



HAL
open science

Traitement, réduction et analyses in-situ des levés magnétiques aéroportés en contexte volcanique

Erwan Thébault, Lydie-Sarah Gailler

► To cite this version:

Erwan Thébault, Lydie-Sarah Gailler. Traitement, réduction et analyses in-situ des levés magnétiques aéroportés en contexte volcanique. 1ères Rencontres Epos-France, Nov 2023, Saint-Jean-Cap-Ferrat, France. 2023. hal-04550590

HAL Id: hal-04550590

<https://hal.science/hal-04550590>

Submitted on 17 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

Public Domain

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Traitement et analyses in-situ des levés magnétiques aéroportés en contexte volcanique

Thébault E. and L-S. Gailler

Laboratoire Magmas et Volcans, Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand, Université Clermont-Auvergne, France.

RESUME

Les drones offrent une formidable opportunité pour réaliser des levés géophysiques répétés, notamment en contextes volcaniques. Leur capacité à être déployés rapidement, à voler à différentes altitudes et leur facilité d'utilisation malgré des conditions de terrain complexes les rendent attractifs pour les levés magnétiques. La construction de cartes détaillées du champ magnétique apporte des contraintes majeures sur la composition des roches, les anomalies thermiques, les systèmes intrusifs et l'évolution des contrastes structuraux. Néanmoins, les mesures brutes du champ magnétique nécessitent un traitement minutieux pour réduire les effets des composantes primaires, telles que celles du champ magnétique principal, et pour minimiser les erreurs de direction, de position et de croisement. Une fois que les structures locales sont mises en évidence une seconde difficulté est d'assembler des levés réalisés à des époques différentes, de préserver la continuité des levés adjacents, et de prendre en compte leurs variations en altitude. Nous présentons un algorithme directement applicable sur le terrain qui offre la possibilité d'une modélisation et des corrections rapides des mesures d'intensité du champ magnétique acquises par drones. Notre approche repose sur l'analyse en harmonique rectangulaire (RHA) en champs de potentiels qui permet d'assembler différents levés contigus et de reconstruire à partir d'une intensité le vecteur champ magnétique nivelé à une altitude constante. Nous présentons une application sur des levés réalisés au Piton de la Fournaise (Ile de la Réunion, France).

PRINCIPES GENERAUX ET ALGORITHME

Le champ magnétique terrestre est un champ de potentiel qui obéit à l'équation de Laplace. Dans le système de référence Cartésien, nous montrons que la solution de cette équation différentielle s'exprime par

$$V(x, y, z) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n [a_n^m A_n^m(x, y) + \beta_n^m B_n^m(x, y) + \gamma_n^m C_n^m(x, y) + \delta_n^m D_n^m(x, y)] e^{\sqrt{\lambda} z},$$

où les fonctions de la position (x, y, z) sont les bases de fonction rectangulaires.

A partir d'un ensemble discret de mesures du champ magnétique dont les positions (x_i, y_i, z_i) sont non homogènes dans l'espace 3D, l'enjeu est de trouver les paramètres du modèle physiques $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ qui permettent de décrire les données et surtout de prédire le champ en tout point de la zone d'étude non couvert explicitement par la mesure.

Pour cette étape de modélisation mathématique, les données brutes suivent un ensemble de traitements automatisés et sont transformées du repère géographique au cartésien. Leur indice de qualité instrumentale est pris en compte lorsqu'il est disponible.

L'une des spécificité de l'algorithme proposé est de corriger automatiquement du champ magnétique global en espace et en temps puis de reconstruire, à partir seulement de la mesure du module du champ, le vecteur complet correspondant au signal de la croûte terrestre.

L'algorithme est utilisable pour le traitement de données prises à différentes époques, positions et altitudes, directement sur le terrain et/ou de manière plus fine au laboratoire.

La chaîne de traitement complète partant de la donnée brute jusqu'au modèle final est illustrée par la Figure 1. Elle est disponible en open source: <https://doi.org/10.25519/1QG6-QH39>

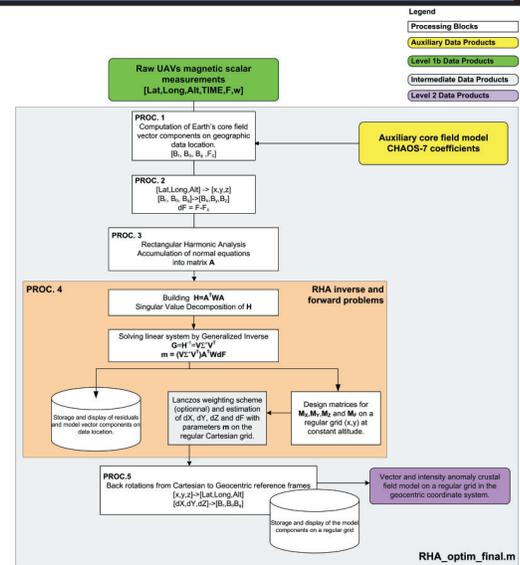
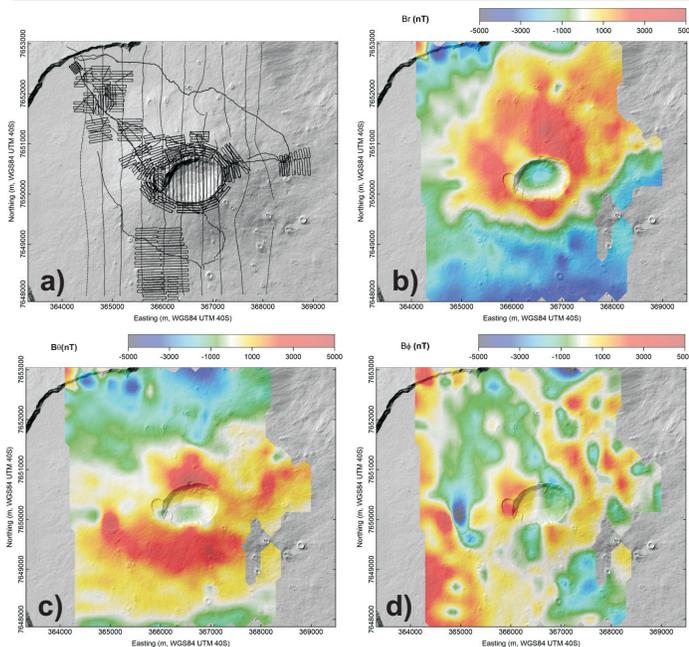


Figure 1 : Organigramme général des cinq principaux blocs de traitement générant un vecteur magnétique régional champ crustal à partir de mesures brutes d'intensités.

APPLICATION EN CONTEXTE VOLCANIQUE - PITON DE LA FOURNAISE



Plusieurs campagnes de mesures, par hélicoptère (ReunEM, BRGM), au sol (2017-2019-2020) et par drones (2020, 2021, 2022) ont été réalisées au-dessus du Piton de la Fournaise, Ile de la Réunion.

Les mesures ont été prises à des altitudes variées entre le sol et 80 m, dans des conditions de terrains, pour des époques, et avec des techniques d'acquisition différentes (Figure 2a). Cet ensemble de mesures hétérogènes est assemblé directement par l'algorithme pour générer une carte homogène du champ crustal au niveau du sol et pour prédire ses composantes vectorielles. Le vecteur champ magnétique orienté dans un axe vertical (Figure 2b), Nord (Figure 2c) et Est (Figure 2d) montre des structures associées à des effets thermiques et à des contrastes de l'aimantation qui révèlent des différences structurales et de composition. De futures campagnes viendront compléter ou réitérer ces mesures afin de suivre l'évolution spatiale et temporelle de l'édifice.

Figure 2: a) Positions des mesures scalaires du champ magnétique total; b) Modèle de la composante radiale du champ; c) Modèle de la composante Nord; d) Modèle de la composante Est.

REFERENCE: Thebault E, Gailler L-S. *A Quick-Look Software for In Situ Magnetic Field Modeling from Onboard Unmanned Aircraft Vehicles (UAVs) Measurements*. Remote Sensing. 2023; 15(18):4549. <https://doi.org/10.3390/rs15184549>.

REMERCIEMENTS: Ce travail a été financé en partie par le CNES dans le cadre du projet « Imagerie géophysique multi-échelles des édifices volcaniques » et par le projet de l'Agence Nationale de Recherche Scan4Volc <https://anr.fr/Project-ANR-21-CE49-0015>.