

Mission CETENAL-MEX 46 A 12-512. Cliché n° 16-11 de Août 1972. Echelle 1:50 000
Focale 152,13 mm. Carte 1:50 000 MEX Feuille A35, à paraître.

J. CHOROWICZ, J. ANGELIER, Cl. RANGIN
Département de Géotectonique, Université Paris-VI, Paris, France

B. COLLETTA, L. ORTLIEB
Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Hermosillo, Méjico
Mission Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer au Mexique

A. DEMANT
Laboratoire de Pétrographie, Faculté des Sciences de St-Jérôme, Marseille, France

UN VOLCAN PLIO-QUATERNAIRE PARTAGÉ PAR UNE FAILLE PRÈS DE SANTA ROSALIA (BASSE CALIFORNIE, MEXIQUE) : RELATIONS AVEC LE SYSTÈME DE FAILLES DE SAN ANDREAS ET L'OUVERTURE DU GOLFE DE CALIFORNIE

L'étude des images de satellite d'une partie de la Basse Californie, présentée précédemment dans le même article sous le titre : « Interprétation des images spatiales du secteur de Santa Rosalia (Basse Californie, Mexique) et le problème de l'ouverture du Golfe de Californie », met en évidence un endroit particulièrement intéressant qui mérite une étude plus détaillée sur photographies aériennes. Il s'agit de l'intersection entre une grande faille NE-SW traduisant probablement le jeu d'un accident relativement ancien appartenant au socle, et un grand décrochement dextre NW-SE plio-quaternaire. Ce secteur est repéré par un cadre sur la carte télé-analytique de la note précédente.

Le cliché montre des cailloutis sub-actuels, d'autres plus anciens car ravinés par le réseau hydrographique, s'appuyant sur des roches volcaniques très probablement quaternaires. Ces roches sont surtout des basaltes très sombres, plus ou moins recouverts de cendres et ponces claires, qui proviennent du volcan de Las Tres Virgenes.

Les failles visibles dans ce secteur sont toutes sub-verticales et ne semblent affecter nettement que la formation volcanique : elles sont donc antérieures aux cailloutis quaternaires anciens qui les recouvrent.

La faille F1 correspond au grand décrochement observé sur les images de satellites. D'autres fractures lui sont sub-parallèles sur le même cliché.

L'accident F2, de direction sensiblement N.50°, correspond à la grande faille NE-SW visible sur les images spatiales au NW de la caldeira de La Reforma et des volcans de Las Tres Virgenes.

Le mécanisme de la faille F1 est très évident sur la photographie : dans son segment NW, elle partage un volcan V1 en deux portions égales et les décale d'une manière dextre. Le rejet horizontal longitudinal est bien indiqué par le déplacement des deux moitiés du cratère du volcan. Le rejet vertical est négligeable.

A l'intersection de ce décrochement dextre F1 et de la faille F2, les segments de cette dernière sont décalés à droite, ce qui confirme que F1 est dextre et postérieure à F2. A cet endroit précis, F1 n'est pas continue mais subit une suite de petits décalages en échelon. Ce secteur doit être en extension pour pouvoir assurer le relai du mouvement comme le montre le schéma de la figure 1 (voir calque, p. 1-2.13). C'est juste à ce point de rencontre que se trouve un volcan V2, ce qui semble prouver qu'il y a bien extension.

Les observations sur le terrain n'ont pas permis de mettre en évidence les mécanismes des failles F1 et F2 dans ce secteur. Les diagrammes de la figure 2 résument les rares observations de détail effectuées le long de la faille F1 au sud immédiat du volcan V1. On remarque le rebroussement de l'horizontale jusqu'à 40° des couches de cinérites au voisinage de la faille, indiqué par les pôles des plans de stratification (petits cercles sur la figure 2) alignés suivant la direction nord-est-sud-ouest perpendiculaire à celle de F1. Les accidents dirigés parallèlement à F1 (NW-SE à NNW-SSE) sont subverticaux ; les stries n'ont pu être observées. De petites failles inverses de direction à peu près E-W et d'inclinaison de 30 à 50° ont été observées, leur jeu est mécaniquement compatible avec celui du décrochement dextre F1. Seule une faille inverse nous a montré des stries ; la recherche des directions communes d'extension et de compression (dernier diagramme de la figure 2) a été faite en attribuant aux deux accidents NW-SE à NNW-SSE un jeu purement décrochant dextre, comme pour la faille F1 de même orientation. L'ensemble est compatible avec des directions proches de N-S pour la compression et E-W pour l'extension, malgré la rareté des données à cet endroit précis.

L'accident F1 illustre très bien le mécanisme du système de failles de San Andreas-Golfe de Californie. Il a la direction et le rejet des failles de type San Andreas, et son intersection avec une faille plus ancienne F2 montre comment certains secteurs orientés NE-SW peuvent être extension à leur intersection avec une faille NW-SE et permettre des venues magmatiques, à l'image de ce qui se passe au fond du Golfe de Californie.

CONCLUSIONS

1) L'existence de failles NW-SE décrochantes dextres dans la péninsule de Basse Californie démontre que la déformation qui accompagne l'ouverture du Golfe de Californie ne reste pas cantonnée au plancher de celui-ci, mais intéresse une plus large surface constituant une zone transformante.

2) Cet exemple suggère que les accidents NE-SE, relativement plus anciens, pourraient avoir favorisé l'ouverture des bassins à croûte océanique de même direction se trouvant dans le Golfe de Californie. Ces bassins peuvent donc avoir leur prolongement à terre sous l'aspect d'une faille.

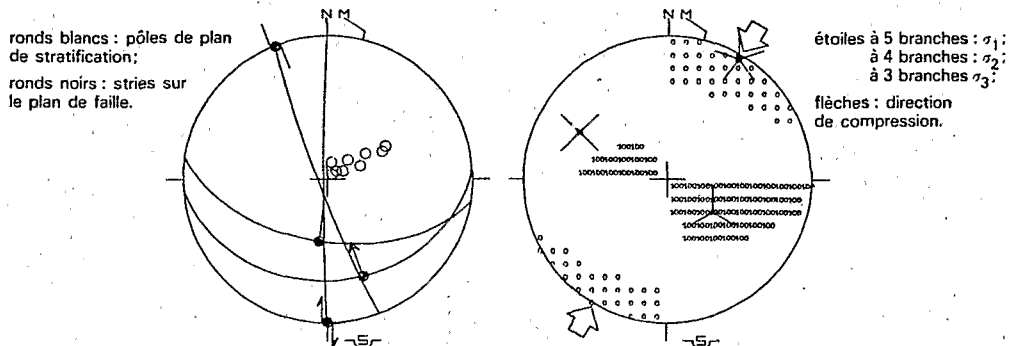


Fig. 2. - Diagrammes des observations de terrain le long de F1.



A VOLCANO SPLIT BY A FAULT NEAR SANTA ROSALIA (BAJA CALIFORNIA, MEXICO): RELATIONSHIPS WITH THE SAN ANDREAS FAULT AND THE OPENING OF THE GULF OF CALIFORNIA

A study of satellite images of part of Baja California, lately published in the same article under the title: "Interpretation of satellite images of the Santa Rosalia sector (Baja California, Mexico) and the problem of the opening of the Gulf of California" shows a particularly interesting spot which is worthy of more detailed study from aerial photographs. It is the meeting point between a large NE-SW fault, probably the result of recurrent faulting of a relatively old feature belonging to the basement, and a large Plio-Quaternary NW-SE right-hand transcurrent fault. This sector is identified by a rectangle on the remote interpretation map in the previous note.

The image shows sub-current scree, and older scree channeled by the drainage system, resting on volcanic rock which is very probably Quaternary. This rock is mainly very dark basalt, partly covered by light-colored ash and pumice-stone, coming from the volcanic massifs of Las Tres Virgenes.

The visible faults in this sector are all sub-vertical and seem to have an appreciable affect only on the volcanic formation. They are therefore earlier than the old Quaternary scree covering them.

Fault F1 corresponds to the large transcurrent fault observed on the satellite images. Other fractures are sub-parallel to it on the same image.

Fault F2, approximately N.50° in direction, corresponds to the large NE-SW fault visible on the satellite images taken to the northwest of the La Reforma caldera and Las Tres Virgenes volcanoes.

The mechanism of fault F1 is very obvious in the photograph. In its NW segment, it splits a volcano V1 into two equal portions and displaces them to the right. The longitudinal horizontal displacement is clearly shown by that of the two halves of the crater of the volcano. Vertical displacement is negligible.

At the meeting point between this transcurrent fault F1 to the right and fault F2, the segments of the latter are displaced to the right, which confirms that F1 is to the right of and later than F2. At this exact point, F1 is not continuous but undergoes a series of small stepped displacements. This sector must be extending to carry on the movement, as the diagram in Figure 1 (see overlay, p. 1-2.13) shows, and it is exactly at this meeting point that there is a volcano V2, which seems to prove the extension.

Ground observations did not reveal the mechanisms of faults F1 and F2 in this sector. The diagrams in Figure 2 sum up the sparse detailed observations made along fault F1 just south of volcano V1. The cinerite layers in the vicinity of the fault can be seen to have been upthrust as much as 40° from the horizontal, as shown by the poles of the stratification planes (small circles in Fig. 2) lined up along a NE-SW direction perpendicular to that of fault F1. The faults running parallel to F1 (NW-SE to NNW-SSE) are subvertical. No striations were observed. Small thrust faults trending approximately E-W and tilting from 30 to 50° were observed, and their displacement is mechanically compatible with that of the rightward displacement of F1. Only one thrust fault revealed striations. A search was made for the same extending and compressing directions (last diagram in Fig. 2) by attributing a purely rightward displacement to the two NW-SE to NNW-SSE faults just as for fault F1 having the same trend. The pattern is compatible with the directions close to N-S for the compression movements and to E-W for the extending movements despite the sparseness of data at this specific spot.

This fault F1 is a very good illustration of the mechanism of the San Andreas - Gulf of California fault system. It has the same trend and displacement as the San Andreas type of fault, and its intersection with an older fault F2 shows how certain sectors running NE-SW can extend at their intersection with a NW-SE fault and allow the inflow of magma, as can be seen at the head of the Gulf of California.

CONCLUSIONS

- 1) The existence of NW-SE right-hand transcurrent faults in the Baja California peninsula shows that the deformation accompanying the opening of the Gulf of California is not limited to the head of this latter but involves a larger area which constitutes a transforming zone.
- 2) This example suggests that the relatively older NE-SW faults may have encouraged the opening of basins in the oceanic crust in the same direction in the Gulf of California. These basins may thus continue on land in the form of a fault.

Fig. 2. - Diagram of field observations along F1.

- 1st diagr. : round white : poles of the stratification plane;
 round black : striations on the fault plane.
 2nd diagr. : five-branched stars : σ_1 ; four-branched : σ_2 ; three-branched : σ_3 ;
 arrows : compressional direction.

(see the French text)

UN VOLCÁN PLIO-CUATERNARIO, CORTADO POR UNA FALLA, SITUADO CERCA DE SANTA ROSALÍA (BAJA CALIFORNIA, MÉXICO): RELACIONES CON EL SISTEMA DE FALLAS DE SAN ANDREAS Y LA ABERTURA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

El estudio de imágenes, tomadas de satélite, de una parte de la Baja California, que se presenta precedentemente en el mismo artículo intitulado: « Interpretación de las imágenes del espacio del sector de Santa Rosalía (Baja California, México) y el problema de la abertura del Golfo de California », hace descubrir un lugar particularmente interesante que merece un estudio más profundo en las fotografías aéreas. Se trata del intersección de una gran falla, NE-SW, manifestación probable de un removimiento de un accidente relativamente antiguo perteneciente al zócalo, con un gran descolgamiento diestro, NW-SE, plio-cuaternario. Este sector se señala, en el mapa tele-analítica de la precedente nota, con un cuadrilátero.

En el cliché vemos gravas sub-actuales, otras más antiguas, puesto que ya están surcadas por la red hidrográfica, que descansan sobre rocas volcánicas muy probablemente cuaternarias. Estas rocas son, sobre todo, basaltos muy oscuros, más o menos recubiertos con cenizas y piedra pómez claras, que provienen del volcán de Las Tres Virgenes.

Las fallas visibles en este sector son todas sub-verticales y visiblemente sólo afectan la formación volcánica: así pues, son anteriores a las gravas cuaternarias antiguas que las recubren.

La falla F1 corresponde con el gran descolgamiento que se observa en las imágenes satélite. Hay otras fracturas que le son sub-paraletas en el mismo cliché.

El accidente F2, de dirección sensiblemente N.50°, corresponde con la gran falla NE-SW, visible en las imágenes satélite al noroeste de la caldera de La Reforma y de los volcanes de Las Tres Virgenes.

En la fotografía es muy evidente el mecanismo de la falla F1: en su parte NW corta un volcán V1 en dos partes iguales, desalineándolas de una manera diestra. La separación horizontal longitudinal esta muy bien indicada por el corrimiento de las dos mitades del crater del volcán. La separación vertical es casi nula.

En el punto de encuentro de este descolgamiento diestro F1 con la falla F2, los segmentos de esta última se encuentran corridos hacia la derecha, lo que confirma que F1 es diestra y posterior a F2. En este mismo sitio, F1 no es continua sino que experimenta una serie de pequeños desplazamientos escalonados. Este sector debe encontrarse en extensión para poder asegurar el relevo del movimiento, como puede verse en el esquema de la Fig. 1 (ver el calco, p. 1-2.13). Es exactamente en este punto de encuentro que se situa un volcán V2, lo que parece demostrar que efectivamente hay extensión.

En este sector, las observaciones sobre el terreno no han permitido poner en evidencia los mecanismos de las fallas F1 y F2. En los diagramas de la figura 2, se encuentran resumidas las raras observaciones de detalle efectuadas lo largo de la falla F1, al sur inmediato del volcán V1. En las cercanías de la falla se observa el enderezamiento de la horizontal, hasta 40°, de las capas de cineritas, indicado por los polos de los planos de estratificación (circulitos en la figura 2) alineados según la dirección noreste-suroeste, perpendicular a la de F1. Los accidentes con dirección paralela a F1 (NW-SE a NNW-SSE) son subverticales. No se han observado estrías. También se han observado pequeñas fallas inversas de dirección aproximada E-W y con una inclinación comprendida entre 30 y 50°, su separación es mecánicamente compatible con la del descolgamiento diestro F1. Únicamente hemos encontrado estrías en una falla inversa. La busca de las direcciones comunes de extensión y de compresión (último diagrama de la figura 2) se ha efectuado atribuyendo a los dos accidentes NW-SE a NNW-SSE una separación puramente descolgante diestra, como en la falla F1 de igual orientación. El conjunto es compatible con direcciones próximas de N-S, para la compresión, y E-W, para la extensión, a pesar de la escasez de datos en este lugar preciso.

El accidente F1 ilustra muy bien el mecanismo del sistema de fallas de San Andreas - Golfo de California. Tiene la dirección y la separación de las fallas tipo San Andreas, y con su intersección con una falla más antigua F2 puede verse, como ciertos sectores orientados NW-SE, pueden encontrarse en extensión en su intersección con una falla NW-SE, y permitir avenidas magmáticas, de igual manera como sucede en el fondo del Golfo de California.

CONCLUSIONES

- 1) La existencia de fallas NW-SE descolgantes diestras en la península de Baja California indica que la deformación que acompaña la abertura del Golfo no se limita únicamente al piso de este, sino que también interesa una más gran superficie que constituye una zona transformante.
- 2) Este ejemplo sugiere que los accidentes NE-SW, relativamente más antiguos, han podido haber favorecido la abertura de cuencas con crosta oceánica, de igual dirección, situadas en el Golfo de California. Así pues, estas cuencas pueden prolongarse en tierra firme en forma de falla.

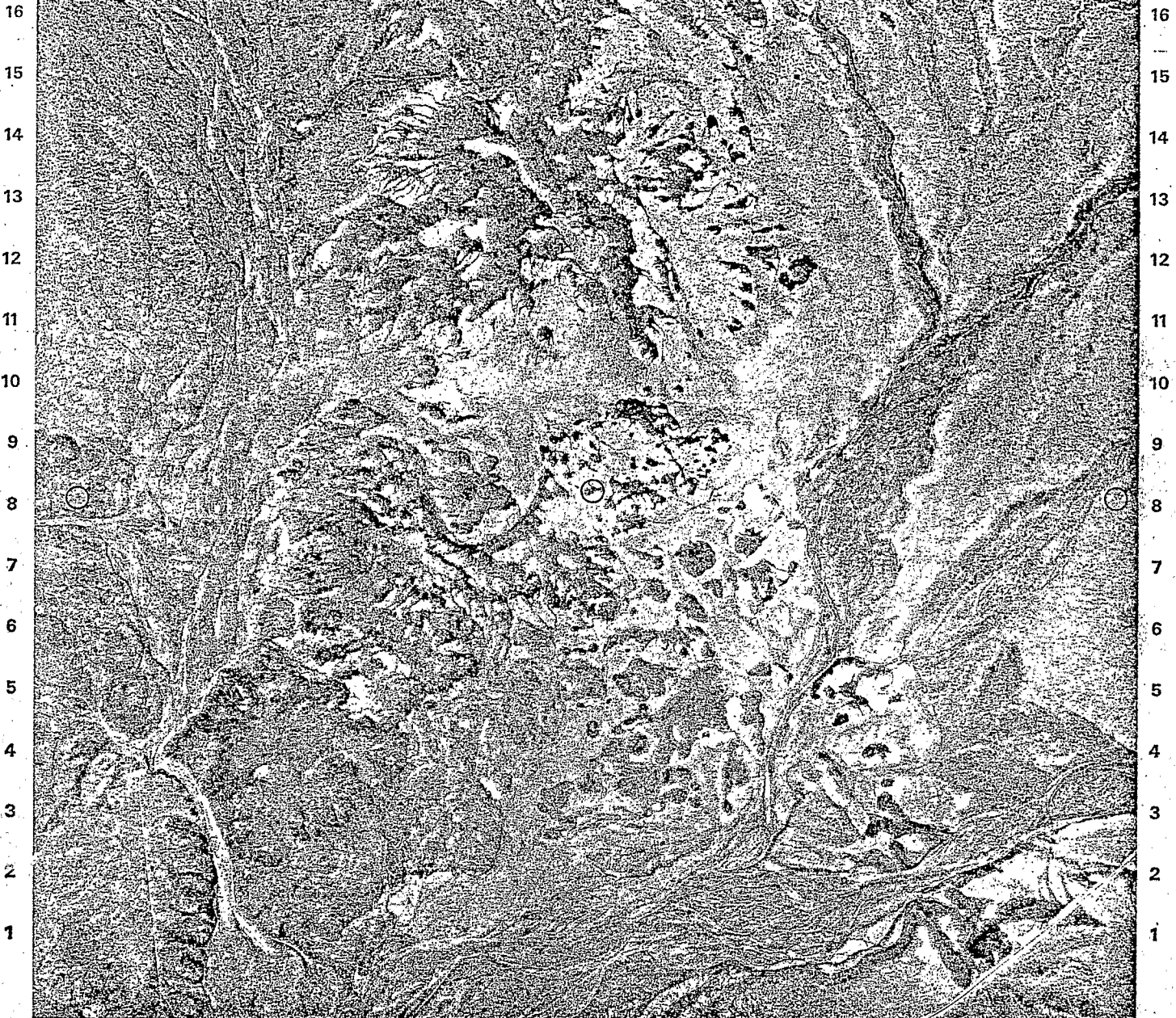
Fig. 2. - Diagrama de las observaciones de terreno lo largo de F1.

- 1^{ero} diagr. : círculos blancos : polos de plano de estratificación;
 círculos negros : estrías en el plano de fallas.
 2^{ndo} diagr. : estrellas de 5 puntas : σ_1 ; de 4 puntas : σ_2 ; de 3 puntas : σ_3 ;
 flechas : dirección de compresión.

(ver el texto Francés)

A B C D E F G H I J K L M N O P

82-2
1-2



Revue "PHOTO-INTERPRETATION" © 2-1982 (2^e tr.) Editions TECHNIP

16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

cliché CETENAL-MEX

8	28	STRUCTURES POLYGENES DISCORDANCES	FALTEES	STRUCTURES PLISSEES	STRUCTURES QUASI MONOCLINALES	MERS EAUX SALES	SEGMENTAIRE STRATIGRAPHIQUE	METAMORPHIQUE	EFFUSIF	CRYSTALLIN
6	6	MICROCLIMATS	EQUATORIAL TRES HUMIDE	INTERTROPICAL	DESERTIQUE ARIDE	PREDESERTIQUE	MEDITERRANEEN	OCEANIQUE	TEMPERE CONTINENTAL	SUB-ARCTIQUE
0	0	NEIGES ET GLACES	EAUX	VEHTS				RELIEF FORT	RELIEF FAIBLE	RELIEF NUL
0	0		SOIS EVOLUES	SOIS BRUTS NON DU PEU EVOLUES	FORMATIONS SUPERFICIELLES	ANCIENTS		MICRORELIEF	VERSANTS	RESCAU HYDROGRAPHIQUE
3	3		DEGRADATION	ETUDE DYNAMIQUE	HEARTYON	DOCUMENTS	METHODES	CERCLES RAYONS	POLYONES	LIGNES
3	3	MONDE ANIMAL	ELEVAGE	EXPLOITATION AGRICOLE	STRUCTURES AGRAIRES	GENIE RURAL	AMENAGEMENT	ORIENTATION	ALIGEMENTS	COUVERT VEGETAL
0	0	COMMUNICATIONS TERRESTRES	COMMUNICATIONS MARITIMES	COMMUNICATIONS AERIENNES		DISTRIBUTION	INDUSTRIE	INDUSTRIE	TRANSPORTEMENT	SOUS-SOL
0	0	RELIGIONS	LOISIRS		HABITAT	FOURTEMENTS	HABITAT RURAL	COGNISATION	PRODUCTION	EXPLOITATION
0	0	TEMPS MODERNES				PROVISIONS	QUATERNAIRE	TERTIARE	SECONDAIRE	ART-PRIMAIRE

MEX MEXIQUE
 CETENAL-MEX 1972 mission 46 A 12-512 cliché n° 16-11
 Août 72 1 : 50 000
 1 : 50 000 MEX feuille A35, à paraitre
 9 8 7 6 5 4 3 2 1

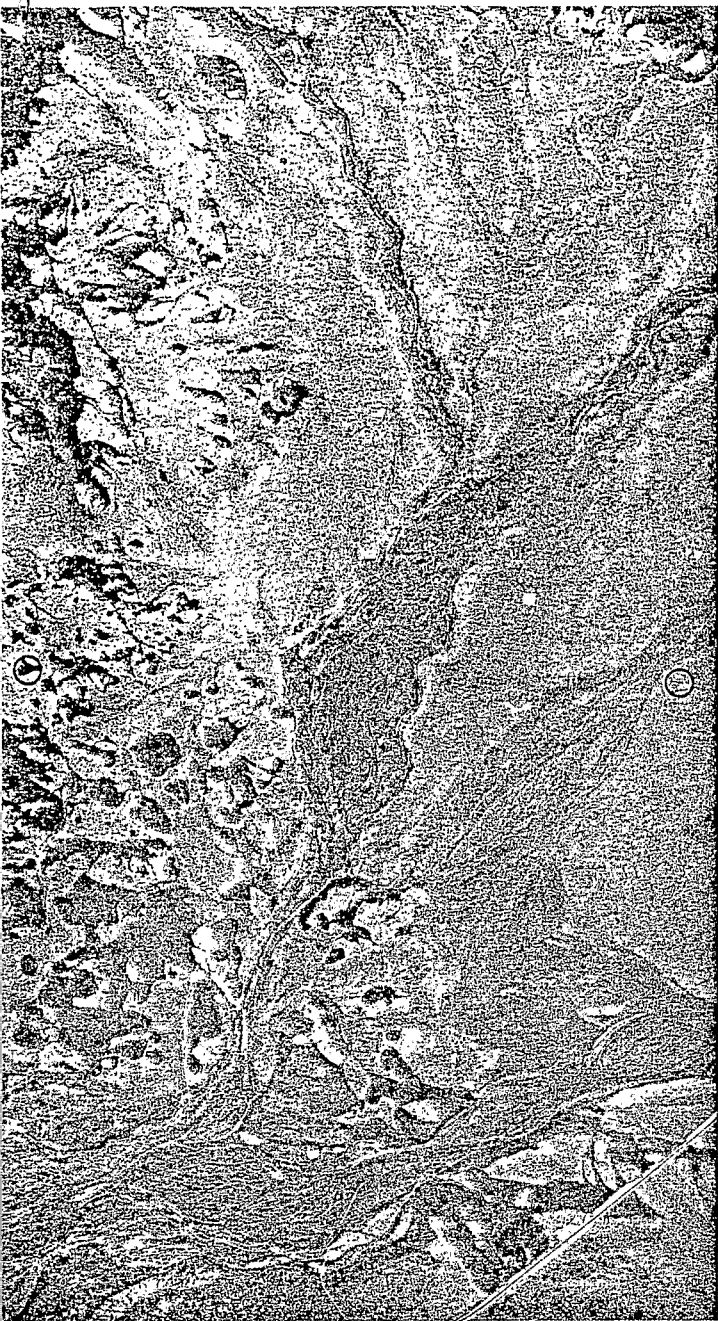
1-2.9

28
1-2

82-2
1-2

p

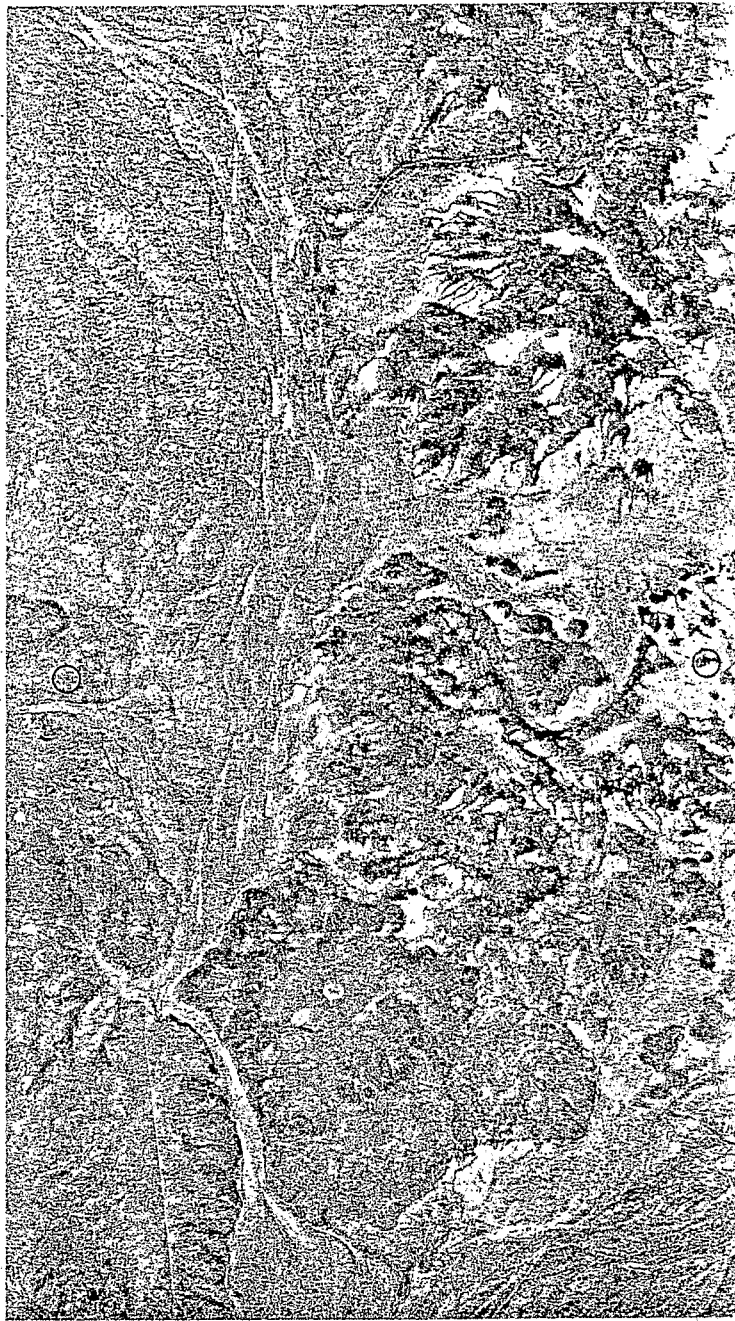
H



82-2
1-2

Phototypie
SISA - PARIS

Revue "PHOTO-INTERPRETATION" © 2-1982 (2^e tr.) Éditions TECHNIP



cliché CETENAL-MEX

cliché CETENAL-MEX

MEX MEXIQUE	CETENAL MEX 1972 mission 46 A 12-512	cliché n° 16-11	Août 72	1 : 50 000 1 = 152.13	1 : 50 000 MEX feuille A35, à paraître.
-------------	---	-----------------	---------	--------------------------	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ANTE-PRIMAIRE PRIMAIRE	SECONDAIRE	TERTIAIRE	QUATERNAIRE PALEOLITHIQUE	NEOLITHIQUE PROTOHISTOIRE				TEMPS MODERNES
0		COLONISATION	HABITAT RURAL		FORTIFICATIONS GUERRES	HABITAT URBAIN		LOISIRS LIEUX PUBLICS	RELIGIONS NECROPOLIS
0	EXPLOITATION SOUS-SOL	PRODUCTION D'ENERGIE	INDUSTRIE TRANSFORMATION	INDUSTRIE CONSUMMATION	DISTRIBUTION		COMMUNICATIONS AERIENNES	COMMUNICATIONS MARITIMES	COMMUNICATIONS TERRESTRES
3	COUVERT VEGETAL	EXPLOITATION DIRECTE DE LA VEGETATION	ORIENTATION ALIGNEMENTS	AMENAGEMENT IRRIGATION DRAINAGE CONSERVATION	GENIE RURAL REMEMBREMENT	STRUCTURES AGRAIRES	EXPLOITATION AGRICOLE		MONDE ANIMAL ELEVAGE CHASSE PECHE
3	LIGNES	POLYGOONES CARRES	CERCLES RAYONS	METHODES EMULSIONS	REPARTITION CARTOGRAPHIE		ETUDE DYNAMIQUE EVOLUTION	DEGRADATION	
0	RESEAU HYDROGRAPHIQUE	VERSANTS	MICRORELIEF		DOCUMENTS ANCIENS	FORMATIONS SUPERFICIELLES	SOLS BRUTS NON OU PEU EVOLUES	SOLS EVOLUES	
0	RELIEF NUL	RELIEF FAIBLE	RELIEF FORT				VENTS	Eaux	NEIGES ET GLACES
6	ARCTIQUE SUB-ARCTIQUE	TEMPERE CONTINENTAL	TEMPERE OCEANIQUE	MEDITERRANEEN	PREDESERTIQUE	DESERTIQUE ARIDE	INTERTROPICAL	EQUATORIAL TRES HUMIDE	MICROCLIMATS
2	CRISTALLIN	EFFUSIF	METAMORPHIQUE	SEDIMENTAIRE STRATIGRAPHIQUE	MERS EAUX SALEES	STRUCTURES QUASI MONOCLINALES	STRUCTURES PLISSEES	STRUCTURES FAILLEES	STRUCTURES POLYGENIQUES DISCORDANCES

P

H

1-2.11

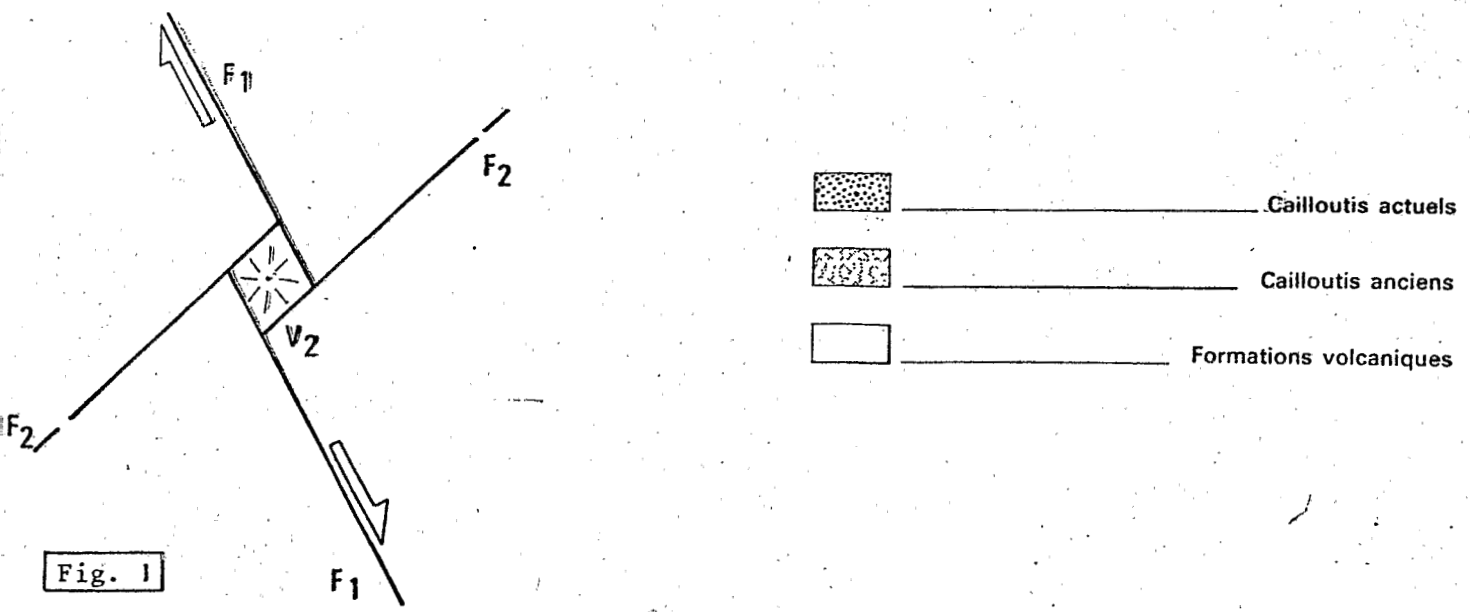
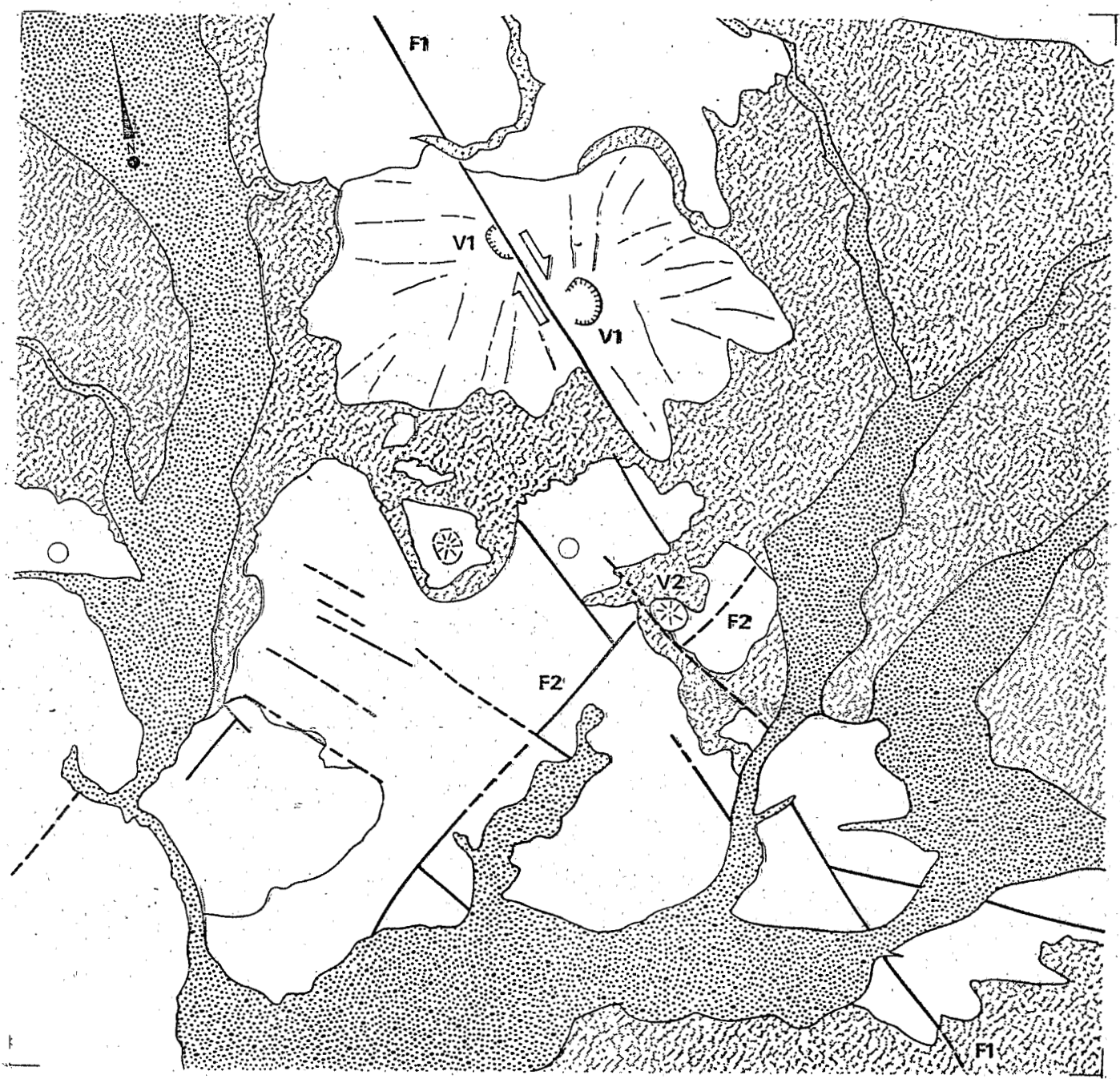


Fig. 1

F1

Schéma du secteur d'intersection entre les failles F1 et F2