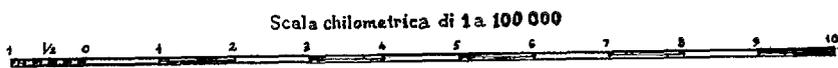
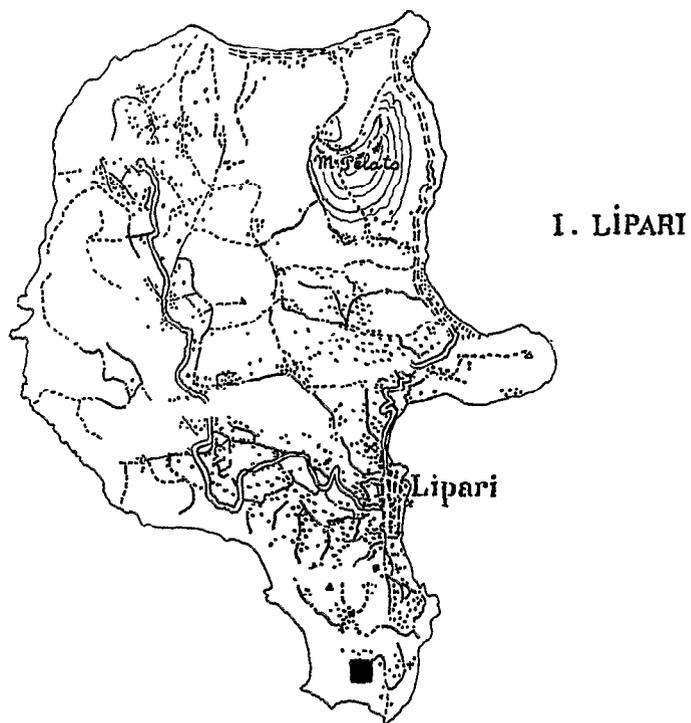


Études sismologiques de Vulcano

par

Claude BLOT



L'equidistanza è di 50 metri

- L'osservatorio Geofisico
- ▲ Les 2 stations sur Vulcano

Fig. 1 — Carte des Iles LIPARI et VULCANO

AVANT-PROPOS

L'Osservatorio Geofisico di Lipari - Italia

En septembre 1966 le projet de la création d'un observatoire des volcans des Iles Eoliennes a été conçu lors d'une mission avec H. TAZIEFF à Vulcano. Cette idée s'est imposée lorsque j'effectuai en avril de cette même année un séjour dans l'île Lipari avec une équipe de l'*International Seismological Centre* (Edinburgh, Scotland), conduite par J. LATTER, venue pour tester un appareillage sismologique à radio-transmission.

La présence dans cette région de deux volcans en activité, Vulcano et Stromboli peu étudiés et pas surveillés, la découverte d'un sémaphore abandonné très bien situé à l'extrémité sud de l'île, l'efficacité des enregistrements à télétransmission obtenus lors de ces tests ont été les arguments convaincants de cette réalisation.

Dès juin 1967, tandis que les travaux de réfection du sémaphore se poursuivaient, l'Osservatorio commençait à fonctionner. Malheureusement, les difficultés de toutes sortes, y compris des dégâts importants causés par la foudre, alliées au manque de personnel n'ont pas encore permis le fonctionnement ininterrompu de cet observatoire.

Dans ce premier rapport sont présentés les résultats acquis durant les quelques mois de 1967 et 1968 où l'Osservatorio Geofisico a pu jouer son rôle en particulier dans la surveillance de Vulcano, son principal objectif.

Je remercie très vivement les personnalités du Laboratorio Internazionale per le Ricerche Vulcanologiche avec qui j'ai eu le privilège de travailler et d'entretenir une fructueuse et amicale collaboration :

- . M. le Professeur Alfredo RITTMANN et ses assistants Dr VILLARI, ROMANO, LO GIUDICE ;
- . M. le Professeur Giorgio MARINELLI ;
- . M. Haroun TAZIEFF ;
- . La Direction de l'ORSTOM, le Professeur Jean GOGUEL, qui ont autorisé mon séjour au L.I.R.V. ;
- . ainsi que M. FOURNIER D'ALBE de l'UNESCO.

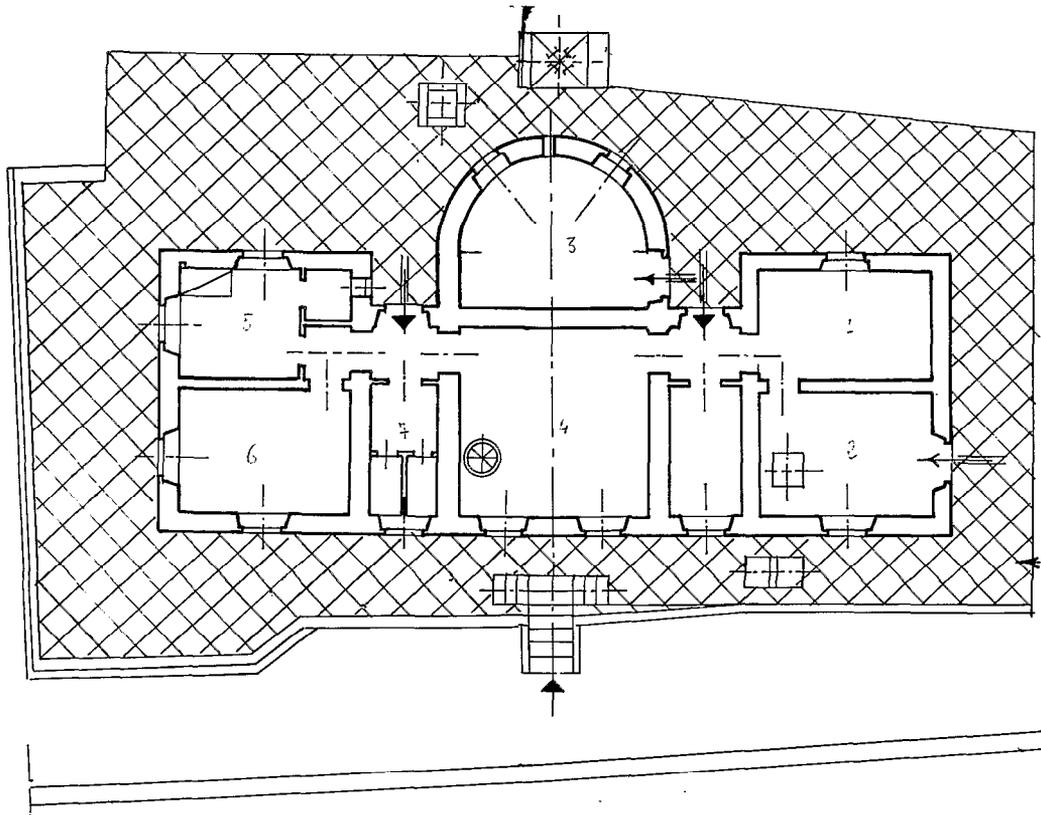


Fig. 3 – OSSERVATORIO GEOFISICO, LIPARI, Italia – Plan du rez-de-chaussée

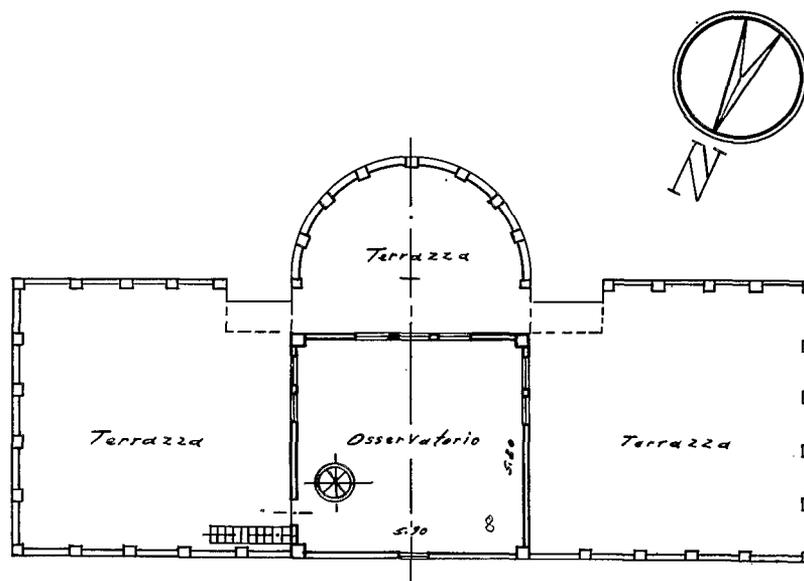


Fig. 4 – OSSERVATORIO GEOFISICO, LIPARI, Italia – Plan du 1er étage

ÉQUIPEMENT DE L'OSSERVATORIO GEOFISICO

L'appareillage utilisé en 1967 et 1968 a été très aimablement mis à notre disposition par le Professeur P.L. WILLMORE, Directeur de l'International Seismological Centre. C'était un prototype mis au point par les Geophysical Laboratories (Institute of Geological Sciences), Edinburgh Scotland, d'un système d'enregistrement, sur bande magnétique (analogique), des impulsions de sismographes transmises par câble et par radio. L'enregistreur était installé dans l'Osservatorio di Lipari qui domine Vulcano et d'où l'on a également vue sur les Iles Eoliennes (Stromboli) et sur la Sicile (Etna).

Les résultats et quelques enregistrements présentés démontrent la qualité de cet appareillage et son grand intérêt pour l'étude des séismes et, en particulier, des phénomènes proches des stations. La possibilité de restitutions sur papier à des vitesses plus ou moins grandes et à des gains variables permet des dépouillements et des études précises dans le cas particulier des phénomènes survenant sous des volcans.

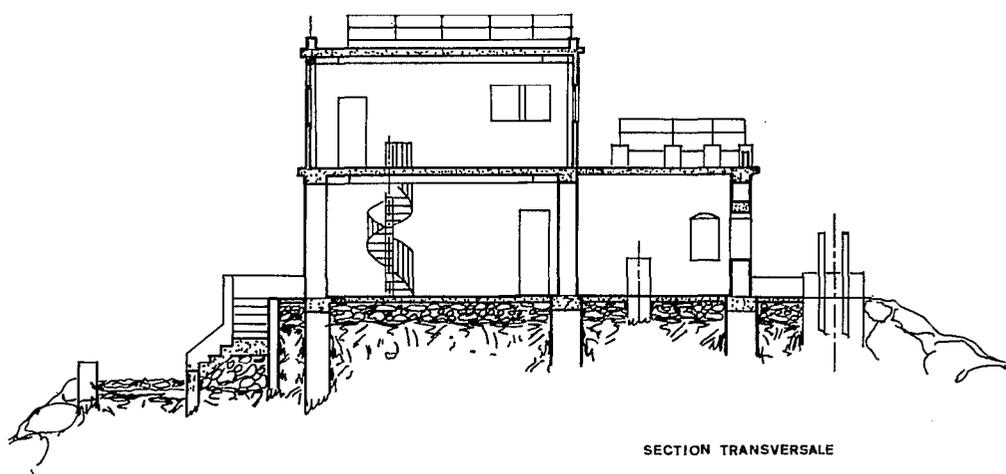


Fig. 2 – OSSERVATORIO GEOFISICO, LIPARI, Italia – Section transversale

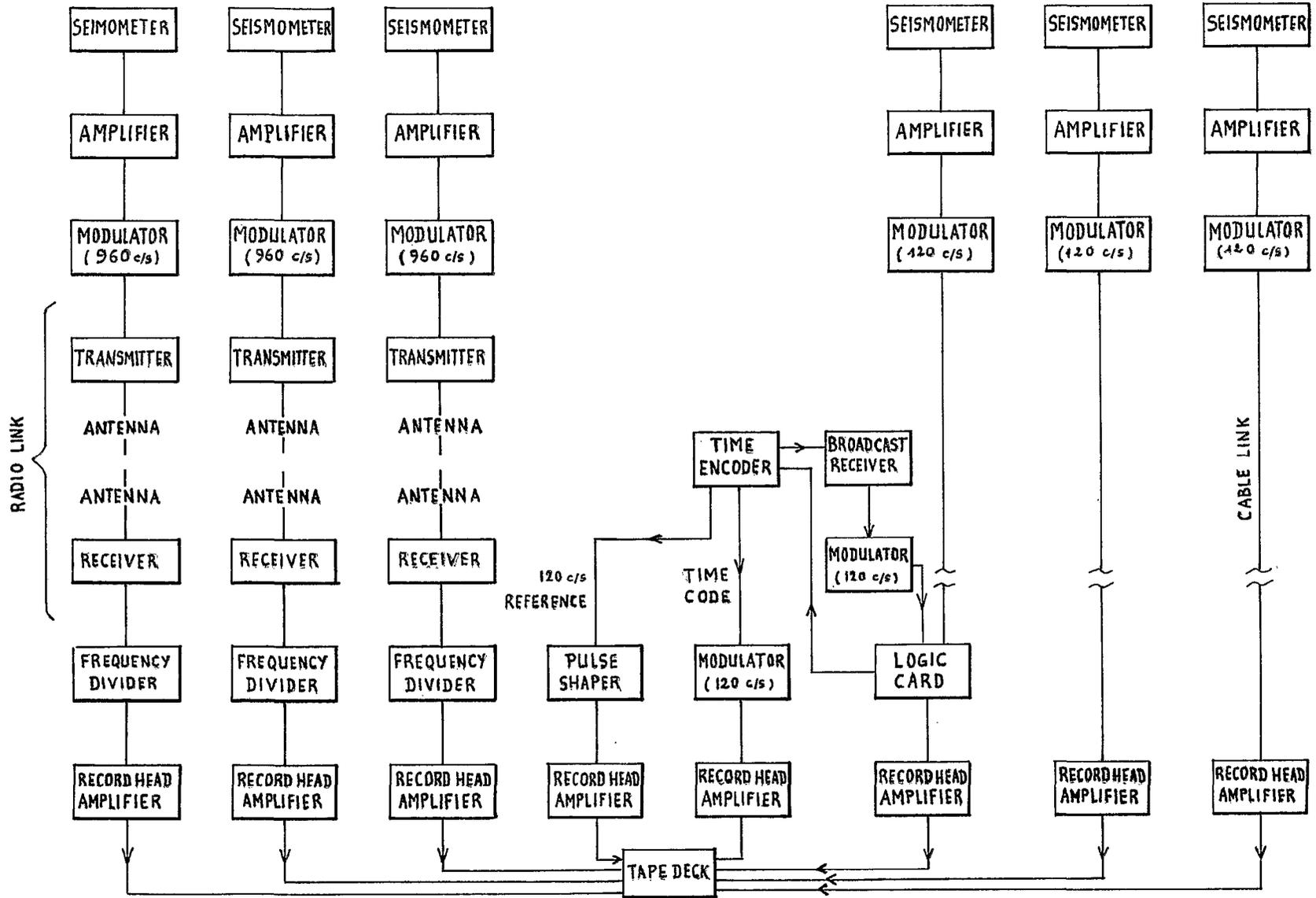


Fig. 5 — Block diagram of field recording set

CARACTÉRISTIQUES DES APPAREILS

SISMOGRAPHES :

Type WILLMORE MK II à période réglable ajustée à $T = 1,0$ sec.
Résistance de la bobine... : 3.000 ohms
Facteur d'amortissement : 0,6
Sensibilité 3,6 volts/cm/sec. avec l'amplificateur utilisé.

AMPLIFICATEUR :

Fréquence de réponse : 0,1 C/s à 10 C/s
Gain de voltage : 150, 300, 600, 1 500, 3 000.

(Le gain utilisé était de 600, sauf pour la station de Stromboli-Ginostra où il était de 300 à cause de la proximité du cratère actif).

MODULATEUR :

Fréquence porteuse : 120 C/s (liaison par câble), 960 C/s (radio).
Variation de fréquence : 33 % pour 1 volt.

DEMODULATEUR :

Déviaton : 0,5 volt pour 33 % de variation de fréquence.

ENREGISTREUR :

Gain : 0,025, 0,1, 0,25, 10, 25, 100 volts/cm.

(Le gain généralement utilisé pour la restitution sur papier des enregistrements sur bande magnétique était de : 0,25).

. A l'Osservatorio Geofisico fonctionnaient 2 sismographes (liaison par câble) :

1 composante verticale (Z) et
1 composante horizontale nord-sud (N).

. Dans les stations annexes 1 sismographe (Z) était en station (liaison radio).

Fréquence des émetteurs : 168.650 MHz (Station : V U C)
168.300 " (" : V U P)
168.775 " (" : S T G)

RÉSEAU DES STATIONS SISMOLOGIQUES

. LIPARI	: OSSERVATORIO GEOFISICO	Code : L I P
	Lat. : 38° 26' 42" N Long. : 14° 56' 53" E	Alt. : 225 m
. VULCANO	: GRAN CRATERE	Code : V U C
	Lat. : 38° 24' 25" N Long. : 14° 57' 45" E	Alt. : 200 m
. VULCANO	: PIANO	Code : V U P
	Lat. : 38° 22' 38" N Long. : 14° 58' 58" E	Alt. : 420 m
. STROMBOLI...	: GINOSTRA	Code : S T G
	Lat. : 38° 47' 23" N Long. : 15° 11' 27" E	Alt. : 125 m
. GIBILMANNA	: OSSERVATORIO GEOFISICO (Sicile)	Code : G I B
	Lat. : 37° 59' 13" N Long. : 14° 01' 34" E	Alt. : 990 m

Distance des Stations Sismologiques à l'Osservatorio Geofisico de LIPARI :

L I P	V U C	: 4,35 km
L I P	V U P	: 8,15 km
L I P	S T G	: 44 km
L I P	G I B	: 95 km

Vulcano

L'île de Vulcano a été formée par les éjecta de cinq volcans sous-marins qui, joints entre eux, constituent l'île actuelle.

Le plus ancien et important volcan a formé la "*Piano Vulcano*" ou "*Vulcano Vecchio*" (alt. 350 m) au sud-est de l'île ; sa structure supérieure a été détruite. Les vestiges des autres vieux volcans sont le "*Monte Aria*" (500 m) et le "*Monte Saraceno*" (480 m).

Les volcans récents sont la "*Fossa di Vulcano*" ou "*Gran Cratère*" (alt. 380 m) et "*Vulcanello*" (alt. 124 m).

L'activité du cratère de la *Fossa di Vulcano* été intense jusqu'à la fin du siècle dernier. On a quelques rapports sur cette activité depuis l'occupation de la région par les Grecs, cinq siècles av. J.-C.

Vulcanello résulte d'une éruption sous-marine qui aurait eu lieu en 183 av. J.-C.

L'activité de *Vulcano* était caractérisée par une succession de phénomènes éruptifs de courte durée (quelques années) et de périodes de calme avec activités fumerolliennes et sulfatares (quelques dizaines d'années).

Les éruptions sont généralement très explosives (type vulcanien) caractérisées par des jets de bombes et de cendres. Cependant, sur le flanc est de la *Fossa di Vulcano*, "*Pietre Cotte*", on aperçoit une coulée de lave (obsidienne) qui s'est produite en 1771.

Vers 1550 une forte éruption de la *Fossa di Vulcano* a comblé le détroit entre *Vulcano* et *Vulcanello*.

La dernière éruption de *Vulcano* date de 1886 (janvier). Depuis 1889 ce volcan est calme. Les périodes de repos n'avaient pas dépassé une quarantaine d'années au cours des siècles passés (1832-1873).

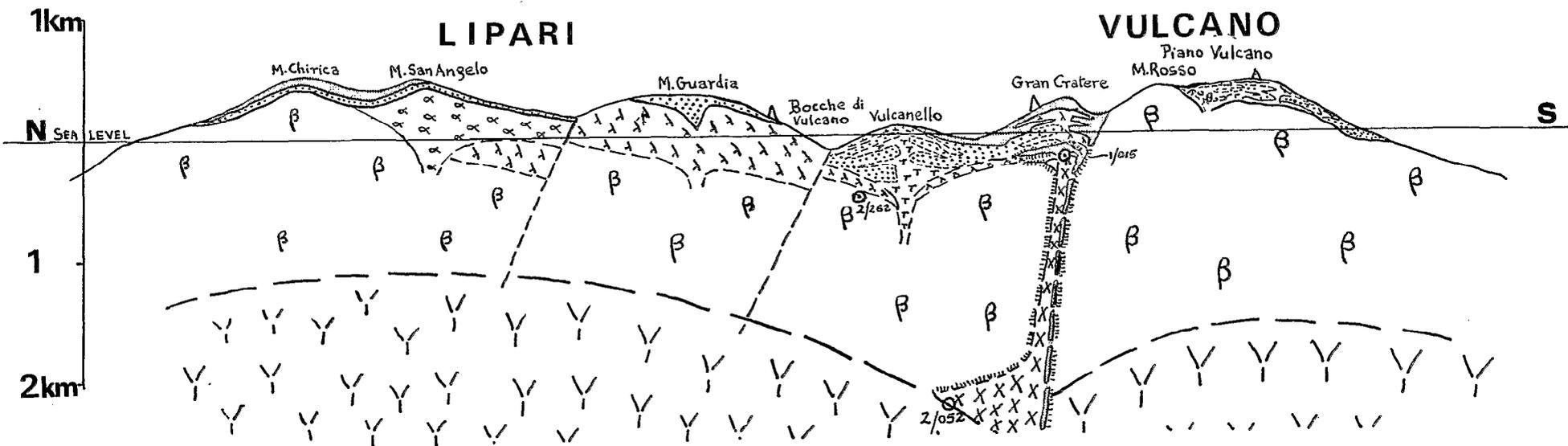
L'activité fumerollienne actuelle se situe sur la paroi interne du *Gran Cratère* et le long d'une fissure qui va de ce cratère vers *Vulcanello* ; elle passe le long de la plage de "*Porto di Levante*" où se produisent des dégagements gazeux sous-marins et des bains de boue.

Les températures de ces fumerolles varient de 100° à 200° C.

La figure 6 montre une coupe géologique des îles *Vulcano* et *Lipari* d'après une publication du Professeur Erwin NICKEL (1964). On y remarque le pendage sud-nord de la "cheminée" de *Vulcano* où l'auteur situe le matériau magmatique actif et la zone d'intrusion actuelle.

La figure 7a représente la sismicité de la région Italie-sud, Sicile et mer tyrrhénienne mise à jour d'après les publications de B. GUTENBERG et C.F. RICHTER (1954), E. PETERSCHMITT (1956), E. IACCARINO (1968) et les bulletins sismologiques de l'USCGS, du BCIS, de l'ISS et de l'ISC.

IDEALISED GEOLOGICAL SECTION LIPARI - VULCANO



- © i/015 Earthquakes with serial number in bulletin
- | | |
|-------------------------------------|--|
| | Pumice ($v_{p1} = 0,98$ km/sec, $v_{s1} = 0,58$ km/sec) |
| | Tuff ($v_{p2} = 1,41$, $v_{s2} = 0,79$) |
| | Trachyte and trachyandesite |
| | Andesite with tuff horizons |
| } $v_{p3} = 2,84$, $v_{s3} = 1,70$ | |

- | | |
|--|---|
| | Liparite with pumice ($v_{p4} = 3,05$, $v_{s4} = 1,80$) |
| | Basalt with tuff ($v_{p5} = 3,50$, $v_{s5} = 2,13$) |
| | Basement, probably gneissic ($v_{p6} = 5,50$, $v_{s6} = 3,30$) |
| | Active magmatic material and zone of present-day intrusion |

Fig. 6 — Coupe géologique des Iles LIPARI et VULCANO (d'après E. NICKEL et J.H. LATTEr)

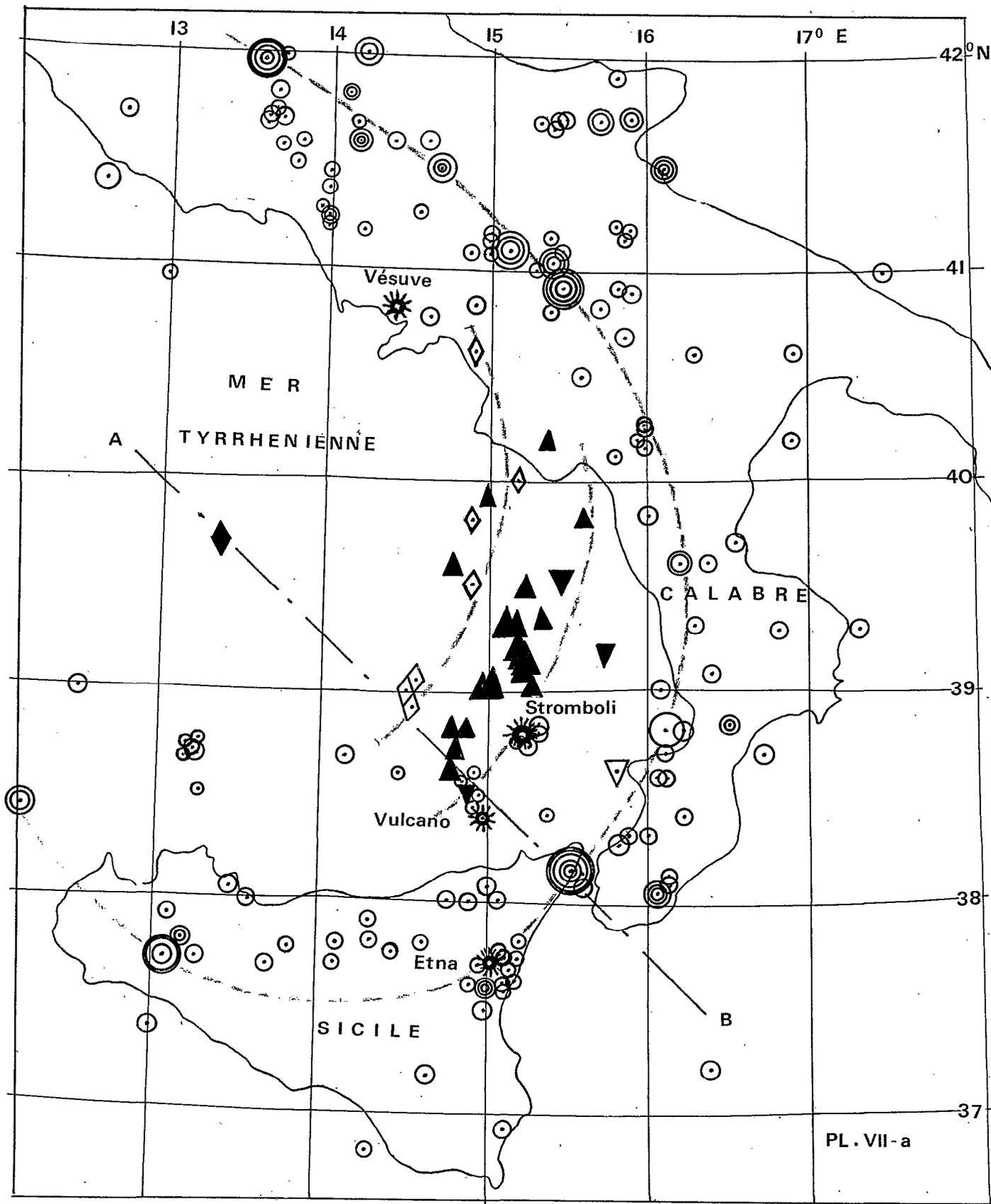


Fig. 7a - Sismicité de l'arc Calabre - Sicile

Les symboles utilisés dans cette carte sont les suivants :

◆	= foyer sismique	425 — h — 544 km
◊	= " "	305 — h — 424 km
▲	= " "	245 — h — 304 km
▼	= " "	185 — h — 244 km
▽	= " "	65 — h — 184 km
⊙	= " "	0 — h — 64 km

h étant la profondeur focale et les dimensions des symboles étant proportionnelles à la magnitude des séismes.

Les profondeurs 300, 200 km et normales ont été indiquées en pointillés, soulignant ainsi la structure en arc de cette région déjà mise en évidence par E. PETERSCHMITT (1956).

Les volcans Stromboli et Vulcano se situent au-dessus des foyers sismiques à 200 km de profondeur, l'Etna sur l'arc des séismes normaux, le Vésuve dans une zone plus complexe et encore mal définie.

La figure 7b montre la coupe de cette région suivant l'axe A B (NW-SE) passant par Vulcano.

Dans le plan vertical AB, il semble que les séismes se répartissent suivant un arc et non le long d'un axe selon le schéma habituel.

Les déterminations de plus en plus précises des foyers sismiques mettent en évidence, dans certaines régions du Pacifique, de telles structures arquées dans le manteau supérieur.

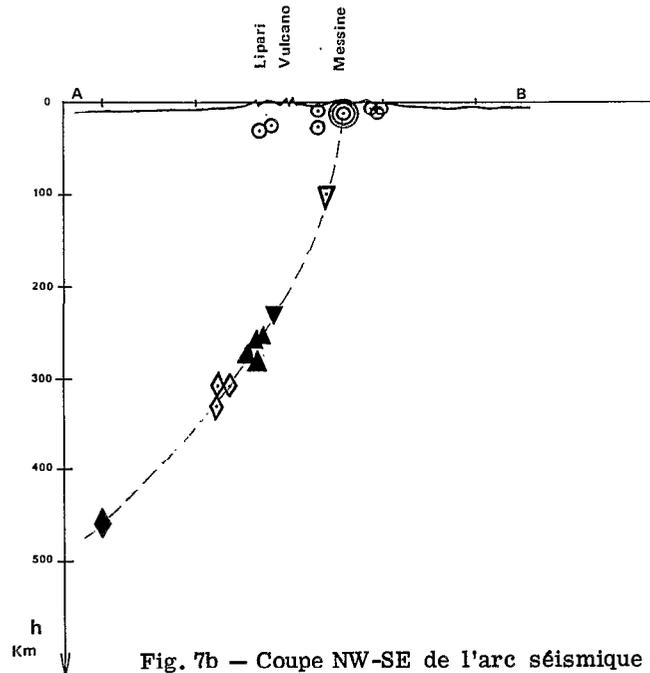


Fig. 7b — Coupe NW-SE de l'arc séismique calabrais

Études sismologiques du volcan Vulcano

Cette étude est basée sur les enregistrements obtenus dans les trois stations suivantes :

- . l'Osservatorio Geofisico di Lipari : (Code : L I P)
 - 1 sismographe Z (composante verticale)
 - 1 sismographe NS (composante horizontale orientée nord-sud) ;
- . Vulcano : Gran Cratère : (Code : V U C)
 - 1 sismographe Z placé sur le flanc nord-est et à 500 m du centre du cratère de ce volcan ;
- . Vulcano : Piano : (Code : V U P)
 - 1 sismographe Z placé à l'extrémité sud de l'île. (fig. 1)

Ces sismographes étaient tous identiques ($T=1$ sec) ainsi que leurs amplificateurs, réglés au même gain. Les liaisons par câble (sismographes de l'*Osservatorio*) et par radio (modulation de fréquence, sismographes des stations de l'île Vulcano) permettaient l'enregistrement parallèle sur bande magnétique et la restitution simultanée sur papier. Le déroulement à différentes vitesses rend possibles les dépouillements au $1/100^{\text{e}}$ de seconde (1 seconde pouvant correspondre à 10, 20, 30, 40 mm).

Bien que les performances de l'appareillage utilisé puissent être au point de vue amplification supérieures au million, le grandissement optimum pour les enregistrements a été de l'ordre de 10 000 par suite de la situation des stations sur des îles et à proximité de la mer.

Dans ce premier rapport, sont présentés les résultats obtenus durant les deux périodes de fonctionnement de l'Observatoire :

juin - septembre 1967 et mai - septembre 1968.

Les phénomènes sismologiques observés au voisinage de Vulcano ont été classés en trois groupes principaux, le critère étant la fréquence des ondes enregistrées. L'examen des enregistrements a permis de les grouper suivant des types bien distincts :

- fréquences : 20 Hz
- fréquences : 13 ± 3 Hz
- fréquences : 8 Hz.

PHÉNOMÈNES DONNANT DES FRÉQUENCES ÉLEVÉES : $f = 20$ Hz

Ces phénomènes sont principalement enregistrés par la station du Cran Cratère (VUC). Les débuts sont souvent brusques et correspondent soit à des dilatations, soit à des compressions. La durée des enregistrements est de 2 à 5 secondes.

Parfois ce type de séisme est précédé par des faibles vibrations débutant quelques secondes avant. De tels enregistrements rappellent ceux obtenus auprès des cratères en activité.

Dans plusieurs cas, ce type de séismes a été enregistré à la fois par le sismographe de Vulcano Cratère et par les sismographes de l'observatoire de Lipari.

Les ondes sont enregistrées d'abord à la station VUC puis à la station LIP sous forme de trains réguliers qui succèdent à une première petite phase. Dans le cas du séisme du 13 juillet 1967 (07 h 34 m 44 s) pour VUC cette phase dure 0,1 seconde. pour LIP 0,2 seconde. Il y a un écart de 0,2 seconde entre l'arrivée de cette phase à VUC et à LIP.

Comme pour les phénomènes dont il sera question dans la suite, ceux-ci sont groupés et évoluent dans le temps. Ainsi, pour ce type de séisme ($f = 20$) durant le mois de juillet 1967, la différence des temps d'arrivée des impétus a été :

0,2 seconde	les 12 et 18 juillet 1967
0,45 "	les 22 et 25 juillet 1967 (13 h 00 m et 13 h 43 m)
0,75 "	le 27 juillet 1967.

L'origine de ces phénomènes enregistrés à VUC et LIP est proche de Vulcanello et à faible profondeur (0 à 500 m) probablement dans la faille visible allant de Vulcano à Vulcanello le long de laquelle se situent les fumerolles.

Ceux enregistrés uniquement à VUC ont leur source au voisinage des fumerolles du cratère. Ils sont plus fréquents, quelques-uns par jour.

La figure 10 donne un exemple d'enregistrements séismo-volcaniques obtenus avec un sismographe Z identique situé sur Vulcano (à proximité du cratère) et sur Stromboli (gi-nostra à 2 km du cratère). On y remarquera la similitude des deux enregistrements.

Fig. 8a

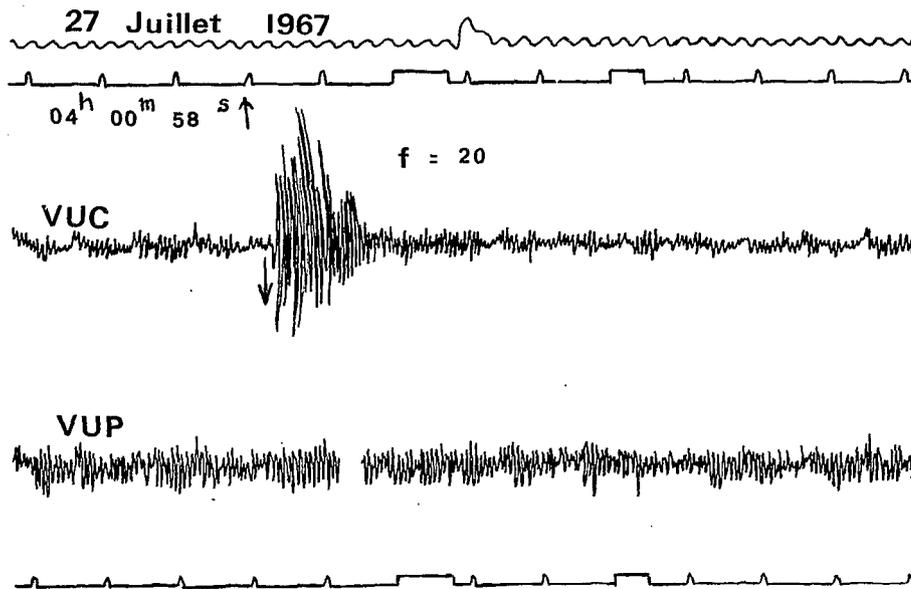


Fig. 8b

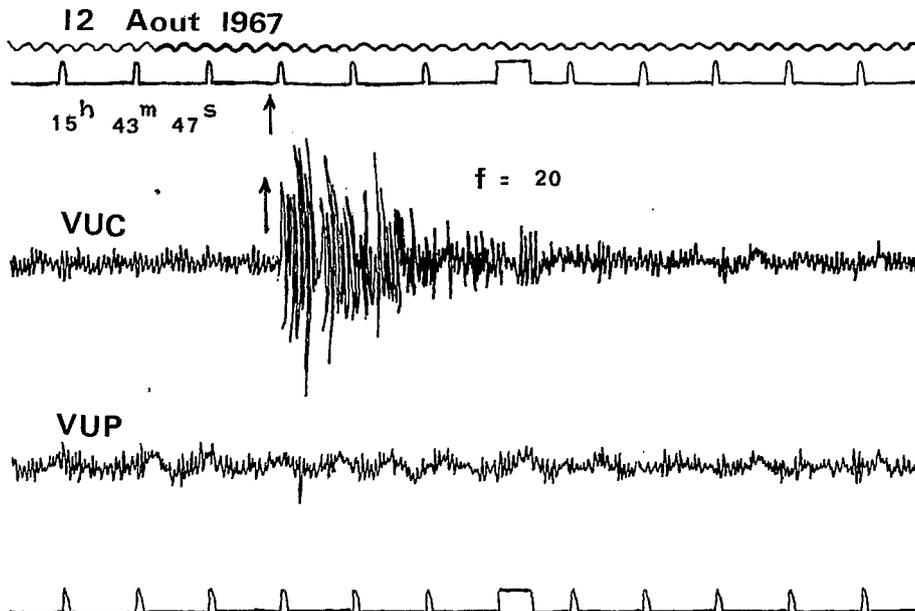


Fig. 8a et 8b — Enregistrements donnant des fréquences élevées $f = 20\text{Hz}$ — débuts brusques

Fig. 9a

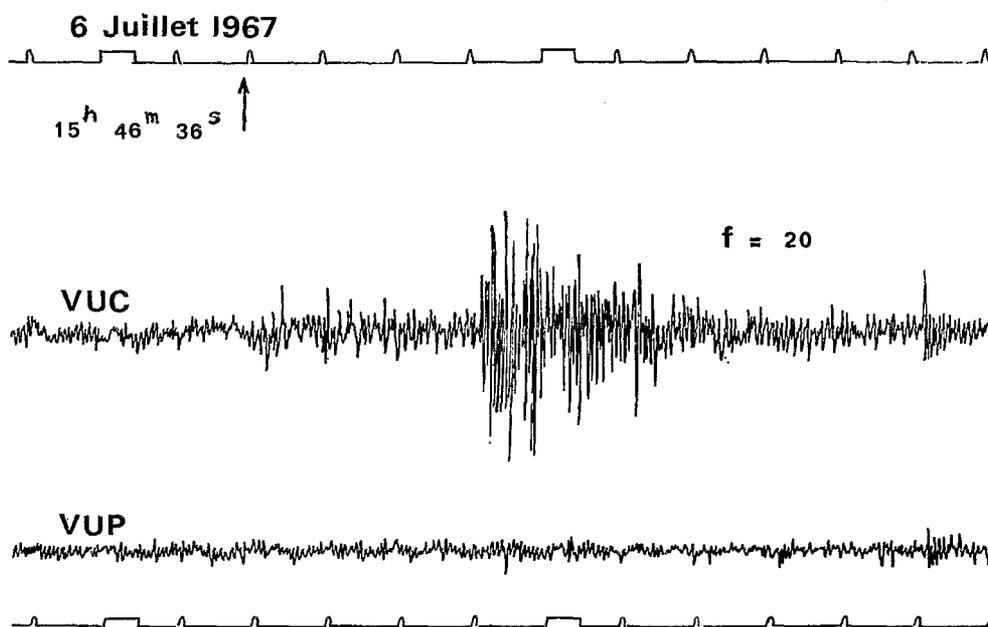


Fig. 9b

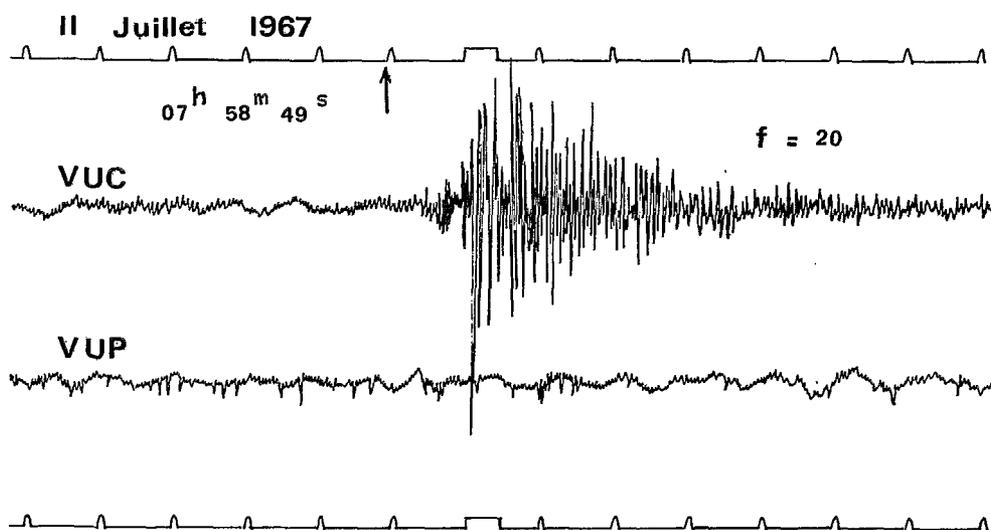


Fig. 9a et 9b — Enregistrements donnant des fréquences élevées $f = 20\text{Hz}$ — débuts progressifs

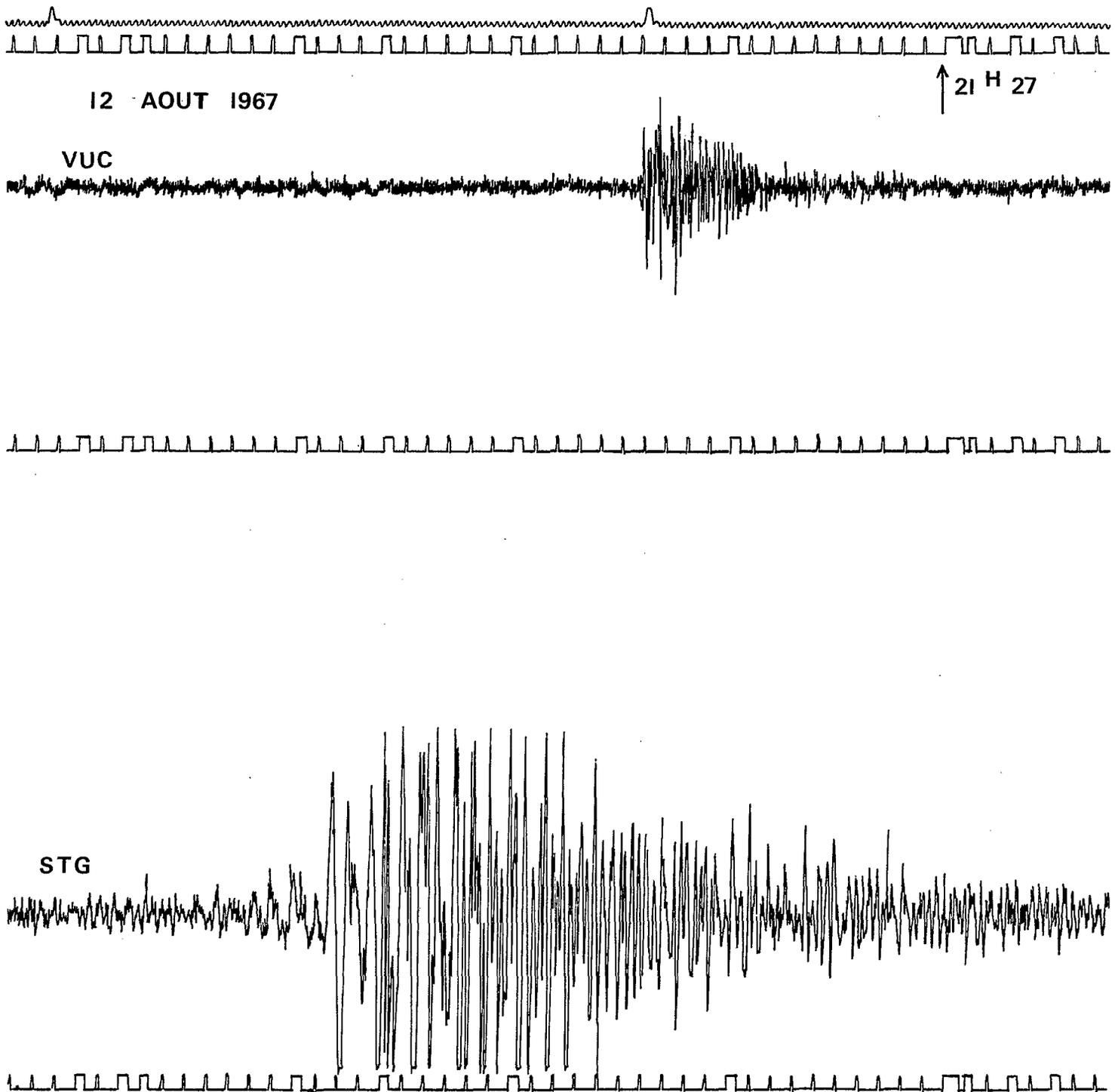


Fig. 10 - Enregistrement séismo-volcanique. Séismographe Z sur Vulcano et Stromboli

PHÉNOMÈNES DONNANT DES FRÉQUENCES : $f = 8$ Hz

La figure 11 montre deux exemples d'enregistrement de ce phénomène. Dans ce cas, le premier impétus correspond toujours à une compression et la phase initiale est constituée par une onde unique ($T = 0,2$ seconde) suivie d'une série de trains d'ondes très réguliers et amortis progressivement. A l'écoute de ces enregistrements sur bande magnétique, on entend une note analogue à celle donnée par le pincement d'un violoncelle.

Ce type d'ébranlement est moins fréquent que les précédents. Quand le phénomène est assez intense, des ondes parviennent à la station de Piano Vulcano (VUP) (fig. 11 b) et, s'il est encore plus fort, à la station LIP, mais moins nettement (fig. 12 et 13).

Mais ce n'est pas toujours le cas. Ainsi, dans le cas du séisme du 10 août 1967 (fig. 12), l'ébranlement parvient à VUP 1,25 seconde après VUC et à LIP 1,55 seconde après VUC. Pour le séisme du 14 août 1967 (fig. 13) il y a des écarts de 1,15 seconde entre VUC et VUP et 2,45 secondes entre VUC et LIP. L'allure des enregistrements n'est pas tout à fait la même. Dans le cas du 14 août des ondes de Rayleigh se sont propagées (trajet sous l'ancien massif volcanique de Vulcano) de VUC à VUP. Dans l'enregistrement du 10 août ces ondes sont mal développées. Des ondes S sont perceptibles (VUP et LIP).

Les foyers de ces phénomènes ont été déterminés en utilisant la méthode décrite plus loin. Ils se situent sous le Gran Cratère entre 500 m et 1 km de profondeur légèrement au nord du centre du cratère et plus profondément pour celui du 10 août que celui du 14 août qui se place plus au nord.

On retrouve ces deux positions pour les quelques enregistrements obtenus. La vitesse de propagation des ondes P est de 1,8 km/sec. Rappelons que nous avons trouvé cette même vitesse (1,8 km/sec) pour l'île Tanna (Niles-Hébrides) au voisinage du volcan Yahue, dans une couche de profondeur voisine de 1 km. Sous le Gran Cratère la vitesse apparente est voisine de 1 km/s depuis la profondeur de 1 km.

L'origine de ces phénomènes sismiques pourrait être une explosion gazeuse avec une détente dans une cavité ou une cheminée de résonance.

Il est à noter que les explosions les plus fortes (magnitude 2 à 2 1/4) se sont produites par crise les 10, 12, 13, 14 août 1967 et du 11 au 16 août 1968. L'absence d'enregistrement continue durant ces deux années ne permet pas d'en tirer de conclusion, mais ce fait mérite d'être remarqué.

Le caractère explosif de ces phénomènes et la réalité de l'activité interne de Vulcano sont d'autre part mis en évidence par des enregistrements tels ceux de la figure 14.

Ces explosions sont parfois précédées par de faibles secousses prémonitoires comme il en a été observées au Stromboli par exemple. L'analogie est grande avec les cas présentés par E. Peterschmitt et H. Tazieff (1962).

On retrouve pour Vulcano des intervalles de temps du même ordre :

- 1967	juillet 15	: 16	secondes	(08 h 23 m)
- 1967	août 2	: 10	"	(14 h 34 m)
- 1967	" 12	: 16	"	(14 h 43 m)
- 1967	" 14	: 17	"	(17 h 24 m)
- 1967	" 17	: 10	"	(11 h 25 m)
- 1967	" 19	: 13	"	(03 h 51 m)
- 1967	" 21	: 13	"	(09 h 27 m)

On notera encore que c'est vers la mi-août 1967 que la plupart de tels enregistrements ont été obtenus tandis que l'activité fumerollienne du volcan était en hausse.

Fig. 11a

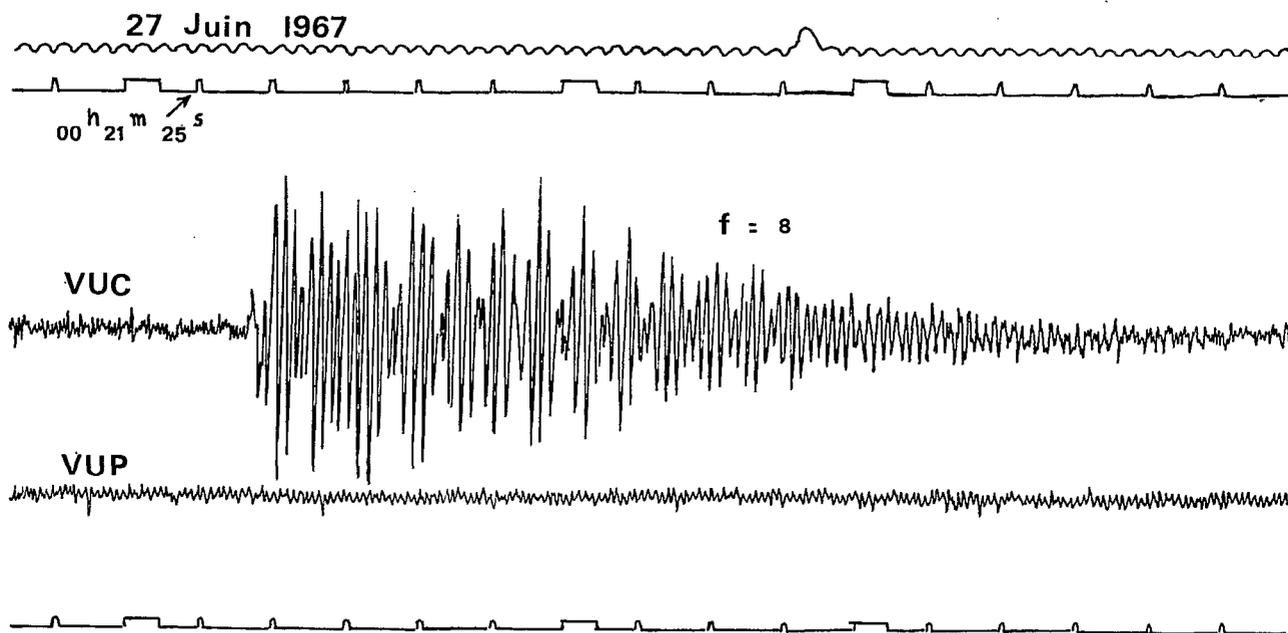


Fig. 11b

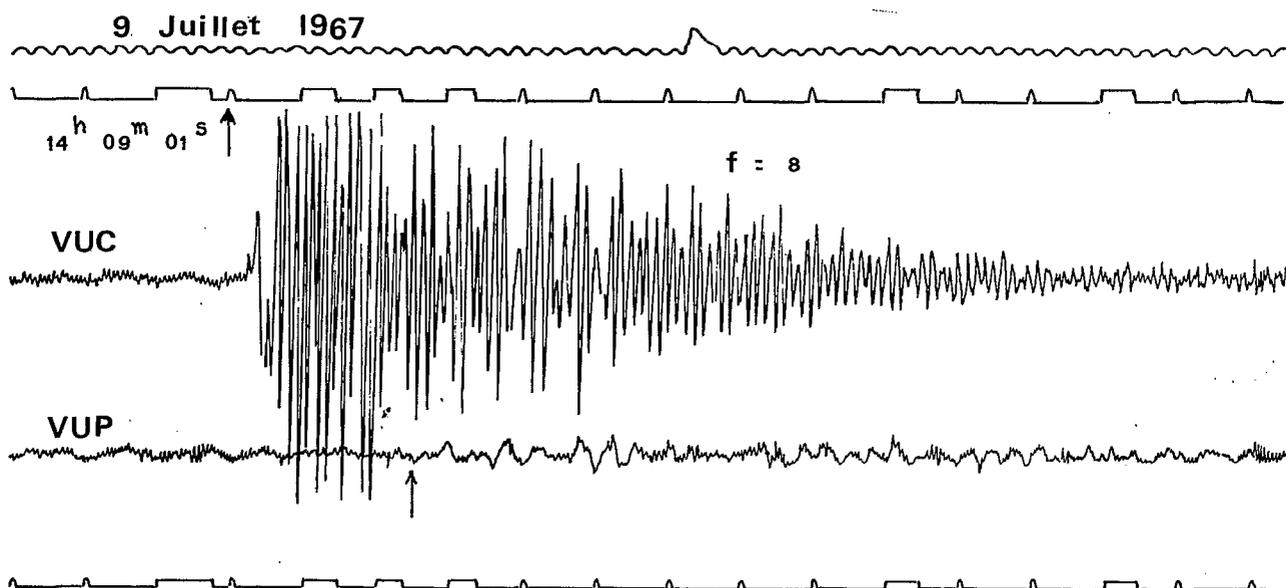


Fig. 11a et 11b — Types d'enregistrement d'explosions dans le Gran Cratère.
Phénomènes donnant des fréquences $f = 8$ Hz

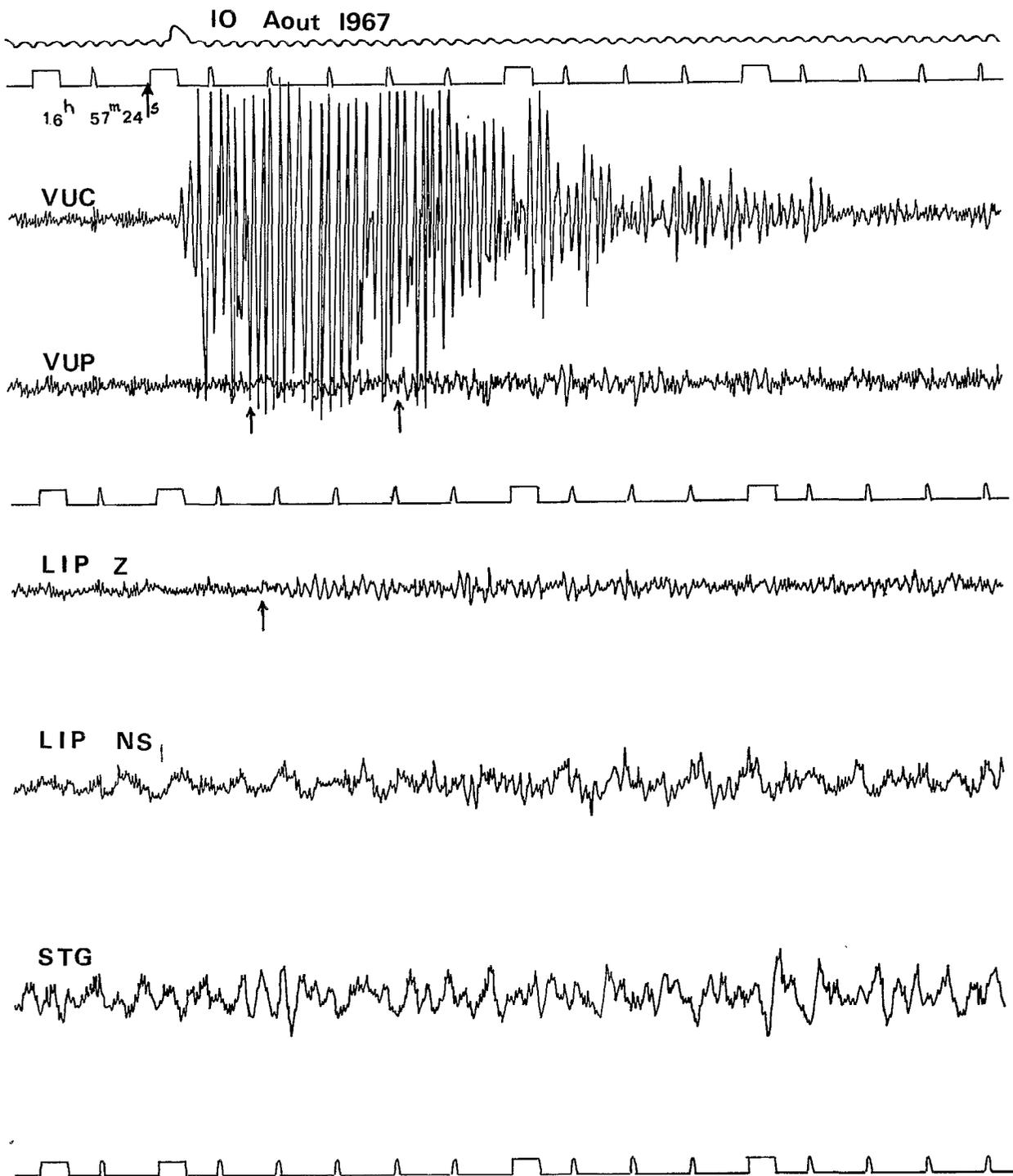


Fig. 12 — Forte explosion gazeuse dans le Gran Cratère enregistrée aux stations VUC, VUP et LIP

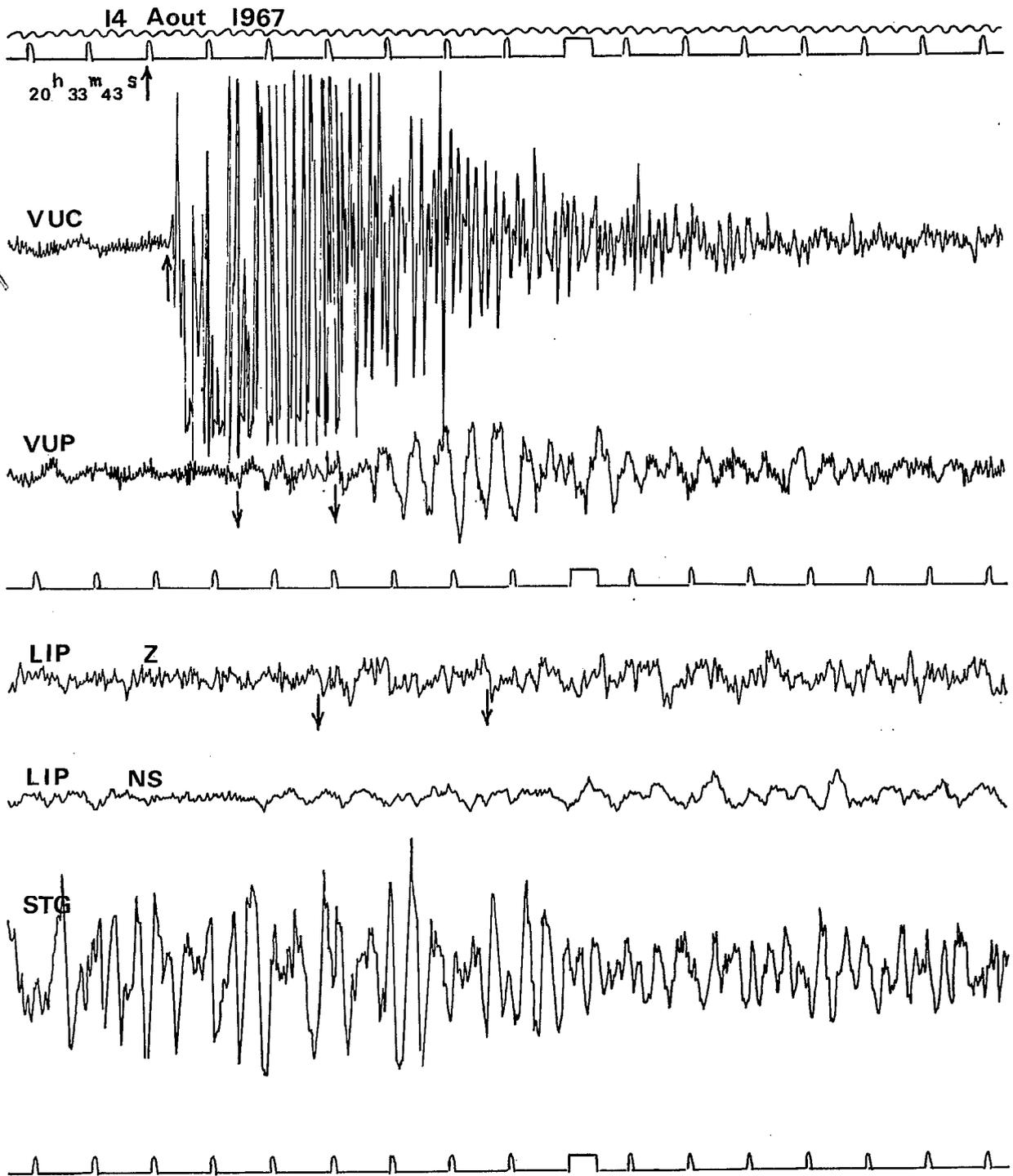


Fig. 13 — Forte explosion gazeuse dans le Gran Cratère enregistrée aux stations VUC, VUP et LIP

Fig. 14a

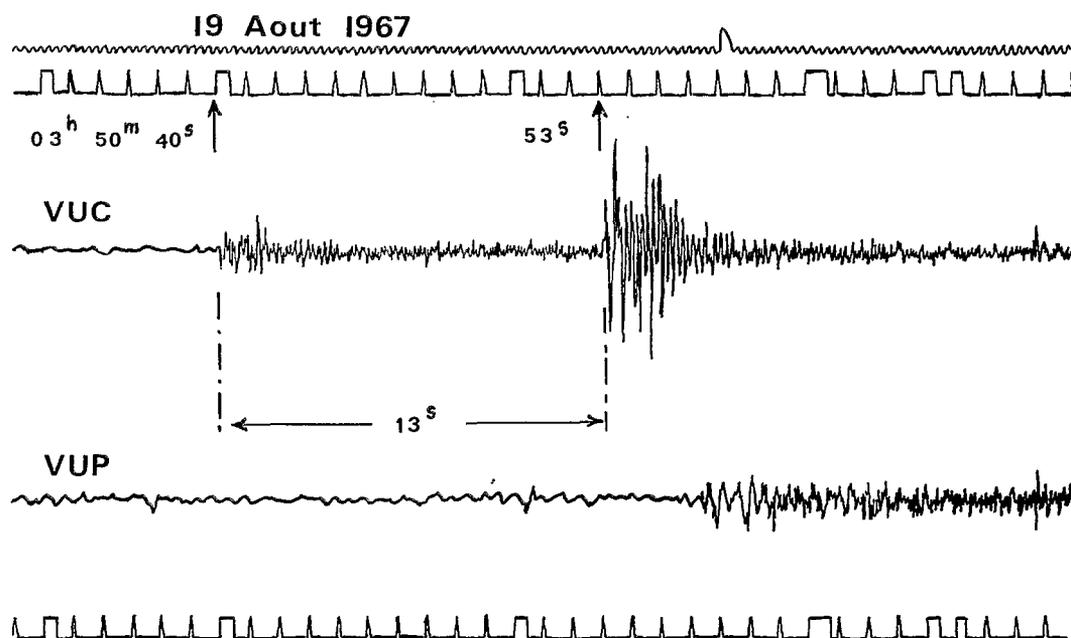


Fig. 14b

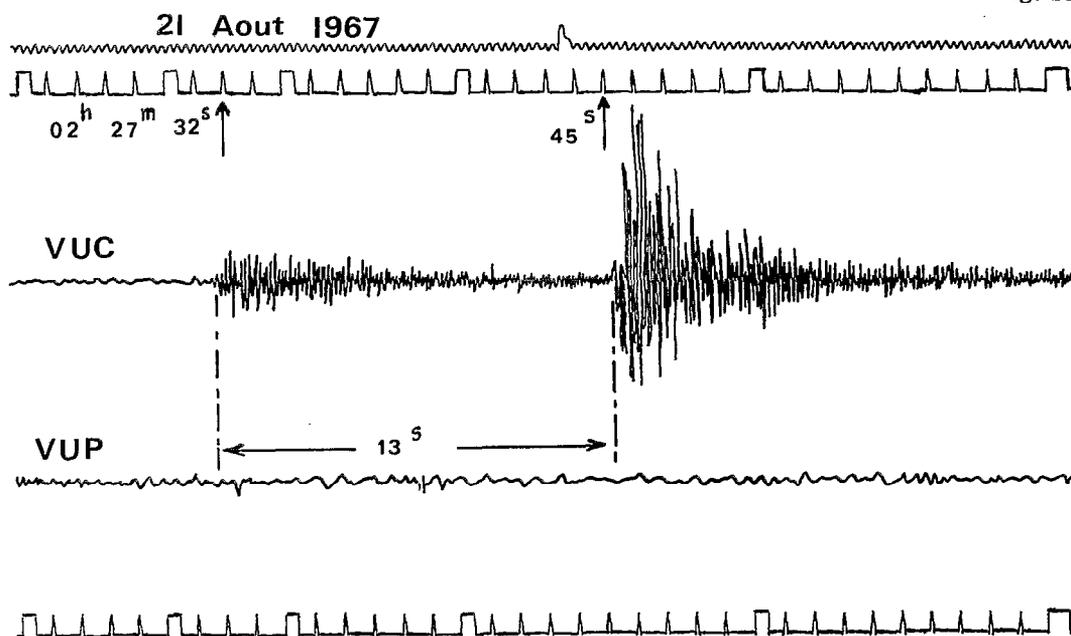


Fig. 14a et 14b — Exemples d'explosions gazeuses avec secousses prémonitoires
(19 août 1967 - 21 août 1967)

PHÉNOMÈNES DONNANT DES FRÉQUENCES : $f=13 \pm 3$ Hz

Ce sont les phénomènes sismiques proprement dits, principalement d'origine volcano-tectonique. La figure 15 donne deux exemples d'enregistrement où ces séismes sont enregistrés seulement à la station du Gran Cratère de Vulcano. Ce sont des séismes très proches du cratère se situant entre 1 et 2 km de profondeur. Quand ils sont plus intenses ou plus profonds ils sont enregistrés aux stations LIP et VUP.

Les impétus sont tantôt des compressions, tantôt des dilatations. On y reconnaît différentes phases.

Ces séismes sont classiques sous les volcans et correspondent au type A de la classification de Minakami. Ils ont lieu entre 1 et 10 km de profondeur dans une zone généralement assez étroite.

Pour déterminer les hypocentres de ces séismes, l'alignement des stations au-dessus des foyers permet l'utilisation d'une méthode simple mais assez précise compte tenu des résultats obtenus.

La figure 16 présente un enregistrement typique de ces séismes.

Détermination des hypocentres :

Comme on le voit sur l'enregistrement de la figure 16 les phases P et S sont facilement repérables (S en particulier sur le sismographe horizontal N-S de l'Observatoire). Les dépouillements ont été faits dans la majorité des cas sur des restitutions à déroulement rapide (1 seconde correspondant à 2 ou 4 cm).

Les temps d'arrivée des ondes P et S étant déterminés, les valeurs t_p et t_s sont portées sur un graphique et la valeur de l'heure origine H_0 du séisme est ainsi obtenue. La figure 17 donne l'exemple du séisme du 13 juillet 1967 représentée figure 16.

L'heure origine étant déterminée, on calcule les différences des temps $t_p - H_0$ pour les trois stations LIP, VUC et VUP. On calcule ensuite les distances hypocentre-stations en multipliant ces temps ($t_p - H_0$) par des valeurs de vitesse successives. En portant sur un graphique représentant la coupe de la région et, à partir des points situant les stations, les valeurs $(t_p - H_0) \times V$, on trace des arcs de cercle qui doivent se couper exactement. La figure 18 montre l'application de cette méthode pour le séisme du 13 juillet 1967. La vitesse apparente qui donne la coïncidence favorable est $V = 2,4$ km/sec. L'hypocentre serait à 2,25 km de profondeur entre Vulcano et Vulcanello.

Rappelons que cette vitesse $V = 2,4$ km/s est une vitesse moyenne de propagation entre le foyer et les stations. En admettant une couche superficielle d'épaisseur moyenne 1 km où la vitesse est de l'ordre de 1,8 km/sec, un calcul élémentaire $[D/V = (d_1/v_1) + (d_2/v_2)]$ donne une vitesse pour la propagation des ondes P à 2,5 km de profondeur de l'ordre de 4 km/sec.

On notera sur les sismogrammes du 13 juillet 1967 (fig. 16) la faiblesse de l'enregistrement de ce séisme par la station VUP. Il en est de même pour tous les enregistrements assez nombreux des séismes situés dans cette zone, c'est-à-dire entre LIP et VUC. C'est, par contre, les enregistrements de la station LIP qui sont considérablement atténués pour les foyers sismiques situés entre VUC et LIP.

Fig. 15a

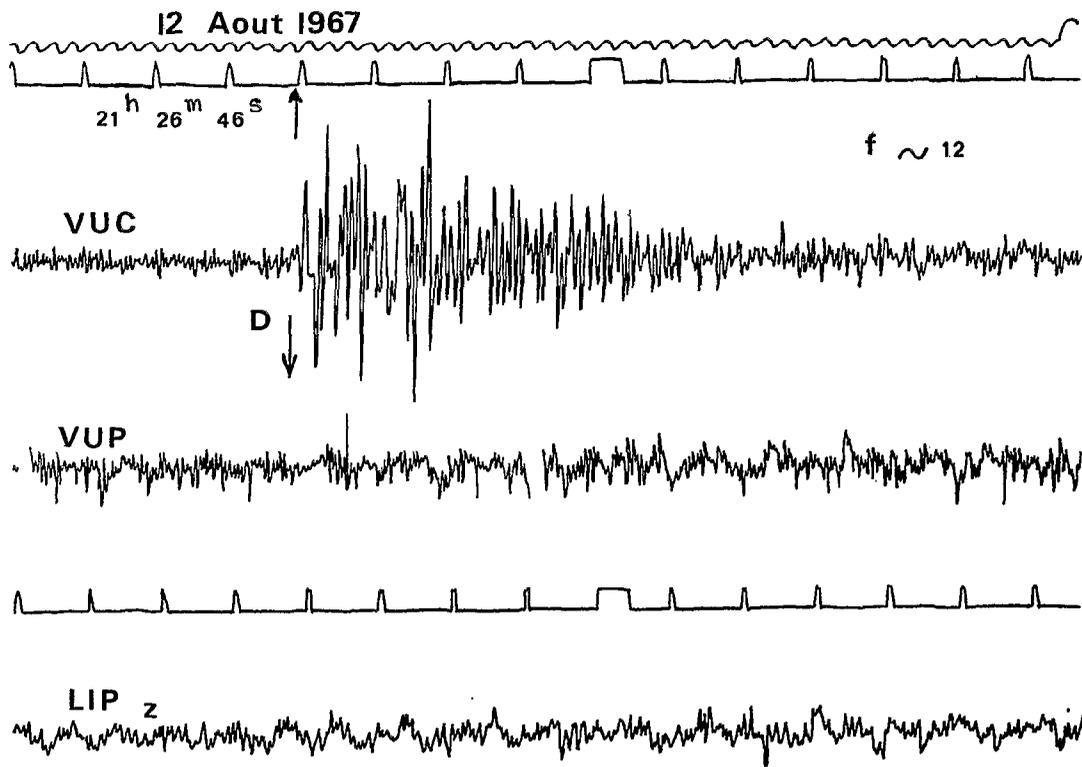


Fig. 15b

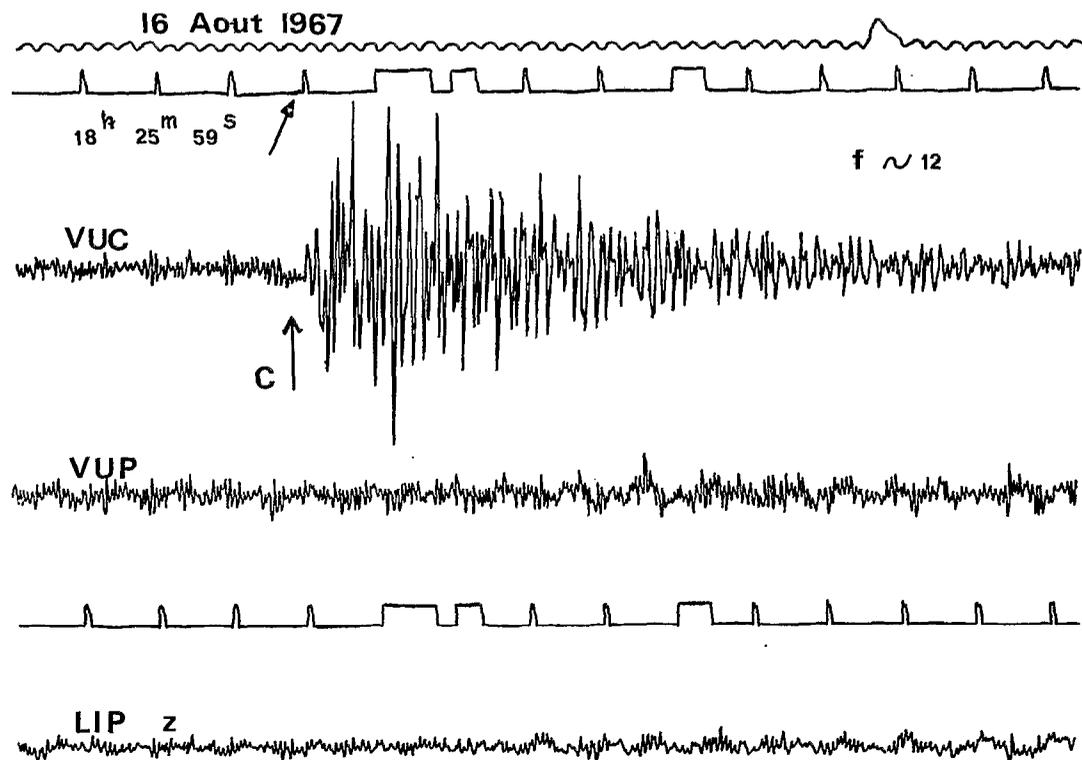


Fig. 15a et 15b — Types de séismes volcanotectoniques (12 août 1967 - 16 août 1967)

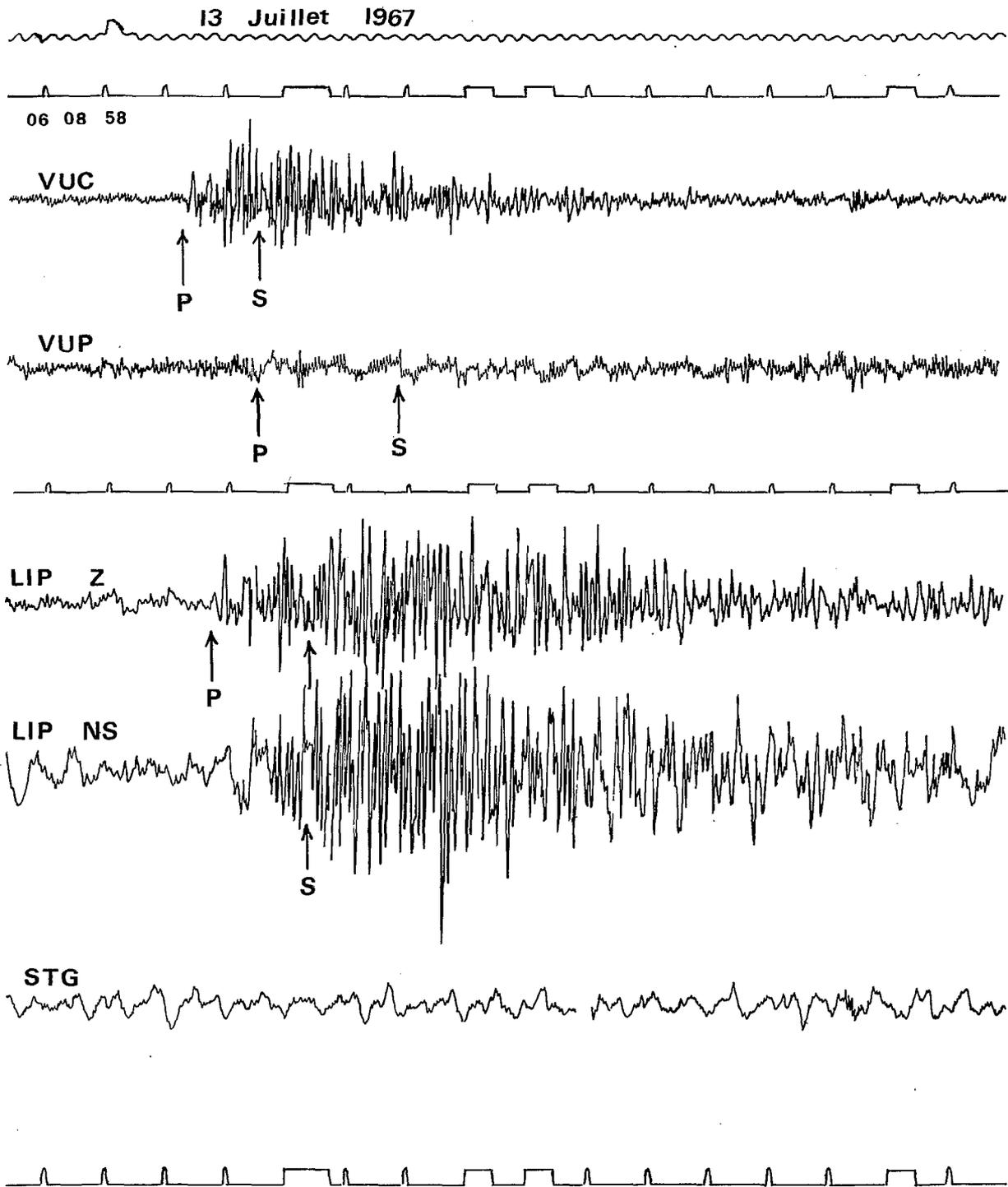


Fig. 16 - Séisme volcanotectonique enregistré dans les trois stations (profondeur $h = 2,25$ km)

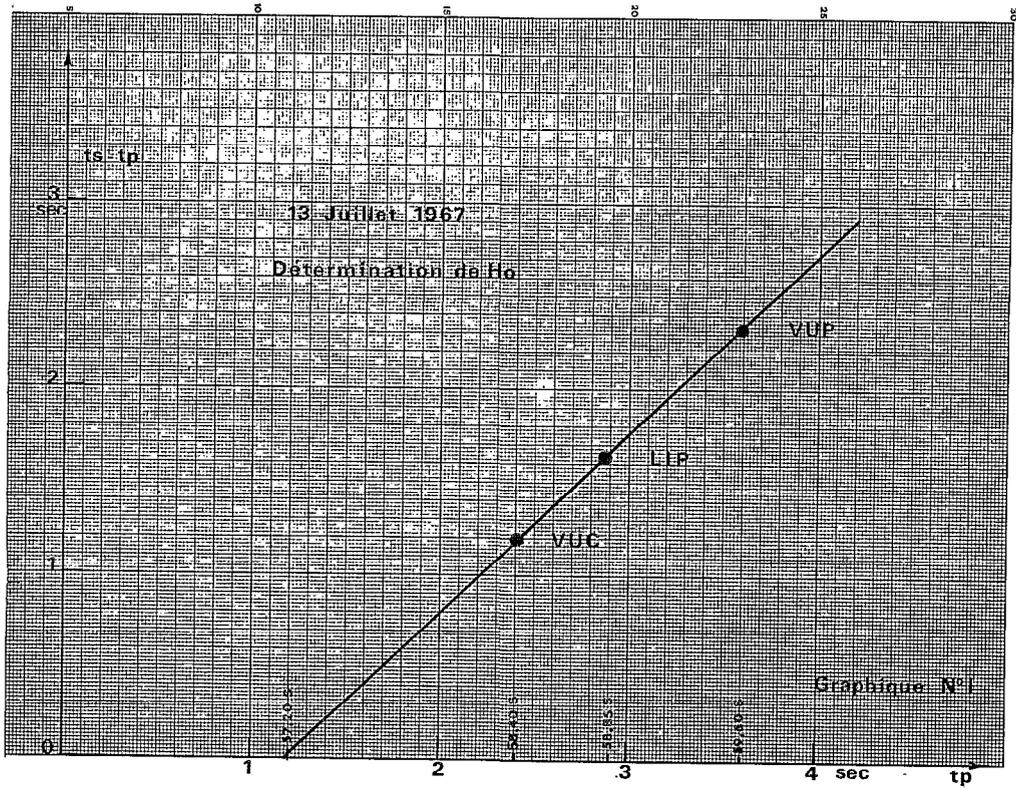


Fig. 17 — Détermination de Ho. Séisme du 13 juillet 1967

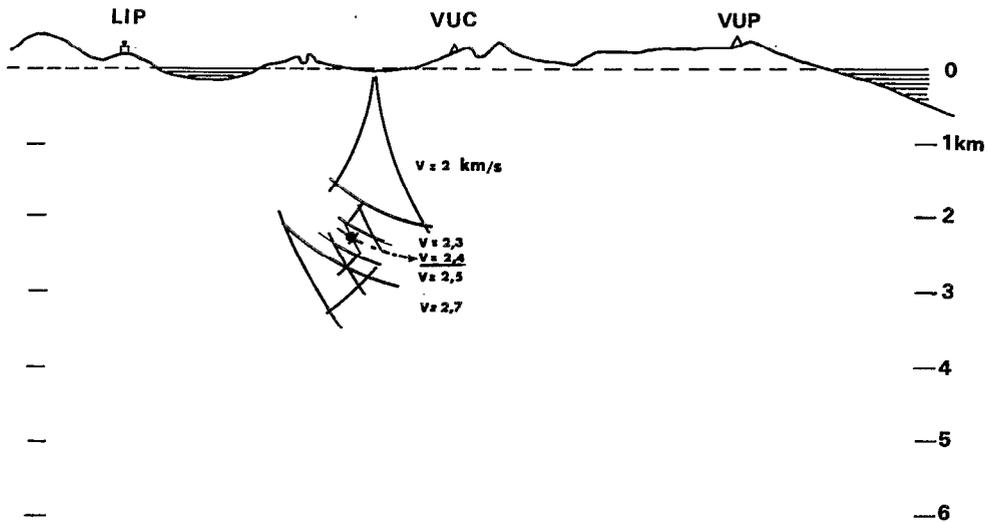


Fig. 18 — Détermination de l'hypocentre. Séisme du 13 juillet 1967

Les foyers des séismes enregistrés sous cette région de Vulcano ont été pointés sur la figure 19.

Les hypocentres s'alignent nettement sur un réseau de failles : 2 failles majeures plongeant à partir de Vulcano Piano, l'ancien système volcanique, et du Gran Cratère de Vulcano sous un angle voisin de 60° , 1 faille s'enfonçant de Vulcanello vers la faille du Gran Cratère qu'elle rencontre sous l'isthme de l'île vers 2,5 km de profondeur. Ce système de failles est le siège de fréquents séismes et sa trace est visible en surface comme nous l'avons signalé (faille des fumerolles du Gran Cratère à Vulcanello).

La faille pointant sous Vulcano Piano a joué en août 1967 : les 4 (2 séismes), 7 (2 séismes) et 10. Elle a joué également les 6, 12 et 14 août 1968.

Il est remarquable que les phénomènes explosifs signalés précédemment aient eu une recrudescence d'intensité peu après.

En août 1968, le 17 à 15 h puis le 20 à 12 h 05 m, 12 h 20 m, 12 h 35 m des petites explosions accompagnées d'un peu de cendres ont été observées à partir de l'Observatoire. La pression des gaz avait débouché un orifice situé sur le système de fracture au flanc sud du Gran Cratère et un jet de cendre puis de vapeur s'est élevé à plusieurs reprises jusqu'à une hauteur de 200 m.

Les 13, 14 et 16 août 1968, il y a eu plusieurs secousses très voisines du Gran Cratère (1 km de profondeur) de forte intensité : les impétus indiquaient tous des dépressions, des effondrements probablement, qui ont provoqué les échappées de cendre et de gaz signalées.

Entre les deux failles majeures, il ne semble pas y avoir d'activité sismique. Il doit s'y trouver une zone proche de l'état magmatique. Cette idée serait suggérée par l'amortissement important des ondes séismiques se propageant des foyers situés au nord de VUC et enregistrées à VUP, et situés au sud de VUC et enregistrées à LIP.

Cette remarque, au sujet de l'amortissement des ondes lors de leur propagation dans un secteur situé sous le Gran Cratère entre 1 et 5 km de profondeur environ, est vérifiée de façon spectaculaire par l'enregistrement de tirs sismiques expérimentaux effectués les 3, 4, 5 octobre 1968 au sud du détroit de Messine et dans la direction de l'alignement des trois stations VUP, VUC et LIP.

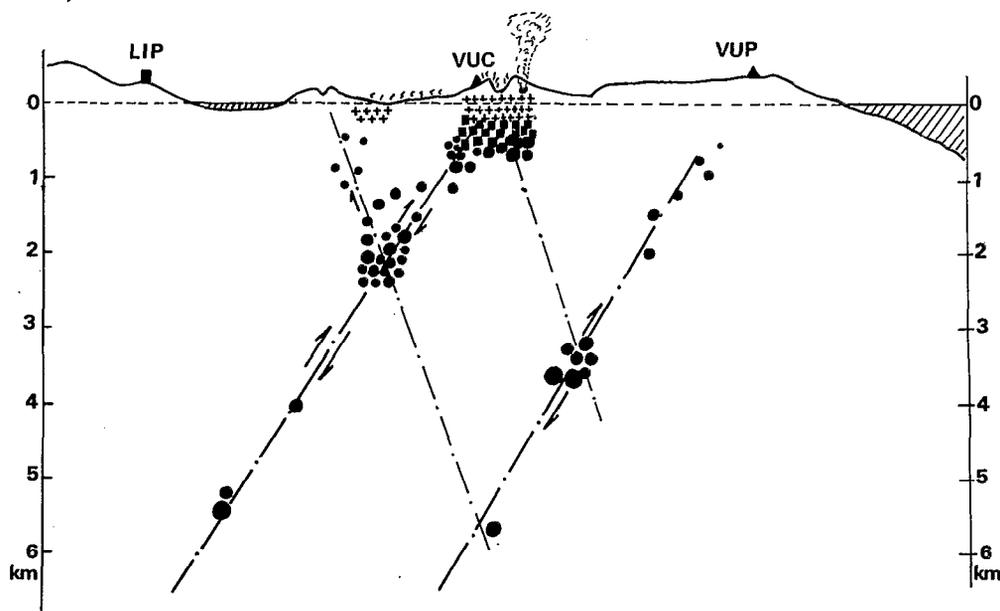


Fig. 19 — Sismicité de Vulcano (coupe)

La figure 20 montre un des enregistrements obtenus. On y voit l'amortissement important des trains d'ondes qui ont été guidées dans la couche superficielle de la croûte terrestre ($V = 4,5 \text{ km/sec.}$) très bien perçues par la station VUP et pratiquement inexistantes à LIP. Les distances du point de tir à VUP et VUC sont respectivement 102 et 110 km, différence qui ne justifie pas cet évanouissement des ondes.

Les graphiques $(t_S - t_P) = f(t_P)$ obtenus pour les différents séismes de cette région de Vulcano ont sensiblement les mêmes pentes quant aux droites tracées. A partir de celles-ci on peut déterminer la valeur du coefficient de Poisson, à partir de la relation :

$$\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 = 2 \frac{1 - \sigma}{1 - 2\sigma}$$

On trouve $\sigma = 0,31$.

Cette valeur est sensiblement plus élevée que les valeurs trouvées dans les régions non volcaniques. Les vitesses des ondes sont également plus faibles sous les régions volcaniques que dans les autres régions. En dehors de l'existence de zones magmatiques, généralement assez restreintes, il faut considérer la température beaucoup plus élevée que normale sous ces régions. On sait que les coefficients élastiques de corps, les métaux en particulier, diminuent avec une température croissante, diminution expliquée par une espèce de relaxation.

Les fumerolles se manifestant extérieurement à une température de 100° à 200° , on peut admettre que la température est de plusieurs centaines de degrés à faible profondeur.

On peut admettre également que le gradient de température se maintient sous les zones volcaniques, en particulier sous les arcs volcaniques jusqu'à grande profondeur d'où les faibles vitesses observées dans ces zones pour la propagation des ondes sismiques.

Les quelques résultats présentés dans ce papier montrent le grand intérêt de l'Osservatorio Geofisico di Lipari pour des études sismo-volcanologiques de Vulcano dont le sommeil est loin d'être profond. Les études auprès d'un volcan en forte activité tel que Stromboli sont difficiles par suite de la trop grande intensité des explosions. Sous Vulcano se produisent des phénomènes analogues plus amortis et la mise en station d'appareils y est plus aisée.

Avant le prochain réveil de ce volcan, il serait des plus instructifs pour la science volcanologique d'y poursuivre des études et des observations continues tant du point de vue sismologique que du point de vue des températures, des gaz... avec l'appareillage moderne dont nous pouvons disposer et surtout avec une équipe de chercheurs et techniciens compétents et enthousiastes.

4 OCT 1968

TIR SISMIQUE

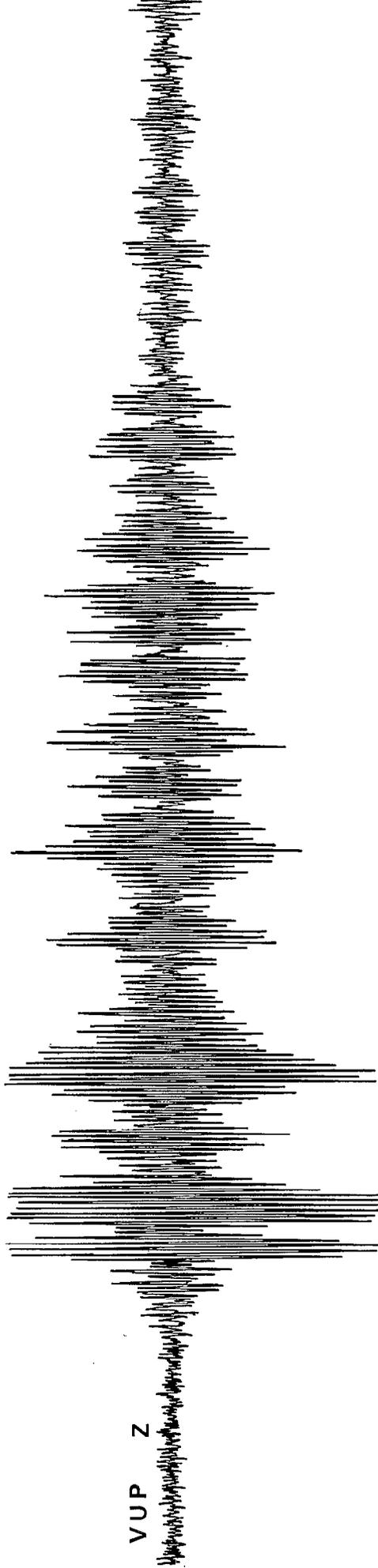
GIB Z



09 h 00 m 20 s



VUP Z



LIP Z



Fig. 20 — Enregistrement d'un tir sismique (4 octobre 1968)

BIBLIOGRAPHIE

- GUTENBERG (B.) and RICHTER (C.F.) - 1954 - Seismicity of the Earth (Princeton University Press).
- U.S.C.G.S. - Preliminary determination of Epicenters.
- B.C.I.S. - Déterminations préliminaires et Bulletins mensuels.
- IACCARINO - 1968 - Attivita sismica in Italia dal 1893 al 1965. Comitato Nazionale Energia Nucleare RT/GEO (68) 14 Roma.
- PETERSCHMITT (E.) - 1956 - Quelques données nouvelles sur les séismes profonds de la mer Tyrrhénienne. *Annali di Geofisica*, vol.IX, n°3, pp.305-334.
- PETERSCHMITT (E.) et TAZIEFF (H.) - 1962 - Sur un nouveau type de secousse volcanique enregistrée au Stromboli. *Comptes rendus Acad. Sci.*, t.255, pp.1971-1973.
- RITTMANN (A.) - 1963 - Les volcans et leur activité. Edition française par H.TAZIEFF, Masson et Cie, éditeurs.
- WILLMORE (P.L.) and CONNELL (D.V.) - 1963 - A new short-period seismometer for field and Observatory use. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol.53, n°4, pp.835-844.
- NICKEL (E.) - 1964 - Fuhrer durch die Aolischen Inseln. Isole Eolie. Gebr. Wurm KG., 34 Gottingen.
- ANDERSON (G.C.), BENNETT (A.S.), PARKS (S.), WILLMORE (P.L.) - 1966 - Advances in instrumentation. *Royal Soc. - London, Proc.*, ser.A, vol.290, n°1422, pp.323-327.
- PARKS (T.) - 1966 - Seismic data acquisition and processing equipment for Edinburg Royal Observatory. *The Radio and Electronic Engineer*, vol.31, n°3, pp.171-180.
- LATTER (J.H.) - 1968 - Seismic Activity beneath Vulcano, Gran Cratère. Note of Institute of Geophysical Sciences, geophysical laboratories, Edinburgh.
- LATTER (J.H.) - 1970 - The Interdependence of seismic and volcanic phenomena. Thesis - University of Edinburgh - July 1970.