

Projet S.V.O.

Rapport d'activité de Septembre 2000 à Juin 2001

Dans le cadre du projet de satellite S.V.O., de nouvelles techniques sont appliquées à l'étude et le suivie de l'activité volcanique. Nous avons étudié la faisabilité et le potentiel de méthodes applicables grâce aux nouveaux capteurs de S.V.O.

Sommaire

I) Création de M.N.T. à haute résolution

I.1) M.N.T. à partir de photos aériennes

I.2) M.N.T. à partir de photos prisent depuis le sol

II) Orthorectification

II.1) Orthorectification de photos aériennes

II.2) Orthorectification de photos prisent d'hélicoptères

III) Thermographie dans le visible

IV) Conclusions

V) Travaux en cours et perspectives

I) Création de M.N.T. à haute résolution

Les M.N.T. (Modèles Numériques de Terrains) sont des éléments très importants dans les différentes étapes de mesure des déformations et des changements d'un édifice volcanique. Ils sont utilisés dans :

- La mesure direct de déformations verticales par comparaison de M.N.T. de différentes époques.
- La rectification d'images (satellites, photos aériennes ou prisent depuis le sol...)
- La rectification des mesures ou images thermiques
- Le calcul d'interférogrammes.

1.1) M.N.T. à partir de photos aériennes

S.V.O. ayant des capacités de prises de vue stéréoscopiques, nous nous proposons de tester la création d'un M.N.T. à haute résolution dans une zone volcanique. Nous avons utilisé 3 négatifs de photos aériennes de 1997, scannées à 1800 d.p.i. du Piton de la Fournaise (Volcan bouclier actif de l'île de la Réunion). La résolution des clichés panchromatiques est d'environ 80 cm, proche de la résolution de S.V.O. mais avec une dynamique inférieure. Nous utilisons le logiciel « Poivre » développé par Y. Egels de l'I.G.N. pour le calcul stéréophotogramétrique. Nous introduisons seulement 4 points de calage par couple photo provenant de mesures G.P.S..

La procédure de création du M.N.T. consiste à vérifier par corrélation manuelle l'altitude des points d'une maille large (pas de 100 m). Une grille à 10 m est calculée à partir de ces points. La grille est réintroduite dans le logiciel Poivre, celui ci calcul automatiquement une nouvelle grille avec un pas de 5 m. Les points douteux sont éliminés (écart vertical supérieur à 10 m par rapport à la grille de référence à 10m, ou qualité de corrélation inférieure à 40 %). L'on obtient ainsi un M.N.T. avec un pas de 5 m (Figure 1).

Une nouvelle itération peut être menée afin d'obtenir une grille à 1 m de pas. Ce type de grille n'a été obtenue que sur des zones restreintes de 500 m de côté.

La précision du M.N.T. à 5 m est vérifiée à l'aide de fichiers G.P.S. cinématique de 1997 (erreur verticale inférieure à 30 cm). Nous avons utilisé 6 fichiers, contenant chacun plus de 10.000 points, couvrant l'ensemble de la zone. L'erreur en altitude résultante est de moins de 3 m.

Nous avons donc montré que nous pouvons obtenir de manière semi-automatique des M.N.T. à haute résolution sur des zones où la corrélation automatique est rendu difficile par la nature du terrain (grandes étendues sombres ou lisse).

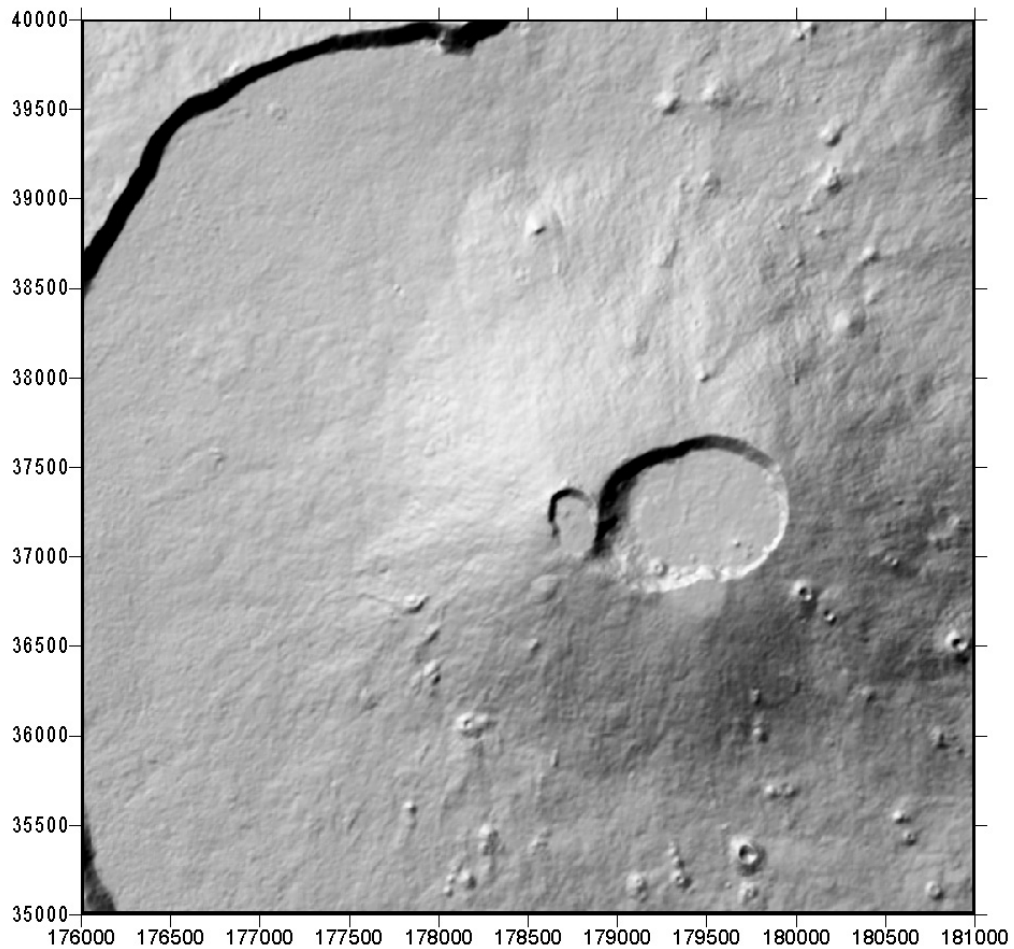


Figure 1 : M.N.T. du Piton de la Fournaise, pas de 5 m.

I.2) M.N.T. à partir de photos prises depuis le sol

Les angles de prise de vue de S.V.O. étant très importants pour assurer une bonne répétitivité des mesures, il est important de tester les possibilités de créer des M.N.T. à partir de données prises dans des conditions semblables ou encore plus défavorables. Pour cela, toujours sur le Piton de la Fournaise, nous utilisons des photos prises depuis le sol en conditions stéréoscopiques. Les diapositives sont scannées à 2500 d.p.i..

Nous utilisons comme points de calages des points identifiés à la fois sur les photos aériennes utilisés précédemment et sur les photos prises depuis le sol. Les couples stéréoscopiques ainsi formés permettent de calculer des M.N.T. avec une résolution horizontale et verticale de l'ordre du mètre (la résolution est limitée par la précision des points de calages). Le logiciel Poivre ne permet pas d'automatiser la création de M.N.T. à partir de photos dont l'angle de prise de vue n'est pas vertical.

II) Orthorectification

L'orthorectification d'images permet d'évaluer des déformations ou des changements horizontaux (ouvertures de fractures, dépôts de cendres, mise en place d'une coulée de lave...).

II.1) Orthorectification de photos aériennes

En utilisant le M.N.T. précédemment obtenu et une dizaine de points de calages (réseau G.P.S.), nous pouvons rectifier les photos aériennes (Figure 2) avec une précision équivalente à la moitié du pas du M.N.T. soit 2.5 m. La précision varie en fonction de la pente du terrain : si la pente est importante, la résolution est plus faible (ex : falaises, cratères ...), en zone de faible variations de reliefs, la précision avoisine celle du cliché d'origine (80 cm). La vérification de la précision est réalisée à l'aide de fichiers de G.P.S. cinématique et statique.

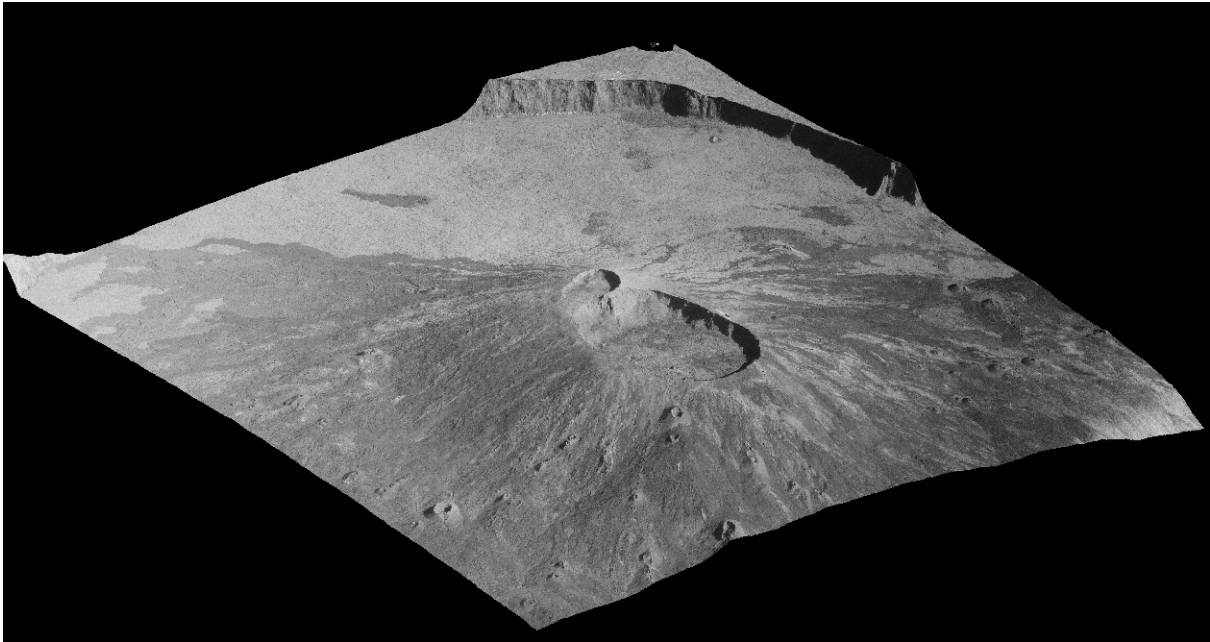


Figure 2 : Photos aériennes orthorectifiées sur M.N.T. à 5 m.

II.2) Orthorectification de photos prises d'hélicoptères

(Application à la création de cartes des coulées)

Toujours dans le but d'utiliser des données les plus proches possibles de celles de S.V.O., nous nous proposons d'exploiter les photos prises depuis un hélicoptère à l'aide d'un appareil photo numérique du commerce. Ces photos, prises à l'origine uniquement dans un but de documentation, présentent des angles de prise de vue proche de S.V.O. et des résolutions de l'ordre du mètre. Après rectification de ces images à l'aide des photos aériennes déjà rectifiées et du M.N.T. (sans autres points d'appuis), nous avons pu créer les cartes des coulées de juin et octobre 2000 du piton de la Fournaise (Figure 3), avec une précision de l'ordre de la dizaine de mètre. La précision est limitée par le cadrage des photos, non optimisé pour ce travail (cadrage serré sur les coulées, utilisation de plusieurs clichés pour couvrir l'ensemble de la coulée, faible contraste dans certaines zones, méconnaissance de la focale utilisée et des défauts de l'optique). Pour la rectification, il est nécessaire d'identifier autour de la coulée une vingtaine de points régulièrement répartis.

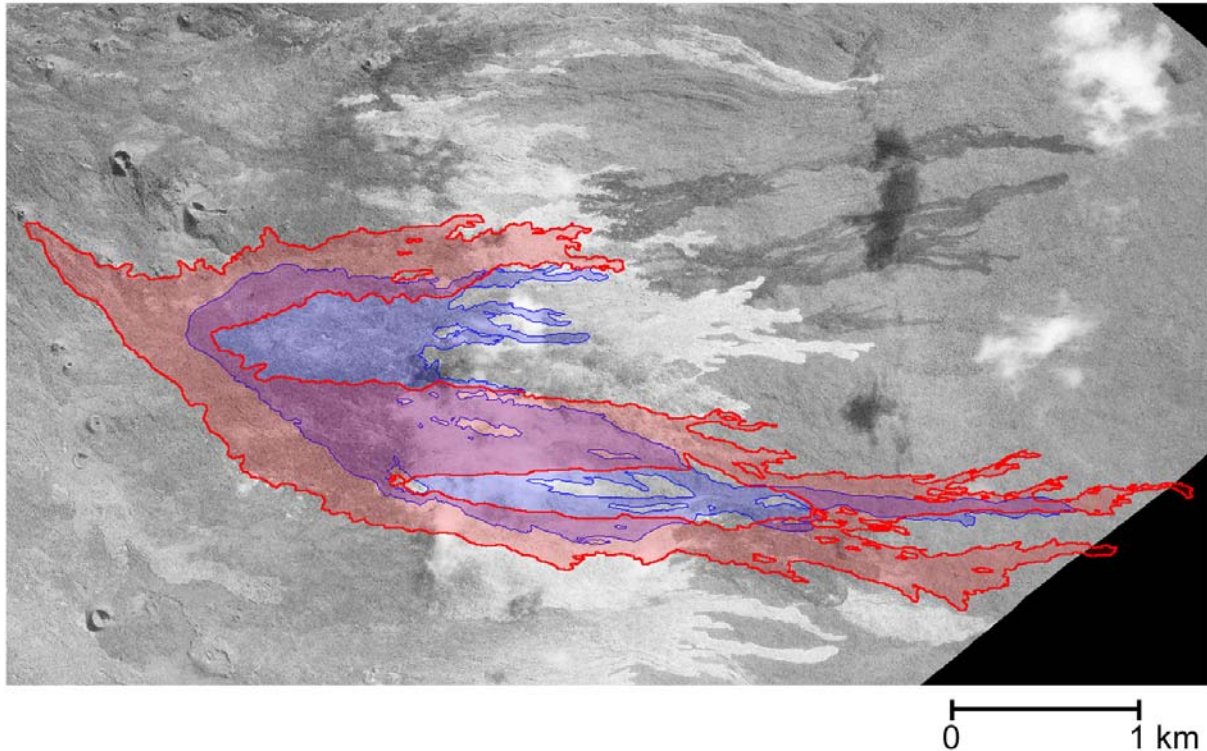


Figure 3 : Carte des coulées de juin (en bleu) et octobre (en rouge) 2000 du Piton de la Fournaise, obtenue à partir de photos prises d'hélicoptère.

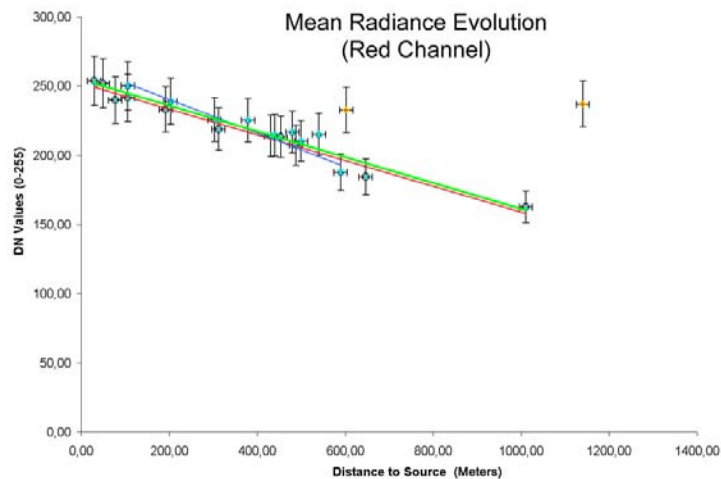
Cette méthode permet l'obtention rapide de carte de coulées, même en cours d'éruption, sans nécessité de se rendre sur le terrain.

III) Thermographie dans le visible

S.V.O. dispose d'une matrice C.C.D. sensible jusqu'à un micron, donc capable de voir des objets d'une température supérieure à 450°C avec une résolution de l'ordre du mètre. Pour une première approche des possibilités offertes par ce type de capteur, nous nous proposons d'étudier les possibilités d'évaluer la température d'une coulée de lave basaltique uniquement à partir de diapositives scannées ou d'images provenant d'un appareil photo numérique du commerce. En l'absence de calibrage des capteurs ayant acquis les données, les résultats obtenus montrent simplement la faisabilité des méthodes employées.

Nous évaluons la température en considérant une réponse linéaire des capteurs employés. Le calage des températures est établie par rapport au point de sortie des coulées (1150°C) et au point de solidus (900°C). Nous pouvons ainsi recréer une courbe (Figure 4) de la décroissance de la température des coulées à partir des images rectifiées (pour supprimer les problèmes de géométries).

Les premiers résultats obtenus sur des coulées du Piton de la Fournaise et du Stromboli, montrent que la méthode est applicable moyennant l'utilisation de capteurs étalonnés sur des longueurs d'ondes sélectionnées (canaux du vert au proche infra-rouge).



Numerical image, taken from helicopter, November 2000.

Figure 4 : Evolution de la radiance d'une coulée de lave, à partir d'une photo prise d'hélicoptère (Volcan du Piton de la Fournaise, éruption d'octobre 2000). La courbe de radiance, en connaissant la réponse du capteur, permet d'obtenir la température de la coulée.

IV) Conclusions

Les différentes études réalisées jusqu'à présent démontrent l'utilité et la pertinence des capteurs sélectionnés pour S.V.O.. Nous avons montré que l'on peut obtenir, sur des volcans actifs :

- Des M.N.T. à une résolution de l'ordre du mètre, quelque soit les angles de prises de vue.
- Des images orthorectifiées permettant de mesurer et de cartographier des changements horizontaux
- La faisabilité d'évaluer la température de coulées à l'aide uniquement d'images dans le visible.

V) Travaux en cours et perspectives

Pour valider les méthodes de création de M.N.T. et d'orthorectification, des données (photos aériennes, photos sol argentiques et numériques) du volcan Etna (Sicile) sont en cours de traitement.

Nous envisageons d'acquérir et de développer de nouvelles méthodes comme la corrélation sub-pixel (en collaboration avec le C.N.E.S.), afin de mesurer des déformations à l'échelle du dixième de pixel, ainsi que la poursuite du développement des méthodes automatiques de création de M.N.T. à partir de données stéréoscopique.

L'ensemble des méthodes développées seront également appliquées à des images radar aéroportées (résolution 2m) sur le cas de l'Usu (volcan explosif, Japon).