure T0 en 2001
Mini : 2500 m/sec	4170 m	1,67 sec	10h17'56,01
Maxi : 3500 m/sec	4170 m	1,19 sec	10h17'56,49

Cela donne un temps moyen de 1.43 sec avec une incertitude <0.25 secondes. Avec l'heure d'arrivée des ondes P, estimé à 1/100^{ème} de seconde près, il est aisé de remonter dans le temps et d'obtenir une heure de séisme avec une incertitude inférieure ou égale à 0.25 secondes :

Sur la courbe OMP du 26 septembre 2001 ; en mesurant avec précision, avec un Ti = 10h17'44.00 et un Tp = 10h17'57,68, on a T0 = 10h17'57,68 – 1,43 = 10h17'56,25 à 0,25 sec près.

Le 26 septembre 2001, Mme SOURIAU communique deux dates de séisme à la seconde près T0 = 10h17'56 dans le texte et de 10h17'55 sur son graphique (pièce D320). Sans plus de précision sur les secondes, cela nous donne une marge d'incertitude entre 10h17'54 et 10h17'57, très loin de ce qu'il était facile à estimer avec l'hypothèse du séisme au cratère.

Conclusion 5 : Ces données ne proviennent pas purement du RéNaSS puisqu'à cette époque le RéNaSS donnait, selon la pièce D1966 page 2 – ANNEXE 23, une date de 10h17'56,77.

Anomalie 06 : l'heure de l'explosion est basée sur des vitesses sismiques fausses

En mars 2002, alors que le temps d'initialisation des courbes Ti devient incohérent avec leur durée du bruit de fond, Mme SOURIAU, propose enfin une valeur d'arrivées des ondes P à Tp = 10h17'56,86 (pièce D1967 page 2 – ANNEXE 24) et affine la valeur du T0 de l'explosion.

Mais là encore, elle ne s'appuie pas sur les ondes P de l'OMP uniquement alors qu'elle fait toujours l'hypothèse que le séisme est au niveau du cratère. Elle préfère mélanger sa datation « OMP » des ondes P de 10h17'56,86 avec un ensemble de datations d'arrivées d'ondes P sur l'ensemble des sismographes du réseau pyrénéen.

Le tableau des arrivées d'ondes P de ce document, présente d'énormes contradictions que le témoin Pierre GRESILLAUD a mises en valeur lors de son exposé du 13 décembre 2011 dans un **tableau de contrôle des vitesses des ondes P en ANNEXE 25**, déduit précisément du tableau de Mme SOURIAU.

En effet, Mme SOURIAU cumule des datations d'ondes P dont l'imprécision est de 0,01 seconde pour le RéNaSS, de 0,1 seconde pour deux stations du CEA-DAM et sa propre donnée OMP qu'elle place enfin à 0,01 seconde près pour ce calcul.

De plus, elle ne va pas privilégier les stations les plus proches, puisque plusieurs d'entre elles sont à plus de 200 km d'AZF, augmentant ainsi à la fois l'imprécision des vitesses moyennes sismiques et également présentant des déséquilibres géographiques notables.

Elle choisira par exemple 3 stations espagnoles sans fournir le moindre document attestant de la qualité et de la pertinence de ces données.

Cela conduira aussi ses calculs à mélanger des ondes réfractées Pn et des ondes directes Pg qui ne présentent pas nécessairement le même degré de précision.

La plus grande incohérence de cette sélection repose sur le fait plusieurs stations, essentiellement au Sud-Ouest de Toulouse, ont des vitesses inférieures à 5500 m/sec, vitesses aberrantes pour des premières ondes P sur le réseau pyrénéen, vitesses loin derrière celles qui sont souhaitables de retenir pour de telles distances cratère-station et très loin de la vitesse moyenne finalement retenue par Mme SOURIAU dans son article de l'Académie des Sciences : 5,720 km/s avec 0,160 km/s d'incertitude (pièce **D1965 page 3 – ANNEXE 26**).

Parmi les stations aux vitesses trop basses, il y a la station des Hautes Pyrénées de Labassère (code LABF) du RéNaSS, avec laquelle Mme SOURIAU va réaliser une avancée de plus de 1,2 secondes par rapport au repérage du RéNaSS indiquée dans la **liste du site du RéNaSS – ANNEXE 27**.

Conclusion 6 : De telles aberrations géographiques conduisent à remettre totalement en cause la pertinence d'un séisme de magnitude 3.4 imposé arbitrairement au niveau du cratère d'AZF.

Le calcul de 10h17'55.45 avec 0.5 sec d'incertitude proposé par cette méthode en mars 2002 (pièces **D1966 page 3 – ANNEXE 27**) n'est donc pas du tout fiable.

Les conséquences des erreurs de Mme Souriau sont que les experts judiciaires, reprenant dans une grande confiance les données de Mme Souriau, reproduisent en chaîne les mêmes erreurs et arrivent ainsi aux mêmes conclusions erronées.

Anomalie 07 : les coefficients d'amplitude ont plusieurs versions

La calibration consiste pour chaque courbe à étalonner les valeurs mémorisées par l'enregistreur du sismographe par un coefficient multiplicateur pour leur donner une unité en mm/sec propre aux vitesses d'oscillation des composantes du sismographe.

La première version était basée sur un coefficient de 0.00000267 mm/sec pour la composante horizontale et de 0.00000178 mm/sec pour la composante verticale. Ces informations précises ont été très tardivement communiquées à la justice (pièce **D6854 page 6 et 7 – ANNEXE 28**) suite à une demande du cabinet SOULEZ-LARIVIERE.

Par exemple, pour la composante verticale les données oscillaient entre :
+280000 unités x 0.00000178 mm/sec = +0,498 mm/sec, soit environ 0,5 mm/sec
-240000 unités x 0.00000178 mm/sec = -0,427 mm/sec

Le 12 octobre 2004, juste après les derniers tirs de charges enterrées du 25 septembre 2004, Mme SOURIAU, lors d'une remise de documents au juge, de nouveaux coefficients de calibrage des amplitudes des courbes de l'OMP ont été fournis.

Elle change la valeur de 0.00000267 mm/sec en 0.00000055 mm/sec (pièce **D5020 page 2 – ANNEXE 29**). Le coefficient multiplicateur de la composante verticale subit le même rapport de réduction qui consiste en une division par 5 environ (=55/267).

Conclusion 7 : Mme SOURIAU avait, dans un premier temps, indiqué une amplitude maximale de ses courbes de 0,5 mm/sec. Celle-ci devient donc 0,1 mm/sec à partir de 2004. Quelle amplitude retenir ? Ceci invalide l'étude sismologique dans son ensemble

Anomalie 08 : Mme SOURIAU n'est pas constante pour alerter l'Académie des Sciences concernant ces modifications de coefficient multiplicateur permettant de déterminer l'amplitude du séisme enregistré

Ces modifications de coefficient sont très importantes et n'ont jamais fait l'objet d'une correction de son article de l'Académie des Sciences (CRAS) qui, pourtant, indique bien des amplitudes maximales de la première version à 0.5 mm/sec.

En revanche, elle insiste auprès de la justice sur la nécessité de prévenir l'Académie des Sciences pour une correction de quelques degrés d'orientation de la composante horizontale, effectuée en 2003 (pièce **D3111 – ANNEXE 30**), qui n'a aucune incidence sur les conclusions finales. Ce détail est corrigé mais pas cette modification majeure dans ses conséquences d'estimation de la magnitude.

Cette attitude incohérente vis-à-vis de l'Académie des Sciences tente, sans doute, d'éviter en 2004, l'éventuelle invalidation de son propre article car de tels changements, concernant des données de base, étayant ses travaux scientifiques, sont loin d'être anodins ou mineurs.

Conclusion 8 : Nous assistons, donc, de la part de la « gardienne » des données OMP, à l'installation d'une version judiciaire et d'une version scientifique différentes et incompatibles ou incohérentes.

Anomalie 09 : le coefficient d'amplitude retenu est incompatible avec la magnitude 3.4

Les essais de 2004 consistaient en des charges enterrées de 35Kg qui ne devaient pas dépasser une magnitude de 1.5.

Or, les mesures enregistrées dans le local de l'OMP et dans des conditions similaires à 2001 de ces tirs de 35 Kg de charge, ont donné quasiment la même amplitude qu'en 2001 mesurée avec la calibration du sismographe de l'OMP (pièce **D7043 page 7 – ANNEXE 31**).

En effet, le tir n° 404 a provoqué 0,070 mm/sec à l'intérieur de l'OMP et le séisme de 2001 aurait provoqué 0,103 mm/sec, calibré avec ce nouveau coefficient.

Le rapport entre 2001 et 2004 est donc de $0,103 / 0,070 = 1,47$.

Les Toulousains auraient assisté en septembre 2004 à un séisme équivalent à 2001 sans le savoir ?

Un saut de 2 points en magnitude correspond à une multiplication x1000 de l'énergie sismique mise en jeu par un séisme et de x100 pour l'amplitude des ondes mesurées.

Le saut de magnitude est ici de 1.5 à 3.4, soit 1.9 de différence.

Nous sommes donc nécessairement au-dessus d'une multiplication de x700, en terme d'énergie et de x80, en terme d'amplitude.

Conclusion 9 : L'amplitude des courbes OMP en 2001 est donc parfaitement incompatible avec la magnitude 3.2 à 3.4 annoncée par le CEA-DAM ou le RéNaSS.

Anomalie 10 : l'onde acoustique des courbes de l'OMP est remise en cause

Si la vraie amplitude est nettement plus grande à l'OMP, cela signifie immédiatement que l'onde dite « acoustique », visible sur les courbes de l'OMP et identifiée par Mme SOURIAU et les experts comme la signature de l'impact sismique de l'onde de pression aérienne provenant de l'explosion d'AZF, n'est plus du tout identifiable comme telle.

Cette phase sismo-acoustique serait en fait une phase purement sismique.

Conclusion 10 : Les courbes de l'OMP, corrigées par des coefficients cohérents avec les données des réseaux du RéNaSS et du CEA-DAM, posséderaient en réalité deux séismes et non un seul.

Anomalie 11 : le collège d'experts judiciaires a évité toute exploitation d'amplitude

Accordant sans doute un grand crédit à son travail, l'ensemble des rapports des experts judiciaires ne repose que sur les dernières données (horaire et amplitude) de Mme SOURIAU (**D6008 page 24 – ANNEXE 32**).

Ceci pourrait expliquer, à la fois, les conséquences d'erreurs d'interprétation des études sismologiques en chaîne de certains experts et la volonté farouche et anti-scientifique du collège d'experts de M. Jean-Louis LACOUME à évacuer toute exploitation d'amplitude dans ses travaux (**D6465 à D6469**).

Un travail sur des données sismologiques qui nie à 100% l'utilité d'exploiter une des deux dimensions des données sismiques relève d'un exploit anti-scientifique exceptionnel.

Un tel refus devient même absurde puisque ces mêmes experts judiciaires, se basant sur les travaux des sapiteurs, ont néanmoins inclus à deux reprises des amplitudes : celles des courbes de l'OMP qui n'était pas inconnue et celles d'un unique tir de charge de 5 kg à la SNPE (**D6008 page 38 – ANNEXE 33**).

Les valeurs d'amplitude de 2004 sont néanmoins accessibles grâce au rapport D7043 de l'expert mandaté par TOTAL, Denis RAPPIN.

Conclusion 11 : l'étude des experts judiciaires correspond à un travail non abouti et non objectif. Ceci permet d'invalidier leurs conclusions

Anomalie 12 : la troisième composante existe et n'était pas hors-service

Aucune analyse de Mme SOURIAU ou des experts judiciaires n'a été faite sur la troisième composante du sismographe de l'OMP alors que cette composante horizontale (ou dite « transversale ») globalement orientée Sud-Nord existe bien dans le rapport de Michel STASI, destiné à des commentaires de l'article de Mme SOURIAU du CRAS (pièce **D4296, page 30 à 32 – ANNEXE 34**).

Cette troisième composante montre la présence des phases sismiques des ondes P et la même période dite « acoustique », situé environ 10,5 secondes plus tard. L'amplitude du signal est anormalement faible avec des valeurs brutes plus de 100 fois inférieurs aux deux autres composantes, mais les pics P1, P2 se dégagent aussi bien que pour la composante verticale.

Pourquoi Mme SOURIAU et surtout les experts judiciaires accepteraient d'écrire des centaines de lignes sur les deux premières composante verticale et horizontale (Est-Ouest) sans jamais exploité leur amplitude et estimerait-ils alors inexploitable une composante présentant des pics d'ondes, faute d'avoir une calibration trop faible de l'amplitude ?

Conclusion 12 : Un examen poussé de cette troisième composante est donc tout à fait souhaitable. L'exploitation des ondes de cisaillements S ont été rejetées arbitrairement et primitivement par Mme SOURIAU et les experts judiciaires, en imposant la position du séisme à l'emplacement d'une explosion de surface, le cratère. Ce rejet n'est plus qu'acceptable par l'intérêt majeur que représente son étude.

Anomalie 13 : les ondes S directes existent et se retrouvent à 800 km de Toulouse.

Toutes les stations ont une succession d'ondes P et S très marquées, pourquoi l'OMP ne les aurait-il pas ?

Lors de son exposé du 13 décembre, M. GRESILLAUD a beaucoup insisté sur la présence inexploitée, voire niée par l'OMP, des ondes de cisaillement S sur des stations sismographiques très éloignées du réseau du CEA-DAM ou du RéNaSS comme celles captées à La Chapelle aux Bois dans le Jura à plus de 500 km (code CABF – pièce **D3101 page 13 – ANNEXE 35**) et permettant une estimation de la magnitude.

Dans l'hypothèse où le séisme de magnitude 3.4 est souterrain sous la colline de Pech David, à moins de 2 km de l'OMP, la seconde phase dite « acoustique » serait alors l'effet sismique d'AZF, les pics P1 et P2 présentés tous les deux comme des ondes P, seraient en fait un pic d'une onde de compression P et un pic d'une onde de cisaillement S. Cette possibilité n'a jamais été étudiée et pourtant elle remporte plus de probabilité que toutes les études précédentes incohérentes. Elle ne peut être niée ni rejetée en toute rigueur scientifique dans une étude impartiale et objective.

En premier lieu, un tel séisme souterrain peut sans problème provoquer une signature de magnitude 3.4, sans pour autant laisser au sol des dégâts extrêmement visibles.

Pierre GRESILLAUD a rappelé, à cette occasion, l'énorme fissure qui s'est créée sur la façade des urgences du CHU de Rangueil (pièce de la **photographies du CHU Rangueil – ANNEXE 36**). Il a rappelé aussi le témoignage toujours inexpliqué de Fanny PELLISSIER dans la pièce **D2895 – ANNEXE 37**, racontant l'apparition, dans l'amphithéâtre enterré de la faculté de médecine (au pied du CHU de Rangueil), d'une première phase sismique impressionnante plus de 12 à 16 secondes avant l'impact du souffle d'AZF.

De plus, Pierre GRESILLAUD a précisé qu'en tenant compte du rapport quasi constant entre la vitesse V_p des ondes P et la vitesse V_s des ondes de cisaillement, $V_p/V_s = 1,73$, la présence des deux pics P1 et P2 de Mme SOURIAU était tout à fait justifiée mais, par contre, elles correspondraient à une onde P et une onde S espacées de 0,4 à 0,45 seconde.

Avec un séisme souterrain, sous la colline de Pech David à 2 km de l'OMP, la vitesse sismique des ondes est de l'ordre de $V_p = 2$ km/s, celle des ondes S est de l'ordre de $V_s = V_p/1,73 = 1,16$ km/s ce qui fournit une différence de temps de $(V_p - V_s)/2\text{km} = 0,42$ sec, soit le délai entre les deux pics P1 et P2. C'est cohérent avec les données de l'OMP, ce n'est que l'interprétation qui diffère dans une rigueur scientifique respectée.

M. GRESILLAUD a mis en avant, par ailleurs, que l'amplitude plus élevée du pic P2 par rapport au pic P1 serait beaucoup plus facilement expliquée par cette onde S directe que par une très hypothétique onde réfléchie, selon l'interprétation Mme Souriau.

Les tests sismiques avec les charges enterrées n'ont d'ailleurs jamais pu mettre en évidence un pic P2 plus grand qu'un pic P1 comme en 2001.

Conclusion 13 : Tenant compte d'une amplitude forte des courbes de l'OMP et en introduisant l'hypothèse de la présence de deux séismes et non d'un seul, ceci permettrait d'expliquer nombre de faits demeurés énigmatiques, encore aujourd'hui.

Encore faut-il permettre une étude objective et impartiale de l'ensemble des données.

Anomalie 14 : la thèse du bang sismique imposée et pourtant réfutée à l'Académie des Sciences

Dès le 26 septembre 2001, Mme SOURIAU a tenu à imposer comme quasiment incontournable, la thèse du bang sismique, pour expliquer l'audition d'un premier bruit d'explosion par des centaines de témoins. Elle établissait un tableau listant, selon les distances, le délai entre le bruit sismique que provoqueraient des ondes P et l'arrivée du son de l'explosion d'AZF.

Non seulement, elle n'amenait aucune preuve de l'assimilation que l'on pouvait faire d'un bruit sismique, en général, sourd et grave, et la perception sonore d'un bang aérien relaté par de très nombreux témoins aussi bien à proximité du cratère qu'à très grande distance.

La chercheur du CNRS Alain JOETS publia en 2009, la réfutation du bang sismique décrit par Mme SOURIAU dans son article du CRAS « Réfutation de l'hypothèse sismo-acoustique invoquée pour le double bang de la catastrophe de Toulouse (France) du 21 septembre 2001 » joint aux conclusions.

En effet, M. Alain JOETS a parfaitement démontré les erreurs d'interprétation de ce phénomène qui ne repose sur rien. Il est également important de souligner qu'outre les très nombreux témoins de ce double bang dont l'intervalle n'augmente pas avec la distance, Mme SOURIAU a déclaré en audience que ce bang sismique ne pouvait être perçu en dessous de 300 m du cratère.

Nous rappelons qu'un certain nombre de témoins situés à moins de 300m du cratère ont bien entendu un premier bruit comme par exemple M. Jean-Marc DUBOIS (pièce **D1130 page 1 – ANNEXE 38**), Mme Laurence BOFFO (pièce **D1935 page 2 – ANNEXE 39**) ou Mme Gabrielle FOINAN (**D1980 – ANNEXE 40**).

A noter également, que ce n'est pas parce d'autres personnes présentes près du témoin n'ont entendu qu'un seul bruit que ce premier bruit n'a pas existé. Plus de 4 enregistreurs ont capté très nettement deux bruits d'explosion de forte intensité et tous étaient à plus de 2 km de la source sonore.

Conclusion 14 : l'invalidation de la thèse du bang sismique est à l'instar de la thèse de l'accident chimique une évidence dans le strict respect de la rigueur scientifique.

Anomalie 15 : 9 des 18 courbes du RéNaSS fournies par l'OMP dans le dossier judiciaire ne sont pas complètes

La diffusion publique de l'article de l'Académie des Sciences a permis une découverte surprenante. Cet article contient un graphique listant une douzaine de sismogrammes de station du RéNaSS. Des courbes apparaissent allant très loin dans le temps sur largement plus d'une minute. Les données publiques du RéNaSS (**D3101 page 17 – ANNEXE 41**), censées collecter et diffuser les données de ses stations de toute la France dont celles des Pyrénées, n'a pas la même version sur 9 de ses 18 sismogrammes du 21 septembre 2001, fournis par Mme SOURIAU (**D842 page 5 ANNEXE 42**).

En effet, dans le dossier judiciaire, ces courbes du RéNaSS sont écourtées et s'arrêtent à 10h19'00 alors que l'OMP s'autorise la prolongation d'une coda sismique bien au-delà. La station la plus proche de Toulouse, à Moulis (code MLS), est concernée par cette différence de manière incohérente.

Le RéNaSS en a été averti par Pierre GRESILLAUD l'été 2008. Le RéNaSS n'a toujours pas corrigé cette étrange interruption présente dans les documents transmis à la justice. Les documents de l'OMP ont une piètre résolution et ne permettraient pas un examen détaillé des zones manquantes sur les courbes du RéNaSS.

Ce qui pourrait expliquer en partie les nombreux questionnements persistants du cabinet SOULEZ-LARIVIERE en Avril 2006 sur l'existence de deux fichiers sismologiques aux caractéristiques différentes Titan 1 et Titan 2 fournis par l'OMP (pièce **D6854 page 6 – ANNEXE 43**) et sur les très nombreuses hésitations de l'équipe de Mme SOURIAU pour fournir à la justice une datation absolue argumentée et indubitable.

Conclusion 15 : Cette anomalie est notable et confirme encore une fois que les carences, dans l'examen des données sismiques des réseaux du RéNaSS et du CEA-DAM, laissent dans l'ombre des informations potentiellement intéressantes.

C'est un préjudice supplémentaire pour une étude rigoureuse de la sismologie du 21 septembre 2001.

CONCLUSION GENERALE :

Suite à cette énumération non exhaustive de données, d'interprétations et de conclusions erronées dans l'étude de l'équipe de l'OMP, nous ne pouvons en rester là.

Devant tant de modifications et tergiversations injustifiées, incohérentes et variables, on ne peut toujours pas conclure pour une ou plusieurs explosions.

On ne peut pas non plus arrêter une datation sismique ni une amplitude pour 2001, cohérentes avec les essais 2004.

Les questions restent entières.

Nous demandons l'invalidation de l'ensemble des études sismologiques et la réouverture de l'enquête de la catastrophe du 21 septembre 2001 à Toulouse.

Depuis octobre 2009, j'ai multiplié des requêtes auprès de Mme Souriau puis du CNRS pour obtenir l'ensemble des données techniques de l'OMP, en vain. Je rappelle que j'ai fait cette même demande dans mon courrier du 7 septembre 2011 auprès du premier président de la cour d'Appel (**divers courriers pour obtenir les données de l'OMP joints**).

Je réitère donc cette demande à la Cour pour une obtention immédiate qui sera en tout état de cause essentielle dans la perspective d'une réouverture d'enquête.

PAR CES MOTIFS

Rejetant toutes conclusions contraires comme injustes ou mal fondées,

Par application des dispositions des articles 463 et 512 du Code de Procédure Pénale,

Considérant les données factuelles du dossier judiciaire confirmées lors de l'audition de Mme SOURIAU, je demande à la cour d'appel de bien vouloir :

DONNER ACTE

- de l'invalidation de l'ensemble des études sismologiques par absence de rigueur scientifique devant la multiplicité des erreurs, des incohérences de corrections injustifiées et l'absence de constance dans ces corrections.

- du fait que Mme Souriau pose comme hypothèse sismique première une seule explosion au sol : celle du cratère.

- du fait que Mme Annie SOURIAU, comme en premier instance, confirme la modification de son coefficient d'amplitude de 2004.

- du fait que la première datation de l'OMP, transmis à la DRIRE et au Ministère de l'Intérieur diffère de celle exploitée par les experts judiciaires depuis mars 2002. (10h17'57,5 au lieu de 10h17'56,86 **soit environ un écart de 2Km pour l'épicentre**)
- du fait qu'il n'existe aucun document justifiant cette modification de datation
- du fait que les experts judiciaires ne se sont basés que sur cette datation modifiée sans justification
- du fait que les signaux de la troisième composante existent. Ils ont été montrés dans le dossier judiciaire (pièce D4296) sans pour autant avoir bénéficié de la moindre analyse de la part de l'OMP ou des experts judiciaires.
- du fait que, de ces modifications injustifiées de la datation et de l'amplitude sismiques, la théorie de l'onde acoustique ne repose sur rien.

DELIVRER commission rogatoire aux services de police compétents à l'effet de :

1. Procéder à l'étude approfondie de toutes les données techniques de l'OMP.
2. Procéder à toutes les comparaisons possibles dans une étude précise avec l'ensemble des autres données sismologiques (RéNaSS, CEA-DAM, etc....).
3. Procéder à l'identification de toutes les phases sismiques sur l'ensemble des sismogrammes
4. Procéder à l'identification de toutes les sources des signatures sismiques sans préjuger de l'association du séisme principal à l'explosion d'AZF
5. Procéder à une réouverture d'enquête après avoir déclaré nulle et non avenue la thèse accusatoire de l'accident chimique et l'invalidation de la thèse sismique de l'explosion unique et de son épicentre jamais démontré..

FAIT A TOULOUSE, Le 10 février 2012

Kathleen BAUX

PIECES JOINTES EN ANNEXE

1. D842 - Rapport de l'OMP sur les données sismologiques destiné à la DRIRE (6 pages)
2. D1966 page 3 - Audition de Mme SOURIAU du 21 mars 2002 - épicentre imposé
3. D3101 page 38 - Rapport du CEA-DAM de février 2002 - épicentre imposé
4. D1965 page 7 - Article du CRAS de février 2002 - épicentre imposé
5. D1966 pages 2 et 7 - Audition de Mme SOURIAU – 13,5 sec de bruit de fond
6. D1965 page 8 - Article du CRAS de février 2002 – 13,5 sec de bruit de fond
7. CRAS public page 4 - Article du CRAS de février 2002 – dérive à 0,05 sec
8. D1965 page 7 - Article du CRAS de février 2002 – dérive non chiffrée
9. D1966 page 2 - Audition de Mme SOURIAU – dérive de 0,02 sec
10. D6008 page 4 - Rapport des sapiteurs – dérive de 0,02 sec intégrée
11. D5852 - Courbes de l'OMP avec une horloge non recalée
12. D320 page 3 - Courbes de l'OMP avec démarrage à la 10^{ème} seconde
13. D842 page 6 – Courbes de l'OMP avec démarrage à 0 sec et Ti = 10h17'44,00
14. D4296 page 28 - Courbes de l'OMP avec Ti = 10h17'42,00
15. D1966 page 3 - Audition de Mme SOURIAU – T0 = 10h17'55,3
16. D1967 page 2 – Mars 2002 - Liste des arrivées d'ondes P – OMP à 10h17'56,86
17. D2026 page 5 – Chronologie EDF-RTE de janvier 2002 > 10h17'56,40
18. D2189 page 7 - Rapport des experts électriciens – Incident SETMI à 10h17'55,77
19. D6008 page 21 - Rapport des sapiteurs – vitesse sismique cratère – OMP
20. D6854 page 3 - Questions du cabinet SOULEZ-LARIVIERE sur le fichier Titan 1
21. D6008 page 20 - Rapport des sapiteurs – Exploitation des ondes P à 10h17'56,86
22. D842 page 3 et 4 - Rapport OMP à la DRIRE : délai entre bang sismique et son AZF
23. D1966 page 2 – Audition de Mme SOURIAU – Heure du RéNaSS à 10h17'56,77
24. D1967 page 2 – Mars 2002 - Liste des arrivées des ondes P
25. D1967 page 2 – Mars 2002 - Contrôle des vitesses des ondes P
26. D1965 page 7 - Article du CRAS de février 2002 – vitesse théorique des Pyrénées
27. Liste du RéNaSS – Station de Labassère LABF à 1,21 sec de la version OMP
28. D6854 page 6 – Premières calibrations de l'amplitude des courbes OMP <0,5 mm/sec
29. D5020 page 2 – Audition de Mme SOURIAU : nouvelle amplitude de l'OMP <0,1 mm/sec
30. D3111 page 5 – Changement d'orientation du sismographe de l'OMP signalé à l'Académie
31. D7043 page 7 – Amplitude des tests sismiques de 2004 bizarrement proche de 2001
32. D6008 page 24 – Nouvelle amplitude <0,1 mm/sec intégrée par les experts judiciaires
33. D6008 page 38 – Amplitude des tests sismiques absente des rapports sauf pour la SNPE
34. D4296 page 30 à 32 – Rapport de Michel STASI – Courbe de la 3^{ème} composante
35. D3101 page 13 – Nettes ondes de cisaillement captées à plus de 500 km dans le Jura
36. Photographie de la fissure sur la façade des urgences du CHU Rangueil
37. D2895 : Témoignage de Fanny PELLISSIER dans l'amphithéâtre au pied du CHU
38. D1130 page 1 – Témoignage de Jean-Marc DUBOIS à 170 m : deux détonations
39. D1935 page 2 – Témoignage de Laurence BOFFO à 110 m : claquement puis blast
40. D1980 – Témoignage de Gabrielle FOINAN à 220 m : deux détonations
41. D3101 page 17 – Rapport du CEA-DAM : Courbes du RéNaSS tronquées à 10'19
42. D842 page 5 – Rapport OMP à la DIRE : Courbes du RéNaSS non tronquées
43. D6854 page 6 – Nombreux points techniques encore sans réponses en 2006
44. Réfutation de l'hypothèse sismo-acoustique par le chercheur Alain JOETS
45. Divers courriers pour obtenir les données de l'OMP

ANNEXE 1 – D842
Rapport de l'OMP sur les données sismologiques destiné à la DRIRE



Université Paul Sabatier
Observatoire Midi-Pyrénées
Dynamique terrestre et planétaire

UMR 5562 du CNRS

**Rapport sur les données sismologiques relatives à l'explosion
sur le site de l'usine AZF, Toulouse, le 21 septembre 2001**

La secousse sismique provoquée par l'explosion du 21 septembre 2001 a été très bien enregistrée par le Réseau National de Surveillance Sismique (ReNass) jusqu'à une distance de 500 km. Les enregistrements d'une trentaine de stations localisées dans les Pyrénées, en Auvergne, en Provence et dans la région niçoise sont disponibles. Ils ont permis d'estimer

- la magnitude du signal se propageant dans le sol: $M=3.4$ (détermination ReNass)
- l'heure origine: $t_0 = 08h\ 17\ mn\ 56\ s$ (heure TU), soit $10h\ 17\ mn\ 56\ s$ (heure locale).

Données utilisées pour l'analyse

Toutes les données analysées dans cette étude proviennent de vélocimètres à courte période (sismomètres classiques, qui enregistrent la vitesse de déplacement du sol). Nous avons retenu principalement:

- les stations du ReNass (principalement celles des Pyrénées, stations dont nous avons par ailleurs la responsabilité). Ces stations, dont la plus proche est à 79 km, sont hélas à des distances peu propices à l'analyse de l'explosion, parce qu'un signal simple à la source donne, à ces distances, plusieurs arrivées d'ondes P: une onde se propageant directement dans la croûte (P_g), une onde se propageant dans le manteau (P_n), et une onde (PMP) réfléchiée sur le moho, c'est à dire à la limite entre la croûte et le manteau [voir fig. 1].

Par ailleurs, la complexité des structures sous les stations, situées en régions montagneuses, engendre des phases secondaires qui rendent difficile la lecture des enregistrements.

- Les données d'un sismomètre posé dans un bureau au rez de chaussée de l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP), mais non destiné aux mesures sismologiques, la sismicité locale ne justifiant pas la maintenance d'un tel appareil à Toulouse. Cet appareil au rebut, dont une des composantes était hors service, servait à tester des appareils enregistreurs. Il n'était pas installé avec le soin requis pour des mesures sismologiques: en particulier, il n'était pas enterré, pas orienté, et pas relié à une base de temps de référence. Il a cependant permis d'avoir un enregistrement à seulement 4200 m de l'explosion [fig. 2], et c'est lui qui apporte les informations les plus importantes.

Analyse de l'enregistrement obtenu à l'OMP.

L'enregistrement de la vitesse du sol est donné suivant deux directions: la verticale (Z) et une direction horizontale (L = longitudinale) qui se trouve être approximativement la direction AZF-OMP [fig. 2]. La composante horizontale manquante, perpendiculaire à la direction AZF-OMP, a peu d'intérêt dans le cas d'une source explosive (pas d'onde de cisaillement).

On identifie sur le sismogramme:

14, avenue Edouard-Belin - F 31400 Toulouse - France - Tel: (33) 5 61 33 29 64 / 29 01 (secl.) - Fax: (33) 5 61 33 29 00

- l'onde Pg (onde directe), reconnaissable à sa polarisation rectiligne (les pics sur Z et sur L coïncident), et à la valeur du rapport Z/L. Elle correspond à un premier mouvement vers le haut, ce qui est normal pour une explosion. Elle arrive sous forme de deux phases distinctes, P1 et P2, séparées de 0.4 seconde.

- une onde (Y) visible seulement sur la composante L, vraisemblablement engendrée à une interface entre 2 couches sédimentaires, dans les deux premiers kilomètres sous la surface, par conversion de l'onde P.

- une onde de surface (onde de Rayleigh), facilement reconnaissable à son arrivée tardive, à ses basses fréquences et à sa polarisation elliptique (les pics Z et L ne se correspondent pas).

- le signal acoustique, correspondant à une propagation dans l'air, bien enregistré parce que le sismomètre n'était pas enterré. La propagation dans l'air étant beaucoup plus lente que dans le sol, ce signal arrive en fin d'enregistrement. Le premier mouvement du sol vers le bas indique une surpression de l'air lors du passage de l'onde acoustique.

Questions et réponses

Sur les signaux du ReNass, on voit plusieurs arrivées. Dénotent-elles plusieurs événements?

Non: il s'agit des différentes phases Pg, Pn, PMP toutes issues d'un événement unique et ayant des trajets différents dans la Terre (voir ci-dessus). Il n'y a qu'une explosion identifiable sur le plan sismologique, c'est à dire une seule explosion donnant de l'énergie dans le sol.

Le double signal de l'onde P enregistré à l'OMP (P1 et P2 séparées par 0.4 seconde) reflète-t-il deux explosions?

Non: Si les deux pics P1 et P2 étaient dûs à la source explosive, on les retrouverait sur les enregistrements des stations pyrénéennes, puisqu'ils se seraient propagés de façon identique. Or ce n'est pas le cas –voir par exemple, l'enregistrement de la station de Le Peyrat (Ariège) [Fig. 3]. Le deuxième pic P2 est vraisemblablement dû à une réflexion à l'interface entre deux couches sédimentaires de nature différente.

De nombreux témoignages relatent deux "bangs". Peuvent-ils être dûs à une explosion unique?

Oui: Le premier "bang" serait le signal sonore associé à l'onde P (donc se propageant par le sol), le deuxième étant l'onde acoustique se propageant dans l'air. Dans ce cas, la différence de temps entre les deux "bangs" doit augmenter quand on s'éloigne de la source, en suivant approximativement les ordres de grandeur donnés dans le tableau ci-dessous:

Distance à l'explosion (en mètres)	Différence de temps approximative entre les deux "bangs" (en secondes)
0	0
500	1,3
1000	2,5
1500	4
2000	5
3000	8
4000	10
5000	13
6000	15

Si la différence de temps signalée entre les deux "bangs" est indépendante de la distance au site de l'AZF, il y a effectivement deux explosions. Il semble donc important d'obtenir plus de renseignements sur ce point. Les premiers témoignages recueillis favorisent l'interprétation de deux "bangs" dûs à une seule explosion.

S'il y a eu deux explosions, on devrait observer deux signaux acoustiques. Les voit-on?

Non, on ne voit sur l'enregistrement de l'OMP qu'un seul événement acoustique, et un seul événement sismique. S'il y a eu effectivement deux explosions, la première a dû être suffisamment faible pour que l'onde acoustique ne soit pas détectée par notre appareil, et son impact au sol suffisamment peu énergétique pour que l'onde P ne soit pas visible à 4 km.

En résumé:

- Les enregistrements sismologiques de Toulouse et du Réseau National de Surveillance Sismique n'ont détecté qu'une explosion.

- Une explosion unique peut expliquer les deux "bangs" perçus par la population, en tenant compte de la propagation dans la Terre, et à condition que le délai entre les deux "bangs" augmente avec la distance à l'explosion. Ceci semble être le cas, d'après les témoignages recueillis.

- Si le délai entre les deux "bangs" ne variait pas avec la distance, il s'agirait de deux explosions distinctes. Dans ce cas, la première explosion n'aurait pas été détectée par le sismographe de l'OMP-Toulouse à cause de sa trop faible énergie, ou de son faible couplage avec le sol (explosion aérienne).

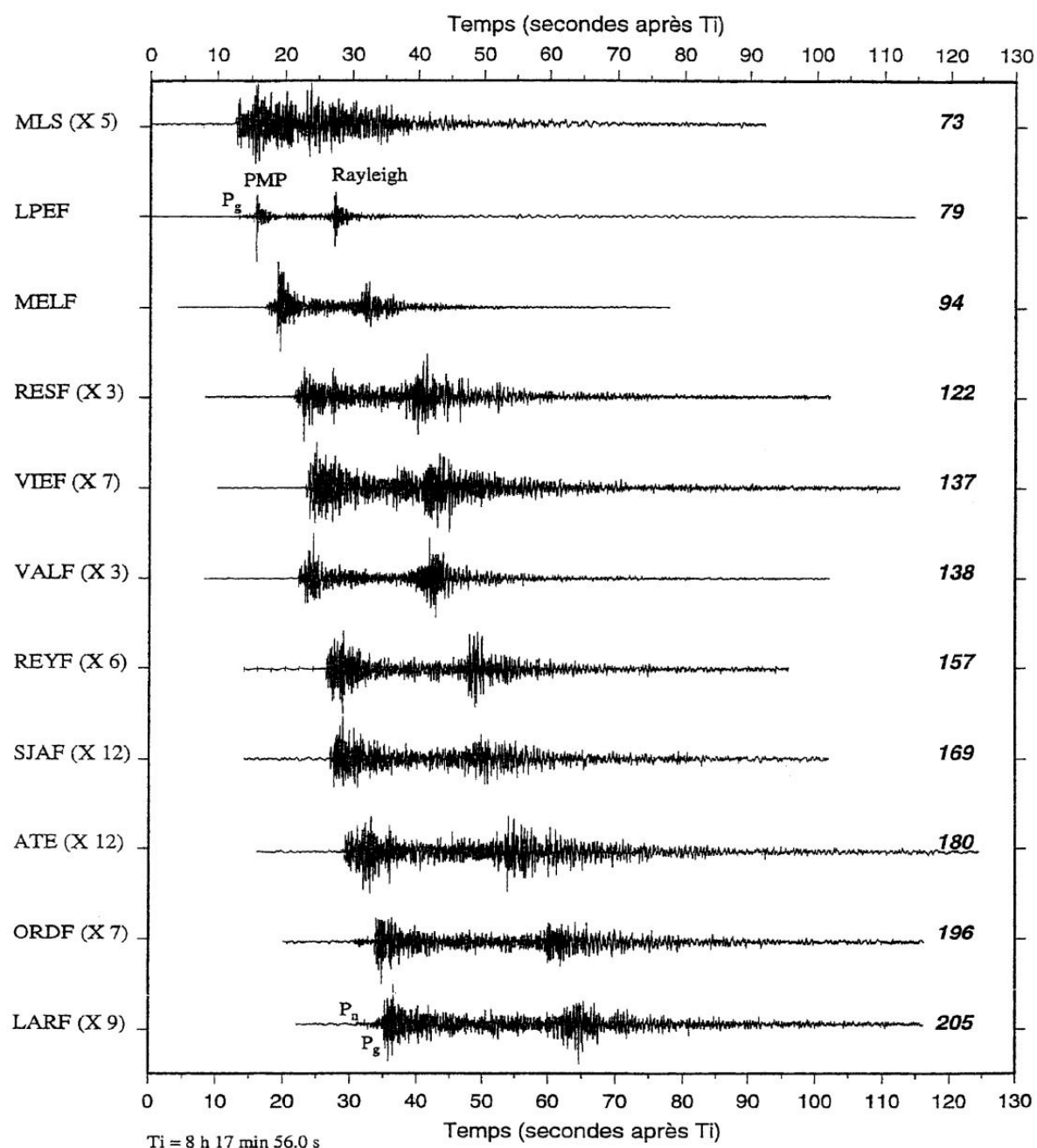
Les données disponibles, et l'état actuel de nos investigations, ne nous permettent pas à cette date (26/09/2001) d'apporter d'autres conclusions.

Figures jointes:

- 1- Enregistrements obtenus dans les stations pyrénéennes (composantes verticales seulement)
- 2- Enregistrement obtenu à l'Observatoire Midi-Pyrénées (composante verticale et une composante horizontale orientée dans la direction de l'AZF)
- 3- Comparaison de la première arrivée (onde P) à Toulouse et dans une station pyrénéenne.

*Rapport préparé par l'équipe de sismologie de l'Observatoire Midi-Pyrénées (Annie Souriau, Matthieu Sylvander, Alexis Rigo, Jean-François Fels et Sébastien Benahmed),
à Toulouse, le 26/09/2001.*

Figure 1



21/09/2001

8 h 17 min 56 s (TU)

lat = 43.568 deg

lon = 1.428 deg

mag = 3.4

Explosion de l'usine AZF

Signaux (composante verticale) enregistrés par le Réseau Sismologique des Pyrénées, rangés par distance croissante (distance en km indiquée à droite). A gauche : codes des stations et amplification du dessin. Les différentes arrivées correspondent à différents trajets dans la croûte et le manteau pour des ondes issues d'une explosion unique.

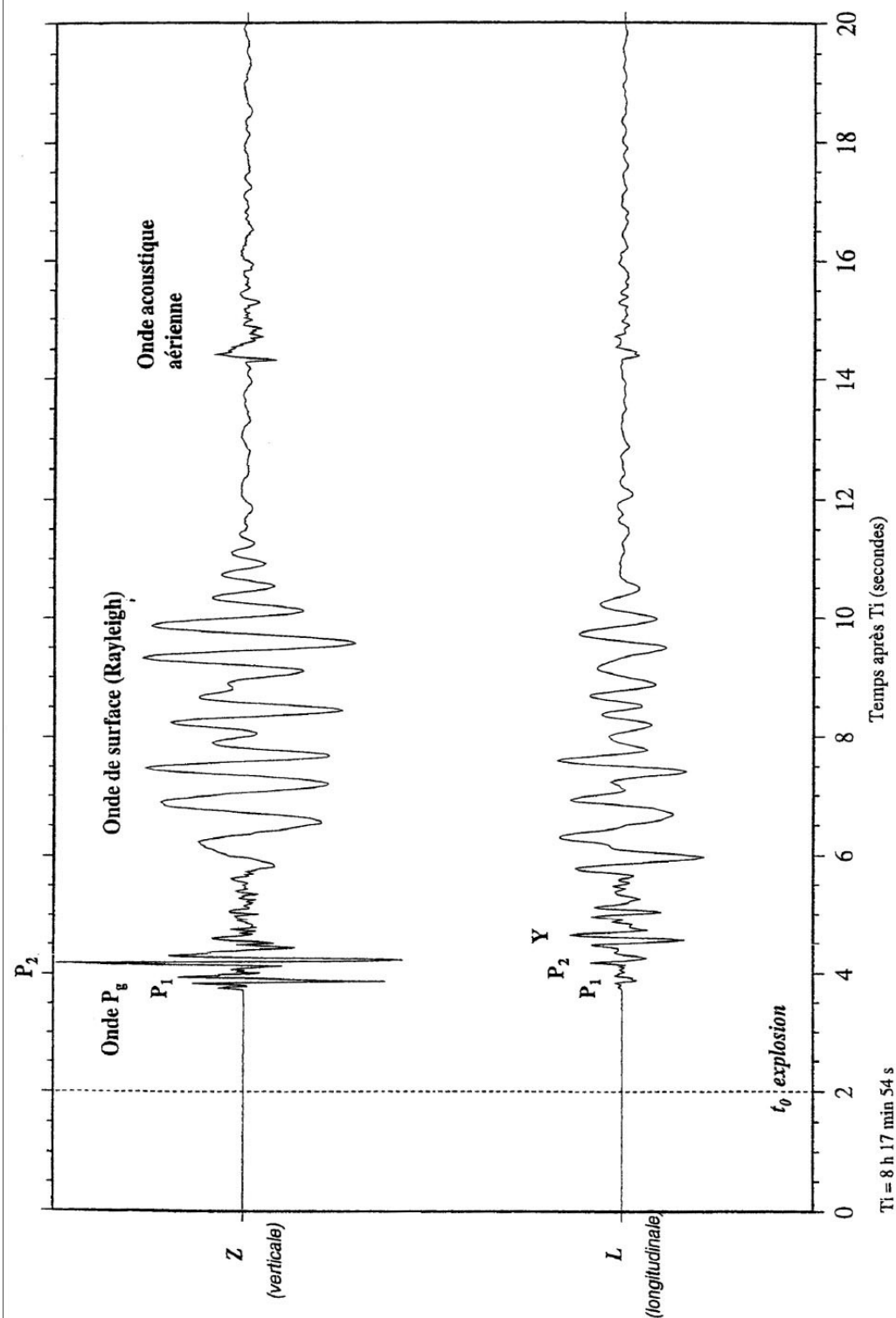


Figure 2

21/09/2001 $t_0 = 8 \text{ h } 17 \text{ min } 56 \text{ s (TU)}$, lat = 43.568°, lon = 1.428°, M = 3.4 **Enregistrement de l'explosion de l'AZF par la station**
OMP lat = 43.564°, lon = 1.480°, distance = 4.2 km **en test au laboratoire (Observatoire Midi-Pyrénées)**

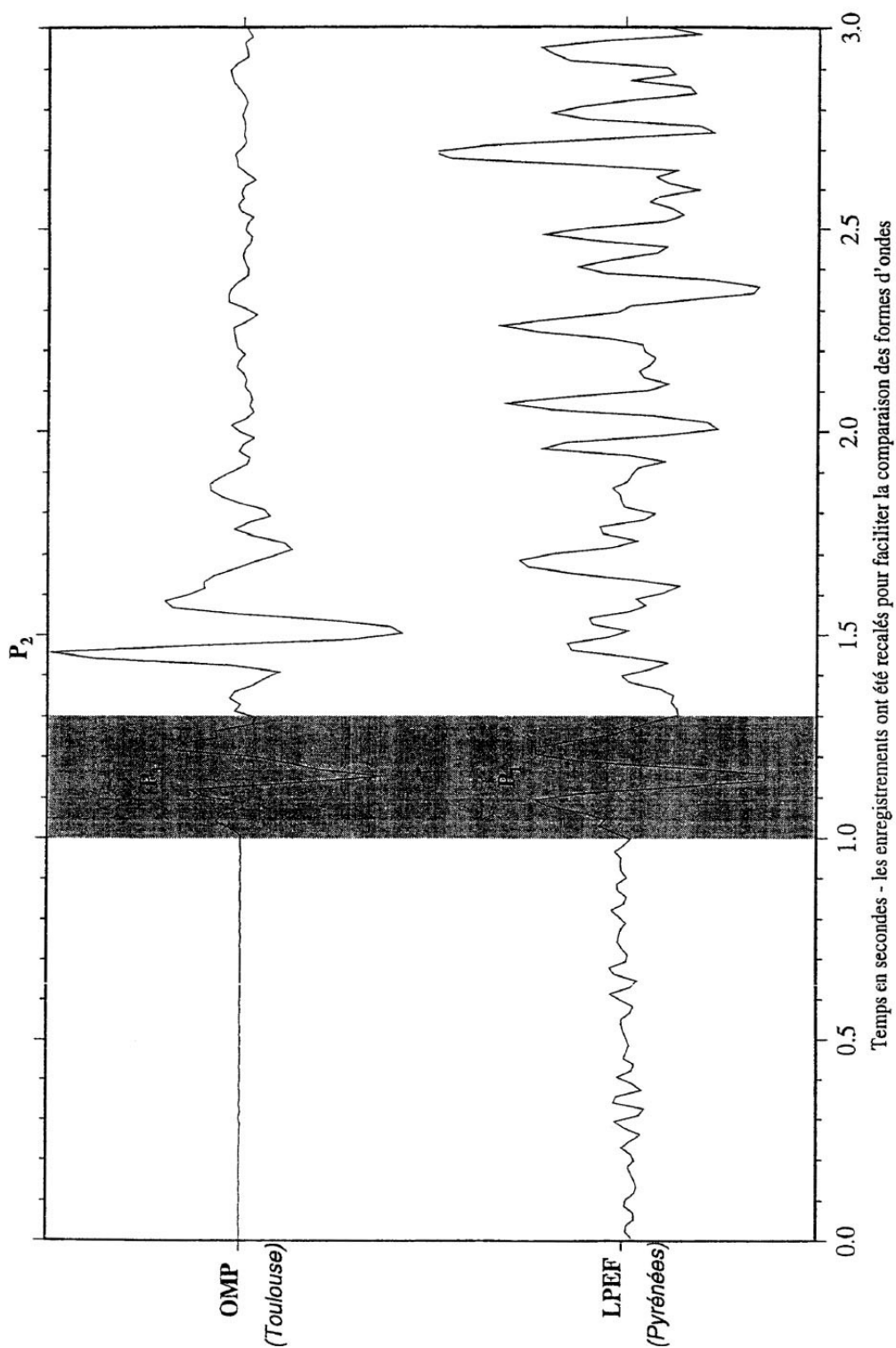


Figure 3

Enregistrement (composante verticale) de l'explosion de l'usine AZF par deux stations sismologiques

Haut : station en test au laboratoire (O.M.P.). **Bas :** station sur le terrain (Le Peyrat, Ariège). On constate la concordance des formes des pics P_1 sur les deux sismogrammes (zone grisée), et l'absence de pic P_2 sur l'enregistrement pyrénéen. Le pic P_2 observé à Toulouse est donc probablement dû à un effet local de propagation (réfraction à une interface entre deux couches sédimentaires).

ANNEXE 2 - D1966 page 3
Audition de Mme SOURIAU du 21 mars 2002 - épïcèntre imposé

Suite Procès-verbal : 2001/000539/ C 93

Page 3

D1966
page 3

d'arrivée de l'onde sismique de l'OMP et nous avons imposé que l'épicentre soit à la position du cratère, à savoir : 43,5670 degré Nord, longitude 1,4269 degrés Est, d'après un point sur une carte communiqué par FAX par la DRIRE. -----

--- Je vous remets copie de ce FAX composé de deux feuillets, dont la carte, que vous me dites annexer au présent procès-verbal. -----

--- Ces derniers calculs permettent de trouver un temps origine de: 08 H 17 mn 55,45 secondes (TU). -----

--- L'autre approche a consisté à utiliser l'onde sonore, enregistrée du fait que le sismomètre n'était pas enterré. Nous avons pris une vitesse du son de 0,343 m par seconde, prenant en compte la température de l'air, nous avons négligé le vent (l'enregistrement sismique calme prouve que le vent n'était pas trop fort au moment de l'explosion) ainsi que l'augmentation de vitesse au voisinage immédiat de la source. On trouve ainsi : 08 h 17 mn 55,15 s (TU).-----

--- Les erreurs sont , dans le premier cas, associées à la méconnaissance des structures géologiques du sol et , dans le deuxième cas, à l'erreur due à la loi de vitesse de propagation du son au voisinage de la source.-----

--- La valeur de To retenue est la moyenne entre les deux précédentes, soit : 08 h 17 mn 55,3 s. Des incertitudes réalistes sur les paramètres possiblement entachés d'erreur, conduisent à une erreur qui ne devrait pas excéder 0,5 s. -----

--- QUESTION : Quels étaient les valeurs brutes des temps d'arrivée des différentes stations ? -----

--- REPONSE : Je ne les ai pas avec moi, je pourrai vous les communiquer ultérieurement. -----

--- En ce qui concerne la méthode de travail , nous avons utilisé un logiciel de localisation classique de sismologie, dont je pourrai vous préciser le type ultérieurement. -----

--- QUESTION : Comment avez-vous daté l'enregistrement de l'OMP, en l'absence de base de temps de référence ?-----

--- REPONSE : Je vous l'ai déjà expliqué précédemment. Ce qu'il faut ajouter c'est que, au début de la mesure de la dérive, pour comparer l'horloge interne de l'enregistreur à une horloge absolue, un top GPS a été injecté à l'entrée de l'enregistreur à la place du sismomètre.-----

--- QUESTION : Votre service est sûrement le mieux placé pour modéliser l'événement d'AZF, mais la modélisation est-elle suffisante ? Et pourrait-on vérifier certains paramètres pour une mesure "in situ" (parcours AZF - OMP), par une mesure (la source étant une explosion petite ou un vibreur) ?-----

--- REPONSE : La modélisation par sismographe synthétique (figure 4) a été limitée par plusieurs points : le premier, c'est la connaissance insuffisante des structures entre AZF et OMP. Le deuxième est que la source est mal connue, on a testé une source purement explosive et une force simple verticale. Le troisième point est la topographie et les hétérogénéités des structures qui auraient nécessité une modélisation en trois dimensions. Pour valider une telle modélisation, il aurait fallu que le sismomètre ait trois composantes valides. De nombreux essais ont été faits avec des logiciels adaptés, on a retenu un calcul en champ proche. Des modélisations en champ lointain ont également été testées, Elles expliquent bien les ondes de RAYLEIGH, mais expliquent moins bien les ondes P.-----

Copie pour le Procès-verbal :
L'OMP est un point sur une carte communiqué par FAX par la DRIRE.



Souriau

01000452

.../...

DETERMINATION DE L'HEURE ORIGINE DE L'EXPLOSION

A partir des données recueillies et dans la mesure où l'on connaît très précisément sa localisation, plusieurs approches sont possibles pour estimer l'heure origine d'un événement :

- utiliser l'ensemble des données disponibles : ceci implique d'utiliser un modèle de propagation moyen valable globalement pour l'ensemble des stations ;
- utiliser les données appartenant à une région présentant une certaine homogénéité géologique (l'Aquitaine dans le cas présent) : ceci permet d'utiliser un modèle régional mieux adapté à la région.

Les modèles utilisés dans les 2 cas sont les suivants (vitesses V_p et V_s en Km/s, épaisseur des couches h en Km) :

- modèle global « France » (modèle standard CEA/DAM/DASE) :

$V_p=3.0$ $V_s=1.73$ $h=0.9$
 $V_p=6.03$ $V_s=3.56$ $h=25$
 $V_p=8.16$ $V_s=4.65$

- modèle « Aquitaine ». A partir de la note citée en référence, nous avons défini le modèle suivant :

$V_p=3.0$ $V_s=1.73$ $h=1$
 $V_p=6.1$ $V_s=3.52$ $h=31.8$
 $V_p=8.16$ $V_s=4.65$

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Données utilisées	Heure origine obtenue	Modèle de propagation utilisé
1 : Station OMP seule	8H 17mn 55.3s	Modèle régional
2 : RéNASS + Station OMP (données sismiques uniquement)	8H 17mn 55.45s	Modèle régional
3 : RéNASS + Station OMP (idem cas N°2 + onde acoustique sur OMP)	8H 17mn 55.15s	Modèle régional + modèle théorique infrason
4a : LDG + Espagne + RéNASS	8H 17mn 55.91s	Modèle « France »
4b :	8H 17mn 55.15s	Modèle « Aquitaine »
5a : LDG + Espagne + RéNASS (stations région Aquitaine uniquement)	8H 17mn 55.83s	Modèle « France »
5b :	8H 17mn 55.42s	Modèle « Aquitaine »

D3101 page 38
CEA-DAM

D1965 page 7 - CRAS

CRAS, 1998

UNR 5563 P. PINET

102486

P. 6 14

A partir de ces différentes ondes, qui réalisent une sorte de profil en éventail entre Toulouse et les Pyrénées, il est possible de proposer un modèle crustal moyen pour la partie centrale du Bassin Aquitain. Les ondes Pg donnent une vitesse moyenne de 5.72 ± 0.16 km/s. Dans l'hypothèse d'une croûte homogène, les ondes PMP, qui sont moins influencées par les couches superficielles que les ondes Pg, conduisent à une vitesse crustale moyenne de 6.1 ± 0.2 km/s et à une épaisseur crustale de 32.8 ± 2.9 km. Ces valeurs sont en accord avec celles obtenues dans les régions peu tectonisées de la France et au pied des Pyrénées, où des valeurs de vitesses moyennes de 5.8 à 6.2 km/s sont obtenues dans la croûte, avec une profondeur moyenne du Moho voisine de 31 ± 2 km [2, 4-5].

Pour les ondes Lg, les enregistrements pyrénéens donnent une vitesse de groupe standard de l'ordre de 3.2 km/s pour les périodes voisines de 0.2 s, qui correspondent au maximum d'énergie. La présence de courtes périodes est due au fait qu'une partie de l'énergie a été guidée dans la couche sédimentaire qui surmonte le substratum [3], et dont l'épaisseur varie de 1000 à 2500 m sous les trajets concernés [6]. Pour une telle structure, l'onde Lg est particulièrement bien développée si la source est superficielle [7].

3. Analyse de l'enregistrement de l'OMP

La chaîne d'acquisition en test à l'OMP était similaire à celle des stations pyrénéennes, à deux différences près:

- le sismomètre n'enregistrait que sur deux composantes, la verticale et une horizontale, l'autre horizontale étant hors service. La composante horizontale valide était orientée à $\pm 2^\circ$ près suivant la direction AZF-OMP à N107°E, et donc elle correspond à la composante longitudinale. L'explosion n'engendrant pas ou peu d'onde S directe, on a donc, avec les composantes Z et L, la quasi-totalité du signal. Il a été nécessaire de corriger de la réponse instrumentale, différente pour les deux composantes, et déterminée a posteriori.
- le numériseur n'était pas connecté à une base de temps de référence, ce qui fait que la série temporelle enregistrée est relative et non absolue. Le décalage entre temps interne et temps absolu a donc dû être également déterminé a posteriori, en évaluant sur une dizaine de jours la dérive de la base de temps du système d'acquisition.

Le signal corrigé de la réponse instrumentale et recalé en temps est montré sur la figure 2.

A partir de cet enregistrement, deux méthodes indépendantes ont été utilisées pour déterminer avec précision l'heure origine t_0 de l'explosion. La première consiste à introduire le temps t_1 de la première arrivée de l'enregistrement OMP dans la routine de localisation, en plus des temps d'arrivée des stations du RéNaSS, et à fixer la position du foyer. Compte tenu de la magnitude mesurée, celui-ci est nécessairement associé au cratère créé par l'explosion. Les résidus minima sont obtenus pour le temps $t_0 = 08h\ 17\ min\ 55.45s\ TU$. La deuxième méthode utilise le temps de trajet de l'onde acoustique aérienne, bien observée en fin d'enregistrement puisque le sismomètre n'était pas enterré. En prenant une vitesse du son de 0.343 km/s, qui tient compte de la température moyenne de l'air au moment de l'explosion, mais néglige l'augmentation de vitesse au voisinage immédiat de la source, on obtient $t_0 = 08h\ 17min\ 55.18s\ TU$. Ces deux déterminations sont en excellent accord, nous adopterons la valeur médiane $t_0 = 08h\ 17\ min\ 55.3s\ TU$. L'imprécision sur cette valeur n'excède pas 0.5 s, compte tenu des incertitudes sur les différents paramètres (modèle de Terre et vitesse du son) qui ont permis sa détermination.

3.1 Analyse des phases de l'enregistrement.

ANNEXE 5 – D1966 pages 2 et 7
Audition de Mme SOURIAU – 13,5 sec de bruit de fond

Suite Procès-verbal : 2001/000539/ C 99

Page 2

D1966
page 2

soit transmises par téléphone (une quinzaine de stations), soit par le satellite METEOSAT (cinq stations).-----

--- Le 21 septembre 2001, aucun sismologue ne se trouvait dans les locaux, mais dans le laboratoire de sismologie, se trouvait au rez-de-chaussée, posé à même le sol, un sismomètre au rebut, connecté à un enregistreur normal (matériel comparable aux stations pyrénéennes), équipé d'une horloge interne mais non calée sur le temps universel. Le sismomètre n'était pas orienté (la composante Nord du sismographe n'était pas orientée vers le Nord géographique), le niveau à bulle n'était pas calé (mais le sol était plat). De plus l'une des composantes horizontales du sismomètre était invalide et les deux autres n'étaient pas étalonnées pour les amplitudes. -----

--- Il convient de préciser que les sismomètres, aussi bien ceux des stations pyrénéennes que celui de la station en test étaient des vélocimètres (mesure de la vitesse du sol).-----

--- Donc, pour l'exploitation des données enregistrées, dont nous n'avons eu connaissance que le lundi 24 Septembre, il a été nécessaire de déterminer le temps recalé sur une base de temps universel, par correction d'une dérive d'horloge qui s'est révélée être linéaire (de ce fait le temps de l'enregistreur a pu être déterminé à environ 0,02 seconde près). Il faut préciser que les enregistrements sont déclenchés, donc non continus, de ce fait, on ne dispose pas de signal plus de 13,5 secondes avant l'événement. Dans la plage des 13,5 s précédant l'arrivée de l'onde P, il n'a été enregistré aucune anomalie ou signal autre que des bruits liés au fonctionnement commun du bâtiment (climatisation ou aération, bruits domestiques, pas, portes) (voir pièces jointes que je vous remets, soit deux figures avec agrandissement du début d'enregistrement. La figure 1 représente l'enregistrement avant l'arrivée de l'onde P et la figure 2 représente l'élargissement du début de l'enregistrement). ----

--- D'autre part le pas d'acquisition est de 62,5 coups par seconde. -----

--- Les calibrations des deux composantes valides du sismomètre (horizontale et verticale) n'ont pas pu être faites à mieux que 10 %. -----

--- QUESTION : Quel est le format d'écriture de vos données ?

--- REPONSE : Toutes nos stations téléphoniques plus celle qui était en test enregistrent en format TITAN, format propre à la société AGECODAGIS qui fabrique les enregistreurs, qui est implantée à RIEUX-VOLVESTRE. -----

--- En ce qui concerne METEOSAT, les données sont moins utilisées parce que le signal est plus court et qu'il n'y a que la composante verticale. -----

--- QUESTION : -----

Pour la datation des données (P. 4 et P.5 de votre article à l'Académie des Sciences), quelles sont les valeurs communiquées par le ReNaSS ?-----

--- REPONSE : Immédiatement après l'explosion, le ReNaSS avait communiqué les valeurs suivantes, à partir de ce qu'il avait déjà dépouillé : 43 ° 32 . 16 mn Nord ; 1° 7 . 12 mn Est, TO = 08 h 17 mn 56 s 77 . (Le dépouillement était peut-être incomplet). Nous, Service Sismique de l'OMP, à partir des seules données Pyrénées, avons aussi déterminé une heure origine approchée qui est : 08 h 17 mn 56 s (TU), plus ou moins une seconde.-----

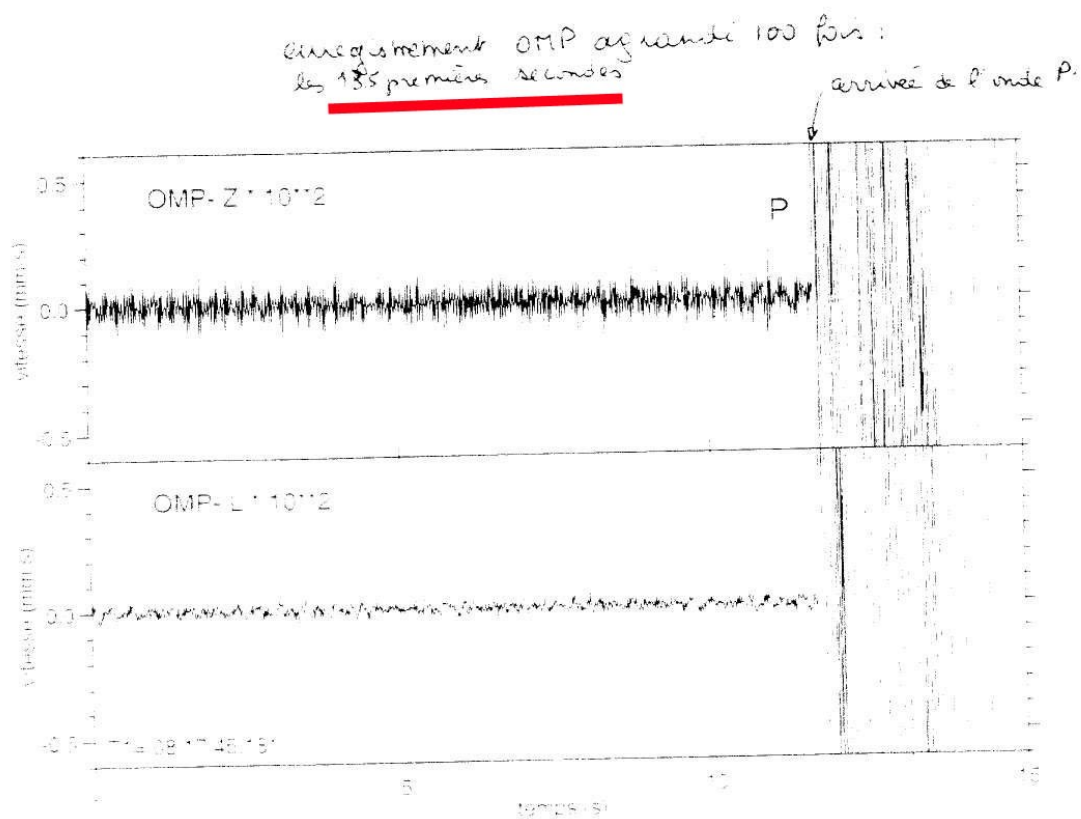
--- En plus des données Pyrénées, nous avons inclus le temps .../...

Copie certifiée conforme :
L'Officier de Police Judiciaire.



01000452

Souriau



enregistrement OMP agrandi 100 fois :
les 135 premières secondes



ANNEXE 6 – D1965 page 8
Article du CRAS – 13,5 sec de bruit de fond

D1965 page 8 - CRAS

149486 P.7/14

On identifie sur le sismogramme :

- deux phases P séparées de 0.4s (P1 et P2), présentant des polarisations rectilignes à 10 et 18 degrés de la verticale respectivement. Leurs temps de parcours correspondent respectivement à des vitesses apparentes de 2.7 et 2.1 km/s. Leurs polarisations laissent supposer qu'il s'agit d'ondes P réfractées ou réfléchies en profondeur. Ces ondes présentent un premier mouvement compressif, conformément à ce que l'on attend pour une explosion. Les deux arrivées suivantes, P3 et P4, sont quasi-longitudinales. La phase P3 a un temps de parcours qui correspond à une vitesse apparente de 1.8 km/s. Il peut s'agir de l'onde P directe qui s'est propagée dans la couche sédimentaire superficielle. Il peut également s'agir, tout comme la phase P4, d'une onde P convertie en S. Notons que les pics multiples observés ne dénotent pas plusieurs sources sismiques successives, puisqu'ils ne sont pas observés dans les stations pyrénéennes (figure 3). Il s'agit donc nécessairement d'arrivées multiples engendrées par les couches sédimentaires entre le site AZF et l'OMP.

- une onde de surface (onde de Rayleigh) de type Rg, caractéristique des sources superficielles à courte distance [8]. Elle est facilement reconnaissable à son arrivée tardive, à ses basses fréquences et à sa polarisation elliptique. Celle-ci présente cependant une particularité, puisqu'elle est prograde au début du train d'onde et rétrograde à la fin.

- le signal acoustique correspondant à une propagation dans l'air. Celle-ci étant beaucoup plus lente que la propagation dans le sol, ce signal arrive en fin d'enregistrement. Le premier mouvement du sol vers le bas indique une suppression de l'air lors du passage de l'onde acoustique, en accord avec les témoignages recueillis vers l'OMP (impression que le bâtiment est plaqué sur le sol par le souffle). Le mouvement à basse fréquence de faible amplitude qui suit cette onde correspond vraisemblablement à un mode de couplage entre l'onde acoustique et le sol. Notons que les deux explosions perçues par la population à une certaine distance peuvent correspondre l'une à la propagation de l'explosion par le sol (la plus rapide), l'autre à la propagation par l'air, la différence de temps entre les deux devant alors augmenter avec la distance à la source. Aucun signal n'a pu être détecté pendant les 13.5 secondes d'enregistrement disponibles avant l'arrivée de l'onde P1, aussi bien sur les traces brutes que sur les traces filtrées avec différentes bandes passantes. Si une autre explosion a eu lieu, elle n'a pas engendré de signal sismique détectable (elle n'était pas couplée au sol, ou était d'énergie trop faible).

3.2 Tentative de modélisation de l'enregistrement OMP par sismogrammes synthétiques.

Plusieurs difficultés sont liées à la modélisation des signaux observés. La première est la forte hétérogénéité du trajet entre le site AZF et la station. Le trajet coupe le bassin de la Garonne (un quart du trajet), la colline de Pech David qui domine de 130 m ce bassin (un quart du trajet), puis une zone basse et plate d'anciens marécages asséchés. Une deuxième difficulté vient de la mauvaise connaissance du sous-sol. La seule structure de subsurface bien cartographiée est une couche de sédiments consolidés d'épaisseur 0.8 à 1.2 km au-dessus du socle, documentée grâce des forages dans la région toulousaine [6]. Une troisième difficulté est la représentation de la source: elle peut être modélisée soit comme une explosion, soit comme une force verticale. Enfin, la réponse du bâtiment où est posé le sismographe peut modifier le signal, elle ne sera pas prise en compte.

En l'absence d'une connaissance assez détaillée des variations latérales de la structure, nous avons tenté de modéliser le signal avec un modèle moyen de la structure latéralement homogène. La modélisation est basée sur une méthode de réflectivité valable en champ proche [9]

aux ondes générées par un séisme naturel d'une magnitude locale M_L comprise entre 3,2 et 3,4.

On peut observer, sur les enregistrements du RSSP, plusieurs arrivées d'énergie. Pour les quatre stations les plus proches, on observe trois arrivées distinctes. La première, P_g , est l'onde directe qui s'est propagée à travers la croûte. La seconde, PMP, s'est réfléchi sur le Moho. Cette phase a été bien observée pour d'autres trajets en France, pour des sources explosives, aux distances 70–250 km [7]. Pour les enregistrements aux plus grandes distances (> 150 km), la première arrivée est l'onde P_n , réfractée sous le Moho, la deuxième arrivée étant l'onde directe P_g . La troisième arrivée d'énergie, 10 à 25 s après les ondes P, correspond à l'onde Lg, une onde guidée à courte période, qui résulte de réflexions multiples sub-critiques d'ondes S sur les différentes interfaces de la croûte [2]. Ces ondes S, non présentes à la source, puisqu'il s'agit d'une explosion, résultent de conversions d'ondes P en ondes S sur les interfaces crustales [2].

À partir de ces différentes ondes, qui réalisent une sorte de profil en éventail entre Toulouse et les Pyrénées, il est possible de proposer un modèle crustal moyen pour la partie centrale du Bassin aquitain. Les ondes P_g donnent une vitesse moyenne de $5,72 \pm 0,16$ km s⁻¹. Dans l'hypothèse d'une croûte homogène, les ondes PMP, qui sont moins influencées par les couches superficielles que les ondes P_g , conduisent à une vitesse crustale moyenne de $6,1 \pm 0,2$ km s⁻¹ et à une épaisseur crustale de $32,8 \pm 2,9$ km. Ces valeurs sont en accord avec celles obtenues dans les régions peu tectonisées de la France et au pied des Pyrénées, où des valeurs de vitesses moyennes de 5,8 à 6,2 km s⁻¹ sont obtenues dans la croûte, avec une profondeur moyenne du Moho voisine de 31 ± 2 km [5, 7, 8].

Pour les ondes Lg, les enregistrements pyrénéens donnent une vitesse de groupe standard de l'ordre de 3,2 km s⁻¹ pour les périodes voisines de 0,2 s, qui correspondent au maximum d'énergie. La présence de courtes périodes est due au fait qu'une partie de l'énergie a été guidée dans la couche sédimentaire qui surmonte le substratum [2], et dont l'épaisseur varie de 1000 à 2500 m sous les trajets concernés [3]. Pour une telle structure, l'onde Lg est particulièrement bien développée si la source est superficielle [4].

3. Analyse de l'enregistrement de l'OMP

La chaîne d'acquisition en test à l'OMP était similaire à celle des stations pyrénéennes, à deux différences près.

– Le sismomètre n'enregistrait que sur deux composantes, la verticale et une horizontale, l'autre horizontale étant hors service. La composante horizontale valide était orientée à $\pm 2^\circ$ près suivant la direction AZF–OMP à N107°E, et correspond donc à la composante longitudinale. L'explosion n'engendrant pas ou que peu d'onde S directe, on a donc, avec les composantes Z et L, la quasi-totalité du signal. Il a été nécessaire de corriger la mesure de la réponse instrumentale, différente pour les deux composantes, et déterminée a posteriori.

– Le numériseur n'était pas connecté à une base de temps de référence, ce qui fait que la série temporelle enregistrée est relative et non absolue. Le décalage entre temps interne et temps absolu a été déterminé a posteriori, à mieux que 0,05 s près, en évaluant, sur une dizaine de jours, la dérive de la base de temps du système d'acquisition.

Le signal corrigé de la réponse instrumentale et recalé en temps est reporté sur la Fig. 2.

À partir de cet enregistrement, deux méthodes indépendantes ont été utilisées pour déterminer avec précision l'heure origine t_0 de l'explosion. La première consiste à introduire le temps t_1 de la première arrivée de l'enregistrement OMP dans la routine de localisation, en plus des temps d'arrivée des stations du RéNaSS, et à fixer la position du foyer. Compte tenu de la magnitude mesurée, celui-ci est nécessairement associé au cratère créé par l'explosion. Les résidus minima sont obtenus pour le temps $t_0 = 08$ h 17 min 55,45 s TU. La deuxième méthode utilise le temps de trajet de l'onde acoustique aérienne, bien observée en fin d'enregistrement, puisque le sismomètre n'était pas enterré. En prenant une vitesse du son de 0,343 km s⁻¹, qui tient compte de la température moyenne de l'air au moment de l'explosion, mais néglige l'augmentation de vitesse au voisinage immédiat de la source, on obtient $t_0 = 08$ h 17 min 55,15 s TU. Ces deux déterminations étant en excellent accord, nous adopterons la valeur médiane $t_0 = 08$ h 17 min 55,3 s TU. L'imprécision sur cette valeur n'excède pas 0,5 s, compte tenu des incertitudes sur les différents paramètres (modèle de Terre et vitesse du son) qui ont permis sa détermination.

3.1. Analyse des phases de l'enregistrement

On identifie, sur le sismogramme :

– deux phases P séparées de 0,4 s (P1 et P2), présentant respectivement des polarisations rectilignes à 10 et 18° de la verticale ; leurs temps de parcours correspondent respectivement à des vitesses apparentes de 2,7 et 2,1 km s⁻¹ ; leurs polarisations laissent supposer qu'il s'agit d'ondes P réfractées ou réfléchies en profondeur ; ces ondes présentent un premier mouvement compressif, conformément à ce que l'on attend

D1965 page 7 - CRAS

01 MAR 2002 15:38

UMP 5562 P. PINET

102485

P.5 14

A partir de ces différentes ondes, qui réalisent une sorte de profil en éventail entre Toulouse et les Pyrénées, il est possible de proposer un modèle crustal moyen pour la partie centrale du Bassin Aquitain. Les ondes Pg donnent une vitesse moyenne de 5.72 ± 0.16 km/s. Dans l'hypothèse d'une croûte homogène, les ondes PMP, qui sont moins influencées par les couches superficielles que les ondes Pg, conduisent à une vitesse crustale moyenne de 6.1 ± 0.2 km/s et à une épaisseur crustale de 32.8 ± 2.9 km. Ces valeurs sont en accord avec celles obtenues dans les régions peu tectonisées de la France et au pied des Pyrénées, où des valeurs de vitesses moyennes de 5.8 à 6.2 km/s sont obtenues dans la croûte, avec une profondeur moyenne du Moho voisine de 31 ± 2 km [2, 4-5].

Pour les ondes Lg, les enregistrements pyrénéens donnent une vitesse de groupe standard de l'ordre de 3.2 km/s pour les périodes voisines de 0.2 s, qui correspondent au maximum d'énergie. La présence de courtes périodes est due au fait qu'une partie de l'énergie a été guidée dans la couche sédimentaire qui surmonte le substratum [3], et dont l'épaisseur varie de 1000 à 2500 m sous les trajets concernés [6]. Pour une telle structure, l'onde Lg est particulièrement bien développée si la source est superficielle [7].

3. Analyse de l'enregistrement de l'OMP

La chaîne d'acquisition en test à l'OMP était similaire à celle des stations pyrénéennes, à deux différences près:

- le sismomètre n'enregistrait que sur deux composantes, la verticale et une horizontale, l'autre horizontale étant hors service. La composante horizontale valide était orientée à $\pm 2^\circ$ près suivant la direction AZF-OMP à N107°E, et donc elle correspond à la composante longitudinale. L'explosion n'engendrant pas ou peu d'onde S directe, on a donc, avec les composantes Z et L, la quasi-totalité du signal. Il a été nécessaire de corriger de la réponse instrumentale, différente pour les deux composantes, et déterminée a posteriori.
 - le numériseur n'était pas connecté à une base de temps de référence, ce qui fait que la série temporelle enregistrée est relative et non absolue. Le décalage entre temps interne et temps absolu a donc dû être également déterminé a posteriori, en évaluant sur une dizaine de jours la dérive de la base de temps du système d'acquisition.
- Le signal corrigé de la réponse instrumentale et recalé en temps est montré sur la figure 2.

A partir de cet enregistrement, deux méthodes indépendantes ont été utilisées pour déterminer avec précision l'heure origine t_0 de l'explosion. La première consiste à introduire le temps t_1 de la première arrivée de l'enregistrement OMP dans la routine de localisation, en plus des temps d'arrivée des stations du RéNaSS, et à fixer la position du foyer. Compte tenu de la magnitude mesurée, celui-ci est nécessairement associé au cratère créé par l'explosion. Les résidus minima sont obtenus pour le temps $t_0 = 08h\ 17\ min\ 55.45s\ TU$. La deuxième méthode utilise le temps de trajet de l'onde acoustique aérienne, bien observée en fin d'enregistrement puisque le sismomètre n'était pas enterré. En prenant une vitesse du son de 0.343 km/s, qui tient compte de la température moyenne de l'air au moment de l'explosion, mais néglige l'augmentation de vitesse au voisinage immédiat de la source, on obtient $t_0 = 08h\ 17\ min\ 55.15s\ TU$. Ces deux déterminations sont en excellent accord, nous adopterons la valeur médiane $t_0 = 08h\ 17\ min\ 55.3s\ TU$. L'imprécision sur cette valeur n'excède pas 0.5 s, compte tenu des incertitudes sur les différents paramètres (modèle de Terre et vitesse du son) qui ont permis sa détermination.

3.1 Analyse des phases de l'enregistrement.

ANNEXE 9 – D1966 page 2
Audition de Mme SOURIAU – dérive de 0,02 sec

Suite Procès-verbal : 2001/000539/ C 99

Page 2

D1966
page 2
-
dérive à
0,02 sec

soit transmises par téléphone (une quinzaine de stations), soit par le satellite METEOSAT (cinq stations).-----

--- Le 21 septembre 2001, aucun sismologue ne se trouvait dans les locaux, mais dans le laboratoire de sismologie, se trouvait au rez-de-chaussée, posé à même le sol, un sismomètre au rebut, connecté à un enregistreur normal (matériel comparable aux stations pyrénéennes), équipé d'une horloge interne mais non calée sur le temps universel. Le sismomètre n'était pas orienté (la composante Nord du sismographe n'était pas orientée vers le Nord géographique), le niveau à bulle n'était pas calé (mais le sol était plat). De plus l'une des composantes horizontales du sismomètre était invalide et les deux autres n'étaient pas étalonnées pour les amplitudes. -----

--- Il convient de préciser que les sismomètres, aussi bien ceux des stations pyrénéennes que celui de la station en test étaient des vélocimètres (mesure de la vitesse du sol).-----

--- Donc, pour l'exploitation des données enregistrées, dont nous n'avons eu connaissance que le lundi 24 Septembre, il a été nécessaire de déterminer le temps recalé sur une base de temps universel, par correction d'une dérive d'horloge qui s'est révélée être linéaire (de ce fait le temps de l'enregistreur a pu être déterminé à environ 0,02 seconde près). Il faut préciser que les enregistrements sont déclenchés, donc non continus, de ce fait, on ne dispose pas de signal plus de 13,5 secondes avant l'événement. Dans la plage des 13,5 s précédant l'arrivée de l'onde P, il n'a été enregistré aucune anomalie ou signal autre que des bruits liés au fonctionnement commun du bâtiment (climatisation ou aération, bruits domestiques, pas, portes) (voir pièces jointes que je vous remets, soit deux figures avec agrandissement du début d'enregistrement. La figure 1 représente l'enregistrement avant l'arrivée de l'onde P et la figure 2 représente l'élargissement du début de l'enregistrement). ----

--- D'autre part le pas d'acquisition est de 62,5 coups par seconde. -----

--- Les calibrations des deux composantes valides du sismomètre (horizontale et verticale) n'ont pas pu être faites à mieux que 10 %. -----

--- QUESTION : Quel est le format d'écriture de vos données ?

--- REPONSE : Toutes nos stations téléphoniques plus celle qui était en test enregistrent en format TITAN, format propre à la société AGECODAGIS qui fabrique les enregistreurs, qui est implantée à RIEUX-VOLVESTRE. -----

--- En ce qui concerne METEOSAT, les données sont moins utilisées parce que le signal est plus court et qu'il n'y a que la composante verticale. -----

--- QUESTION : -----

Pour la datation des données (P. 4 et P.5 de votre article à l'Académie des Sciences), quelles sont les valeurs communiquées par le ReNaSS ?-----

--- REPONSE : Immédiatement après l'explosion, le ReNaSS avait communiqué les valeurs suivantes, à partir de ce qu'il avait déjà dépouillé : 43 ° 32 . 16 mn Nord ; 1° 7 .12 mn Est, TO = 08 h 17 mn 56 s 77 . (Le dépouillement était peut-être incomplet). Nous, Service Sismique de l'OMP, à partir des seules données Pyrénées, avons aussi déterminé une heure origine approchée qui est : 08 h 17 mn 56 s (TU), plus ou moins une seconde.-----

--- En plus des données Pyrénées, nous avons inclus le temps

.../...

Copie certifiée conforme :
L'Officier de Police Judiciaire.



Souriau

01000452

D6008 page 4

Résultats principaux:

1. Comparaison entre les enregistrements des tirs de 2004 et le sismogramme OMP de 2001

1.1 Loi de vitesse sismique

Le pointé de la première onde P sur les enregistrements des tirs de 2004, combiné à l'analyse des phases au site OMP, à 4 km du site AZF, pour plusieurs tirs et une même station, permet d'établir un modèle très simplifié de la structure de vitesses sismique de la croûte superficielle (vitesse P de l'ordre de 3200 m/s, profondeur de l'interface à 1080 m). Ce modèle prédit des arrivées horizontales énergétiques effectivement observées pour les tirs de 2004 et l'enregistrement de 2001.

1.2 Localisation de la source principale par rapport au cratère

En analysant le délai entre l'onde P et l'onde de Rayleigh, nous trouvons que la source de l'explosion principale est au plus à 100 m à l'Est du centre du cratère. Ce résultat est indépendant de la datation absolue.

1.3 Datation de l'explosion de 2001

Dans l'hypothèse d'une source principale liée à l'explosion du tas de nitrate du hangar 221, en exploitant les temps d'arrivée des ondes P pour la majorité des tirs de 2004 et sur l'ensemble de nos stations du site OMP, nous pouvons en déduire le temps 0 de l'explosion principale, prenant en compte l'incertitude de 20 ms sur le temps absolu de l'enregistrement principal de 2001 et les incertitudes de pointés sur les sismogrammes :

$$T_0 = 08 \text{ h } 17 \text{ min } 55,422 \pm 0,026 \text{ s.}$$

rappels :

- article A.Souriau *et al.* (2002)

$$T_0 = 08 \text{ h } 17 \text{ min } 55,3 \pm 0,5 \text{ s}$$

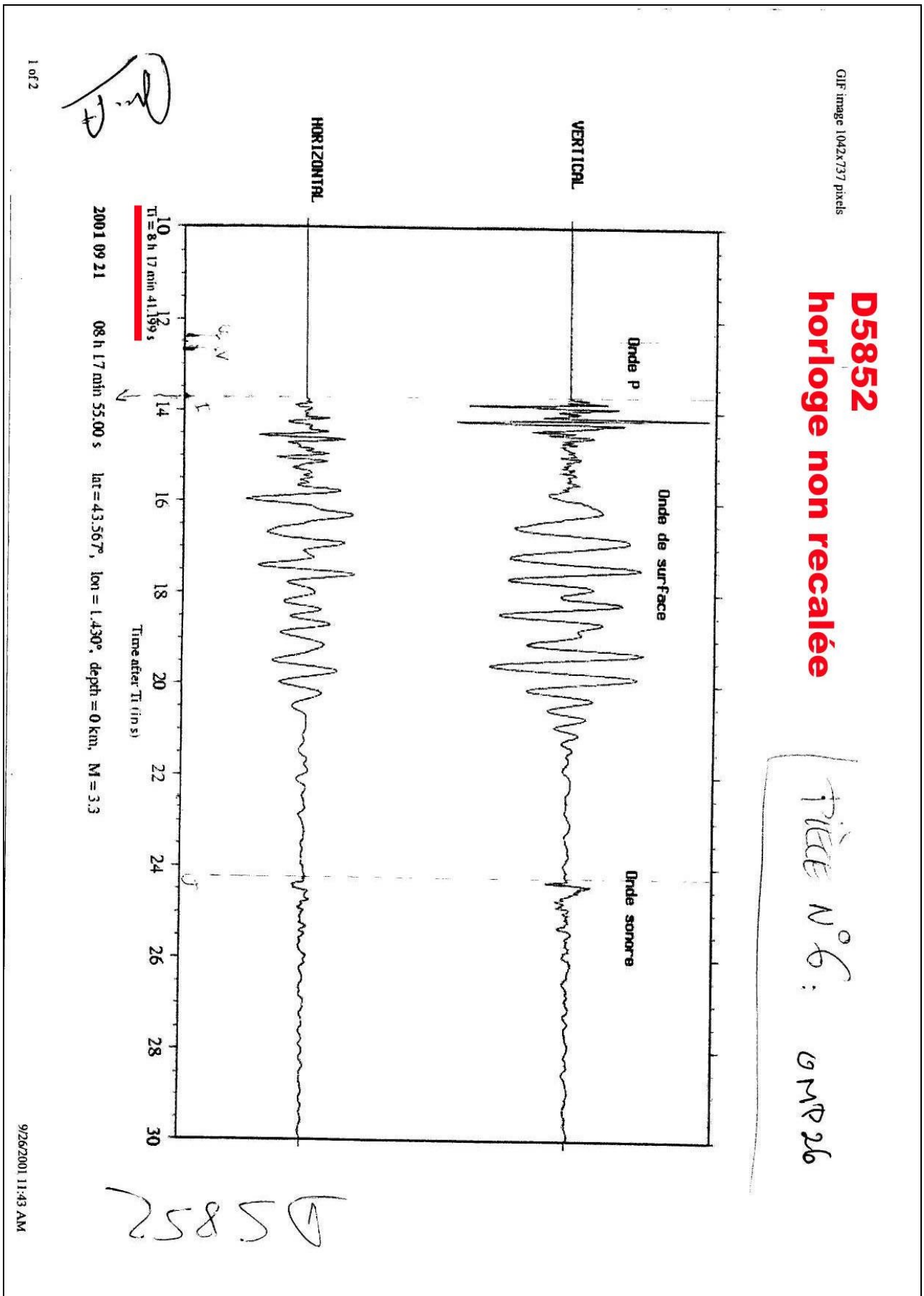
- nos premiers résultats sur quelques tirs, rapport d'étape du 27-02-2005 :

$$T_0 = 08 \text{ h } 17 \text{ min } 55,456 \pm 0,023 \text{ s}$$

1.4 Hypothèse d'une première explosion à la SNPE et sur le site AZF

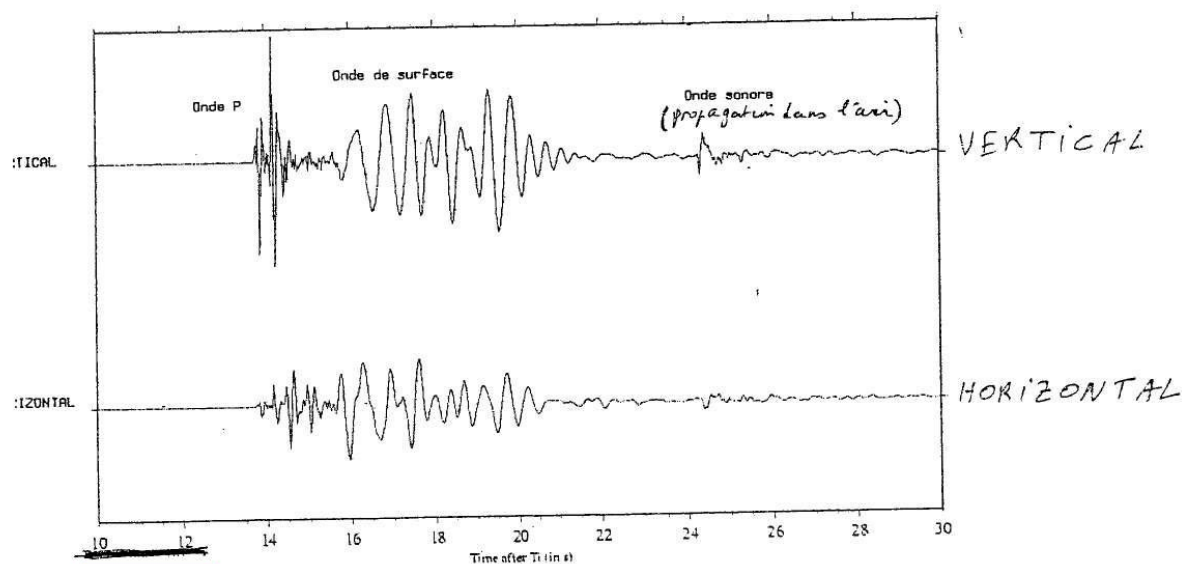
Nous excluons la possibilité d'une explosion significative à la SNPE à un temps $t < T_0 + 0,30 \text{ s}$ (charge confinée équivalente inférieure à 1 kg). Nous ne pouvons pas exclure la possibilité d'une explosion de plus forte charge non confinée (c'est-à-dire à la surface du sol ou aérienne). Cela exclut en particulier une explosion confinée significative « précurseur » ($t < T_0$) à la SNPE. Nous pouvons de même exclure toute explosion

ANNEXE 11 – D5852
Courbes de l'OMP avec une horloge non recalée



D320 page 3

Enregistrement visible à partir de la 10ème seconde



2001 09 21 08 h 17 min 55.00 s lat = 43.567°, lon = 1.430°, depth = 0 km, M = 3.4
 ONIP lat = 43.570°, lon = 1.481° Δ = 4 km

distance = 4,2 km.

Enregistrement de l'explosion de l'AZE
 par la station en test au labo (OMP)

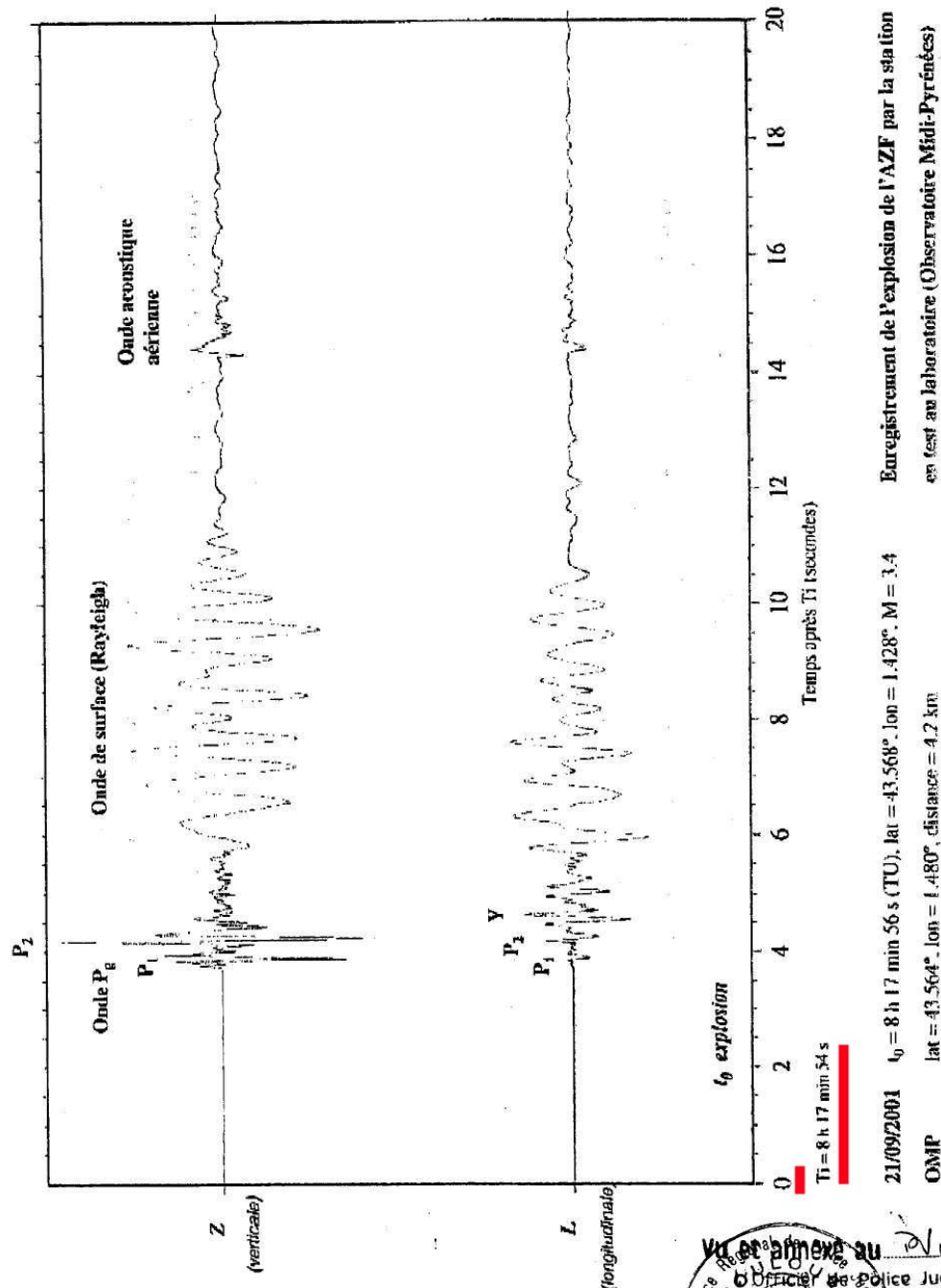
Vu et annexé au PV n° 537/
 0115



ANNEXE 13 - D842 page 6
Courbes de l'OMP avec démarrage à 0 sec et $T_i = 10h17'44,00$

D842 page 6

Figure 2



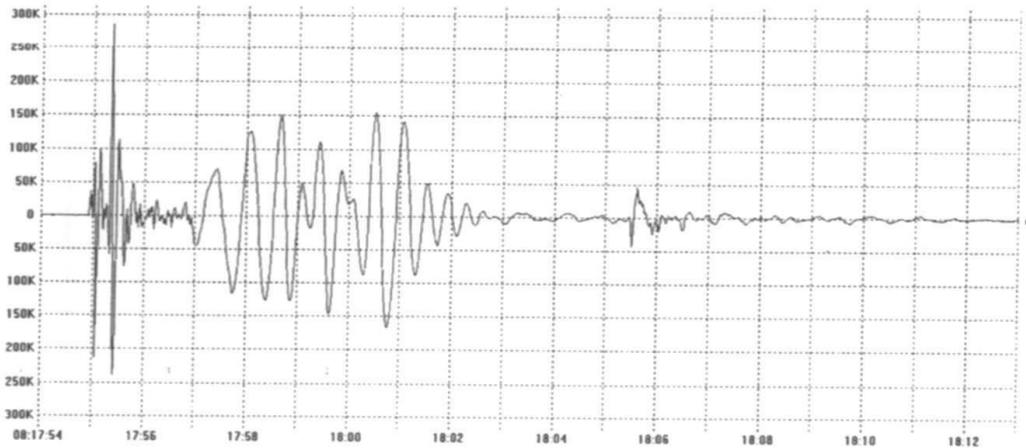
ANNEXE 14 – D4296 page 28
Courbes de l'OMP avec $T_i = 10h17'42,00$

D4296 page 28

2/6

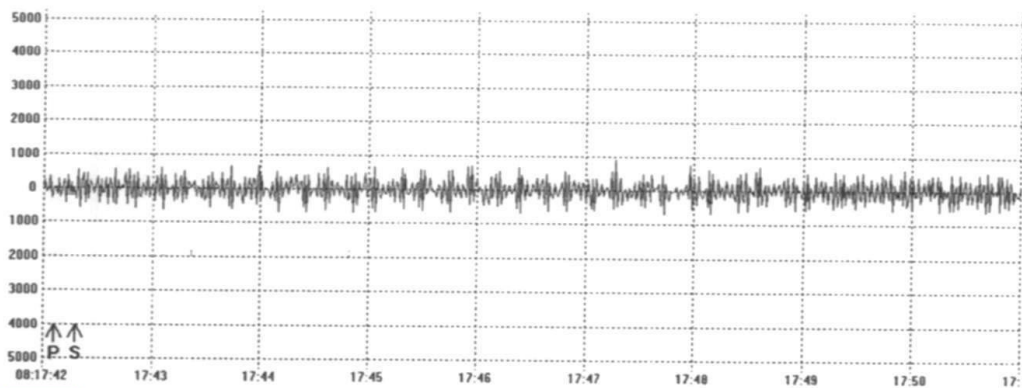
1. La composante Z

La composante Z (Axe Z, vertical) correspond aux déplacements verticaux du sol. La mesure quantifie la vitesse de déplacement du sol.



Composante Z brute : partie signal utile.

Pour comparaison, le début et la fin du signal ont été isolé, avec un facteur d'amplification de 60 pour accéder à la variation temporelle de l'amplitude.



Composante Z brute : partie bruit de fond initial.

Cette partie montre de façon évidente la présence de bruits monofréquentiels.

$T_i = 10h17'42.00$

ANNEXE 15 - D1966 page 3
Audition de Mme SOURIAU – T0 = 10h17'55,3

Suite Procès-verbal : 2001/000539/ C 99

Page 3

D1966
page 3

d'arrivée de l'onde sismique de l'OMP et nous avons imposé que l'épicentre soit à la position du cratère, à savoir : 43,5670 degré Nord, longitude 1,4269 degrés Est, d'après un point sur une carte communiqué par FAX par la DRIRE. -----

--- Je vous remets copie de ce FAX composé de deux feuillets, dont la carte, que vous me dites annexer au présent procès-verbal. -----

--- Ces derniers calculs permettent de trouver un temps origine de: 08 H 17 mn 55,45 secondes (TU). -----

--- L'autre approche a consisté à utiliser l'onde sonore, enregistrée du fait que le sismomètre n'était pas enterré. Nous avons pris une vitesse du son de 0,343 m par seconde, prenant en compte la température de l'air, nous avons négligé le vent (l'enregistrement sismique calme prouve que le vent n'était pas trop fort au moment de l'explosion) ainsi que l'augmentation de vitesse au voisinage immédiat de la source. On trouve ainsi : 08 h 17 mn 55,15 s (TU).-----

--- Les erreurs sont , dans le premier cas, associées à la méconnaissance des structures géologiques du sol et , dans le deuxième cas, à l'erreur due à la loi de vitesse de propagation du son au voisinage de la source.-----

--- La valeur de To retenue est la moyenne entre les deux précédentes, soit : 08 h 17 mn 55,3 s. Des incertitudes réalistes sur les paramètres possiblement entachés d'erreur, conduisent à une erreur qui ne devrait pas excéder 0,5 s. -----

--- QUESTION : Quels étaient les valeurs brutes des temps d'arrivée des différentes stations ? -----

--- REPONSE : Je ne les ai pas avec moi, je pourrai vous les communiquer ultérieurement. -----

--- En ce qui concerne la méthode de travail , nous avons utilisé un logiciel de localisation classique de sismologie, dont je pourrai vous préciser le type ultérieurement. -----

--- QUESTION : Comment avez-vous daté l'enregistrement de l'OMP, en l'absence de base de temps de référence ?-----

--- REPONSE : Je vous l'ai déjà expliqué précédemment. Ce qu'il faut ajouter c'est que, au début de la mesure de la dérive, pour comparer l'horloge interne de l'enregistreur à une horloge absolue, un top GPS a été injecté à l'entrée de l'enregistreur à la place du sismomètre.-----

--- QUESTION : Votre service est sûrement le mieux placé pour modéliser l'événement d'AZF, mais la modélisation est-elle suffisante ? Et pourrait-on vérifier certains paramètres pour une mesure "in situ" (parcours AZF - OMP), par une mesure (la source étant une explosion petite ou un vibreur) ?-----

--- REPONSE : La modélisation par sismographe synthétique (figure 4) a été limitée par plusieurs points : le premier, c'est la connaissance insuffisante des structures entre AZF et OMP. Le deuxième est que la source est mal connue, on a testé une source purement explosive et une force simple verticale. le troisième point est la topographie et les hétérogénéités des structures qui auraient nécessité une modélisation en trois dimensions. Pour valider une telle modélisation, il aurait fallu que le sismomètre ait trois composantes valides. De nombreux essais ont été faits avec des logiciels adaptés, on a retenu un calcul en champ proche. Des modélisations en champ lointain ont également été testées, Elles expliquent bien les ondes de RAYLEIGH, mais expliquent moins bien les ondes P.-----

Copie rectifiée et conforme :
 L'Officier de Police Judiciaire



Souriau

01000452

[Signature]

ANNEXE 16 - D1967 page 2
Mars 2002 - Liste des arrivées d'ondes P - OMP à 10h17'56,86

27.MAR.2002 17:25

UMR 5562 P.PINET

N0624

P.1/2



Université Paul Sabatier
Observatoire Midi-Pyrénées

UMR 5562 du CNRS

Dynamique Terrestre et Planétaire

Destinataire: Commandant SABY	fax: 05 61 12 78 49
Expéditeur : Annie Souriau	fax : 05 61 33 29 00
CNRS - UMR5562, Observatoire Midi-Pyrénées	tél : 05 61 33 29 64
Date : 27/03/2002	Nombre de pages : 2

Cher Monsieur,

En réponse à la demande de l'un des experts, vous trouverez ci-dessous les temps de première arrivée des ondes P utilisées pour la détermination du temps origine de l'explosion sur le site de l'AZF.

Le code des stations est le code officiel de l'ISC (International Seismological Centre), sauf pour la station à l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP), dont les coordonnées sont:

43,5616°N; 1,4786°E (système WGS84).

Les stations VIL, ALB, PON sont en Espagne.

Les nombres qui suivent le code sont: année, mois, jour, heure, minute, seconde (en TU).

Le logiciel de localisation qui a été utilisé est "HYPO71 (revised)" de W.H. Lee et J.C. Lahr ("A computer program for determining hypocenters, magnitudes and first motion pattern of local earthquakes", U.S.G.S., Open file report, 75-311, 116 pp.)

Code yrmodyhhmnss.ss

OMP 010921081756.86
PAND 010921081815.70
LARF 010921081826.76
LPEF 010921081809.39
MELF 010921081812.08
MLS 010921081808.72
ORDF 010921081825.97
OSSF 010921081828.40
REYF 010921081822.05
SJAF 010921081823.24
VALF 010921081819.11
VIEF 010921081819.09
GRBF 010921081809.85
LABF 010921081816.64
MTHF 010921081814.91
VIL 010921081823.17
ALB 010921081824.11
PON 010921081819.98
EPF 010921081814.00
MTLF 010921081807.50
LBL 010921081831.86

D1967
page 2

Copie certifiée conforme
L'Officier de Police
M. P. 2002.1539/5
L'Officier de Police Judiciaire



14, avenue Edouard-Belin - F 31400 Toulouse - France - Téléc.: (33) 05 61 33 29 64 - Fax : (33) 05 61 33 29 00

RTE <i>Transport Electricité Sud-Ouest</i> Groupe d'Exploitation Transport Pyrénées. Référence : . T.Pyr.CR.02001	CHRONOLOGIE ET ANALYSE SUCCINTE DES EVENEMENTS RESEAUX RTE SUITE A L'EXPLOSION AZF DU 21/09/2001	Indice : 1 Page : 4/5
--	---	-------------------------------------

1- CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS :

10h17mn56s40	T0	Explosion AZF (datation Réseau National Surveillance Sismique (ReNaSS))
10h17mn57s61	T1=T0+1s21	Défaut 11-terre sur ligne 63 kV Lafourguette Ramier (SNPE)
	T1+80ms	Déclenchement DJ à Lafourguette départ Ramier par Maxi
	T1+2s90	Signalisation absence U barres fugitive (30ms) à Portet
10h18mn07s	T2=T1+9s76	Défaut isolé 3-7 sur ligne 63 kV Lafourguette Château Pont des demoiselles
	T2+110ms	Déclenchement DJ à Lafourguette départ Château par PX zone 1
	T2+140ms	Déclenchement DJ à Château départ Lafourguette par PX zone 1
10h18mn12s	T3=T2+5s50	Réencenchement DJ à Lafourguette départ Château en renvoi ligne Défaut 7-terre retrouvé
	T3+110ms	Déclenchement définitif à Lafourguette départ Château
	T3+160ms	Déclenchement DJ 3Y631 à Portet par masse cable fugitive
	T3+200ms	Déclenchement DJ couplages 63 kV A et B à Portet par débouclage préventif
10h18mn30s	T4=T2+23s60	Réencenchement DJ à Château départ Lafourguette en renvoi par inversion de consigne Défaut 7-terre retrouvé
	T4+140ms	Déclenchement DJ définitif à Lafourguette départ Château
10h22		Fermeture DJ couplage 63 kV B à Portet
10h23		Fermeture DJ couplage 63 kV A à Portet
10h49		Fermeture DJ 3Y631 à Portet
12h30		Mise hors service du cycle triphasé automatique à Portet départ 225 kV Onia 1
12h31		Mise hors service du cycle triphasé automatique à Portet départ 225 kV Onia 2
14h07		Ouverture DJ à Mounède à Lafourguette
14h09		Ouverture DJ à Portet départ Lafourguette 1
14h09		Ouverture DJ à Portet départ Lafourguette 2 Poste 63 kV de Lafourguette hors tension

Pour mémoire, EGS est propriétaire et exploite ces installations au poste de LAFOURGUETTE

10h17mn56s82		Déclenchement DJ 3Y311 à Lafourguette (ref. horloge téléconduite)
--------------	--	---

Copie certifiée conforme
L'Officier de

Dans les jours qui ont suivi, les contrôles effectués n'ont révélé aucune anomalie. Le transformateur TR 311 a été remis en service le 28 Septembre à 16 h 09.

D2189 page 7

Nous nous sommes rapprochés de M DELIN AZF qui s'occupe des voies ferrées internes à l'usine, il doit nous mettre en contact avec la Société COGIFER à qui AZF sous traite la maintenance de l'embranchement particulier. Il m'intéresserait, en effet, de commenter avec ses spécialistes la destruction de la tresse et de pouvoir leur demander d'examiner si le sectionneur aérien ne porte pas de trace d'étincelage

- B) Investigations à la SETMI.

Cette usine de traitement des ordures ménagères située au MIRAIL est aussi un important producteur d'énergie électrique qu'elle livre à EDF sur le réseau 20 kV enterré qui aboutit au poste source de LAFOURGUETTE ou au poste source de La MOUNEDE.

M le Sous-Directeur nous a informé que démunie d'enregistreur de fonctionnement la SETMI n'a pu que constater que la centrale s'était séparée du réseau EDF (découplage).

Il convient ici de prêter attention aux documents datés du 30.01.02 qui nous ont transmis par la direction juridique d'EDF et sur lesquels on apprend que ce découplage a eu lieu à 10h17mn55s77

Le découplage des réseaux EDF des producteurs de forte puissance est sous le contrôle d'un ensemble de mesures (appelé GTE 2666 1-4) qui génère deux informations :

- une transmise par ligne téléphonique spécialisée reliant le producteur au poste source qui dit aux automatismes du producteur que le disjoncteur du poste source auquel il est raccordé vient d'ouvrir pour une raison quelconque et qu'il convient de séparer ses installations du réseau. Ici ce n'est pas le cas, aucune ouverture de disjoncteur ne figure sur le tableau EDF appelé « Chronologie commune ».
- une générée par un ensemble électronique, situé chez le producteur, qui contrôle la tension, la fréquence et la perte d'isolement d'un élément du réseau par rapport à la terre (défaut homopolaire). On peut donc penser que cet ensemble électronique ayant détecté une anomalie affectant une ou plusieurs des grandeurs électriques précitées, sans que l'on puisse savoir laquelle, a fait ouvrir le disjoncteur de couplage de la SETMI. EDF a enregistré cette ouverture 63 centièmes de seconde avant ce qui est par eux appelé le temps zéro (T0) - 10h17mn56s40 - correspondant à l'explosion AZF. Pour la datation de ce temps zéro EDF se réfère à la datation du Réseau National de Surveillance Sismique (ReNaSS).

EDF se tenant à notre disposition pour nous informer, il convient d'engager le dialogue avec leurs services sur ce point (correspondant régional de la Direction Juridique M MARIGO).

-C) Investigations à l'EDF.

L'énergie distribuée dans la zone qui nous concerne est gérée par deux services distincts qui se répartissent cette distribution en fonction de la tension des réseaux :

D6008 page 21

Rapport des sapiteurs P. BERNASCONI et P. BERNARD Vitesses des premières ondes P depuis le cratère à différentes positions dont l'OMP, mesurées en 2004.

Le tableau ci-dessous résume ces résultats (temps en secondes) avec une incertitude sur les écarts de la présente étude avec correction « Airblast ».
L'incertitude est estimée à 47 ms : 16 ms sur la vitesses sismique et 44 ms sur le temps d'arrivée de la surpression .

Sites	AF	ED	HD	RP	OMP
Vitesse sismique moyenne	2923 m/s	2622 m/s	2785 m/s	2684 m/s	2879 m/s
Ramenée aux distances de	4124 m	2642 m	3737 m	3275 m	4166 m
Temps d'arrivé de l'onde sismique	1,411	1,007	1,342	1,220	1,447
Temps d'arrivée de la surpression avec correction « Airblast » pour 48 Tonnes	11,63	7,33	10,51	9,17	11,75
Ecart de la présente étude, sans correction (344,8 m/s)	10,55	6,65	9,50	8,28	10,64
Ecart de la présente étude, avec correction modèle «Airblast»	10,22	6,32	9,16	7,95	10,30
Mini. expertises « audio »	10,19	6,28	8,78	7,70	
Max. expertises « audio »	10,52	6,61	9,12	7,92	
Pointé sur sismogramme OMP 2001					10,5
Ecart de la présente étude, avec corrections modèle «Airblast» et vitesse du vent à 7 m/s NE vers SO	10,22 + 0,25 =10,47 s	6,32 + 0,16 = 6,48 s	9,16 s	7,95 s	10,30 + 0,25 = 10,55 s

Il y a donc très bonne adéquation entre les mesures et les prédictions de notre modèle, associant le premier événement sonore au passage des ondes sismiques pour les 4 sites acoustiques instrumentés (AF = Air France Montaudran, ED= Ecole dentaire, HD= Hôtel Dieu, RP= Radio Présence) et le site de l'OMP. En ce qui concerne le site de l'Hôpital Purpan (HP) nous n'avions pas d'enregistrement sismique.

12.2 Simulations des mouvements du sol de 2001 aux sites acoustiques

Connaissant la fonction source de 2001, on peut simuler les effets sismiques de 2001 aux sites acoustiques par sommation des tirs enregistrés aux stations (si l'on se contente de la simulation des P, et non des ondes de surface). Le résultat est présenté en figure 15a. La qualité de la simulation de l'enregistrement de l'OMP (qui sert de point de calage des amplitudes) donne la qualité de la prédiction du mouvement sismique à ces sites acoustiques. Les amplitudes maximales prédites sont entre 0,12 et 0,30 mm/s, suivant les sites (l'amplitude est de 0,10 mm /s à l'OMP).

D6854 page 3

Questions relatives aux enregistrements de septembre 2001 à l'OM Que la défense souhaite voir poser à Mme Souriau

Actuellement, des interrogations ou des incertitudes subsistent quant à la calibration des sismogrammes enregistrés à l'OMP le 21 septembre 2001. Les enjeux sont relativement importants, liés à la comparaison des amplitudes 2001/2004 pour l'estimation de la charge 2001 à partir des tirs 2004, ainsi qu'à la comparaison des composantes entre elles sur le signal 2001, utilisées pour la polarimétrie des ondes de surface ainsi que l'étude de l'onde induite par la suppression acoustique.

Nous avons actuellement à notre disposition deux types d'enregistrement numérisés à 62,5 Hz (pas d'échantillonnage de 0,016s) sur les 3 voies Z (composante verticale), L (composante radiale), T (composante tangentielle) de l'explosion 2001 par le capteur L4C-3D situé à l'OMP. La composante T est actuellement reconnue comme défaillante, et ne sera pas traitée ici.

- Les fichiers (nommés par nous TITAN1), semblent correspondre à l'enregistrement brut en sortie de numériseur. Nous en disposons sous forme de fichiers ASCII (2001.09.21-08.17.41.OMP.0-x.ASC avec $x=0, 1$ ou 2) ou de fichiers SAC (2001.09.21-08.17.41.OMP.0-x.SAC). Chacun des fichiers comportent 3328 points, ce qui représente une durée de 53,248 secondes.
- Une deuxième série d'enregistrements (nommés par nous TITAN2), comportent 3300 points, soit une durée de 52,8 secondes. Les valeurs numériques sont compatibles avec la figure du CRAS de Souriau et al. (2002) et correspondent donc à des vitesses particulières. Ces enregistrements correspondent donc en durée à ceux utilisés par les sismologues civils et pénaux.

Le recalage des sismogrammes TITAN1 et TITAN2 montre que le premier échantillon des enregistrements TITAN2 correspond à l'échantillon n° 129 des enregistrements TITAN1. Les enregistrements TITAN2 se terminent donc 100 échantillons plus loin.

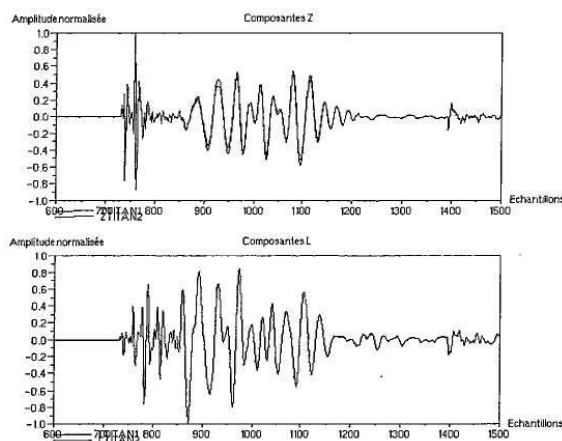


Figure 1 : Superposition des tracés TITAN1 (rouge) et TITAN2 (bleu)
après recalage (échantillon 1 = 1^{er} échantillon TITAN2) et normalisation

La comparaison visuelle (figure 1) des sismogrammes TITAN1 et TITAN2, normalisés par leur amplitude maximale montre des différences visibles dans la forme d'onde, notamment

D6008 page 20

11. Détermination du temps zéro de l'explosion de 2001

Nous prenons comme hypothèse une source explosive débutant à l'extrémité est du tas de nitrate (source anti-directive). L'analyse du temps d'arrivée $t_a(d)$ de l'onde P nous permet de remonter au temps origine T_0 (figure 14). Nous prenons une valeur estimée :

$$t_a - T_0 = 1,447 \text{ s } \pm 0,015 \text{ s},$$

d'après la distribution des valeurs $t_a(d)$, en donnant une pondération plus forte aux quelques points proches du cratère.

Par ailleurs, on pointe $t_a = 08 \text{ h } 17 \text{ min } 56,861 \text{ s } + \frac{1}{2} \times 0,016 \text{ s } \pm 0,008 \text{ s}$
le terme additif correspondant à un demi pas d'échantillonnage.

On obtient donc le temps zéro:

$$T_0 = 08 \text{ h } 17 \text{ min } 55,422 \pm 0,026 \text{ s}$$

en prenant en compte l'incertitude supplémentaire liée au calage du temps GPS (0,02 s), les incertitudes sur $(t_a - T_0)$ et le pointé de t_a qui sont considérées au niveau de deux écarts-types. Nous faisons l'hypothèse que l'incertitude donnée sur le GPS correspond à deux écarts-type. L'incertitude de 0,026s sur le T_0 correspondrait alors à deux écarts-type.

12. Enregistrements acoustiques

12.1 Effets sismiques sur les enregistrements sonores

Le temps de parcours de l'onde sismique P, supposée partir du bord le plus proche du cratère par rapport au site acoustique, est calculé d'après les enregistrements de 2004. On a pris en compte la profondeur et la position décalée des tirs de forage par rapport au cratère.

Le temps de parcours de l'onde acoustique est déduit du modèle d'explosion « Airblast », prenant en compte la partie supersonique du souffle. Cette partie supersonique raccourcit d'environ 0,4 s le temps de trajet de l'onde sonore aux distances pluri-kilométriques. Les incertitudes sont principalement liées à l'incertitude sur la quantité d'explosif équivalente en surface. Une valeur de 48 tonnes d'équivalent nitrate-fioul en régime de détonation a été retenue pour les calculs, en se basant sur la géométrie et la dimension du cratère, et l'extension des dégâts en champ lointain.

Nous calculons l'écart temporel, c'est-à-dire la différence de ces deux temps de parcours (sismique et acoustique), et la comparons aux mesures « audio » des différentes expertises.

ANNEXE 22 - D842 page 3 et 4
Rapport OMPRE : délai entre bang sismique et son AZF

D842 page 3 et 4 - Tableau bang sismique - son AZF

L'enregistrement de la vitesse du sol est donné suivant deux directions: la verticale (Z) et une direction horizontale (L = longitudinale) qui se trouve être approximativement la direction AZF-OMP [fig. 2]. La composante horizontale manquante, perpendiculaire à la direction AZF-OMP, a peu d'intérêt dans le cas d'une source explosive (pas d'onde de cisaillement).

On identifie sur le sismogramme:

- l'onde Pg (onde directe), reconnaissable à sa polarisation rectiligne (les pics sur Z et sur L coïncident), et à la valeur du rapport Z/L. Elle correspond à un premier mouvement vers le haut, ce qui est normal pour une explosion. Elle arrive sous forme de deux phases distinctes, P1 et P2, séparées de 0.4 seconde.

- une onde (Y) visible seulement sur la composante L, vraisemblablement engendrée à une interface entre 2 couches sédimentaires, dans les deux premiers kilomètres sous la surface, par conversion de l'onde P.

- une onde de surface (onde de Rayleigh), facilement reconnaissable à son arrivée tardive, à ses basses fréquences et à sa polarisation elliptique (les pics Z et L ne se correspondent pas).

- le signal acoustique, correspondant à une propagation dans l'air, bien enregistré parce que le sismomètre n'était pas enterré. La propagation dans l'air étant beaucoup plus lente que dans le sol, ce signal arrive en fin d'enregistrement. Le premier mouvement du sol vers le bas indique une surpression de l'air lors du passage de l'onde acoustique.

Questions et réponses

Sur les signaux du ReNass, on voit plusieurs arrivées. Dénotent-elles plusieurs événements?

Non: il s'agit des différentes phases Pg, Pn, PMP toutes issues d'un événement unique et ayant des trajets différents dans la Terre (voir ci-dessus). Il n'y a qu'une explosion identifiable sur le plan sismologique, c'est à dire une seule explosion donnant de l'énergie dans le sol.

Le double signal de l'onde P enregistré à l'OMP (P1 et P2 séparées par 0.4 seconde) reflète-t-il deux explosions?

Non: Si les deux pics P1 et P2 étaient dûs à la source explosive, on les retrouverait sur les enregistrements des stations pyrénéennes, puisqu'ils se seraient propagés de façon identique. Or ce n'est pas le cas –voir par exemple, l'enregistrement de la station de Le Peyrat (Ariège) [Fig. 3]. Le deuxième pic P2 est vraisemblablement dû à une réflexion à l'interface entre deux couches sédimentaires de nature différente.

De nombreux témoignages relatent deux "bangs". Peuvent-ils être dûs à une explosion unique?

Oui: Le premier "bang" serait le signal sonore associé à l'onde P (donc se propageant par le sol), le deuxième étant l'onde acoustique se propageant dans l'air. Dans ce cas, la différence de temps entre les deux "bangs" doit augmenter quand on s'éloigne de la source, en suivant approximativement les ordres de grandeur donnés dans le tableau ci-dessous:



Distance à l'explosion (en mètres)	Différence de temps approximative entre les deux "bangs" (en secondes)
0	0
500	1,3
1000	2,5
1500	4
2000	5

14, avenue Edouard-Belin - F 31400 Toulouse - France - Téléph.: (33) 61 33 39 01 - Télex: 530 776 - Fax: (33) 61 25 32 05

Délai = dist/V_p - $\text{dist}/V_{\text{son}}$ (avec V_p entre 2,5 km/s et 3 km/s et $V_{\text{son}} = 340$ m/s)

3

3000	8
4000	10
5000	13
6000	15

Si la différence de temps signalée entre les deux "bangs" est indépendante de la distance au site de l'AZF, il y a effectivement deux explosions. Il semble donc important d'obtenir plus de renseignements sur ce point. Les premiers témoignages recueillis favorisent l'interprétation de deux "bangs" dus à une seule explosion.

S'il y a eu deux explosions, on devrait observer deux signaux acoustiques. Les voit-on?

Non, on ne voit sur l'enregistrement de l'OMP qu'un seul événement acoustique, et un seul événement sismique. S'il y a eu effectivement deux explosions, la première a dû être suffisamment faible pour que l'onde acoustique ne soit pas détectée par notre appareil, et son impact au sol suffisamment peu énergétique pour que l'onde P ne soit pas visible à 4 km.

En résumé:

- Les enregistrements sismologiques de Toulouse et du Réseau National de Surveillance Sismique n'ont détecté qu'une explosion.
- Une explosion unique peut expliquer les deux "bangs" perçus par la population, en tenant compte de la propagation dans la Terre, et à condition que le délai entre les deux "bangs" augmente avec la distance à l'explosion. Ceci semble être le cas, d'après les témoignages recueillis.
- Si le délai entre les deux "bangs" ne variait pas avec la distance, il s'agirait de deux explosions distinctes. Dans ce cas, la première explosion n'aurait pas été détectée par le sismographe de l'OMP-Toulouse à cause de sa trop faible énergie, ou de son faible couplage avec le sol (explosion aérienne).

Les données disponibles, et l'état actuel de nos investigations, ne nous permettent pas à cette date (26/09/2001) d'apporter d'autres conclusions.

Figures jointes:

- 1- Enregistrements obtenus dans les stations pyrénéennes (composantes verticales seulement)
- 2- Enregistrement obtenu à l'Observatoire Midi-Pyrénées (composante verticale et une composante horizontale orientée dans la direction de l'AZF)
- 3- Comparaison de la première arrivée (onde P) à Toulouse et dans une station pyrénéenne.

*Rapport préparé par l'équipe de sismologie de l'Observatoire Midi-Pyrénées (Annie Souriau, Matthieu Sylvander, Alexis Rigo, Jean-François Fels et Sébastien Benahmed),
à Toulouse, le 26/09/2001.*



14, avenue Edouard-Bélin - F 31400 Toulouse - France - Téléph.: (33) 61 33 29 01 - Téléc.: 530 776 - Fax: (33) 61 33 52 05

ANNEXE 23 - D1966 page 2
Audition de Mme SOURIAU – Heure du RéNaSS à 10h17'56,77

Suite Procès-verbal : 2001/000539/ C 99

Page 2

D1966
page 2

soit transmises par téléphone (une quinzaine de stations), soit par le satellite METEOSAT (cinq stations).-----

--- Le 21 septembre 2001, aucun sismologue ne se trouvait dans les locaux, mais dans le laboratoire de sismologie, se trouvait au rez-de-chaussée, posé à même le sol, un sismomètre au rebut, connecté à un enregistreur normal (matériel comparable aux stations pyrénéennes), équipé d'une horloge interne mais non calée sur le temps universel. Le sismomètre n'était pas orienté (la composante Nord du sismographe n'était pas orientée vers le Nord géographique), le niveau à bulle n'était pas calé (mais le sol était plat). De plus l'une des composantes horizontales du sismomètre était invalide et les deux autres n'étaient pas étalonnées pour les amplitudes. -----

--- Il convient de préciser que les sismomètres, aussi bien ceux des stations pyrénéennes que celui de la station en test étaient des vélocimètres (mesure de la vitesse du sol).-----

--- Donc, pour l'exploitation des données enregistrées, dont nous n'avons eu connaissance que le lundi 24 Septembre, il a été nécessaire de déterminer le temps recalé sur une base de temps universel, par correction d'une dérive d'horloge qui s'est révélée être linéaire (de ce fait le temps de l'enregistreur a pu être déterminé à environ 0,02 seconde près). Il faut préciser que les enregistrements sont déclenchés, donc non continus, de ce fait, on ne dispose pas de signal plus de 13,5 secondes avant l'événement. Dans la plage des 13,5 s précédant l'arrivée de l'onde P, il n'a été enregistré aucune anomalie ou signal autre que des bruits liés au fonctionnement commun du bâtiment (climatisation ou aération, bruits domestiques, pas, portes) (voir pièces jointes que je vous remets, soit deux figures avec agrandissement du début d'enregistrement. La figure 1 représente l'enregistrement avant l'arrivée de l'onde P et la figure 2 représente l'élargissement du début de l'enregistrement). ----

--- D'autre part le pas d'acquisition est de 62,5 coups par seconde. -----

--- Les calibrations des deux composantes valides du sismomètre (horizontale et verticale) n'ont pas pu être faites à mieux que 10 %. -----

--- QUESTION : Quel est le format d'écriture de vos données ?

--- REPONSE : Toutes nos stations téléphoniques plus celle qui était en test enregistrent en format TITAN, format propre à la société AGECODAGIS qui fabrique les enregistreurs, qui est implantée à RIEUX-VOLVESTRE. -----

--- En ce qui concerne METEOSAT, les données sont moins utilisées parce que le signal est plus court et qu'il n'y a que la composante verticale. -----

--- QUESTION : -----

Pour la datation des données (P. 4 et P.5 de votre article à l'Académie des Sciences), quelles sont les valeurs communiquées par le ReNaSS ?-----

--- REPONSE : Immédiatement après l'explosion, le ReNaSS avait communiqué les valeurs suivantes, à partir de ce qu'il avait déjà dépouillé : 43° 32' 16 mn Nord ; 1° 7' 12 mn Est, TO = 08 h 17 mn 56 s 77. (Le dépouillement était peut-être incomplet). Nous, Service Sismique de l'OMP, à partir des seules données Pyrénées, avons aussi déterminé une heure origine approchée qui est : 08 h 17 mn 56 s (TU), plus ou moins une seconde.-----

--- En plus des données Pyrénées, nous avons inclus le temps .../...

Copie certifiée conforme :
 L'Officier de Police Judiciaire.



Souriau

01000452

ANNEXE 24 - D1967 page 2
Mars 2002 – Liste des arrivées des ondes P

27.MAR.2002 17:25

UMR 5562 P.PINET

N2624

P.1/2



Université Paul Sabatier
Observatoire Midi-Pyrénées

D1967 page 2

UMR 5562 du CNRS

Dynamique Terrestre et Planétaire

Destinataire: Commandant SABY	fax: 05 61 12 78 49
Expéditeur : Annie Souriau	fax : 05 61 33 29 00
CNRS – UMR5562, Observatoire Midi-Pyrénées	tél : 05 61 33 29 64
Date : 27/03/2002	Nombre de pages : 2

Cher Monsieur,

En réponse à la demande de l'un des experts, vous trouverez ci-dessous les temps de première arrivée des ondes P utilisées pour la détermination du temps origine de l'explosion sur le site de l'AZF.

Le code des stations est le code officiel de l'ISC (International Seismological Centre), sauf pour la station à l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP), dont les coordonnées sont:

43,5616°N; 1,4786°E (système WGS84).

Les stations VIL, ALB, PON sont en Espagne.

Les nombres qui suivent le code sont: année, mois, jour, heure, minute, seconde (en TU).

Le logiciel de localisation qui a été utilisé est "HYPO71 (revised)" de W.H. Lee et J.C. Lahr ("A computer program for determining hypocenters, magnitudes and first motion pattern of local earthquakes", U.S.G.S., Open file report, 75-311, 116 pp.)

Code yrmodyhhmnss.ss

OMP 010921081756.86
PAND 010921081815.70
LARF 010921081826.76
LPEF 010921081809.39
MELF 010921081812.08
MLS 010921081808.72
ORDF 010921081825.97
OSSF 010921081828.40
REYF 010921081822.05
SJAF 010921081823.24
VALF 010921081819.11
VIEF 010921081819.09
GRBF 010921081809.85
LABF 010921081816.64
MTHF 010921081814.91
VIL 010921081823.17
ALB 010921081824.11
PON 010921081819.98
EPF 010921081814.00
MTLF 010921081807.50
LBL 010921081831.86

OMP

Très éloignée
CEA-DAM à 0,1 sec près

Très éloignée, onde Pn
Très éloignée, onde Pn
Onde Pn
Onde Pn

1,2 sec avant l'heure du RéNaSS

Espagne, onde Pn
Espagne, onde Pn
Espagne, onde Pn

CEA-DAM à 0,1 sec près
Très éloignée, onde Pn

Copie certifiée conforme
L'Officier de Police Judiciaire

Prise de possession par PV 2002.1539/c 10
L'Officier de Police Judiciaire



14, avenue Edouard-Belin - F 31400 Toulouse - France - Téléph.: (33) 05 61 33 29 64 - Fax : (33) 05 61 33 29 00

Contrôle des vitesses des ondes P avec les arrivées des ondes P de la pièce D1967 page 2

Souriau PJ D1967 : ondes P		Réseau	Onde	Angle	Distance	M	S	C	Délai	Vitesse	Remarque	
10h17'55,455			Onde	Degré	m				1/100è	m/sec		
Version officielle : Cratère AZF				0,0000		0	17	55	46	107546		
Stations												
OMP	OMP	Pg	0,0377	4188	17	56	86		140	2991	datation et vitesse non prouvées	Est
MTLF Montolieu	CEA-DAM	Pg	0,6182	68708	18	7	50		1204	5707	précision 0,1s et vitesse limite !	Est
MLS Moulis	RéNass	Pg	0,6555	72863	18	8	72		1326	5495	vitesse hors limite !	Sud-Ouest
LPEF Le Peyrat	RéNass	Pg	0,7109	79018	18	9	39		1393	5672	vitesse hors limite !	Sud-Est
GRBF Gourbit	RéNass	Pg	0,7297	81110	18	9	85		1439	5637	vitesse hors limite !	Sud-Est
MELF Melles	RéNass	Pg	0,8486	94330	18	12	8		1662	5676	vitesse hors limite !	Sud-Ouest
EPF Esparros	CEA-DAM	Pg	0,9581	106494	18	14	0		1854	5744	précision 0,1s !	Sud-Ouest
MTHF Mouthoumet	RéNass	Pg	1,0237	113786	18	14	91		1945	5850		Sud-Est
PAND Principauté d'Andorre	RéNass	Pg	1,0475	116463	18	15	70		2024	5754		Sud-Est
LABF Labassère	RéNass	Pg	1,1162	124065	18	16	64		2118	5858	1,21 sec d'écart avec le RéNass !	Sud-Ouest
VIEF Vey	RéNass	Pg	1,2325	136998	18	19	9		2363	5798	ondes Pn et Pg proches	Sud-Ouest
VALF Valcebolère	RéNass	Pg	1,2424	138112	18	19	11		2365	5840	ondes Pn et Pg proches	Sud-Est
PON Pont de Suert (Espagne)	Espagne	Pg	1,2618	140266	18	19	98		2452	5720	ondes Pn et Pg proches	Sud-Ouest
REYF Rey	RéNass	Pn	1,4181	157628	18	22	5		2659	5928		Sud-Ouest
VIL Vilada (Espagne)	Espagne	Pn	1,4701	163400	18	23	17		2771	5897		Sud-Est
SJAF St-Jean l'Albère	RéNass	Pn	1,5195	168889	18	23	24		2778	6080		Sud-Est
ALB Albanya (Espagne)	Espagne	Pn	1,5739	174943	18	24	11		2865	6106		Sud-Est
ORDF Ordiap	RéNass	Pn	1,7584	195435	18	25	97		3051	6406	éloigné	Sud-Ouest
LARF Larrau	RéNass	Pn	1,8404	204557	18	26	76		3130	6535	éloigné	Sud-Ouest
OSSF Osses	RéNass	Pn	1,9840	220510	18	28	40		3294	6694	éloigné	Ouest
LBL Lubilhac	RéNass	Pn	2,1151	235074	18	31	86		3640	6458	éloigné	Nord-Est

**Stations rangées selon la distance au centre du cratère
Séisme à l'heure finale des experts judiciaires 10h17'55,46**

D1965 page 7 - CRAS

7.000000 15.000

UNR 5562 P. PINET

102486

P.6 14

A partir de ces différentes ondes, qui réalisent une sorte de profil en éventail entre Toulouse et les Pyrénées, il est possible de proposer un modèle crustal moyen pour la partie centrale du Bassin Aquitain. Les ondes Pg donnent une vitesse moyenne de 5.72 ± 0.16 km/s. Dans l'hypothèse d'une croûte homogène, les ondes PMP, qui sont moins influencées par les couches superficielles que les ondes Pg, conduisent à une vitesse crustale moyenne de 6.1 ± 0.2 km/s et à une épaisseur crustale de 32.8 ± 2.9 km. Ces valeurs sont en accord avec celles obtenues dans les régions peu tectonisées de la France et au pied des Pyrénées, où des valeurs de vitesses moyennes de 5.8 à 6.2 km/s sont obtenues dans la croûte, avec une profondeur moyenne du Moho voisine de 31 ± 2 km [2, 4-5].

Pour les ondes Lg, les enregistrements pyrénéens donnent une vitesse de groupe standard de l'ordre de 3.2 km/s pour les périodes voisines de 0.2 s, qui correspondent au maximum d'énergie. La présence de courtes périodes est due au fait qu'une partie de l'énergie a été guidée dans la couche sédimentaire qui surmonte le substratum [3], et dont l'épaisseur varie de 1000 à 2500 m sous les trajets concernés [6]. Pour une telle structure, l'onde Lg est particulièrement bien développée si la source est superficielle [7].

3. Analyse de l'enregistrement de l'OMP

La chaîne d'acquisition en test à l'OMP était similaire à celle des stations pyrénéennes, à deux différences près:

- le sismomètre n'enregistrait que sur deux composantes, la verticale et une horizontale, l'autre horizontale étant hors service. La composante horizontale valide était orientée à $\pm 2^\circ$ près suivant la direction AZF-OMP à N107°E, et donc elle correspond à la composante longitudinale. L'explosion n'engendrant pas ou peu d'onde S directe, on a donc, avec les composantes Z et L, la quasi-totalité du signal. Il a été nécessaire de corriger de la réponse instrumentale, différente pour les deux composantes, et déterminée a posteriori.
- le numériseur n'était pas connecté à une base de temps de référence, ce qui fait que la série temporelle enregistrée est relative et non absolue. Le décalage entre temps interne et temps absolu a donc dû être également déterminé a posteriori, en évaluant sur une dizaine de jours la dérive de la base de temps du système d'acquisition.

Le signal corrigé de la réponse instrumentale et recalé en temps est montré sur la figure 2.

A partir de cet enregistrement, deux méthodes indépendantes ont été utilisées pour déterminer avec précision l'heure origine t_0 de l'explosion. La première consiste à introduire le temps t_1 de la première arrivée de l'enregistrement OMP dans la routine de localisation, en plus des temps d'arrivée des stations du RéNaSS, et à fixer la position du foyer. Compte tenu de la magnitude mesurée, celui-ci est nécessairement associé au cratère créé par l'explosion. Les résidus minima sont obtenus pour le temps $t_0 = 08h\ 17\ min\ 55.45s\ TU$. La deuxième méthode utilise le temps de trajet de l'onde acoustique aérienne, bien observée en fin d'enregistrement puisque le sismomètre n'était pas enterré. En prenant une vitesse du son de 0.343 km/s, qui tient compte de la température moyenne de l'air au moment de l'explosion, mais néglige l'augmentation de vitesse au voisinage immédiat de la source, on obtient $t_0 = 08h\ 17min\ 55.15s\ TU$. Ces deux déterminations sont en excellent accord, nous adopterons la valeur médiane $t_0 = 08h\ 17\ min\ 55.3s\ TU$. L'imprécision sur cette valeur n'excède pas 0.5 s, compte tenu des incertitudes sur les différents paramètres (modèle de Terre et vitesse du son) qui ont permis sa détermination.

3.1 Analyse des phases de l'enregistrement.

ANNEXE 27 – Liste du RéNaSS
Station de Labassère LABF à 1,21 sec de la version OMP



Le RéNaSS

Réseaux sismiques

Sismicité

Liens

FAQ

Infos

Intranet

Liens directs:

Derniers séismes
localisés

Current Earthquake
Information

Alarmes

Données / Data
(autoDRM / ftp)

Documents
pédagogiques
de l'EOST

loc: SSW TOULOUSE (31) (EXPLOSION USINE AZF)
date: 21/09/2001-08:17:56.35
lat: 43.56
lon: 1.42
ml: 3.4

MLS	PG	08:18:08.79
LPEF	PG	08:18:09.27
LPEF	SG	08:18:21.47
GRBF	PG	08:18:10.03
MELF	PG	08:18:12.29
MELF	SG	08:18:24.79
MTHF	PG	08:18:15.03
PAND	PG	08:18:15.67
RESF	PG	08:18:16.75
RESF	SG	08:18:32.13
LABF	PG	08:18:17.85
VALF	PG	08:18:19.15
VALF	SG	08:18:36.33
VIEF	PG	08:18:19.17
VIEF	SG	08:18:37.07
FILF	PG	08:18:19.35
FILF	SG	08:18:36.87
REYF	PG	08:18:22.53
SJAF	PN	08:18:23.21
SJAF	SG	08:18:43.73
ATE	PG	08:18:26.13
ATE	SG	08:18:48.65
ORDF	PN	08:18:26.67
LARF	PN	08:18:26.83
FDAF	PG	08:18:27.07
OSSF	PN	08:18:28.91
LBL	PN	08:18:31.86
LBL	SG	08:19:04.67
PYM	PN	08:18:36.70
PRAF	PN	08:18:39.73
AGO	PN	08:18:40.91
TREF	PN	08:18:41.77
PLDF	PN	08:18:42.18
BERF	PN	08:18:44.91
TAVF	PN	08:18:48.70
CALN	PN	08:18:56.90
MVIF	PN	08:18:59.98
TOUF	PN	08:19:01.00
AURF	PN	08:19:01.49
AUTN	PN	08:19:02.62
SAOF	PN	08:19:03.66

**LABF à 10h18'17,85
1,21 sec après l'heure
du repérage dans le
document D1967
page 2 de l'OMP
10h18'16,64 soit
plus de 7 km d'écart
à la vitesse sismique**

([format brut](#))

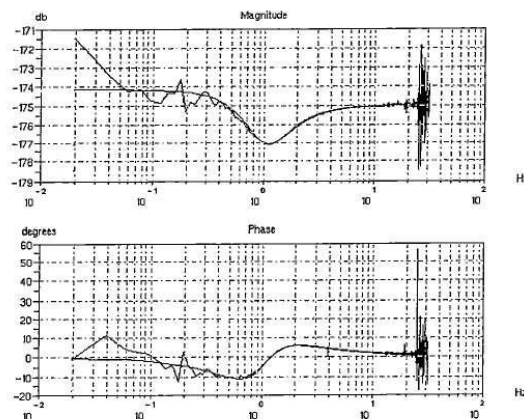
D6854 page 6

Figure 4 : Ajustement de la loi de correction (1) sur la fonction de transfert expérimentale.
Les paramètres sont ceux inclus dans le texte.

Questions restant en suspens ou informations à confirmer :

- Quelle est l'origine des différents enregistrements TITAN1 et TITAN2 ?
- Quel(s) enregistrement(s) fait(font) l'objet d'un scellé ?
- Si les valeurs tirées de la documentation donnent une calibration de $3.51 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique, pourquoi la valeur de $2,67 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique est déclarée nominale par A. Souriau (Agecodagis annonce la possibilité de gains variables) ?
- Pour quelle(s) raison(s) les sismologues de l'OMP ont modifiés cette valeur postérieurement à l'article du CRAS ? Les sappeurs du civil ont obtenu cette information, qualifiée de « probable » le 5 avril 2005.
- Les résultats de la comparaison spectrale entre les enregistrements TITAN1 et TITAN2 montre que l'application de la correction spécifique pour la voie Z semble impliquer une correction déterminée expérimentalement pour cette voie Z. Est-il possible d'obtenir des détails sur cette correction de réponse atypique ou de confirmer le résultat déterminer plus haut (correction de la fréquence propre et du facteur d'amortissement) ?
- La très forte ressemblance de la composante L entre TITAN1 et TITAN2 montre que seules une mise à moyenne nulle et la multiplication par une valeur moyenne de $2,678 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique ont été effectuées pour transformer TITAN1 en TITAN2. Aucune correction instrumentale (réponse du capteur L-4C3D) n'a donc été effectuée. Cependant, le fait que cette constante oscille entre $2,641 \cdot 10^{-9}$ et $2,713 \cdot 10^{-9}$ n'est-il dû qu'à un problème de précision numérique ?
- la voie Z est corrigée d'un comportement non nominal du capteur avec une amplification de $1.78 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique ; la voie L a simplement été amplifiée par la valeur de $2.67 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique. Peut-on aussi en déduire que l'amplification doit être de $5,5 \cdot 10^{-10}$ m/s par unité numérique et non de $2,67 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique que pour cette voie L ?

ANNEXE 29 - 5020 page 2A

Audition de Mme SOURIAU : nouvelle amplitude de l'OMP <0,1 mm/sec

Suite Procès-verbal : 2004/000164/002

Page 2

D5020
page 2

--- "J'exerce la profession de : DIRECTEUR DE RECHERCHES AU ---
CNRS O.M.P. TOULOUSE." -----
--- "Je suis domiciliée 14, AVENUE EDOUARD BELIN 31000 -----
TOULOUSE." -----
---- "Je prends acte des termes de la Commission Rogatoire que
vous me présentez et je m'engage à répondre à vos questions
suggérées " :-----
-1-QUESTION : Quelle est la valeur du temps (UTM) à donner au
premier échantillon du signal numérique brut de la composante
verticale ?-----
---REPONSE : "Elle est de 08H17mn 45.18 secondes, avec une
précision évaluée à 0,02 secondes. -----
---- Il s'agit de l'heure TU du premier point d'enregistrement
des composantes verticale et radiale."-----
-2-QUESTION : Quelle est la valeur du temps (UTM) à donner au
premier échantillon du signal numérique brut de la composante
radiale ?-----
--- REPONSE : "Il s'agit de la valeur précisée dans la
première réponse. "-----
-3-QUESTION : Quel facteur multiplicatif d'échelle faut-il
appliquer à la composante verticale brute pour obtenir les
valeurs de vitesse réelle ? Préciser l'information sur l'unité
utilisée.-----
-4-QUESTION : Quel facteur multiplicatif d'échelle faut-il
appliquer à la composante radiale brute pour obtenir les valeurs
de vitesse réelle ? Préciser l'information sur l'unité utilisée.
---REPONSE : "Je préfère fournir une réponse globale aux
questions 3 et 4, qui sont liées : -----
----" Pour l'article du Compte Rendu de l'Académie des Sciences,
nous avons pris $K = 2,67 \cdot 10^{-9}$ puissance (-9) exprimée en (m/s)
/ unité numérique pour les deux composantes, qui est la valeur
nominale du numériseur Harris. La composante verticale avait été
corrigée de sa réponse atypique pour la rendre identique à celle
de la composante horizontale. -----
---- Cependant la station qui était en test au laboratoire le
jour de l'explosion était différente de celles du reste du
réseau, l'amplification devait être de $5,5 \cdot 10^{-10}$ puissance (-10)
mètres par secondes par unité numérique (et non $2,67 \cdot 10^{-9}$
mètres par secondes / par unité, pour les deux
composantes. -----
---- Nous n'avons plus maintenant le moyen de le vérifier, le
matériel ayant été saisi et placé sous scellé. -----
---- L'appareil a été sur le terrain pendant l'hiver 2001-2002,
avant sa saisie. C'est lorsque l'on met les appareils sur
le terrain que leur calibration est vérifiée, car elle est
nécessaire pour les calculs de magnitude. -----
---- Nous pouvons fournir les données corrigées utilisées dans
le C.R.A.S. -en format ASCII, c'est à dire décodé."-----
-5-QUESTION : Sur quelle plage de fréquence la réponse de
l'appareil est-elle plate ? -----
---REPONSE : "Elle est plate entre 1Hz et 30 Hz à -3dB."-----
-6-QUESTION : Quels sont les modèles et types du sismographe et
de l'enregistreur (numériseur) ? (constructeur, modèle,
série...)-----
---REPONSE : "Il s'agit d'un sismomètre Mark Product L4C-3D n°
série 1837. -----
---- L'appareil au moment de l'explosion avait des
caractéristiques qui ne correspondaient plus à ses
caractéristiques nominales, et une composante HS. C'est pourquoi

A. Souriau



ANNEXE 30 - D3111 page 5
Changement d'orientation du sismographe de l'OMP signalé à l'Académie



Université Paul Sabatier

Observatoire Midi-Pyrénées

Dynamique terrestre et planétaire

UMR 5562 du CNRS

Courrier Arrivé le

13 FEV. 2003

Toulouse, le 11 février 2003

**Cabinet du Juge d'Instruction
T. PERRIQUET**

M. THIERRY PERRIQUET
Juge d'Instruction
Tribunal de Grande Instance
2, Allées Jules Guesdes
31000 – TOULOUSE

ref: No Instruction: . 9/02/132.

Monsieur le Juge,

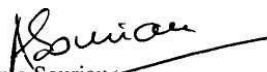
Suite à mon audition du 06 février 2003 concernant l'affaire référencée ci-dessus, je vous avais adressé un courrier, en date du 07 février, pour apporter quelques informations manquantes.

Le troisième point portait sur la question de l'orientation de la composante valide du sismomètre. Comme je l'ai indiqué, nous avons fait une vérification rapide de cette orientation, à la boussole. Mais compte tenu des structures métalliques présentes (en particulier de machineries mises en place dans les combles depuis l'explosion de l'AZF), il s'avère que cette mesure n'est pas valide. Nous avons refait une mesure géométrique, qui confirme, à quelques degrés près, la valeur initialement trouvée de 107°. Celle-ci s'écarte donc d'une dizaine de degrés de la direction AZF-OMP, qui est 98°.

Ceci n'a aucune incidence sur nos résultats. Cependant, par devoir de rigueur, nous avons adressé le corrigendum ci-joint à l'Académie des Sciences, pour expliquer ces différents points.

Je vous prie de bien vouloir excuser cette inexactitude dans mon précédent courrier, et de transmettre cette information et le corrigendum à qui de droit.

En vous en remerciant par avance, je vous prie d'agréer, Monsieur le Juge, mes respectueuses salutations.



Anne Souriau
Directeur de Recherche au CNRS

ANNEXE 31 - D7043 page 7 **Amplitude des tests sismiques de 2004 bizarrement proche de 2001**

Exploration & Production

3 Mise en œuvre.

3 Mise en œuvre.

3.1 Pointé et diagramme expérimental.

Le pointé sur les signaux de la phase de calibration d'août 2004 et d'expérimentation de septembre 2004 de l'amplitude maximale des signaux enregistrés à l'OMP est réalisé pour toutes les sources disponibles [2].

La mesure est faite sur l'enveloppe des signaux (module du signal analytique) de façon à s'affranchir de l'influence de l'échantillonnage des mouvements du sol.

Les données sont portées dans le **tableau 1**. Les amplitudes sont données en millimètres par seconde (mm/s). Certaines valeurs sont absentes et correspondent à des signaux dont l'amplitude du signal est trop faible par rapport au niveau du bruit ambiant (signaux parasites d'origines inconnues) au moment de l'enregistrement.

Connaissant les positions des sources et du récepteur [3], il est possible de calculer précisément la distance source-récepteur, à mieux que le mètre, le positionnement ayant été réalisé par la méthode DGPS du service topographique de la Compagnie Générale de Géophysique.

Les mesures réalisées pour la composante verticale des capteurs (composante Z) sont ensuite portées dans un diagramme représentant le logarithme népérien de la vitesse particulière (mesure) en fonction du logarithme népérien de la distance réduite (**voir figure 1**). La notion de distance réduite est communément utilisée pour les explosions de carrière et correspond à la distance source-récepteur (exprimée en mètre) divisée par la racine carrée de la charge explosive exprimée en kilogramme (kg).

OMP	Distance ext	Z ext	L ext	T ext	Distance int	Z int	L int	T int	Charge
AZF-7	4161,7	0,0084	0,0040	0,0028	4123,9				5,00
AZF-4	4170,0	0,0156	0,0048	0,0035	4132,2	0,0148	0,0045	0,0051	10,00
AZF-10	4149,7	0,0019			4111,9				1,00
AZF-8	4153,6	0,0271	0,0038	0,0098	4115,9	0,0351	0,0065	0,0041	20,00
AZF-1	4191,6	0,0397	0,0093	0,0067	4153,9	0,0474	0,0064	0,0061	25,00
402	4217,8	0,0146	0,0033	0,0029	4186,3				10,00
404	4142,2	0,0588	0,0164	0,0092	4110,7	0,0599	0,0128		35,00
406	4081,4	0,0657	0,0209	0,0110	4049,9	0,0698	0,0149	0,0006	35,00
408	3953,2	0,0237	0,0820	0,0028	3921,7	0,0309			18,00
410	4128,2	0,0032			4096,7				5,00
412	4129,0	0,0256	0,0061	0,0039	4097,6	0,0306	0,0076	0,0002	20,00

Tableau 1: Mesure des amplitudes (vitesse particulière en mm/s) maximales pour les tirs d'août 2004 (fond jaune) et de septembre 2004 (fond vert), pour les composante Z, L et T des capteurs extérieur (suffixe ext) et intérieur (suffixe int) situés à l'OMP. Les distances sont calculées avec la base topographique [3] et la charge est exprimée en kg d'explosif.

Amplitude du tir n°406 à 0.0698 mm/sec
Amplitude du tir n°404 à 0.0599 mm/sec

Rapport de Denis RAPPIN sur l'estimation de la charge explosive de 2001

D7043 page 7

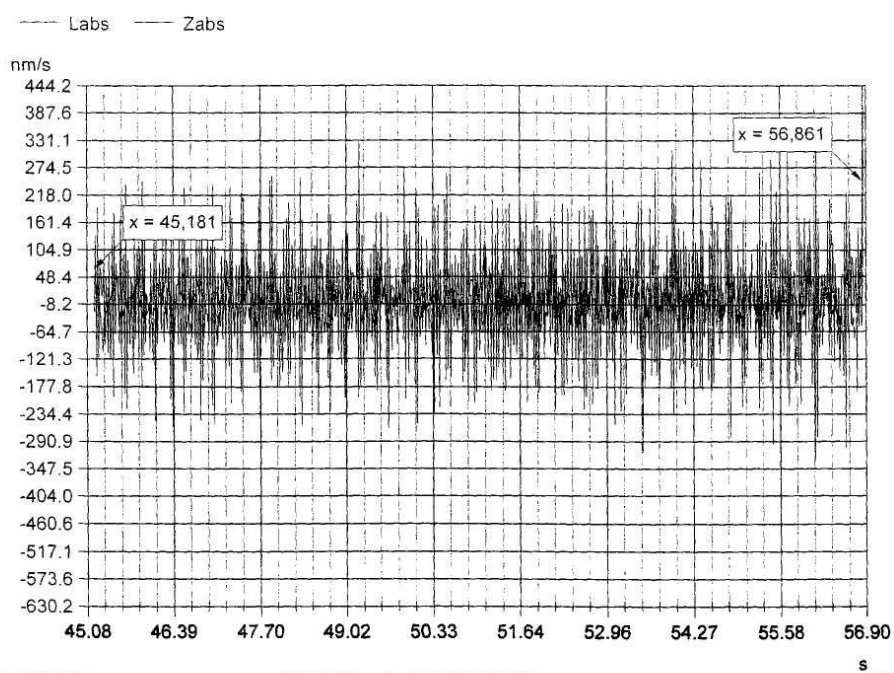
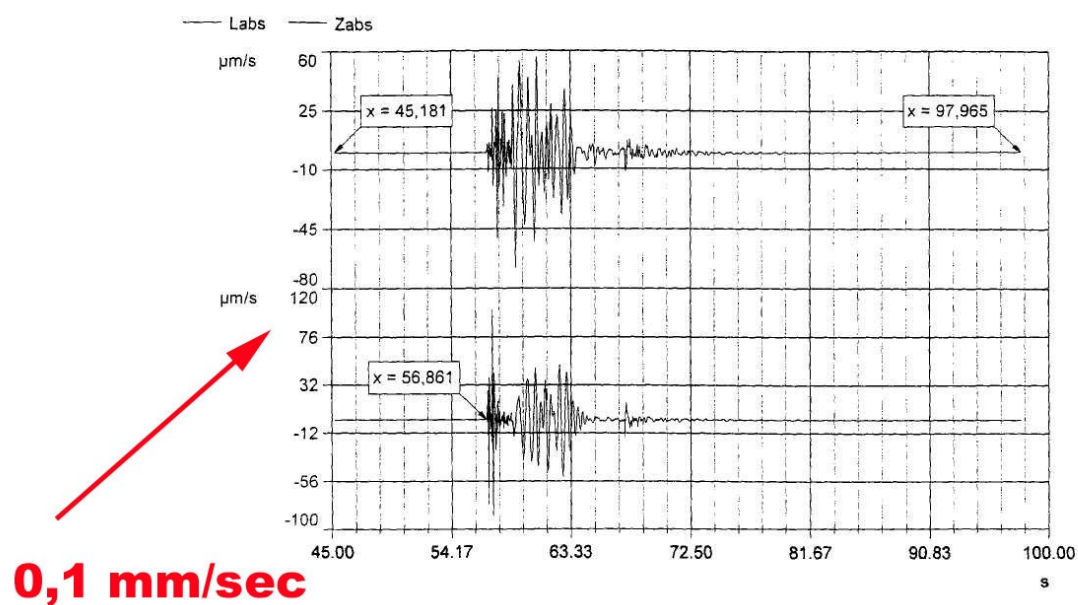
D6008 page 24 - Rapport des sapiteurs

Figure 1 : Sismogramme de l'OMP du 21 Septembre 2001 en Temps Universel (08h17), composante longitudinale horizontale Est (Labs) et composante verticale (Zabs). Les amplitudes sont données en vitesse particulière.

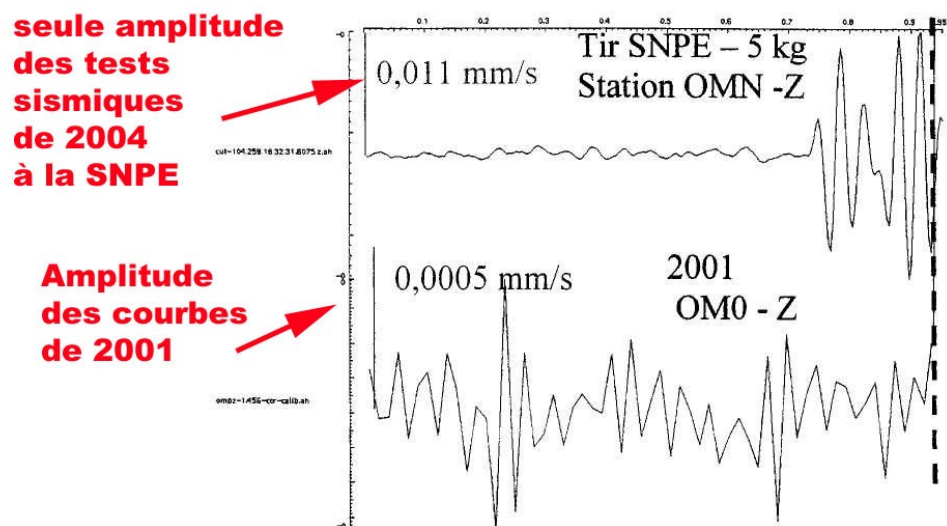
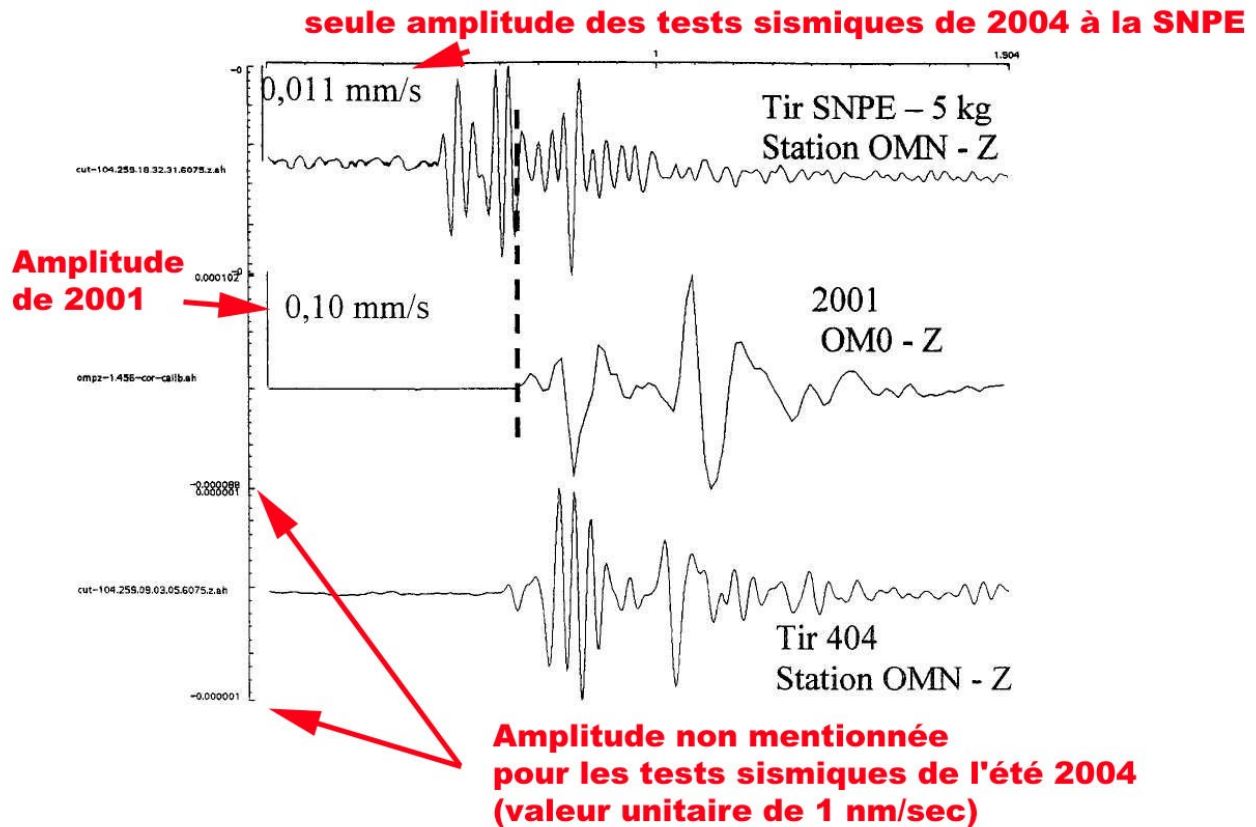
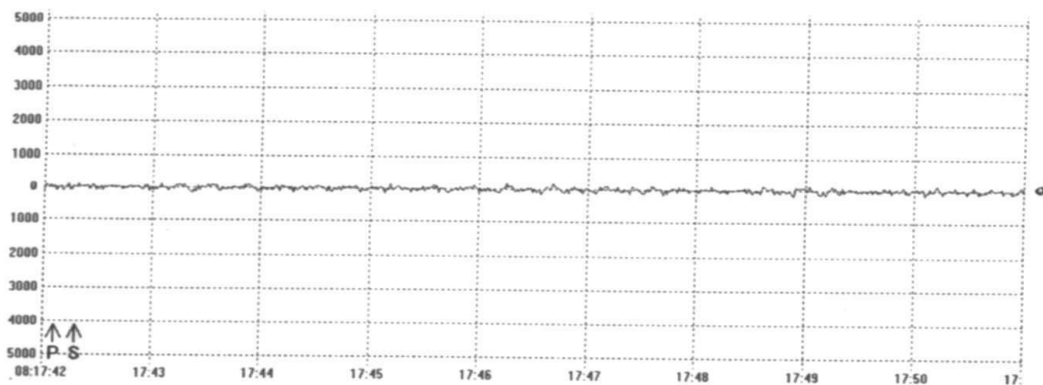
D6008 page 38

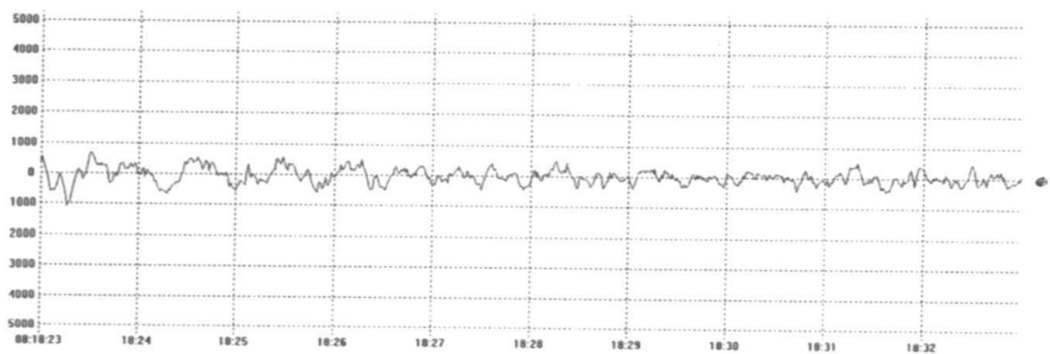
Figure 6d : Comparaison du tir de 5 Kg à la SNPE et du signal de 2001 à l'OMP avec un tir sur le site (404) et détail de l'amplitude du signal à la SNPE.

D4296 pages 30 à 32 - Rapport de Michel STASI

4/6

*Composante L brute : partie bruit de fond initial.*

Cette partie montre de façon évidente que les bruits monofréquentiels de la composante Z sont absents.

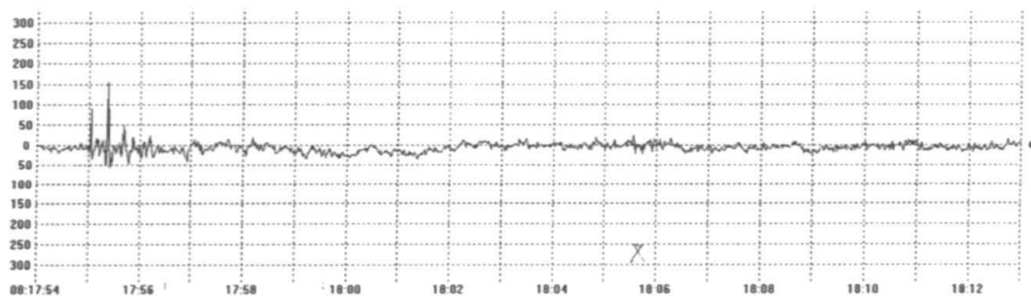
*Composante L brute : partie bruit final (possibilité d'amplitude relative à la coda).***3. La composante T**

La composante T (Transverse) correspond aux déplacements horizontaux du sol perpendiculairement à l'axe Pôle chimique - OMP. La mesure quantifie la vitesse de déplacement du sol. Cette composante a été annoncée hors service. En fait, l'aspect du signal montre l'évidence d'une arrivée comparable à celles des autres composantes. Par contre, l'amplitude du signal et son contenu spectral ne sont pas en concordance avec les autres composantes ce qui pose de gros problème d'interprétation. En particulier, les ondes de surface n'apparaissent pas et le rapport signal sur bruit est faible. Deux interprétations sont possibles :

- l'appareil n'était pas en bon état de fonctionnement ou le numériseur était défaillant
- l'appareil était opérationnel mais l'amplitude effective des signaux sur cette composante sont naturellement faibles.

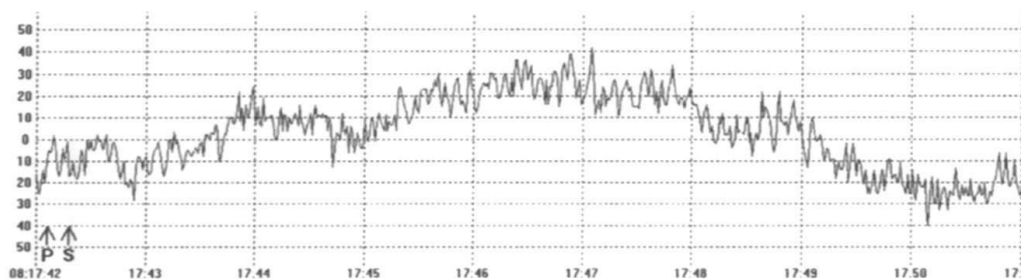
De ce fait, l'amplitude de cette composante a été amplifiée 1000 fois.

Troisième composante : horizontale Nord (transverse)



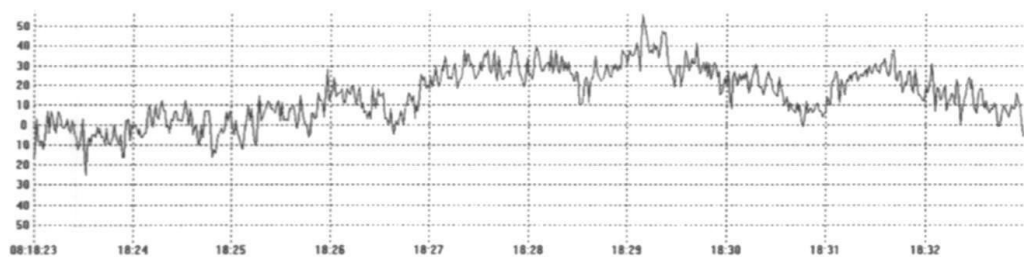
Composante T brute : partie signal utile.

Pour comparaison, le début et la fin du signal ont été isolé, avec un facteur d'amplification de 6 pour accéder à la variation temporelle de l'amplitude.



Composante T brute : partie bruit de fond initial.

Cette partie montre de façon évidente la présence d'un bruit monofréquentiel basse fréquence.

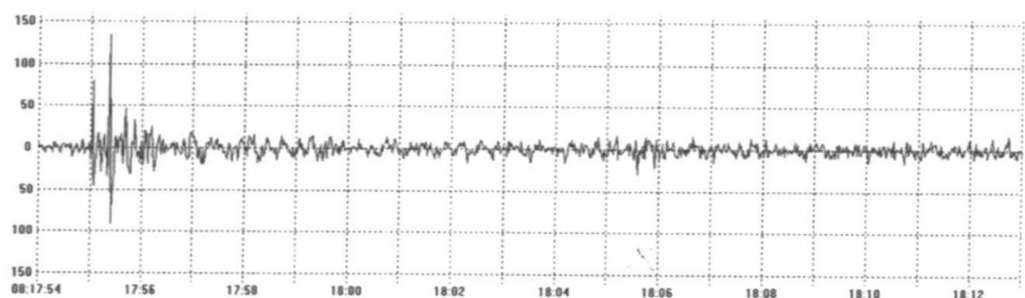


Composante T brute : partie bruit final (possibilité d'amplitude relative à la coda).

4. La composante T filtrée

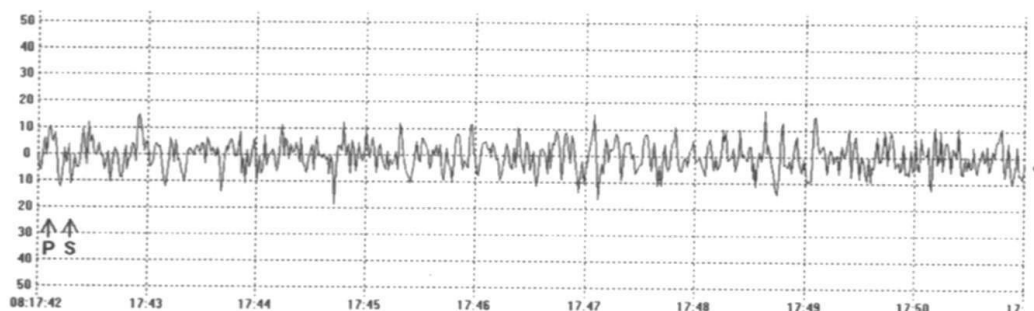
La composante basse fréquence parasite de cette composante peut être filtré par un filtre coupe bas limité à 1 Hz. Le résultat est présenté comme pour les autres composantes.

L'amplitude de représentation a été doublée par rapport au paragraphe précédent.

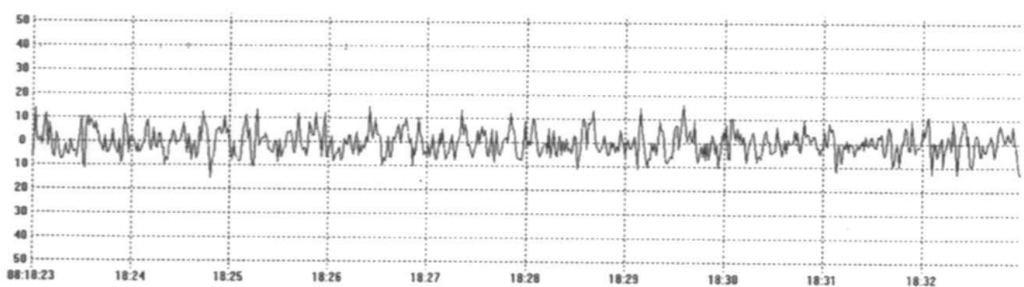


Composante Z filtrée : partie signal utile.

Pour comparaison, le début et la fin du signal ont été isolé, avec un facteur d'amplification de 3 pour accéder à la variation temporelle de l'amplitude, c'est à dire avec la même normalisation que dans le paragraphe précédent.



Composante T filtrée : partie bruit de fond initial.



Composante T filtrée : partie bruit final (possibilité d'amplitude relative à la coda).

ANNEXE 36
Photographies de la fissure sur la façade des urgences du CHU Rangueil



ANNEXE 37

D2895 : Témoignage de Fanny PELLISSIER dans l'amphithéâtre au pied du CHU

D2895

1

ATTESTATION JUDICIAIRE

Je, soussignée, PÉLISSIER Fanny, née le 29/02/1984 à Toulouse, étudiante en Médecine, domiciliée 10, rue de l'Aude, 31 500-Toulouse, tél 05 61 54 46 27, parfaitement au courant de la loi qui prévoit des peines de prison ferme pour les personnes ayant sciemment écrit des attestations judiciaires faisant état de faits matériellement inexacts, atteste :

Le 21 septembre 2001, vers 10 h 15, je me trouvais dans l'amphi numéro 4 de la faculté de Médecine de Toulouse, près du CHU de Rangueil. C'est un amphi enterré, sans fenêtres, d'environ 300 places, où l'on entre par le haut, par des portes situées au rez-de-chaussée de la faculté. Les seules autres ouvertures sont deux portes dérobées près de la chaire professorale, au bas de l'amphi. Le bas de l'amphi est à au moins 6 ou 7 mètres sous le niveau du sol. L'éclairage est assuré par des néons. Je me trouvais dans la partie basse de l'amphi, non loin de la chaire, au troisième rang. Nous étions environ une centaine d'étudiants, à attendre un cours qui devait commencer à 10 h 30. C'était le début de l'année, nous étions très intimidés et nous attendions sagement, en ne faisant presque pas de bruit, les quelques conversations étant simplement chuchotées. La plupart d'entre nous avions déjà sorti nos affaires pour suivre le cours. Juste au-dessus de cet amphi numéro 4, il y a un autre amphi semblable. Tout d'un coup, l'amphi a fortement tremblé. Tout le monde s'est regardé en se demandant ce qui se passait ; simultanément, on a entendu un très important vacarme juste au-dessus de nos têtes, qui semblait provenir de l'amphi du dessus ; ça donnait l'impression que des tables tombaient, ou que des étudiants en folie s'amusaient à taper des pieds. Cela a duré de une à trois secondes, je ne peux préciser, mais ce qui est certain c'est que ce n'était pas un coup instantané. En moi-même, je pensais " ça fait un sacré boucan ", et je crois que j'ai dit à voix basse à ma voisine : " ils font la foire là-haut ". Ce tremblement et ce vacarme avaient figé net les 100 étudiants de l'amphi, qui ne disaient plus rien. Puis tout est rentré dans l'ordre, on n'a plus rien entendu, l'incident devenait du passé puisque les chuchotements commençaient à reprendre comme avant le tremblement. C'est juste à ce moment-là qu'un énorme boum est arrivé par le haut, pas du tout comparable au vacarme précédent : ce gros boum a ouvert brutalement les portes d'entrée du haut de l'amphi, c'est-à-dire du rez-de-chaussée ; en même temps, on entendait un fracas de vitres brisées.

Par la suite, j'ai vérifié qu'il n'y avait eu aucun grabuge d'étudiants dans l'amphi au-dessus de nous. Avant de rédiger cette attestation, j'ai écouté l'enregistrement des deux bruits d'explosion qui a été fait le 21/9/2001 à l'hôtel-Dieu, et je me suis remémoré ce que j'avais vécu pour comparer le délai entre ces deux bruits sur cet enregistrement et le délai que j'ai perçu entre le tremblement de l'amphi et l'arrivée du deuxième boum. J'affirme clairement que le délai que j'ai perçu était sensiblement plus long que le délai de huit secondes qu'on entend sur l'enregistrement de l'hôtel-Dieu, peut-être le tiers ou la moitié en plus, mais moins du double, c'est-à-dire entre 12 et 16 secondes, mais il m'est difficile de préciser.

Fait à Toulouse, le 31 mai 2002,

Signé : PÉLISSIER Fanny

D2895

témoignage de Fanny PELLISSIER

à la faculté de médecine au pied du CHU de Rangueil

à 2500 mètres du cratère

ANNEXE 38

D1130 page 1 – Témoignage de Jean-Marc DUBOIS à 170 m : deux détonations

REPUBLIQUE FRANCAISE
MINISTERE DE L'INTERIEUR
ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
DIRECTION GENERALE DE LA POLICE NATIONALE

S.R.P.J.

P.V. : 2001/000539/G/2/1

D1130 page 1

AFFAIRE :

Contre/X
HOMICIDES INVOLONTAIRES,
etc..

OBJET :

Restitution d'objets à
M. DUBOIS Jean Marc,
41 ans, chauffeur, demeu-
rant 15, rue de la
Caramagne à CARCASSONNE

**Jean-Marc
DUBOIS
<180 m
du cratère**

PROCES VERBAL

D 1130

L'an deux mille un,
le vingt neuf septembre à dix heures

Nous, Philippe MURATET
LIEUTENANT DE POLICE
en fonction au SRPJ de TOULOUSE

Officier de Police Judiciaire en résidence TOULOUSE
---Poursuivant l'execution de la commission rogatoire visée au
premier procès verbal de la présente procédure,-----

---Vu les précédents procès verbaux,-----

---Avons mandé et constatons que se présente devant nous M.
DUBOIS Jean Marc, né le 26/04/1960 à REIMS (51), chauffeur,
demeurant 15, rue de la Caramagne à CARCASSONNE (11) Tel. 04 68
47 94 74, lequel serment préalablement prêté dans les formes de
droit nous déclare : -----

---" Je prends acte que je suis entendu dans le cadre d'une
commission rogatoire délivrée par un juge d'instruction du
T.G.I. de TOULOUSE contre X des chefs notamment d'homicides
involontaires, blessures involontaires etc.....-----

----Je prends également acte que j'ai été convoqué par vos
services pour que me soit restituée une sacoche noire contenant
des papiers de véhicules et autres trouvés le 21 septembre après
l'explosion au nom de FRANZON Catherine qui est mon épouse.-----

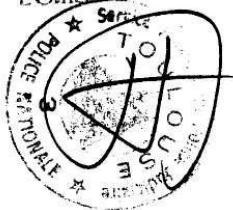
----Je suis employé pour les transports BESOMBES à
CASTELNAUDARY. Le 21 septembre 2001, je suis arrivé avec un
camion à 10H00 pour chercher de l'ammonitrate vrac pour ensuite
le livrer à SUD FERTILISANT à SETE.-----

---Une fois le badge récupéré à l'entrée, et le camion pesé pour
la tare, je me suis dirigé avec le camion au point de chargement
de l'ammonitrate vrac. Je devais charger 26 Tonnes. J'ai été
reçu par un employé s'occupant du chargement. J'ai mis le camion
sous la goulotte devant vider la quantité voulue dans ma benne.
Cet homme terminait de remplir un wagon, et allait programmer la
quantité qu'il me fallait. Je me trouvais au dessus du camion,
dans un local tolé quand j'ai entendu une première explosion
suivie d'une seconde beaucoup plus importante qui a tout fait
voler.-----

---J'ai été blessé notamment à la jambe, à la tête. Il y avait
des gravats partout, de la poussiere, tout s'est effondré, je ne
comprenais pas ce qui arrivait. Une fois la poussiere un peu
dissipée, malgré mes blessures, je me suis levé et ai traversé
l'usine pour arriver à une sortie. Là j'ai été pris en charge
par des sapeurs pompiers puis hospitalisé.-----

---L'homme qui se trouvait au chargement est parti en courant
.../...

Copie Certifiée Conforme à L'Original
L'Officier de Police Judiciaire



[Signature]

[Signature]

ANNEXE 39

D1935 page 2 – Témoignage de Laurence BOFFO à 110 m : claquement puis blast

Procès-verbal : 2001/000539/ 13 214

Page 2

**D1935
page 2**

**Laurence
BOFFO
<110 m**

Individuelle) et à l'utilisation des CRIE (Comptes rendus d'Incidents et d'Événements).

--- Personnellement, j'ai une formation et un DUT de génie chimique.

--- QUESTION : Où vous trouviez-vous au moment de l'explosion ?

--- REPONSE : Je me trouvais au bureau du service NN, en réunion avec M. MAUZAC, chef de service NN. L'objet de cette réunion était de définir des priorités quant à la réalisation de travaux de calorifugeage sur le service NN, suite à un audit réalisé dans les trois semaines précédentes. Nous étions seuls dans une salle de réunion.

--- QUESTION : Quels phénomènes avez-vous notés avant, pendant et après l'explosion ?

--- REPONSE : Pendant que j'étais en conversation avec M. MAUZAC, à une heure que je ne peux préciser, j'ai entendu une première explosion qui m'a fait penser à un éclatement de pneu, un bruit très franc, très net, de courte durée, dont j'ai situé l'origine du côté de la voie A (centrale à l'usine).

--- Pour répondre à votre question, la salle où nous nous trouvions était équipée d'un mobilier composé d'une table, des chaises, un tableau mural et un tableau sur pied, aucun matériel informatique ou vidéo. J'ai donc entendu ce bruit qui me paraissait anormal, je m'apprêtais à en faire la remarque à M. MAUZAC qui a continué sa discussion. Ensuite, je me souviens que je voyais M. MAUZAC me parler mais je ne l'entendais plus et je me sentais très mal, j'avais l'impression que je perdais connaissance, je n'arrivais pas à me concentrer sur ce qu'il me disait. Puis, je me suis réveillée sous les gravats. Au départ, je pensais que j'étais dans mon lit et, rapidement je me suis resituée en réunion avec M. MAUZAC.

--- QUESTION : Pouvez-vous chiffrer dans la durée, le temps qui s'est écoulé entre le bruit enregistré et votre perte de connaissance ?

--- REPONSE : Après le bruit entendu, M. MAUZAC a continué sa phrase et je ne peux pas évaluer précisément le temps qui s'est écoulé jusqu'au moment où j'ai perdu connaissance. Je peux tout au plus donner un ordre de durée pouvant se situer entre trois et dix secondes.

--- QUESTION : En ce qui concerne les phénomènes perçus ?

--- REPONSE : En dehors du bruit assimilé à l'éclatement violent d'un pneu, je n'ai perçu aucun autre phénomène, ni bruit, ni odeur, ni phénomène visuel. Je n'ai pas entendu les vitres exploser ni le bâtiment s'effondrer. Ce n'est qu'à mon réveil, qui s'est produit environ une heure après les faits, puisque j'ai regardé ma montre et il était 11 H 15, que j'ai constaté que le bâtiment s'était effondré sur moi. Ma vue était trouble, j'ai regardé si mes membres fonctionnaient, j'avais du sang sur mon bleu de travail et sur mon visage, où j'avais de multiples plaies. J'avais aussi quelques plaies sur le corps.

--- Je me suis hissée au plus haut dans les gravats, j'ai sorti ma main à l'air libre et j'ai crié pour appeler des secours. Je ne m'imaginais pas l'ampleur des dégâts et je comptais sur les secours de l'usine pour venir nous dégager et nous secourir. Ensuite, j'ai été repérée rapidement et j'ai été sortie des décombres et emmenée au poste médical avancé à 12 H environ.

--- QUESTION : A quelle distance se situait le bâtiment où vous vous trouviez du hangar 221 ?

.../...



[Signature]

[Signature]

ANNEXE 40

D1980 – Témoignage de Gabrielle FOINAN à 220 m : deux détonations

REPUBLIQUE FRANCAISE
MINISTRE DE L'INTERIEUR
DIRECTION GENERALE DE LA POLICE NATIONALE
S.R.P.J.
P.V. : 2001/000539/ 049

PROCES VERBAL

D1980

L'an deux mille deux,
le quatre avril à quinze heures

Nous, Jean-Marc OLIVIER-CASSE
LIEUTENANT DE POLICE
en fonction S.R.P.J. TOULOUSE

Officier de Police Judiciaire en résidence TOULOUSE

AFFAIRE :

Contre/...X...
HOMICIDES INVOLONTAIRES

OBJET :

AUDITION DE Madame
FOINAN Gabrielle

D1980
Gabrielle
FOINAN
< 220 m

--- Etant au service, ---
--- Poursuivant l'exécution de la mission prescrite par la com-
mission rogatoire précitée, ---
--- Vu les articles 81, 151 et suivants du Code de Procédure
Pénale, ---
--- Entendons la personne ci-après dénommée, laquelle, serment
préalablement prêté entre nos mains dans les formes de droit,
dépose comme suit : ---
■ --- SUR SON IDENTITE : ---
--- "Je me nomme BERNARD Gabrielle, Marcelle épouse FOINAN." ---
--- "Je suis née le 29/09/1945 à TOULOUSE (HAUTE GARONNE)." ---
--- "Je suis fille de Charles BERNARD et de Colette PUJOL." ---
--- "Je suis de nationalité FRANCAISE." ---
--- "Je suis comptable sans emploi actuellement" ---
--- "Je suis domiciliée 105, ANCIENNE ROUTE IMPERIALE 31120 --
PORTET SUR GARONNE." ---
--- "Mon téléphone est le 05 61 72 33 69." ---
--- SUR LES FAITS : ---
--- Je prends acte des raisons de ma convocation dans vos locaux
qui fait suite au courrier que vous m'avez envoyé au sujet de
mon véhicule qui a été retrouvé à proximité de l'usine GRANDE
PAROISSE de TOULOUSE, ---
--- Et je suis prête à m'expliquer à ce sujet, ---
--- Le 21 septembre 2001, je circulais route d'Espagne venant du
magasin CARREFOUR situé à PORTET SUR GARONNE et allant vers
TOULOUSE, ---
--- J'étais au volant de mon véhicule de marque RENAULT SCENIC,
immatriculé 673 ADC 31, ---
--- Et vers 10H15, je me trouvais arrêtée au feu rouge situé,
route d'Espagne, à une vingtaine de mètres avant la porte A de
l'usine GRANDE PAROISSE, située sur ma droite, la SEMVAT étant,
elle, sur ma gauche, ---
--- Je regardais sur ma gauche en direction du feu de contournement
qui est situé de l'autre côté de la route, en effet,
lorsque ce feu passait au rouge cela voulait dire que le "mien"
allait passer au vert, ---
--- Alors que "mon" feu était toujours au rouge, j'ai vu très
nettement un éclair jaune et rouge, venir de ma gauche, en
provenance du poste d'entrée de la SEMVAT, ---
--- Cet éclair qui était horizontal, mais dont je ne peux vous
préciser la largeur, a traversé la route, ---
--- Et il est passé devant mon véhicule à la hauteur de mon pare
brise avant, et ce à un dizaine de mètres environ, ---
--- Puis il est allé en direction de l'usine de GRANDE PAROISSE,
en passant par le poste de garde de la porte A, ---
.../...

Copie certifiées conformes:
L'Officier de Police



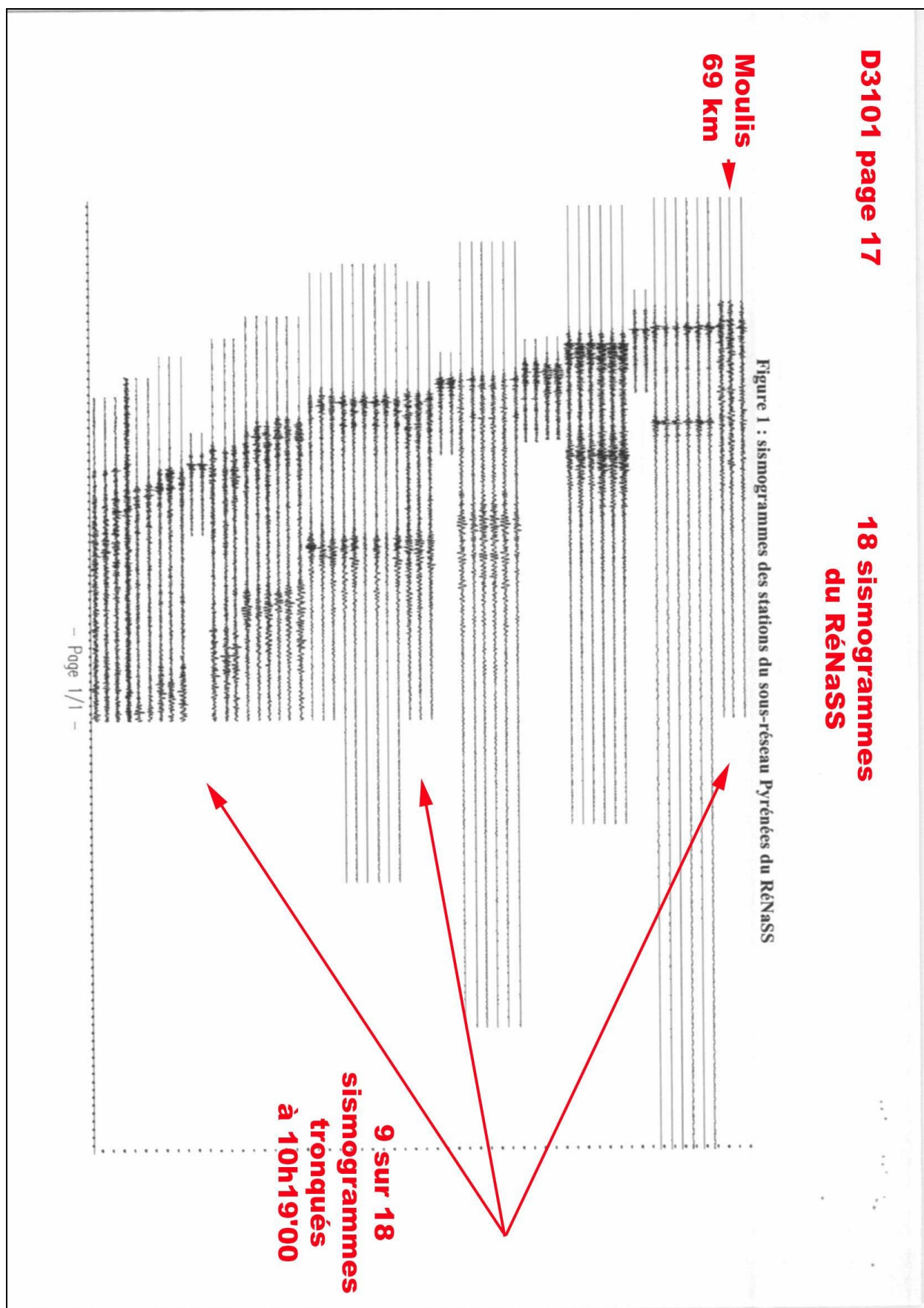
01000227

--- J'ai clairement vu ce déplacement, d'ailleurs je l'ai suivi du regard,-----
--- Le passage de cet éclair a été suivi, immédiatement, d'un grand bruit semblable à celui d'un "BANG" d'un avion supersonique, passant le mur du son,-----
--- Ce bruit venait distinctement de ma droite, et il me paraissait être la conséquence de la chute de l'éclair,-----
--- Mais je ne peux pas vous dire avec exactitude d'où venait ce bruit,-----
--- Au début, et sous la surprise, j'ai eu peur que cela soit mon véhicule qui ait eu problème car j'avais déjà eu un incident électrique sur cette voiture, mais ce n'était pas le cas,-----
--- Juste après ce "BANG", le feu est passé au vert, j'ai enclenché la première et je me suis mise à avancer,-----
--- J'ai dû faire une quinzaine de mètres à une vitesse normale, et au moment où j'allais mettre la seconde, il y'a eu une énorme explosion, venant de ma droite et qui n'avait rien à voir, en intensité, avec le premier "BANG" que j'ai entendu,-----
--- Je me trouvais alors au niveau de la porte A, de l'usine GRANDE PAROISSE,-----
--- Cette explosion était tellement forte que mes oreilles s'en rappellent encore,-----
--- Ce bruit a duré également plus longtemps que le premier "BANG",-----
--- Ma voiture a bougé d'un ou deux mètres et elle était détériorée,-----
--- Les vitres de ma voiture ont été brisées, le pare brise lui s'est feuilleté en multiple morceaux,-----
--- J'ai été blessée par les éclats de verres de mon véhicule ainsi que par des éclats de verre venant de l'usine GRANDE PAROISSE,-----
--- J'ai eu une rupture de la Parotide, et de son artère ainsi que de tous les nerfs faciaux ce qui a entraîné une paralysie faciale,-----
--- J'ai été aussi blessée à la jambe droite et à la jambe droite,-----
--- J'ai été hospitalisée, en tout, cinq jours, au début à l'hôpital JOSEPH DUCUING, puis à l'hôpital PURPAN,-----
--- Je suis toujours soignée pour cela et en arrêt maladie,-----
--- Par la suite, j'ai confié mon témoignage à diverses personnes, des infirmiers, des docteurs, des amis, mais je ne me suis pas sentie écoutée,-----
--- Je me suis découragé, je ne me suis pas confiée à la Police,-----
--- Par contre, vers le début février 2002, j'ai été contactée par la commission d'enquête de l'usine GRANDE PAROISSE et j'ai témoigné devant eux,-----
--- Je ne sais pas comment ils ont fait pour savoir que je pouvais avoir un témoignage intéressant,-----
--- Voilà tout ce que je peux vous dire sur cette affaire,-----
--- Je n'ai rien d'autre à déclarer,-----
--- Après lecture faite par elle-même, l'intéressée persiste et signe avec nous le présent à seize heures quinze,-----
Le Lieutenant de Police,

Copie certifiée conforme:
L'Officier de Police Judiciaire,



01000227

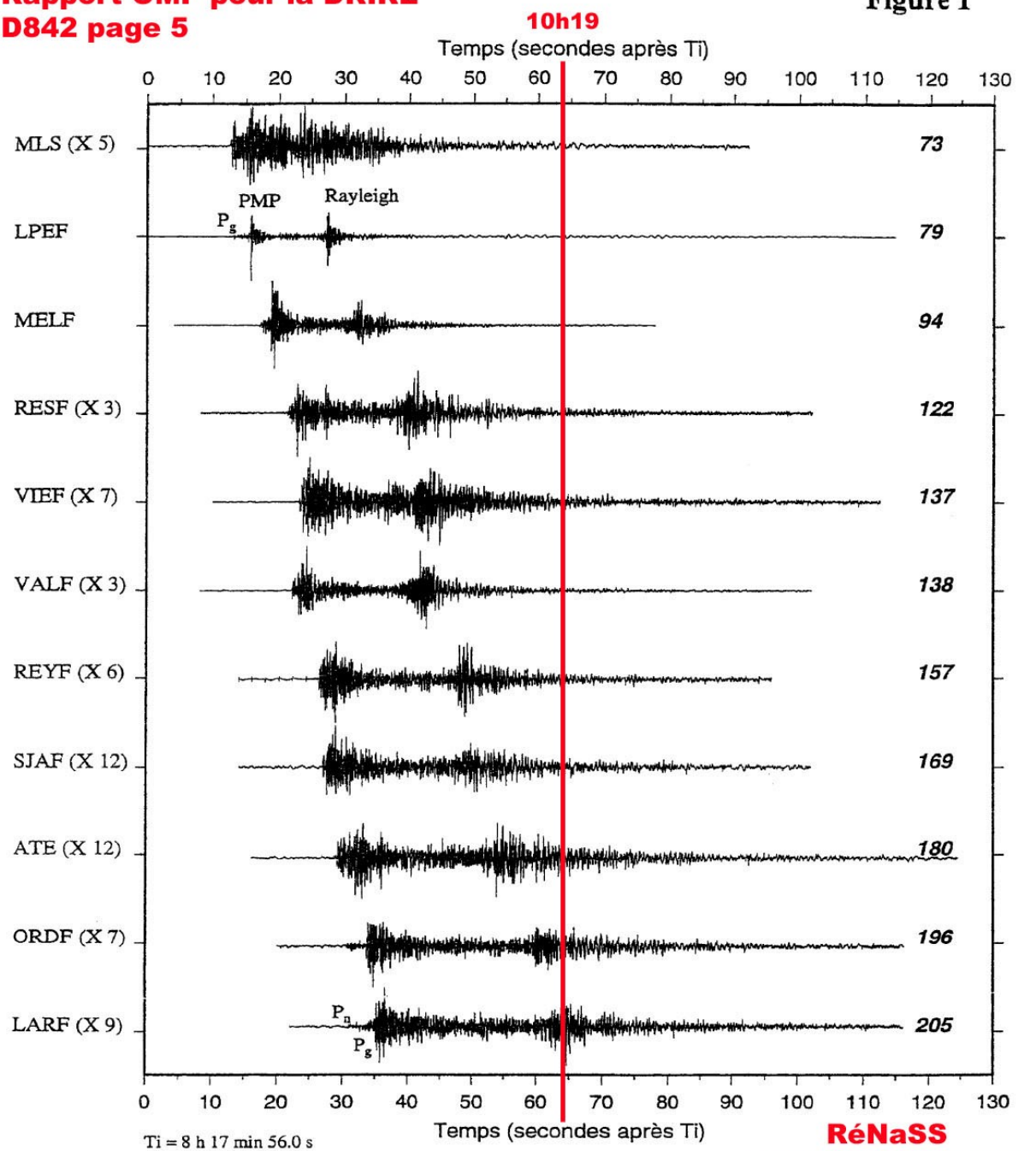


ANNEXE 42

D842 page 5 – Rapport OMP à la DIRE : Courbes du RéNaSS non tronquées

Rapport OMP pour la DRIRE
D842 page 5

Figure 1



RéNaSS
courbes complètes
après 10h19

21/09/2001

8 h 17 min 56 s (TU)

lat = 43.568 deg

lon = 1.428 deg

mag = 3.4

Explosion de l'usine AZF

Signaux (composante verticale) enregistrés par le Réseau Sismologique des Pyrénées, rangés par distance croissante (distance en km indiquée à droite). A gauche : codes des stations et amplification du dessin. Les différentes arrivées correspondent à différents trajets dans la croûte et le manteau pour des ondes issues d'une explosion unique.

D6854 page 6 à 8

**Courrier du cabinet SOULEZ-LARIVIERE du 27 avril 2006 :
questionnements vis à vis des données OMP**

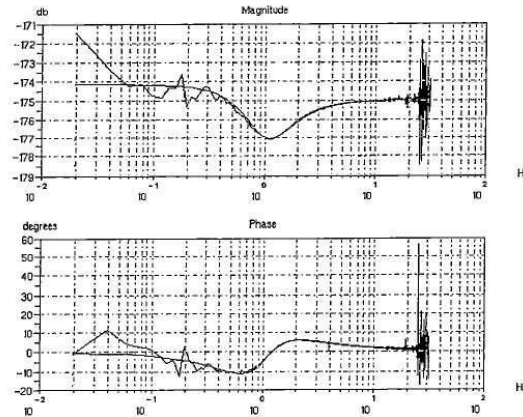


Figure 4 : Ajustement de la loi de correction (1) sur la fonction de transfert expérimentale.
Les paramètres sont ceux inclus dans le texte.

Questions restant en suspens ou informations à confirmer :

- Quelle est l'origine des différents enregistrements TITAN1 et TITAN2 ?
- Quel(s) enregistrement(s) fait(font) l'objet d'un scellé ?
- Si les valeurs tirées de la documentation donnent une calibration de $3.51 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique, pourquoi la valeur de $2,67 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique est déclarée nominale par A. Souriau (Agecodagis annonce la possibilité de gains variables) ?
- Pour quelle(s) raison(s) les sismologues de l'OMP ont modifiés cette valeur postérieurement à l'article du CRAS ? Les sapiteurs du civil ont obtenu cette information, qualifiée de « probable » le 5 avril 2005.
- Les résultats de la comparaison spectrale entre les enregistrements TITAN1 et TITAN2 montre que l'application de la correction spécifique pour la voie Z semble impliquer une correction déterminée expérimentalement pour cette voie Z. Est-il possible d'obtenir des détails sur cette correction de réponse atypique ou de confirmer le résultat déterminer plus haut (correction de la fréquence propre et du facteur d'amortissement) ?
- La très forte ressemblance de la composante L entre TITAN1 et TITAN2 montre que seules une mise à moyenne nulle et la multiplication par une valeur moyenne de $2,678 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique ont été effectuées pour transformer TITAN1 en TITAN2. Aucune correction instrumentale (réponse du capteur L-4C3D) n'a donc été effectuée. Cependant, le fait que cette constante oscille entre $2,641 \cdot 10^{-9}$ et $2,713 \cdot 10^{-9}$ n'est-il dû qu'à un problème de précision numérique ?
- la voie Z est corrigée d'un comportement non nominal du capteur avec une amplification de $1.78 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique ; la voie L a simplement été amplifiée par la valeur de $2.67 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique. Peut-on aussi en déduire que l'amplification doit être de $5,5 \cdot 10^{-10}$ m/s par unité numérique et non de $2,67 \cdot 10^{-9}$ m/s par unité numérique que pour cette voie L ?

Informations issues des sapiteurs du pénal

Les sapiteurs du pénal ont utilisé un enregistrement OMP 2001 dont ils décrivent les caractéristiques dans l'annexe A3-1.2 de leur rapport. Les points essentiels sont les suivants

- signal de 52.8s entre 8h17mn45.18s et 8h18mn37.98s
- signal original dans le scellé OMP TITAN
- signal recalé en temps dans le PV 2002/000336/578, pièce D5947
- caractéristiques du signal dans le PV 2004/000164/002
- aucune précision n'est donnée sur une calibration ou l'application d'une correction instrumentale, les amplitudes des graphes sont relatives (note infra-paginale Annexe A3, page 4) ;
- les amplitudes sur les deux voies Z et L sont apparemment conservées telles que lues dans le fichier (note infra-paginale 2, Annexe A3, page 6).

Informations issues des sapiteurs du civil

Les sapiteurs du civil ont utilisés un enregistrement OMP 2001 dont ils décrivent les caractéristiques dans la partie II, paragraphe 1 de leur rapport du 8 juin 2005. Les informations suivantes sont incluses dans ce rapport :

- signal d'une durée de 52.784s entre Td=08h17mn45.181s et Tf=08h18mn37.965
- « Sa sensibilité est de $5.5 \cdot 10^{-10}$ m/s/unité numérique (A. Souriau, communication personnelle 2005) ... corrigée par rapport à celle de l'article de Souriau et al (2002) »
- capteur de type L4C avec une fréquence de 1 Hz ; « l'analyse des fréquences inférieures à 2 Hz doit prendre en compte la réponse de l'appareil »

La figure 1 de ce rapport, montrant le sismogramme OMP 2001 en vitesse particulière, montre effectivement la prise en compte de la sensibilité annoncée de $5.5 \cdot 10^{-10}$ m/s/unité numérique (**NB : les valeurs numériques sur les axes verticaux indiquent que les 2 composantes issues des données TITAN2 ont été multipliées dans un rapport 0,55/2,67**)

La partie III du même rapport liste un certain nombre de documents annexes contenus sur un CD, dont le fichier OMP 2001.

Dans leur réponse du 11 avril 2006, les sapiteurs du civils reviennent dans leur réponse aux questions C4 et C25 sur la communication par l'OMP le 5 avril 2005, suite à une question de leur part posée le même jour : « L'OMP a pu retrouver, après la publication de l'article du CRAS, les caractéristiques probables de l'enregistreur, qui aurait été d'une amplification de $5.5 \cdot 10^{-10}$ m/s/DU (au lieu de $2,67 \cdot 10^{-9}$ m/s /DU dans l'article) »

Reponses d'Annie Souriau

A la question sur les facteurs multiplicatifs : « Pour l'article du compte rendu de l'académie des sciences, nous avons pris $K=2,67 \cdot 10^{-9}$ exprimé en m/s par unité numérique pour les deux composantes qui est la valeur nominale de numériseur HARRIS. La composante verticale a été corrigée de sa réponse atypique pour la rendre identique à celle de la composante horizontale. Cependant la station qui était en test au laboratoire le jour de l'explosion était différent de celle du reste du réseau, l'amplification devait être de

5,5 10⁻¹⁰ m/s par unité numérique et non de 2,67 10⁻⁹ m/s par unité pour les deux composantes. »

A la question sur la réponse de l'appareil :
« Elle est plate entre 1HZ et 30HZ à -3dB »

A la question sur le type du sismomètre : *« sismomètre Mark Product L4C-3D n°de série. 1837. L'appareil au moment de l'explosion avait des caractéristiques qui ne correspondaient plus à ses caractéristiques nominales et des composantes HS. C'est pourquoi il était au rebut. L'enregistreur est de marque AGE CODAGIS MINITITAN 3 n° de série 003-0014 »*

Ces trois sources d'information sont insuffisantes à répondre à nos interrogations. Nous ne comprenons toutefois pas que les sapiteurs ne se soient pas posés ces questions.