



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTY OF SCIENCE
Department of Earth Sciences



UNIVERSITY OF GENEVA

Department of Earth Sciences

Master thesis

Orientation: Geochemistry, Alpine Tectonics and Ore deposits

Structural analysis of a highly oblique rift zone influenced by a transform fault in southwest Iceland

Supervisor

Ruch Joel

Author

Chatelain Yohann

January 2024

Abstract

The South-Iceland-Seismic Zone (SISZ) and the Reykjanes Peninsula (southwest Iceland) are part of an active shear zone and of the plate boundary that separates the North American from the Eurasian plates. The Reykjanes Peninsula is a highly oblique rift zone with well-developed volcanic and hydrothermal systems. To the East, the SISZ corresponds to a transform fault zone with historical large earthquakes of up to Mw7, without noticeable volcanic activity.

These two regions are affected by a broad left-lateral shear zone oriented N070, dissected by NS right lateral strike-slip faults forming a bookshelf system suggesting a common tectonic driver. The connection between the two regions remains poorly understood by lack of integrative structural analysis that would help for a better understanding of the complex tectonic setting.

Here we used photogrammetry with extensive drone mapping to identify and analyse several main NS fault systems in both areas, along an E-W sector of 140 by 25 km. This allow performing a robust fault population analysis and detailed structural maps. Using drone imagery, we obtained high-resolution DEMs (Digital Elevation Map) and orthophotos (3-4 cm GSD). We collected also structural field observations for fracture opening kinematics. We further complemented our dataset with earthquake catalogues

to look for ongoing seismic activity, looking at seismic swarm orientations and earthquake event depths.

We worked on 20 NS oriented fault zones across Reykjanes and the SISZ. All of them show multiple scales of en-echelon pattern with fractures, arrays, fault segments and compressional push-ups. We estimate that the direction and geometry of structures strongly suggest a structural continuity between the SISZ and the Reykjanes Peninsula. We also observe a decrease of the length of the NS fault segments, together with a decrease of the earthquake magnitudes and epicentre depth toward West.

We further discuss that the presence of magma and hydrothermal systems in Reykjanes is influenced by the rotation of the plate boundary. We identify a limiting angle of approximately 20° between the plate border and the spreading direction, above which a system can develop volcanic activity. Furthermore, this geothermal gradient plays a crucial role in influencing the risk of large earthquakes by expanding ductile areas. This has direct implication when assessing seismic hazards in this populated area.

Résumé

La Zone Sismique du Sud de l'Islande (SISZ) et la Péninsule de Reykjanes (sud-ouest de l'Islande) font partie d'une zone de cisaillement active et de la frontière des plaques qui sépare la plaque nord-américaine de la plaque eurasiatique. La Péninsule de Reykjanes est une zone de rift fortement oblique avec des systèmes volcaniques et hydrothermaux bien développés. À l'est, SISZ correspond à une zone de faille transformante avec des séismes historiques importants pouvant atteindre une magnitude de Mw7, sans activité volcanique notable.

Ces deux régions sont affectées par une vaste zone de cisaillement latérale sénestre orientée N070, et elles sont recoupées par des failles de décrochement dextre orientées NS, formant un système en "bookshelf" suggérant un moteur tectonique commun. La connexion entre ces deux régions reste mal comprise en raison du manque d'analyse structurale commune qui permettrait de développer une meilleure compréhension de leur cadre tectonique.

Dans cette étude, nous avons utilisé la photogrammétrie avec une cartographie de drone étendue pour identifier et analyser plusieurs systèmes de failles principalement orientés NS dans les deux régions, le long d'un secteur E-W de 140 par 25 km. Cela permet une analyse poussée de la population de failles et la création de cartes structurales détaillées. En utilisant des images de drone, nous avons obtenu des MNT

(Modèles Numériques de Terrain) haute résolution et des ortho-photos (GSD de 3 à 4 cm). Nous avons également recueilli des observations sur le terrain concernant la cinématique d'ouverture des fractures. Nous avons complété notre ensemble de données avec des catalogues sismiques pour étudier l'activité sismique en cours, en examinant les orientations des essaims sismiques ainsi que leur profondeur.

Nous avons travaillé sur 20 systèmes de failles orientés NS à travers Reykjanes et SISZ. Elles présentent toutes des structures en-échelon avec des fractures, des réseaux ou, des segments de failles et des push-ups compressifs à différentes échelles. Nous avons observé que la direction et la longueur de ces structures suggèrent fortement la présence d'une continuité structurelle entre SISZ et la Péninsule de Reykjanes. Nous avons également observé une diminution de la longueur des segments de failles NS, ainsi qu'une diminution des magnitudes des séismes et de leur profondeur vers l'ouest.

Nous discutons en outre du fait que la présence de magma et de systèmes hydrothermaux à Reykjanes est influencée par la rotation de la limite des plaques. Nous avons identifié un angle limite d'environ 20° entre cette limite et leur direction d'extension, au-dessus duquel un système peut développer une activité volcanique. De plus, la variation du gradient géothermique joue un rôle crucial dans l'occurrences de grands séismes. Cela a des implications directes lors de l'évaluation des risques sismiques dans cette zone densément peuplée.