

Tsunami Ionospheric Signatures Monitoring with GNSS.

by *Edhah MUNAIBARI*

Wednesday, 14 January 2026 at 2:00 pm,
Géoazur, Salle Delteil, Campus Azur, Bâtiment 4

Abstract

Tsunamis pose a profound threat to coastal communities worldwide, making the rapid and reliable detection of these waves a critical global priority for mitigating devastation and saving lives. While traditional warning systems are essential, the Earth's ionosphere offers a promising complementary medium for basin-wide monitoring, as tsunamis generate distinctive signatures in the Total Electron Content (TEC). However, the quantitative relationship between an open-ocean tsunami and its ionospheric signature remains a key scientific challenge. Elucidating this connection is the critical next step for developing reliable, ionosphere-based hazard assessment systems. This thesis confronts this challenge by establishing and validating a complete, end-to-end analysis framework designed to systematically isolate the tsunami signature from environmental and geometric noise.

A cornerstone of this framework is the Single Receiver Technique (SRT), a computationally efficient method developed to standardize the detection of tsunami-induced TEC signatures. Application of the SRT to a wide range of historical events resulted in the compilation of the largest uniformly-processed global database of these phenomena to date, comprising 50 high-quality detections across 22 tsunamis. This unique dataset enabled a rigorous investigation using a workflow of physically-grounded corrections for the tsunami source, the ambient ionospheric state, and the geomagnetic coupling geometry.

The analysis revealed that a universal, one-to-one relationship is fundamentally obscured by the highly variable geometric and environmental conditions encountered in a global dataset. However, when the workflow was applied to a geographically consistent subset of data from Hawaii, it successfully filtered much of this variability, revealing a promising positive trend between the corrected TEC response and the tsunami amplitude.

The contributions of this thesis are therefore threefold: (1) a novel technique for robust and standardized signal detection; (2) a comprehensive global database to serve as a benchmark for future studies; and (3) a validated analytical framework demonstrating that the relationship between tsunami and TEC amplitudes, while not globally uniform, is achievable on a region-specific basis. These contributions provide a foundational methodology and a clear pathway for future research aimed at developing the quantitative, region-specific models essential for reliable ionospheric tsunami monitoring.

Surveillance des signatures ionosphériques des tsunamis à l'aide du GNSS.

par *Edhah MUNAIBARI*

Mercredi, 14 janvier 2026, 14h

Géoazur, Salle Delteil, Campus Azur, Bâtiment 4

Resumé

Les tsunamis constituent une menace majeure pour les communautés côtières du monde entier, d'où l'importance cruciale d'une détection rapide et fiable pour limiter les destructions et sauver des vies. Si les systèmes d'alerte traditionnels sont essentiels, l'ionosphère terrestre offre un milieu complémentaire prometteur pour une surveillance à l'échelle des bassins océaniques, les tsunamis y générant des signatures caractéristiques dans le contenu total d'électrons (TEC). Toutefois, la relation quantitative entre un tsunami en plein océan et sa signature ionosphérique demeure un défi scientifique clé. L'élucider est l'étape suivante indispensable au développement de systèmes robustes d'évaluation de l'aléa fondés sur l'ionosphère. Cette thèse relève ce défi en établissant et en validant un cadre analytique complet, de bout en bout, conçu pour isoler systématiquement la signature tsunamigénique du bruit environnemental et géométrique.

Un pilier de ce cadre est la Technique du récepteur unique (SRT), une méthode efficace sur le plan computationnel développée pour standardiser la détection des signatures TEC induites par les tsunamis. L'application de la SRT à un large ensemble d'événements historiques a permis de constituer la plus vaste base de données mondiale traitée de manière homogène à ce jour, totalisant 50 détections de haute qualité couvrant 22 tsunamis. Cet ensemble sans précédent a rendu possible une analyse rigoureuse appuyée par une chaîne de corrections physiquement fondées portant sur la source du tsunami, l'état ionosphérique ambiant et la géométrie du couplage au champ géomagnétique.

L'analyse montre qu'une relation universelle et univoque est fondamentalement masquée par la forte variabilité géométrique et environnementale inhérente à un jeu de données global. En revanche, appliquée à un sous-ensemble géographiquement homogène centré sur Hawaï, le flux de travail atténue largement cette variabilité et met en évidence une tendance positive entre la réponse TEC corrigée et l'amplitude du tsunami.

Les contributions de cette thèse sont triples : (1) une technique nouvelle pour une détection robuste et standardisée du signal ; (2) une base de données mondiale de référence pour les études futures ; et (3) un cadre analytique validé démontrant que, si la relation entre les amplitudes du tsunami et du TEC n'est pas uniforme à l'échelle globale, elle devient accessible à l'échelle régionale. Ces apports fournissent une méthodologie fondatrice et une feuille de route claire pour élaborer des modèles quantitatifs, régionaux, indispensables à une surveillance ionosphérique fiable des tsunamis.