

# Surveillance des déformations sur les volcans français

par P.A. BLUM (physicien à l'Institut de Physique du Globe à Paris  
Responsable du Secteur "Déformations" des Observatoires Volcanologiques de l'IPC)

## Résumé

L'étude des déformations, appuyée principalement sur les méthodes topographiques, constitue la deuxième priorité, après la sismologie, dans la surveillance des volcans Montagne Pelée en Martinique, Soufrière de Guadeloupe et Piton de la Fournaise à la Réunion.

La mise en œuvre de ces méthodes est définie plus en

fonction des conditions de terrain et de problèmes de personnels que d'un schéma préétabli.

On prendra comme exemple, le Piton de la Fournaise sur lequel sont combinés mesures de distances, nivellement, mesures d'inclinaison accompagnés d'enregistrements clinométriques et extensométriques permanents et qui a été choisi pour une expérience de suivi photogrammétrique de précision.

Il y a quelques semaines, vous pouviez tous voir à la Télévision des images des coulées de laves incandescentes du Piton de la Fournaise atteignant la route bordant l'Est de l'île et détruisant quelques habitations. Ces images couronnaient toute une suite éruptive, commencée en juin dernier et dont les manifestations, internes à la Caldera, dans des zones totalement inhabitées, n'avaient pas suscité l'intérêt des médias. De la même manière qu'une éruption ne se limite pas à ses effets destructeurs des habitats humains, l'étude des volcans et de leurs mécanismes ne se limite pas aux seules éruptions qui ne sont que la phase finale d'un processus encore mal connu mais dont on peut cependant appréhender certains effets.

Parmi ces effets, je vais vous parler de l'étude des déformations, dans le cadre des observatoires volcanologiques de l'Institut de Physique du Globe de Paris, étude faisant largement appel aux méthodes de la topographie et ce ne sera pas un des moindres paradoxes de mon exposé que, n'étant ni spécialiste de topographie ni vraiment volcanologue, je vous fasse cette présentation.

Donc, pour des raisons largement historiques justifiées, a posteriori, par l'importance de la sismologie en volcanologie, l'Institut de Physique du Globe a la charge des trois Observatoires de la Soufrière en Guadeloupe, de la Montagne Pelée en Martinique et du Piton de la Fournaise à la Réunion. Le personnel de ces observatoires, manœuvres et secrétaires compris est pour les deux derniers d'une demi-douzaine de personnes, un peu plus en Guadeloupe. Quand je vous dirai qu'à côté de l'étude des déformations, on y étudie aussi la sismologie non seulement volcanique mais aussi, aux Antilles, régionale que l'on y développe des mesures magnétiques différentielles, que l'on y étudie la température et la composition de l'eau des sources, des fumerolles lorsqu'il y en a, que l'on y fait de la géologie et de la pétrographie, que l'accès à ces volcans et à leurs alentours est presque toujours long et quelquefois difficile, qu'il y pleut une dizaine de mètres d'eau par an et que l'absence de couverture nuageuse est l'exception, vous comprendrez que la définition des tâches à accomplir est avant tout conditionnée par des contraintes pratiques et c'est là que nous verrons la différence essentielle entre les applications de la topographie par exemple pour la construction d'autoroute, pour l'auscultation d'un barrage, en cartographie et en surveillance volcanique. Dans les premiers cas, on fera ce qui est nécessaire, dans d'autre ce qui est possible.

Mais il ne faut cependant pas trop noircir le tableau : en effet le soutien de nos organismes de tutelle et la coo-

pération avec d'autres organismes, en particulier l'IGN et EDF, coopération qui dans le dernier cas a été un véritable mécénat, nous ont permis de mener des opérations importantes, d'implanter des réseaux et, l'acharnement et même la passion du personnel sur place, en particulier à la Réunion lors de la dernière éruption a permis de suppléer à son insuffisance numérique.

Venons-en maintenant à notre sujet : il est de sens commun qu'une éruption volcanique soit précédée d'une augmentation des pressions internes et que lors de l'éruption il y ait chute de pression : ces modifications, quel que soit le modèle mécanique adopté, s'accompagnent de changement dans la géométrie de l'édifice : la connaissance de ce changement permettra d'une part d'améliorer les modèles théoriques, d'autre part, s'ils interviennent d'une façon mesurable avant l'éruption, de contribuer à la prévoir.

Nous distinguerons, pour l'étude des formations, trois grandes familles de méthodes, dont 2 font appel aux moyens de la topographie :

- la première famille puise dans les moyens classiques de la topographie : nivellement, mesure de distance, triangulation et trilatération, photogrammétrie ;
- la seconde utilise d'une façon spécifique les instruments du niveleur ;
- la troisième famille, tout à fait différente, regroupe les mesures ou l'enregistrement permanent, généralement tététransmis, de capteurs clinométriques et extensométriques.

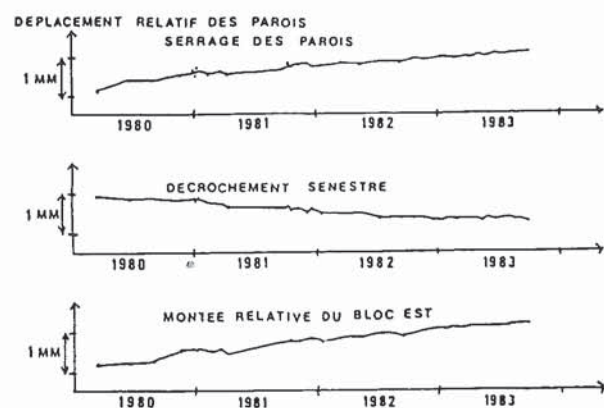


Figure 1. Relevé sur plusieurs années d'un fissuromètre EDF. On voit l'activité faible, mais continue de la faille de La Ty.

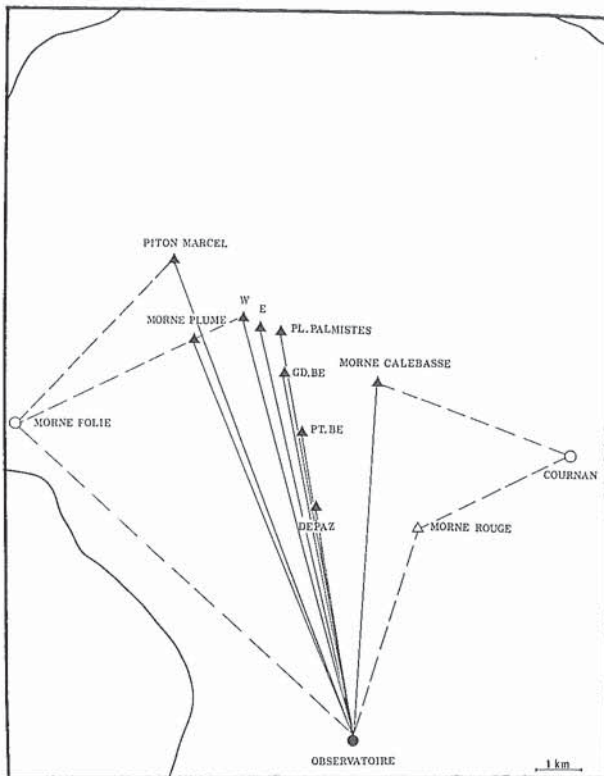


Figure 2. Réseau de mesures de distances sur la Montagne Pelée (mesures effectuées depuis l'Observatoire avec un distancemètre AGA 600).

Le temps qui m'est imparti ne me permet pas une description complète, qui serait d'ailleurs fastidieuse, de ce qui est installé, je me bornerai donc, avant de m'étendre un peu plus sur le travail fait au Piton de la Fournaise à donner trois exemples : le nivellement en Guadeloupe, un fissuromètre, les mesures de distance en Martinique.

Le réseau de nivellement de Guadeloupe implanté en 77 et 78 comprend 48 repères et inclut quelques repères du nivellement général. Les repères que nous avons installés sont le plus souvent constitués de tiges enfoncées jusqu'à refus dans le terrain. Le réseau, complété en 1983 par une antenne de nivellement géodésique jusqu'au sommet de la Soufrière, n'est réitéré que très partiellement dans les zones sensibles. On voit, en particulier, au passage d'un accident tectonique majeur des mouvements non négligeables. Ces mouvements sont globalement corroborés par ceux d'un fissuromètre de type EDF, implanté directement sur la faille, à mi-hauteur du dôme (fig. 1).

Le dispositif de mesure de distance (fig. 2) entre l'Observatoire de Morne des Cadets, en Martinique et la Montagne Pelée est disposé de telle sorte qu'il soit possible de profiter de la moindre éclaircie pour faire des mesures, il est clair que l'information sur les mouvements des réflecteurs est pauvre, en effet à chaque réflecteur ne correspond qu'une seule visée (faite avec un géodimètre Aga 600). Les données de température sont télétransmises, les données barométriques et hygrométriques étant extrapolées. Ce faisceau de mesures permet, en fait, de suivre un éventuel gonflement du volcan et n'est rien d'autre qu'un signal d'alarme.

Venons-en maintenant à la description des installations (situées sur la figure 3) et des mesures faites à la Réunion. C'est là, en effet, où, d'une part, les installations sont le plus complètes et le plus cohérentes où d'autre part depuis que nos réseaux sont implantés, soit en 1981, un an après la fondation de l'Observatoire, deux cycles d'éruptions se sont produites.

Trois nivellements de précision ont été implantés, l'un rejoint la route nationale traversant l'île, au bord de la Caldera ; le second suit la route côtière de Saint-Philippe à Piton Sainte Rose, et traverse la zone qui, lors de la dernière éruption, a vu s'ouvrir des fissures. La réitération rapide de ce nivellement a permis de constater que, hors des mouvements métriques au niveau des fissures, mouvements accompagnés d'un coulissage dextre, aucune modification supérieure au cm n'était perceptible. Un troisième nivellement de précision suit les 5 km d'un ouvrage souterrain d'EDF, dans d'excellentes conditions de mesure : là aussi la réitération a été effectuée fin mars 86 et, hors des petits mouvements au centre de l'ouvrage qu'il serait osé d'attribuer à l'activité volcanique, la stabilité est totale.

Ces nivellements sont continués à l'intérieur de la Caldera par un nivellement géodésique entre le Pas de Bellecombe où s'arrête le nivellement de la route d'accès au volcan et le Bory, sommet actuel de l'appareil volca-

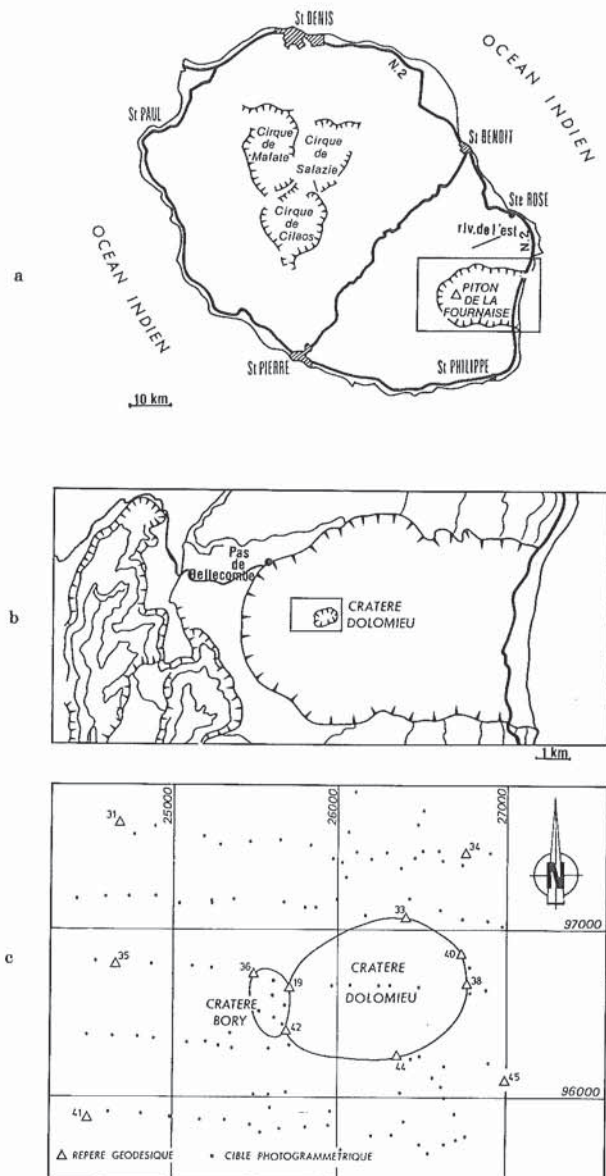


Figure 3. a) Situation du Piton de la Fournaise sur l'île de la Réunion ; b) Zone de surveillance, le rectangle délimite le relevé photogrammétrique ; c) Situation des cibles utilisées en photogrammétrie.

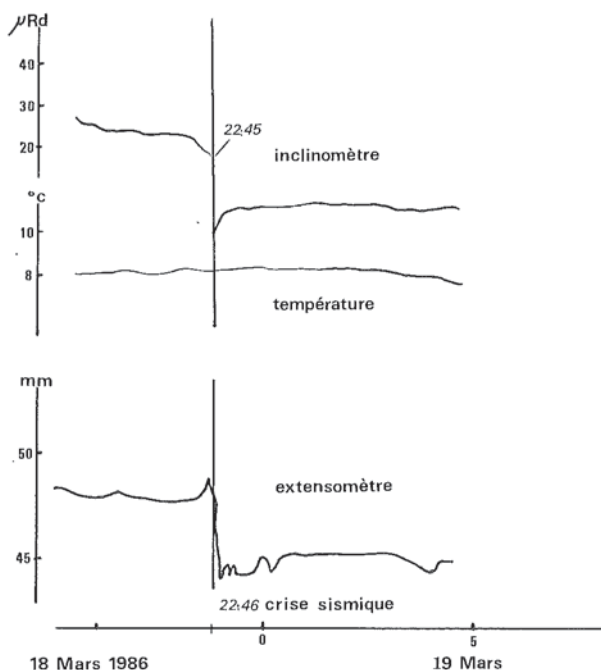


Figure 4. Inclinaison et Extension brutales accompagnant une éruption. Ces données sont télétransmises à l'Observatoire.

nique, la reprise de ce nivellement n'a donné qu'une déflation de 13 mm au pied du Bory. Un autre nivellement géodésique permet de suivre la rupture de pente de la plaine des Osmondes.

Un réseau gravimétrique, calqué sur le nivellement permet de modéliser, d'une réitération à l'autre, les transferts de masse.

Les stations d'inclinaison permettent de mesurer l'évolution de la pente sur des croix ou des triangles d'une vingtaine de mètres d'extension ; c'est une méthode développée par les volcanologues américains de Hawaï : les sommets du triangle ou les extrémités des branches de la croix sont matérialisés par des rivets servant de repère de nivellement, au centre de cette figure, est placé un niveau avec lequel on pointe une mire Invar placée successivement sur chacun des repères : on peut ainsi connaître les variations angulaires du sol d'une série de mesures à l'autre. Une vingtaine de ces figures sont implantées sur le Piton de la Fournaise et permettent de situer correctement dans l'espace la déformation.

Par exemple, les mesures faites les 21 et 22 mars 86, juste après l'éruption du Nez Coupé du Tremblet, suggèrent un gonflement assez localisé de la partie E du volcan proche du cratère.

Les mesures faites le 30 mars et le 1<sup>er</sup> avril, juste après ce qui semble être la fin de ce cycle éruptif montrent à l'évidence le dégonflement de la zone sommitale, dégonflement souligné par l'effondrement d'une partie du cratère central, le 29 mars à 22 h 38.

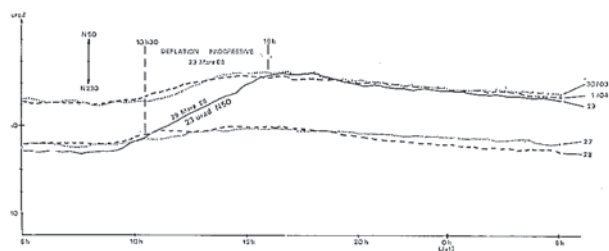


Figure 5. Déflation relativement lente précédant l'effondrement dans le cratère central.

Il est évident que ce type de mesure n'indique ni le moment exact où la déformation s'est produite ni la manière dont elle s'est produite : brutalement ou progressivement. Là, interviennent les mesures continues, télétransmises, obtenues par des capteurs clinométriques et extensométriques. J'en donnerai trois exemples : en 10 minutes, coïncidant avec le début de l'activité sismique, un inclinomètre situé sur le Bory enregistre un gonflement à l'Est de 14 microradian (fig. 4), ce mouvement précède de 8 h environ l'éruption proprement dite, tout autre scénario pour la phase finale où l'on assiste à une déflation progressive, conduisant à l'effondrement dans le cratère central (fig. 5). Un dernier exemple d'enregistrement clinométrique montre du 6 décembre au 29 décembre 85, l'inflation progressivement croissante précédant de presque un mois l'éruption qui s'est produite le 29/12, sans d'ailleurs que l'imminence de cette éruption soit discernable.

Continuons la description des moyens d'étude des déformations au Piton de la Fournaise : un réseau géo-

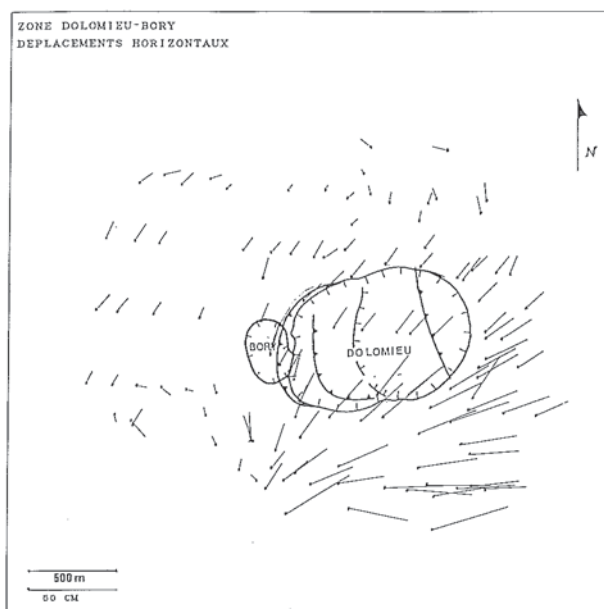


Figure 6. Déplacement dans un plan horizontal des cibles de photogrammétrie entre 1981 et 1984.

désique conçu en coopération entre l'IGN, l'EDF et l'IPG est techniquement calqué sur les réseaux d'auscultation des grands ouvrages ; en fait, si ce réseau sert à la surveillance de routine, il a essentiellement été conçu pour réaliser une opération de photogrammétrie de précision sur environ 10 km<sup>2</sup> de la zone sommitale du volcan. Les couvertures photos comme les mesures complètes du réseau géodésique ont été réalisées en octobre 1981 et en juin 1984 ; entre temps des éruptions s'étaient produites fin 83 et début 84 ; les mesures régulières partielles effectuées entre la fin de l'éruption et la prise de vue n'ont pas montré de modifications géométriques notables, les déplacements obtenus, par les points ciblés sont donc bien le résultat de l'éruption (fig. 6).

Pour terminer, je dirai un mot du réseau de microgéodésie implanté dans le cratère Bory, ce réseau implanté par le CETE de Lyon comporte sur 150 m de long deux lignes de repères, il permet de suivre le détail, à mieux que le mm près, en altimétrie et en planimétrie, des déformations de ce cratère.