
ENADIMSA

—
Etude Sismique Réflexion

—
MULA

—
RAPPORT D'INTERPRETATION

—
Mission C.G.G. 134.03.84
1982

50380

PLAN DU RAPPORT

Liste des Planches et figures

INTRODUCTION

1- GENERALITES

- 1.1 Situation de l'étude
- 1.2 Cadre géologique régional
- 1.3 Objectifs de l'étude
- 1.4 Programme réalisé

2- DONNEES GEOPHYSIQUES ET FORAGES

- 2.1 Cartes gravimétriques
- 2.1 Données de forages

3- INTERPRETATION

- 3.1 Examen des sections sismiques
- 3.2 Pointé et identification des horizons
- 3.3 Résultats
 - 3.3.1 Coupes sismiques
 - 3.3.2 Cartes d'isochrones
 - 3.3.3 Carte d'isopaches

4- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- Annexe

LISTE DES PLANCHES

Planche 1	Plan de Position
Planche 2	Schéma géologique
Planche 3	Carte gravimétrique résiduelle
Planche 4	Coupe sismique - Profil M-1V
Planche 4 bis	Coupe sismique - Profil M-1V migré
Planche 5	Coupe sismique - Profil M-2V
Planche 6	Coupe sismique - Profil M-2V - Ext.
Planche 7	Carte d'isochrones - Horizon H2
Planche 8	Carte d'isochrones - Horizon H3
Planche 9	Carte d'isopaches H2 - H3

LISTE DES FIGURES

Fig. 1	Schéma de situation
Fig. 2	Corrélations entre forage

SCHEMA DE SITUATION

ECHELLE : 1/1.000.000



SCHEMA DE SITUATION

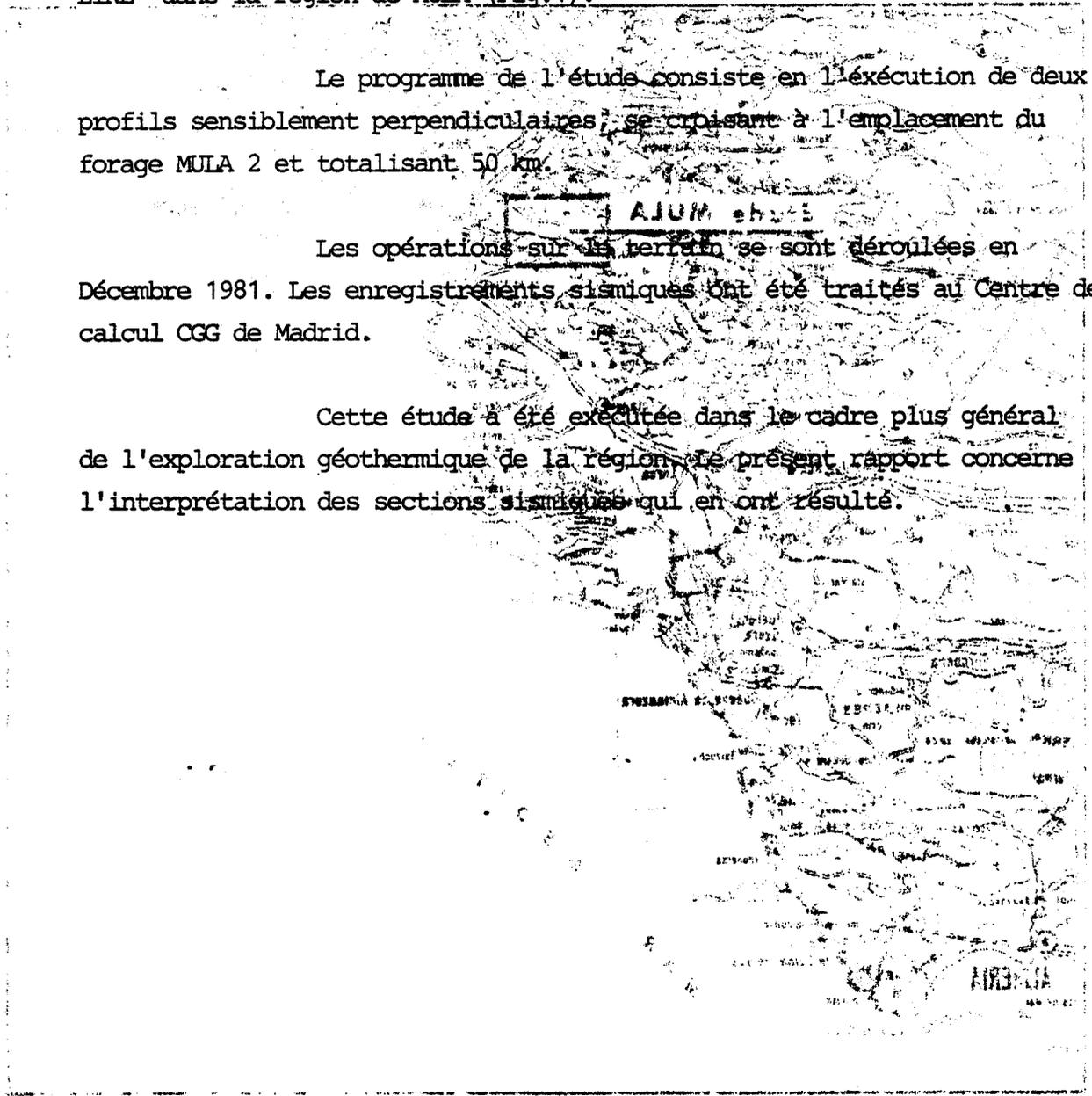
INTRODUCTION

A la demande d'ENADIMSA, la Compagnie Générale de Géophysique a effectué une étude sismique réflexion par procédé SLALOM LINE* dans la région de MULA (Fig.1).

Le programme de l'étude consiste en l'exécution de deux profils sensiblement perpendiculaires, se croisant à l'emplacement du forage MULA 2 et totalisant 50 km.

Les opérations sur le terrain se sont déroulées en Décembre 1981. Les enregistrements sismiques ont été traités au Centre de calcul CGG de Madrid.

Cette étude a été exécutée dans le cadre plus général de l'exploration géothermique de la région. Le présent rapport concerne l'interprétation des sections sismiques qui en ont résulté.



* marque déposée CGG

1 - GENERALITES

1.1 SITUATION DE L'ETUDE

La zone d'étude se trouve au Nord Ouest de Murcia, à proximité de la ville de MULA. Les deux profils sismiques réalisés sont situés en diagonale à l'intérieur d'un carré de 20 km de côté dont les extrémités du côté sud sont définies approximativement par les coordonnées rectangulaires UTM suivantes :

X	Y
787.500	372.500
807.500	392.500

La planche 1 représente le Plan de position à l'échelle 1/50.000 des profils sismiques.

1.2 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

La région de Mula se situe à la limite des zones externe et interne des Cordillères Bétiques. Sous une couverture de terrains tertiaires et plio-quaternaires autochtones plus ou moins épaisse, la nappe sub-bétique, dans son déversement vers le nord, a charrié des matériaux mésozoïques allant du Trias au Crétacé, dans une tectonique complexe comme en témoignant les écailles de la Sierra del Ricote au nord de Mula (cf. Pl. 2, schéma géologique).

La phase orogénique majeure est post-burdigalienne et anté-helvétienne (miocène inférieur), ce qui explique que des dépôts tertiaires anté-miocènes plissés puissent se trouver dans la masse allochtone.

La dépression tortono-andaloussienne où se situe la zone d'étude est formée de matériaux autochtones présentant en surface une série monoclinale à faible pendage sud. On y observe cependant de nombreuses discordances intratortoniennes et intra-andaloussiennes qui reflètent l'action des forces orogéniques tardives, à caractère plus ou moins local. Ces discordances, ainsi qu'un certain nombre de failles, seraient dues simplement au réajustement final par gravité de la masse des terrains allochtones sous-jacents, provoquant parfois des efforts de compression importants qui donnent naissance à des failles inverses dont quelques-unes sont observables en géologie de surface.

1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE

La station thermale de Mula exploite une source d'eau chaude dont le réservoir connu est situé dans les calcaires jurassiques. D'après les géologues d'ENADIMSA, la température de ce réservoir qui ne correspond pas à son gradient géothermique normal, pourrait s'expliquer par l'existence d'un deuxième réservoir, plus profond, avec lequel il est en communication. L'hypothèse d'un chevauchement du niveau réservoir, avec ou sans faille, est avancée pour essayer de traduire ce phénomène.

Le but de l'étude sismique est donc de :

- vérifier l'existence de ce chevauchement
- vérifier si le réservoir profond (jurassique ?) est plissé

ou non

- étudier la structure des formations susceptibles de constituer des réservoirs aquifères potentiels.

1.4 PROGRAMME REALISE

1.4.1 Paramètres terrain

Les profils vibro-sismiques ont été implantés suivant le procédé CGG "SLALOM LINE", avec un dispositif de 96 traces mais de longueur variable :

<u>Profil</u>	<u>Direction</u>	<u>Intertrace</u>	<u>Distance</u>	<u>Longueur</u>
			<u>PV-Traces proches</u>	
M-1V	NNO-SSE	30 m	150 m	22 km
M-2V	SO-NE	20 m	100 m	11,5 km
M-2V Ext.	"	40 m	200 m	17 km

Les profils M-2V et M-2V Ext. se recouvrent sur une distance de 3 km, entre les forages MULA 2 et MULA 4 (cf Plan de position, Pl. 1).

1.4.2 Paramètres de traitement

La séquence de traitement, sur 5 secondes temps double, est identique pour tous les profils, avec les principaux paramètres suivants :

- Déconvolution, opérateur 100 ms, fenêtres 300 - 2000 ms et 1800 - 5000 ms
- Corrections statiques et dynamiques
- Ajustement automatique des corrections statiques
- Addition couverture multiple
- Filtres variables
- Amélioration de la cohérence spatiale

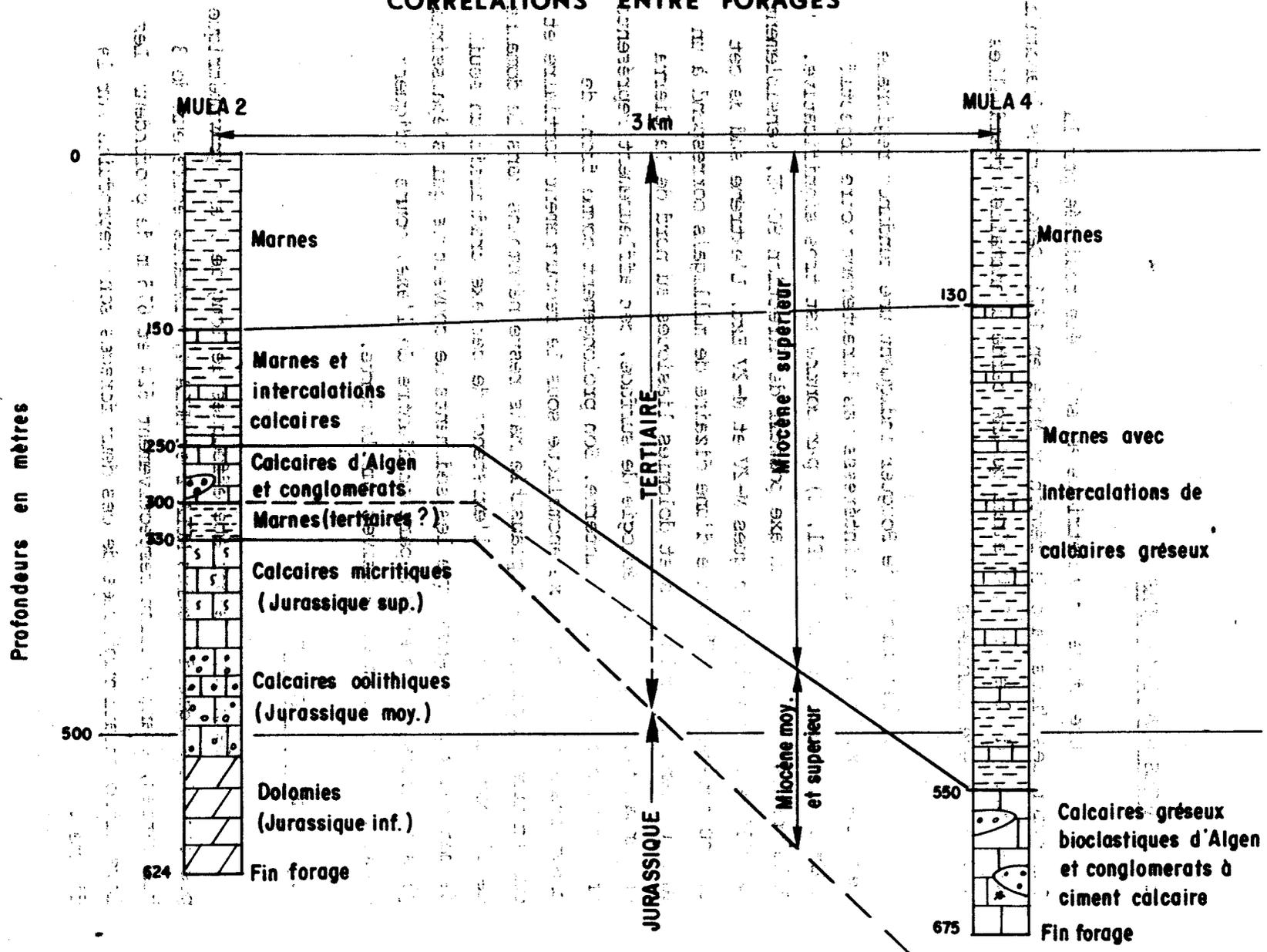
Une partie du profil M-1V, du CDP 10 au CDP 700, a été migrée, en utilisant les vitesses de stack.

Les sections sont sorties sous deux représentations différentes :

1ere représentation : 0,75 mm/trace (échelle horizontale 1/20.000) et 5 cm/seconde en échelle verticale.

2eme représentation : 1,5 mm/trace (échelle horizontale 1/10.000) et 10 cm/seconde en échelle verticale.

CORRELATIONS ENTRE FORAGES



2 - DONNEES GEOPHYSIQUES ET FORAGES

2.1 CARTES GRAVIMETRIQUES

Une étude gravimétrique au sol a été réalisée par la Direction des Mines dans la région de Mula en 1976. Deux cartes d'anomalies de Bouguer ($d= 2$ et $d= 2,4$) ainsi qu'une carte d'anomalies résiduelles ($d= 2$) ont été examinées.

Si les cartes de Bouguer indiquent une tendance régionale négative vers le nord qui n'intéresse pas directement notre objectif local, la carte résiduelle (Pl. 3) par contre est très significative. Elle montre l'existence d'un axe positif de direction SO-NE, sensiblement parallèle aux profils sismiques M-2V et M-2V Ext. L'extrême sud de cet axe où apparaît une anomalie d'une dizaine de milligals correspond à un affleurement des calcaires et dolomies liasiques au nord de la Sierra de Manzanete. D'après la géologie de surface, cet affleurement représente une écaille du sub-bétique interne. Son prolongement comme front de chevauchement suivant l'axe anomalous sous le recouvrement tertiaire et quaternaire autochtone est plausible mais reste néanmoins dans le domaine de l'hypothèse. En tout cas, l'existence de cet axe traduirait un seuil de matériaux plus denses que les sédiments de couverture qui s'épaissiraient plus ou moins rapidement de part et d'autre de l'axe, comme indiquent deux zones anomalous négatives sur la carte.

2.2 DONNEES DE FORAGE

Deux forages ont été effectués le long de l'axe gravimétrique positif. Il s'agit des puits MULA 2 et MULA 4, distants entre eux de 3 kilomètres, ayant atteint respectivement 624 et 675 m de profondeur. Les logs litho-stratigraphiques de ces deux forages sont reproduits sur la figure 2.

A MULA 2, le forage a traversé 330 m de terrain tertiaire (miocène moyen et supérieur) avant d'être arrêté à l'intérieur d'une épaisse série de calcaires et dolomies jurassiques.

A MULA 4, situé plus à l'est, le Jurassique n'a pas été atteint par le forage qui s'est arrêté dans le Miocène, au sein d'une formation de calcaire gréseux bioclastiques (calcaires d'Algen) et de conglomérats. Cette formation a été aussi repérée à MULA 2, entre 250 et 300 m.

3 - INTERPRETATION

3.1 EXAMEN DES SECTIONS SISMIQUES

Profil M-1V (Pl. 4)

Ce profil est exploité avec 30 m entre traces. La qualité des réflexions est inégale : la moitié sud présente plusieurs réflecteurs plus ou moins discontinus avec pendage général vers le Sud. La partie nord, du CDP 1 au CDP 550 est pauvre en réflexions et très bruitée, excepté la portion entre les CDP 250 et 370. A l'extrême sud, du CDP 1350 à la fin du profil, la qualité des réflecteurs profonds est assez bonne en particulier entre 1600 et 1850 ms.

La migration effectuée sur une portion du profil M-1V, du CDP 10 au CDP 700, a amélioré le caractère de continuité des réflecteurs pentés par suppression des phénomènes de diffraction. L'amélioration est surtout sensible entre les CDP 350 et 550, où certaines discordances ont pu être mieux suivies par rapport à la section non migrée.

Profils M-2V et M-2V Ext. (Pl. 5 et 6)

Le profil M-2V, exploité avec 20 m entre traces, est de qualité comparable au profil M-1V. Le pendage général vers l'est est plus accentué pour les réflecteurs profonds que pour ceux de sub-surface. Les discordances sont nombreuses mais leur continuité est sensiblement détériorée à partir du CDP 700 vers l'ouest.

L'extension du profil vers l'ouest (M-2V Ext.), avec élargissement de la distance entre traces à 40 m, a fortement modifié la facture de la section sismique correspondante, qui est devenue plus bruitée et d'aspect monofréquence. Aucun réflecteur, même en sub-surface, n'offre un caractère continu et les discordances sont peu apparentes.

3.2 POINTE ET IDENTIFICATION DES HORIZONS

Trois horizons, qui correspondent à des surfaces de discordance, ont été pointés sur les sections sismiques. Nous les appellerons H1, H2 et H3. (cf. Pl. 4, 4 bis, 5 et 6).

Horizon H1 - C'est un réflecteur de sub-surface appartenant à la série tertiaire autochtone post-orogénique, qui correspond probablement à un de nombreux niveaux gréseux, calcaires et conglomératiques qui jalonnent les terrains "post-mantos" de la dépression tortono-andalousienne. Sub-horizontale au nord du profil M-1V entre CDP 250 et CDP 380, très faillé entre CDP 380 et CDP 750 vers le sud à la suite des mouvements de réajustement post-orogéniques, il s'enfonce en pendage sud jusqu'à la fin du profil où son caractère discordant est très visible.

Sur les profils M-2V et M-2V Ext., il est pointable seulement sur la moitié est (intertrace 20 m) avec une portion particulièrement énergétique entre CDP 300 et CDP 700.

Il est à remarquer que sur les sections M1 V et M2 V, les plages de bonne réflectivité de cet horizon correspondent très sensiblement aux limites des dépôts éluvionnaires du quaternaire. (cf. Pl. 2)

Horizon H2 - Au droit des forages MULA 2 et MULA 4, l'horizon H2 peut être calé avec le toit d'une formation du miocène moyen ou supérieur, discordance sur le jurassique et composée essentiellement de calcaires bioclastiques (calcaires d'Algen) et de conglomérats à ciment calcaires dont l'épaisseur est de 80 m au forage MULA 2 entre les cotes 250 m et 330 m, mais croit rapidement en aval pendage vers le sud et l'est. A MULA 4, le toit de cette formation se trouve à 425 m et le forage s'est arrêté à 675 m sans l'avoir entièrement traversé.

Cette formation représente une séquence de dépôts comprise entre deux surfaces de discordances principales, l'une intratortonienne (H2), l'autre étant une discordance entre matériaux allochtones anté-helvétiques et matériaux autochones "post-mantos". C'est cette dernière discordance que nous désignons sous le nom de H3.

Horizon H3 - Au forage MULA 2, le toit des calcaires et dolomies du Jurassique a été rencontré à la cote 330 m et peut être identifié à l'horizon H3. A MULA 4, il n'a pas été atteint par le forage, mais l'horizon correspondant étant à 560 ms td, on peut le situer approximativement vers 850 m en utilisant la vitesse sismique moyenne donnée par la loi de vitesse appliquée à cet endroit. Plus à l'est sur le profil M-2V, l'horizon s'approfondit assez rapidement et recoupe les formations allochtones indifférenciées.

Le tableau suivant résume l'essai de calage des horizons sismiques pointés au droit des forages MULA 2 et MULA 4 :

MULA 2 (Z = 240 m)			MULA 4 (z = 280 m)		
Horizon	Temps	Profondeur	Temps	Profondeur	Identification
H1	?		100 ms	150 m (130)	Discordance intratortonienne
H2	280 ms	310 m (250)	425 ms	570 m (550)	Toit calcaire d'Algen
H3	360 ms (330)	390 m (330)	560 ms	* 870 m * (850)	Toit calcaire jurassique

Sur ce tableau, les temps et profondeurs sont rapportés au DP 300 m, avec indications entre parenthèses pour les profondeurs rapportées à la surface du sol. Au forage MULA 4, la cote de H3 (*) a été calculée en utilisant une vitesse moyenne de 3100 m/s.

Faute de mesures soniques précises effectuées aux puits (log sonique ou sismosondage), ce calage ne peut avoir qu'un caractère indicatif. Il permet néanmoins d'admettre que les vitesses moyennes, au niveau des horizons pointés, sont plus faibles à MULA 2 qu'à MULA 4.

3.3 RESULTATS

L'interprétation des données sismiques est assez délicate en raison des facteurs limitatifs suivants :

- nombre restreint de profils sismiques réalisés
- qualité inégale, souvent très médiocre
- tectonique régional complexe
- forages existants insuffisants en nombre et en profondeur

Les résultats sont présentés sous forme de coupes sismiques interprétées, cartes d'isochrones et d'isopaches.

3.3.1 Coupes sismiques

En ce qui concerne les coupes sismiques (Pl. 4, 4 bis, 5 et 6), certains caractères individuels des horizons pointés ont été examinés au paragraphe 3.2. Considérés sous un aspect d'ensemble, ils peuvent susciter les remarques suivantes :

- Les dépôts autochtones post-orogéniques s'épaississent considérablement vers le sud et vers l'est, où se forme un large bassin de subsidence. L'épaisseur maximale est sismiquement localisée sur le profil M-1V autour du CDP 1250 où le contact entre les formations allochtones et autochtones atteint 1850 ms temps doubles (Horizon H3), ce qui correspondrait à une épaisseur d'environ 3 500 m. Le bassin amorce vers l'extrémité sud du profil un relèvement qui est également corroboré par la carte gravimétrique résiduelle.

La partie nord-est du bassin atteint 1300 ms de profondeur (environ 2 500 m) à l'extrémité du profil M-2V.

Les mouvements tectoniques post-orogéniques qui affectent la série autochtone de couverture sont généralement orientés NE-SO. C'est ainsi qu'un grand nombre de failles sont observées sur le profil M-1V qui recoupe perpendiculairement les accidents, tandis que sur le profil M-2V qui est parallèle à la direction tectonique générale, les

failles paraissent peu nombreuses (moins apparentes).

- Pour la même raison, le contact anormal du chevauchement sub-bétique, plus ou moins visible sur le profil M-1V grâce à son pendage, peut à peine être esquissée sur le profil M-2V et devient très hypothétique sur le prolongement M-2V Ext. Il est d'ailleurs possible que la partie ouest du profil M-2V Ext. appartienne à une autre écaille tectonique, sous-jacente à celle observée en géologie de surface au nord de la Sierra de Manzanete. Comme conséquence de cette hypothèse, le seul horizon pointable sur cette section, vers 900 - 1000 ms, n'a pas été corrélié avec l'horizon H3. Nous l'avons néanmoins appelé H3 pour ne pas écarter sa correspondance possible avec ce dernier.

- La moitié nord du profil M-1V met en évidence une zone très faillée. Les failles, qui sont en général perpendiculaires au profil, affectent tous les horizons et déterminent une série de compartiments hauts et bas. Cette tectonique cassante aurait créé dans les niveaux calcaires ou gréseux de nombreuses fissures qui constituent un facteur important en hydrogéologie. C'est ainsi que la source thermique des "Banos de Mula", dont le réservoir aquifère se trouve dans le calcaire jurassique (horizon H3), serait alimentée par plusieurs niveaux faillés et étagés du réservoir, en communication entre eux grâce à la perméabilité due aux fissures.

- Les réflecteurs profonds qui correspondent aux couches basales sous le chevauchement sont très discontinus et peu apparents, à l'exception de la portion migrée du profil M-1V (planche 4 bis) où l'on observe une petite structure synclinale au nord du forage MULA 2, entre les CDP 200 et 400. S'il est plausible de considérer ces couches basales comme des formations autochtones plissées lors de l'orogénie miocène, il n'est pas à écarter non plus l'hypothèse qu'elles sont encore allochtones et appartiennent à une deuxième écaille du chevauchement.

3.3.2 Cartes d'isochrones

Afin de mieux se rendre compte, en plan, des corrélations

possibles du pointé des horizons, deux cartes d'isochrones sont produites sur les planches 7 et 8, respectivement pour les horizons H2 et H3.

Ces deux cartes mettent en évidence l'existence, autour du croisement des profils M-1V et M-2V, d'une zone haute centrale très compartimentée par failles. Elles confirment aussi les résultats gravimétriques, non seulement pour la localisation de cette zone haute, mais également pour celle des dépressions qui sont situées de part et d'autre.

L'orientation des courbes isochrones a été effectuée de façon à rester fidèle aux indications structurales fournies par la géologie de surface et les anomalies gravimétriques. Cette coïncidence entre sismique et gravimétrie est remarquable au sud du profil M-1V et reste très significative tout le long du profil M-2V.

3.3.3 Carte d'isopaches-temps

La planche 9 représente la carte d'isopaches-temps, ou carte d'égalité d'épaisseurs exprimées en temps de parcours de l'intervalle H2 - H3. Elle permet d'évaluer l'épaississement de la première séquence de dépôts miocènes post-orogéniques. Provenant de l'érosion et du démantèlement des massifs allochtones mis en place au nord de l'étude, cette séquence de dépôts serait formée essentiellement de matériaux détritiques (sables, grès, calcaires gréseux, conglomérats). Très réduite entre MULA 2 et MULA 4, elle atteint rapidement 500 ms à l'est et au sud, ce qui correspondrait à une épaisseur de l'ordre de 1000 m si on prenait 4000 m/s comme vitesse de tranche à ces endroits. On observe un phénomène de subsidence très marqué de cet intervalle dans la dépression sud (profil M1 V, entre CDP 1000 et 1350), contemporain ou postérieur à un comblement rapide de dépôts à caractère deltaïque observables à l'intérieur de l'intervalle sus-jacent H1 - H2.

4 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude sismique réflexion MULA a été réalisée dans le but d'acquérir un certain nombre d'informations d'ordre structural et litho-stratigraphique pouvant intéresser le développement géothermique de la région.

Etant donné le nombre restreint de profils sismiques, leur qualité inégale et le cadre tectonique régional complexe, l'interprétation a été orientée de façon à utiliser toutes les données existantes : données sismiques, données gravimétriques, renseignement de la géologie de surface et résultats de forages existants.

Des coupes sismiques interprétées et des cartes d'isochrones et d'isopaches sont produites (Pl. 3 à 9). Elles permettent de dégager les traits essentiels suivants :

- l'existence d'un chevauchement vers le nord des terrains tertiaires anté-miocènes et mésozoïques est confirmée par le profil M-1V. Ce chevauchement est caractérisé par un axe haut, de direction SO-NE, séparant la zone d'étude en deux bassins de dépôts tertiaires autochtones : le premier, de dimensions réduites, est situé au NO de cet axe, le second, étendu et plus profond, au SE.

- à l'intérieur du premier bassin, des accidents tectoniques (écaillés, plis couchés, failles normales et inverses) produits par des efforts de compression ou de distension, ont relevé ou abaissé les formations géologiques en des compartiments de différents niveaux. C'est ce qui expliquerait que la source thermale des "Baños de Mula", qui a son réservoir dans le calcaire jurassique, serait alimentée par d'autres compartiments jurassiques plus ou moins profonds, en communication entre eux par des fissures.

- Il est également possible, dans la partie nord du profil M-1V, que d'autres niveaux poreux calcaires ou gréseux existent sous le chevauchement et constituent des réservoirs aquifères thermiques potentiels profonds. L'étendue de nombreux bassins au nord, le pendage général vers le sud des formations affleurantes, la morphologie en forme de "cuvette" adossée contre l'axe haut du chevauchement, pourraient être considérés a priori comme des facteurs favorables à la formation d'un aquifère profond dans cette zone.

En ce qui concerne le bassin sud, dont les extensions est et sud sont hors des limites de l'étude, on remarque que les formations tertiaires autochtones y sont très épaisses, pouvant atteindre plusieurs milliers de mètres à l'extrême sud du profil M-1V. Les horizons sismiques H2 (discordance intratortonienne) et H3 (surface d'érosion des terrains allochtones) y ont été suivis avec une certaine fiabilité mais ne permettent pas des extrapolations lithologiques à partir des forages MULA 2 et MULA 4. L'intérêt hydrogéologique et géothermique de ce bassin ne pourra être évalué qu'à partir d'une étude d'environnement appropriée et à l'aide des forages d'exploration profonds.

Une campagne sismique de détail, comportant principalement des profils orientés perpendiculairement à la direction tectonique générale, sera nécessaire pour l'implantation des forages d'exploration à partir desquels un bilan géothermique valable pourra être établi. Nous restons à la disposition d'ENADIMSA pour toute discussion relative à la présente interprétation, ainsi que pour l'établissement d'un éventuel programme d'investigation sismique complémentaire.

Massy, le 28 juillet 1982

ANNEXE

COMMENTAIRES ET REMARQUES

Une autre interprétation, mais pour laquelle nous manquons de données, c'est-à-dire de profils sismiques débordant le cadre de cette étude, de calages par sondages et aussi de données gravimétriques - et pour cette raison nous ne la donnons ici que très simplifiée et pour mémoire - pourrait être la suivante :

Les séries allochtones auraient giclé vers la surface à la faveur de failles de distention, dès le Cenomanien sans doute. Des matériaux triasiques et liasiques auraient pu également s'infiltrer localement entre des séries susjacentes, formant de véritables sills mais il est probable que le sel avait déjà amorcé des mouvements d'écoulement sous pression au Jurassique (début d'intumescences, voire de diapirisme) car on signale déjà pour cette époque des phénomènes de subsidences différentielles, créant des sillons de sédimentation de bathymétrie très différente entre eux.

En surface, les matériaux allochtones se seraient accumulés en bourrelets plus ou moins superposés tant qu'aurait existé une possibilité d'alimentation en profondeur. Certains de ces bourrelets auraient pu se déverser sur des sédiments plus récents, où les chevauchements ; d'autres auraient été recouverts par la sédimentation en cours et quelques uns d'entre eux, réalimentés, seraient responsables des phénomènes de dislocation constatés dans les séries de cette couverture récente.

Des mouvements de compression entraînant, en surface, la naissance de failles inverses auraient pu être provoqués en partie par le réajustement final par gravité de la masse de terrains de ces bourrelets, réajustement qui a pu également entraîner la formation de failles normales superficielles.

D'autres accidents (failles normales et failles inverses) ont pu être aussi créés par les mouvements de subsidence entraînant des basculements de blocs propres à faciliter le glissement ou le rabotement de matériaux de surface, d'autant plus aisément que certains de ces matériaux reposaient en partie sur les bourrelets triaso-liasiques.

Théoriquement, dans le premier cas, la sismique devrait indiquer, au droit des séries allochtones, des possibilités d'accidents dans la couverture mésozoïque et la gravimétrie des anomalies localisées en surface mais avec ramification vers la profondeur, étant entendu que les accidents affectant le Paléozoïque pourraient être complètement différents de ceux de la couverture mésozoïque.

Dans le second cas, les séries allochtones ayant été uniquement déplacées latéralement, la couverture mésozoïque ne présenterait pas spécialement d'accidents au droit des dépôts allochtones et les anomalies gravimétriques seraient des anomalies de surface gréffées sur un fond général ample, dans la mesure où le substratum n'aurait pas été affecté par une tectonique propre.

Le problème de la région de Mula pourrait se présenter de la façon suivante :

La région de Mula ferait partie d'un bourrelet Triaso-liasique, en chouffleur, très épais dans la région de Manzanette et s'amincissant vers le NE, en direction de Baños de Mula et de Mula 2 ; Au-delà, il semblerait possible d'admettre une branche principale redressée vers le Nord, vers la Sierra del Cajal, et une autre, mineure vers Centi.

Pour vérifier cette hypothèse, dont l'application pourrait être très large, il faudrait plusieurs sondages implantés sur l'axe de l'anomalie résiduelle positive entre Sierra de Manzarrette et Sierra del Cajal. Ces sondages devraient trouver les séries allochtones à faible profondeur, comme cela a été le cas à Mula 2 et Mula 4.

Cependant il faudrait également tester les deux bassins situés de part et d'autre de l'anomalie résiduelle positive, par exemple par un sondage au CDP 1300 du M1V, où l'on devrait trouver une série stratigraphique pratiquement complète, aux périodes d'émergence près, reposant sur un Paléozoïque situé vers 5000 m (2,3 secondes t. d.) et un autre sondage au CDP 300, toujours du M1V, où les terrains autochtones se trouveraient vers 1500 m.

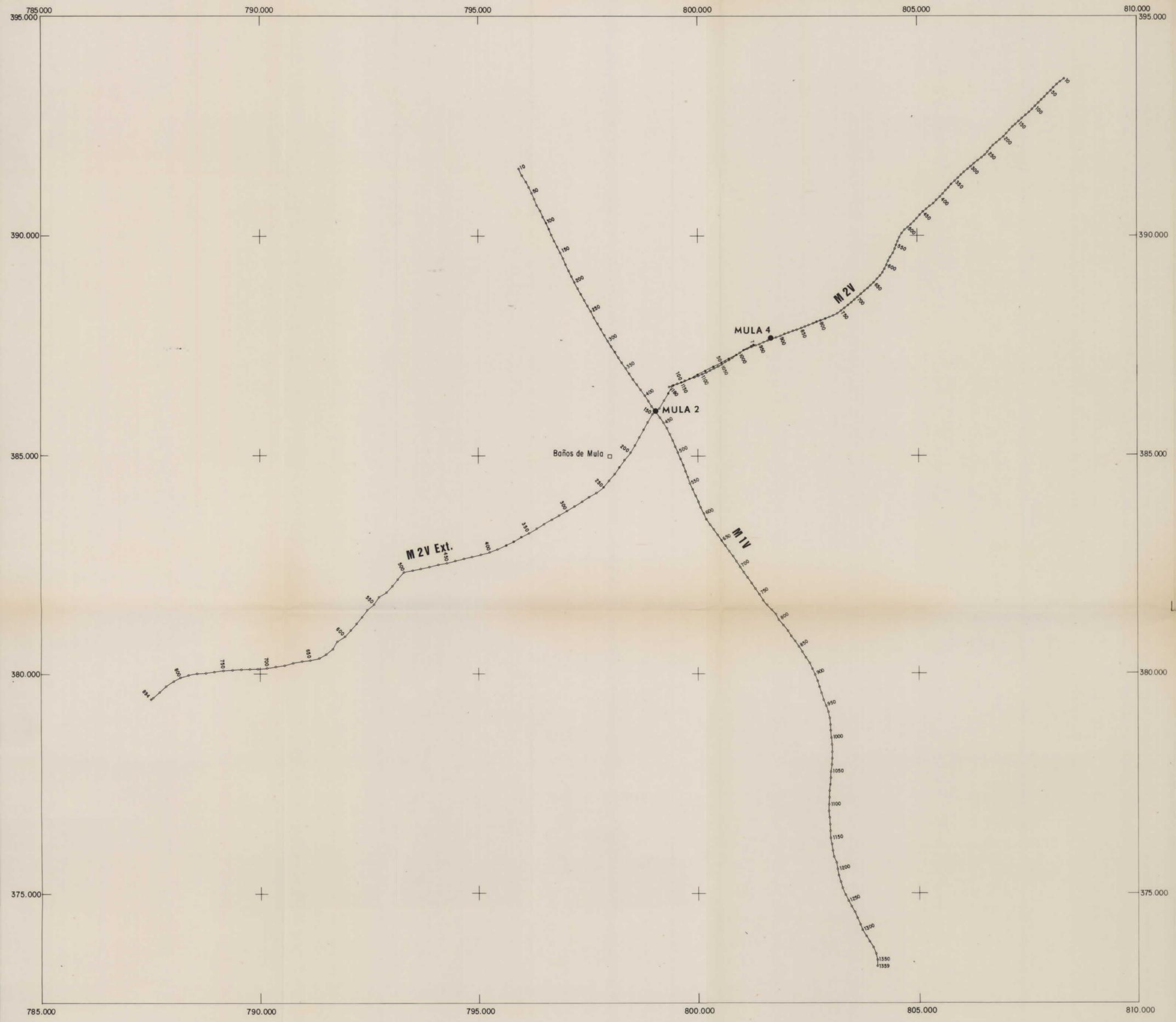
Bien entendu, une campagne gravimétrique de détail et quelques compléments sismiques seraient nécessaires pour étendre cette interprétation à toute la région, ces deux méthodes paraissent particulièrement complémentaires dans cette région.

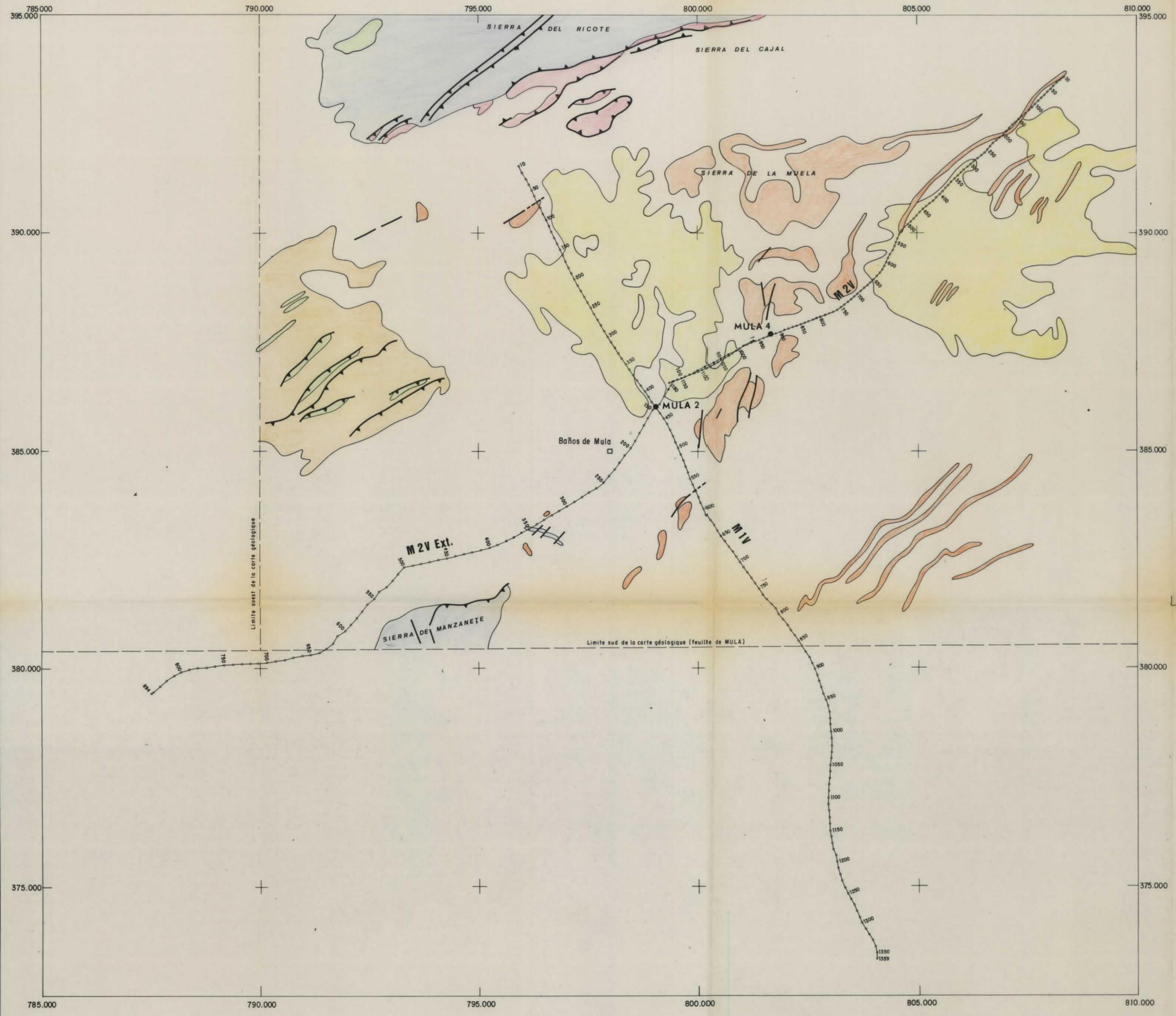
MULA

PLAN DE POSITION

ECHELLE : 1/50.000

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
6, Rue Galvani - 91301 - MASSY - FRANCE





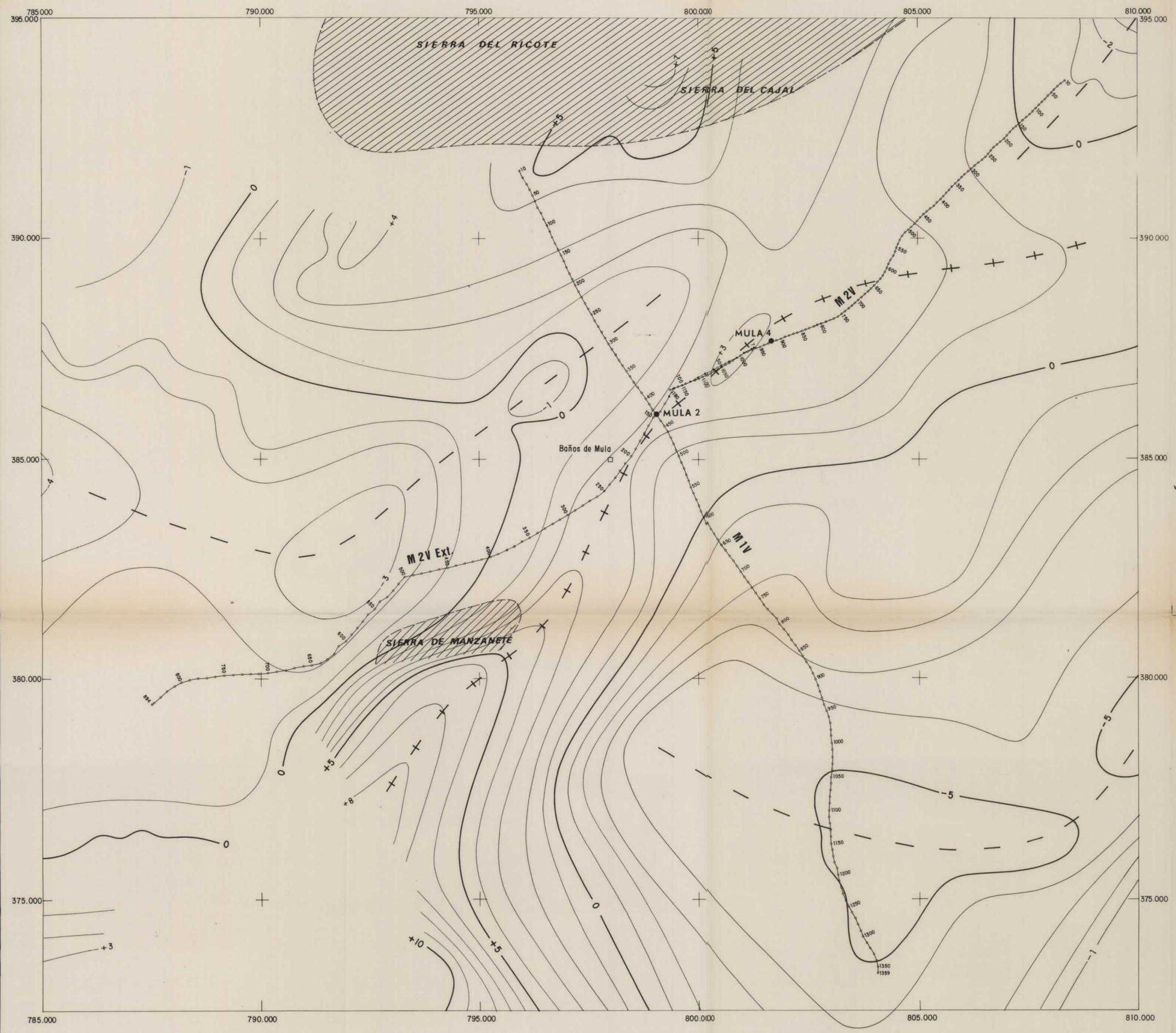
MULA

SCHEMA GEOLOGIQUE

AUTOCHTONES "POST-MANTOS"	Eluvions quaternaires	
	Formations tertiaires et quaternaires "post-mantos" indifférenciées	
	Intercalations de grés, calcaires et conglomérats (Tortonien)	
Phase orogénique helvétique		
ALLOCHTONES	Crétacé supérieur (calcaires marneux et marnes)	
	Jurassique (calcaires, dolomies, marnes)	
	Trias (marnes, gypses)	
	Unité de Mula (calcaires, marnes, conglomérats) Crétacé supérieur à Tertiaire	
	Contact anormal de chevauchement	
Faïlle		
Profil sismique		

ECHELLE: 1/50.000

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
 6, Rue Galvani - 91301 - MASY - FRANCE



MULA

GRAVIMETRIE
ANOMALIE RESIDUELLE

D= 2,0

- Courbe isogamme en milligals ———— +5
- Axe anomalique positif ———— + ———— +
- Axe anomalique négatif ———— - ———— -
- Affleurement de terrains mésozoïques allochtones

ECHELLE: 1/50.000

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
6, Rue Galvani - 91301 - MASSY - FRANCE

S 790 PERFIL M-1 V 101 N
"SLALOM LINE" MIGRACION

REGISTRADO en COBERTURA : 2400 %
ELABORADO en COBERTURA : VARIABLE
VELOCIDAD de HOMOGENEIDAD : 2000 m/s
ESCALA : 1/20000
TIEMPOS REDUCIDOS a un DP 300 m

TREATAMIENTO

RECUPERACION DE LAS AMPLITUDES (PASO 4 ms)
EDICION
COLECCION DE LOS PUNTOS REFLEXION
Y DIVISION EN 5 LINEAS
DECONVOLUCION L100 - 4ms
VENTANAS 300 - 2000 ms
1800 - 5000 ms
CORRECCIONES ESTATICAS (DEL NIVEL DEL SUELO AL DPC)
ANALISIS DE VELOCIDADES (GAMA DE VELOCIDADES)
CORRECCIONES DINAMICAS INTERPOLACION LINEAL ENTRE 2 LEYES CONSECUTIVAS
AJUSTE AUTOMATICO DE LAS CORRECCIONES ESTATICAS
EL ORIGEN DE LOS TIEMPOS SE ENCUENTRA EN EL DPC DE CALCULO DPC NIVEL MEDIO DEL SUELO

STACK
FILTRO VARIABLE
MIGRACION EN TIEMPOS
IGUALACION DE LAS TRAZAS
CORRECCIONES ESTATICAS (DEL DPC AL DP)
SALIDA ANALOGICA



FECHA 3-82
FIRMA

MARCA REGISTRADA POR C.G.G.

I PUESTA en OBRA : VIBROSISMICA

1. TOPOGRAFIA	
PUNTO de TIPO	
101 120	Pendiente pistas
120 226	Cultivos y pistas Pendientes suaves
226 227	Carretera
277 408	Cultivos y carretera " " Algun cortado
408 790	Cultivos y pistas

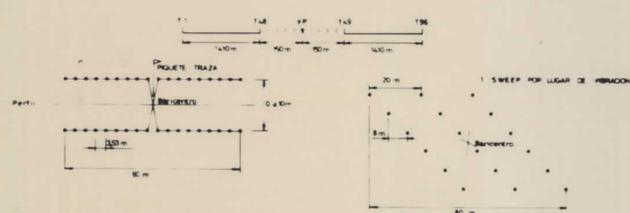
2. DISPOSITIVO

PUNTO de VIBRACION (PV) BASE SISMOGRAFICA

No de vibradores 3 No de vibraciones 1 v 2 No de trazas 96
No de emplazamientos de vibracion (EVI) 6 Distancia entre EV 8 m No de sismos/traza 36
Distancia entre vibradores 20 m Distancia entre PV 60 m Distancia entre trazas 30 m
Offset lateral 0 a 90 m longitudinal 150 m Distancia PV traza prox 150 m

Frecuencia del sweep 15 -> 70 Hz Longitud del sweep 15 s

ESQUEMA



II PARAMETROS del REGISTRO

LABORATORIO SN 348-96 Trazas tipo SM 4U
REGISTRADOR SISMOS frecuencia 10 Hz

AMPLIFICADORES FILTROS
Pre-ampli 27 Bf 8 Hz 12 dB/oct
Af 125 Hz 72 dB/oct

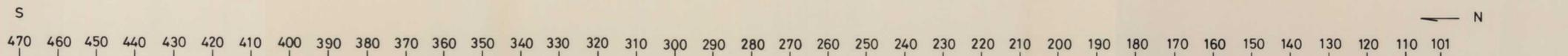
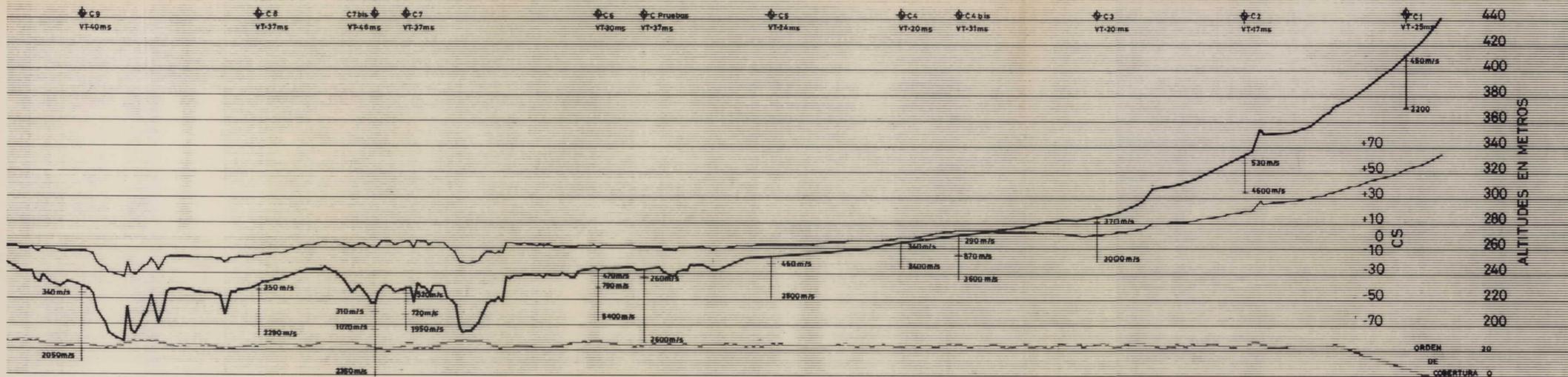
Duracion del registro 15 + 5 = 20 s Muestra 2 ms

III CORRECCIONES de SUPERFICIE

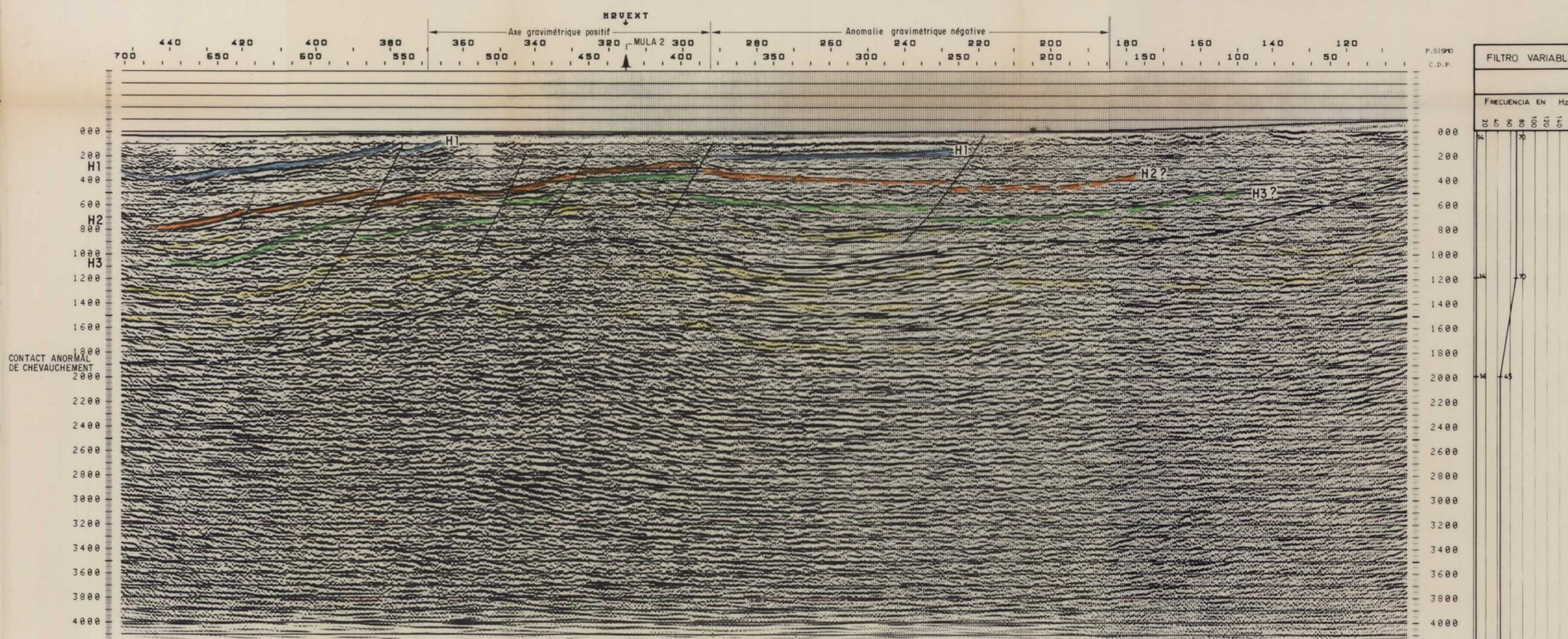
1. METODO ALTIMETRICO CON VELOCIDADES MEDIDAS POR REFRACCION Y EN POZOS
2. VELOCIDAD 2500 m/s

OBSERVACIONES

Fecha de registro 12-81



CP	TIME	INVEL																																	
790	50	2500	668	50	2500	567	50	2500	514	50	2500	428	50	2500	393	50	2500	293	50	2500	196	50	2500	163	50	2500	110	50	2500	74	50	2500	9	50	2500



B27 F2 T50 12

MULA
SO 707 PERFIL M-2 V 102 NE
"SLALOM LINE"

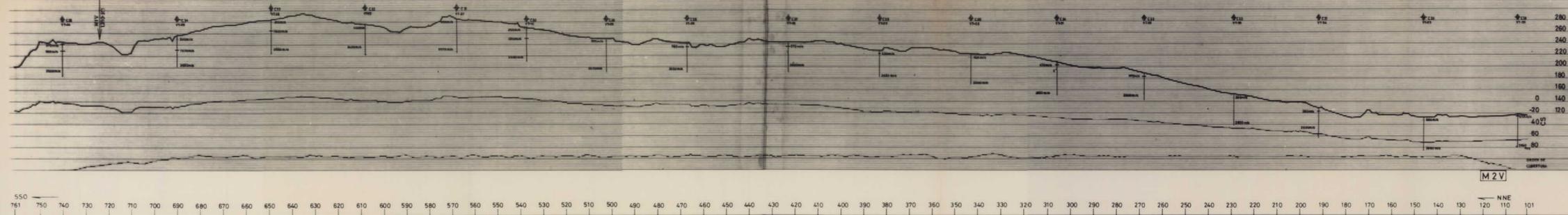
REGISTRADO en COBERTURA : 2400%

ELABORADO en COBERTURA : VARIABLE

VELOCIDAD de HOMOGENEIDAD : 2000 m/s

ESCALA : 1/20000

TIEMPOS REDUCIDOS a un DP 300 m



CP	TIME	PROVEL	INTVEL
CP 1140	1.00	2700	2700
CP 1100	1.00	2700	2700
CP 1060	1.00	2700	2700
CP 1020	1.00	2700	2700
CP 980	1.00	2700	2700
CP 940	1.00	2700	2700
CP 900	1.00	2700	2700
CP 860	1.00	2700	2700
CP 820	1.00	2700	2700
CP 780	1.00	2700	2700
CP 740	1.00	2700	2700
CP 700	1.00	2700	2700
CP 660	1.00	2700	2700
CP 620	1.00	2700	2700
CP 580	1.00	2700	2700
CP 540	1.00	2700	2700
CP 500	1.00	2700	2700
CP 460	1.00	2700	2700
CP 420	1.00	2700	2700
CP 380	1.00	2700	2700
CP 340	1.00	2700	2700
CP 300	1.00	2700	2700
CP 260	1.00	2700	2700
CP 220	1.00	2700	2700
CP 180	1.00	2700	2700
CP 140	1.00	2700	2700
CP 100	1.00	2700	2700
CP 60	1.00	2700	2700
CP 20	1.00	2700	2700

TRATAMIENTO

RECUPERACION DE LAS AMPLITUDES (PASO 4ms)
EDICION
COLECCION DE LOS PUNTOS REFLEXION
Y DIVISION EN 5 LINEAS
DECONVOLUCION L100 ms
VENTANAS 300 - 2000 ms
1800 - 5000 ms
CORRECCIONES ESTADISTICAS DEL NIVEL DEL SUELO AL DPC
ANALISIS DE VELOCIDADES
CORRECCIONES DINAMICAS INTERPOLACION LINEAL ENTRE 2 LEVES CONSECUTIVAS
AJUSTE AUTOMATICO DE LAS CORRECCIONES ESTADISTICAS

Stack
FILTRO VARIABLE
AUMENTO DE LA RESOLUCION ESPACIAL
AMCO-D
IGUALACION DE LAS TRAZAS
CORRECCIONES ESTADISTICAS DEL DPC AL DP
SALIDA ANALOGICA

* EL ORDEN DE LOS TIEMPOS SE ENCUENTRA EN EL DPC DEL MUESTREO



FECHA 3-82
FIRMA

MARCA REGISTRADA POR C.G.G.

I PUESTA en OBRA: VIBROSISMICA

1 TOPOGRAFIA

PUNTOS de TIPO	102	707	Cultivos carretera pistas

2 DISPOSITIVO

PUNTO de VIBRACION (PV)	BASE SISMOGRAFICA
No de vibradores: 3	No de trazas: 36
No de emplazamientos de vibracion (V): 6	No de sismos trazas: 36
Distancia entre vibradores: 20	Distancia entre trazas: 20
Offset lateral: 0 a 90	Distancia entre trazas: 100
Frecuencia de sweep: 15	Longitud de traza: 100
	Longitud de traza: 100

ESQUEMA



II PARAMETROS del REGISTRO

LABORATORIO SN 348-96 Trazas tipo SM 4U
REGISTRADOR SISMOS frecuencia 10 Hz

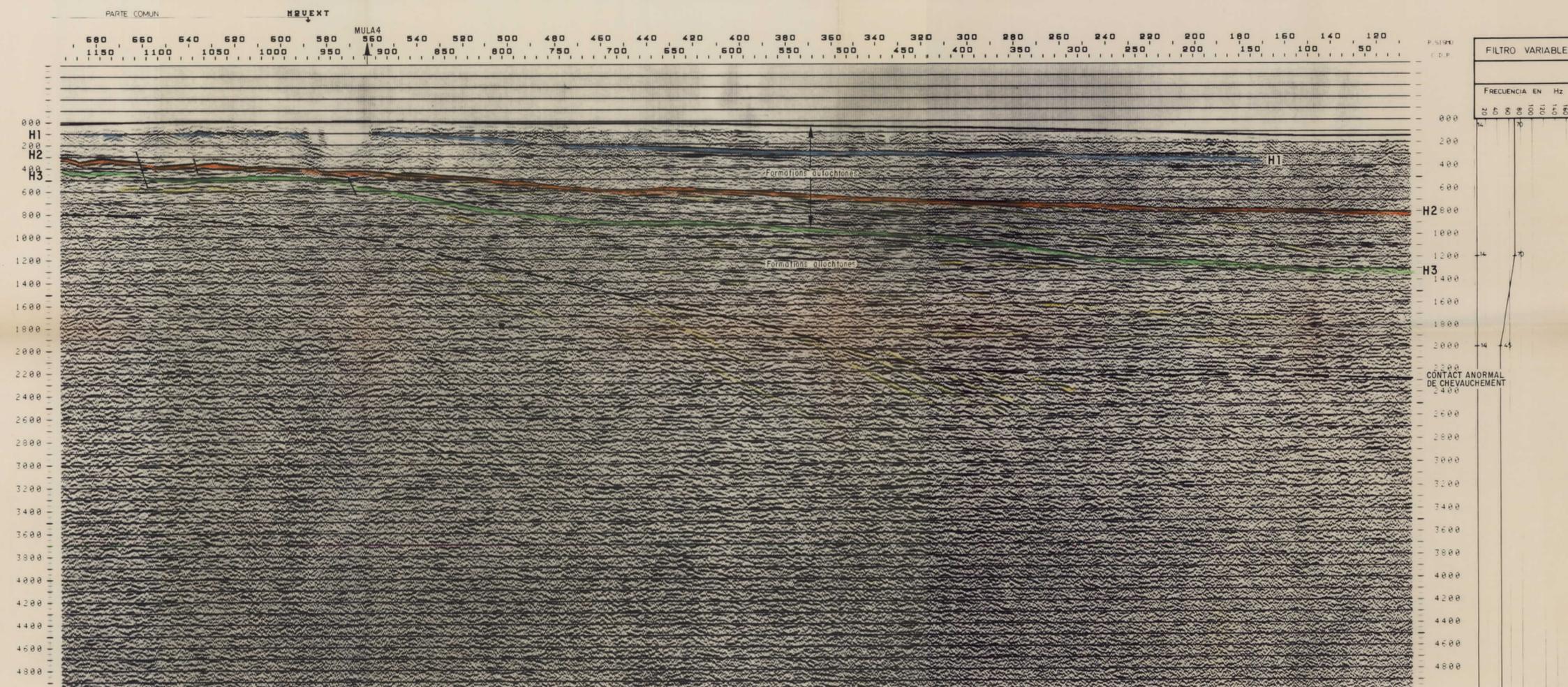
AMPLIFICADORES FILTROS
Pre-ampli 27 BF 8 Hz 12 dB/oct
AF 125 Hz 72 dB/oct

Duracion del registro 15 + 5 = 20 s Muestras 2 ms

III CORRECCIONES de SUPERFICIE

- METODO ALTIMETRICO CON VELOCIDADES MEDIDAS POR REFRACCION Y EN POZOS
- VELOCIDAD 2500 m/s

OBSERVACIONES



FILTRO VARIABLE
FRECUENCIA EN Hz

CONTACT ANORMAL DE CHEVAUCHEMENT

MULA
SO 1532 PERFIL M-2 V Ext. 1102 NE
"SLALOM LINE"

REGISTRADO en COBERTURA : 2400%
ELABORADO en COBERTURA : VARIABLE
VELOCIDAD de HOMOGENEIDAD : 2000 m/s
ESCALA: 1/20000
TIEMPOS REDUCIDOS a un DP 300 m

TRATAMIENTO	
RECUPERACION DE LAS AMPLITUDES (PISO 4ms)	Stack
EDICION	FILTRO VARIABLE *
COLECCION DE LOS PUNTOS REFLEXION Y DIVISION EN 5 LINEAS	AUMENTO DE LA COHERENCIA ESPACIAL (AMCO-D)
DECONVOLUCION 1300 MS	
VENTANAS 300 - 2000 MS	
1800 - 5000 MS	
CORRECCIONES ESTATICAS (DEL NIVEL DEL SUELO AL DPC)	IGUALACION DE LAS TRAZAS
ANALISIS DE VELOCIDADES (GAMA DE VELOCIDADES)	CORRECCIONES ESTATICAS DEL DPC AL DP
CORRECCIONES DINAMICAS (INTERPOLACION LINEAL ENTRE 2 LEYES CONSECUTIVAS)	SA. DA ANALOGICA
AJUSTE AUTOMATICO DE LAS CORRECCIONES ESTATICAS	
* EL ORIGEN DE LOS TIEMPOS SE ENCUENTRA EN EL DPC DE CALCULO DPC NIVEL MEDIO DEL SUELO	

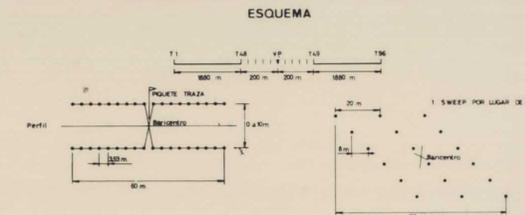


FECHA 3-82
FIRMA

I- PUESTA en OBRA : VIBROSISMICA

1. TOPOGRAFIA	PUNTOS de TINO	1102 1532	Pendiente, pistas, cultivos, carreteras y pistas
---------------	----------------	-----------	--

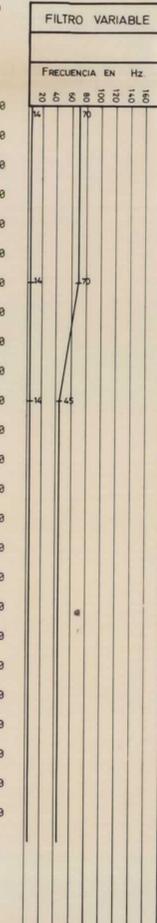
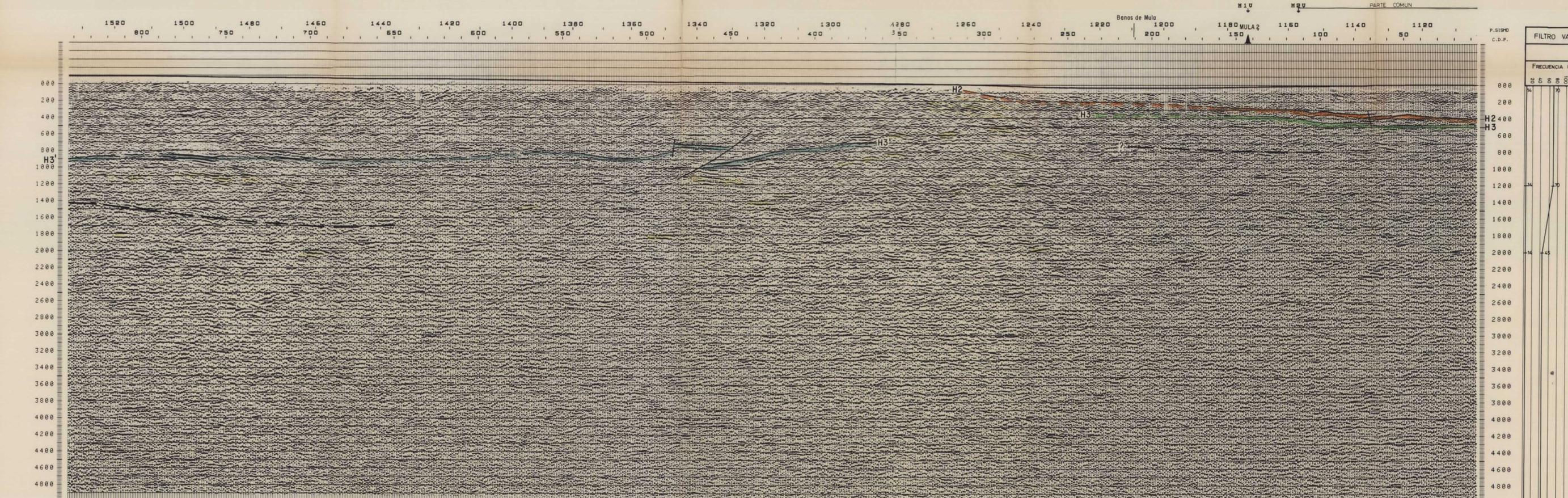
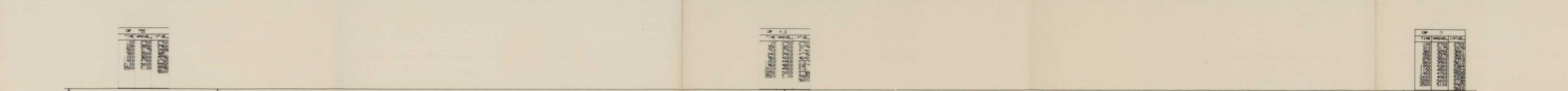
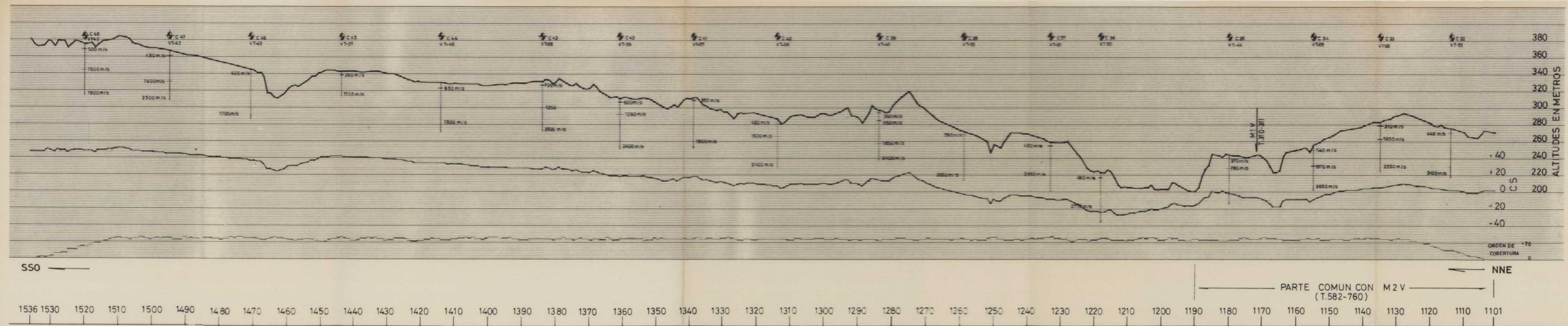
2. DISPOSITIVO	PUNTO de VIBRACION (PV)	BASE SISMOGRAFICA
No de vibradores 3	No de vibraciones EV 2	No de trazas 96
No de emplazamientos de vibracion (EV) 5	Distancia entre EV 8 m	No de sismos/traza 36
Distancia entre vibradores 20 m	Distancia entre PV 50 m	Distancia entre trazas 40 m
Offset lateral 0 a 90 m	longitudinal 200 m	Distancia PV traza prox 200 m
Frecuencia del sweep 15	70 Hz	longitud del sweep 15 s



II PARAMETROS del REGISTRO	
LABORATORIO	SN 348-96 Trazas
REGISTRADOR	SISMOS tipo SM 4U frecuencia 10 Hz
AMPLIFICADORES	FILTROS
Pre-ampli 27	Bf 8 Hz 12 dB/oct Af 125 Hz 72 dB/oct
Duracion del registro: 20 + = 20 s	Muestreo 2 ms

III CORRECCIONES de SUPERFICIE
1. METODO ALTIMETRICO CON VELOCIDADES MEDIDAS POR REFRACCION Y EN POZOS.
2. VELOCIDAD 2500 m/s

OBSERVACIONES
Fecha de registro 12-81



MULA

ISOCHRONES

Horizon 2

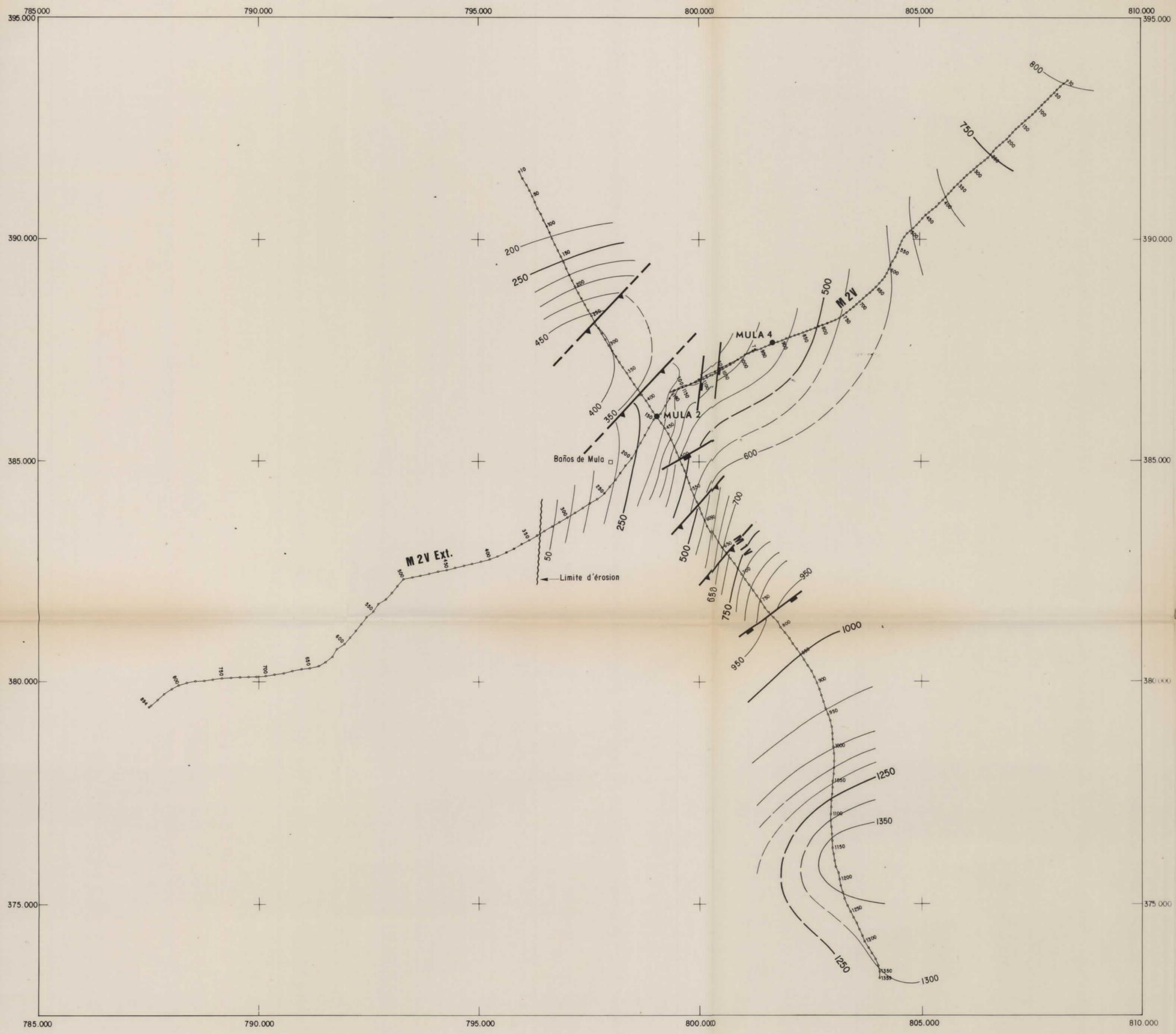
D.P. à 300 m.

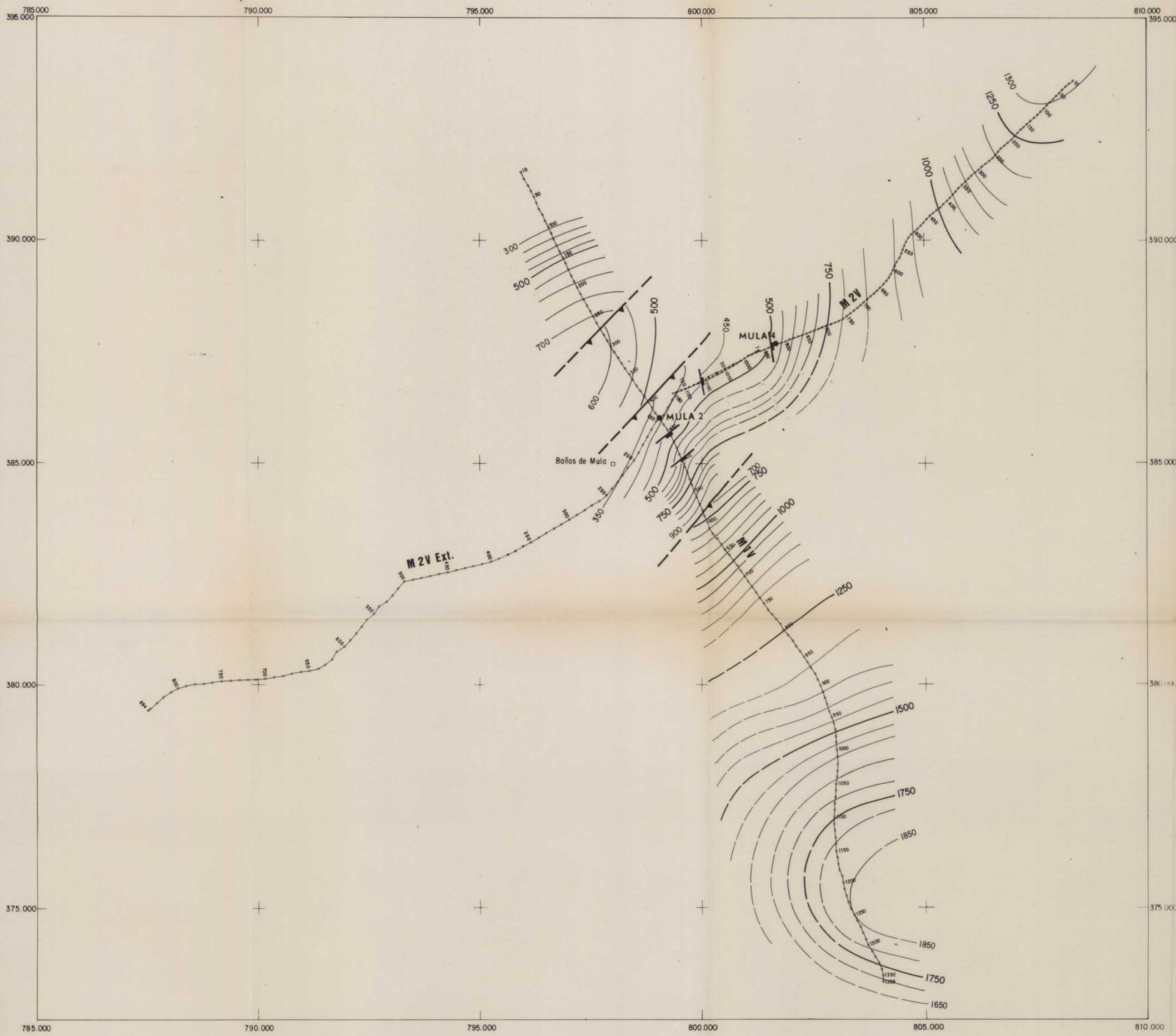
EQUIDISTANCE DES COURBES: 50 MILLISECONDES (TEMPS DOUBLES)

Isochrome et sa cote en millisecondes — 500 —
Faille normale ————
Faille inverse ————

ECHELLE: 1/50.000

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
6, Rue Galvani - 91301 - MASSY - FRANCE





MULA
ISOCHRONES
Horizon 3

(Toit des terrains allochtones)

D.P. à 300 m.

EQUIDISTANCE DES COURBES: 50 MILLISECONDES (TEMPS DOUBLES)

Isochrone et sa cote en millisecondes — 1000 —
Faille normale ————
Faille inverse ————

ECHELLE: 1/50.000

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
6, Rue Galvani - 91301 - MASSY - FRANCE

MULA
ISOPACHES TEMPS
entre les horizons 2 et 3

EQUIDISTANCE DES COURBES: 50 MILLISECONDES (TEMPS DOUBLES)

Isopache et sa cote en millisecondes — 500 —
Faille —————

ECHELLE : 1/50.000

COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE
6, Rue Galvani - 91301 - MASSY - FRANCE

