



HAL
open science

Discrimination entre événements naturels et anthropiques basée sur le Deep Learning

Céline Hourcade, Mickaël Bonnin, Éric Beucler

► **To cite this version:**

Céline Hourcade, Mickaël Bonnin, Éric Beucler. Discrimination entre événements naturels et anthropiques basée sur le Deep Learning. 2023, pp.10. 10.1093/gji/. hal-04224826

HAL Id: hal-04224826

<https://hal.science/hal-04224826v1>

Submitted on 2 Oct 2023

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.

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.



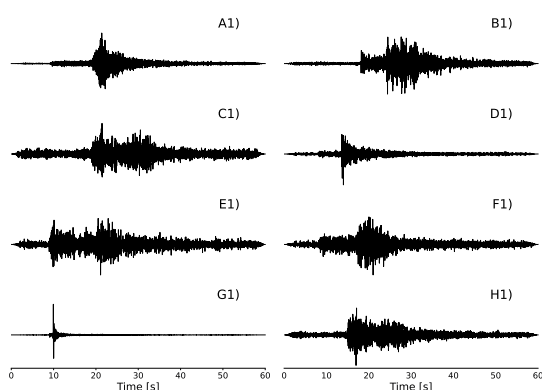
Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Discrimination entre événements naturels et anthropiques basée sur le Deep Learning

L'étude des séismes de faible magnitude permet de mieux comprendre l'activité sismique naturelle, en particulier dans les régions continentales stables où il est difficile d'expliquer l'existence de tremblements de terre dans des conditions de faibles déformations.

L'un des principaux défis dans l'élaboration d'un catalogue d'événements de faible amplitude est la discrimination entre les événements naturels (événements tectoniques) et les événements anthropiques (causés par les activités humaines, comme les tirs de carrières ou les explosions militaires).



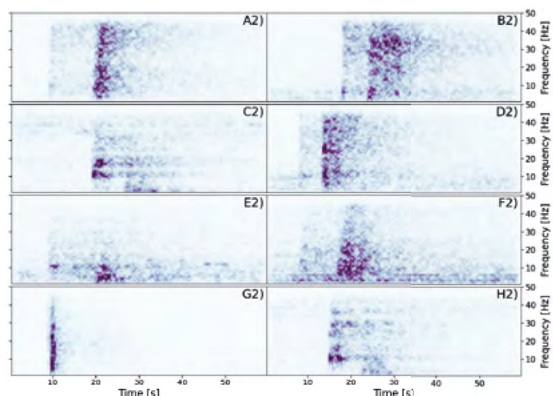
une continuité fréquentielle, localisée temporellement au niveau des arrivées des ondes sismiques et formant des bandes verticales. Pour les événements anthropiques, l'énergie est généralement confinée aux fréquences les plus basses et forme des bandes horizontales.

Compte tenu des informations « visuelles » présentes dans ces spectrogrammes, nous avons choisi d'implémenter et d'entraîner un Réseau de Neurones Convolutif (CNN). Ce type de réseau de neurones permet d'extraire des caractéristiques discriminantes par l'application successive de filtres de taille définie.

du BCSF-Rénass, cette application donne une précision de discrimination de 98,18%.

Nous avons ensuite appliqué, sans aucun re-entraînement, notre CNN aux données d'une campagne post-sismique dans le Nord-Ouest de la France (48 événements) et de l'USSF (University of Utah Seismograph Stations) aux États-Unis (396 événements entre janvier et mars 2016). Nous atteignons, respectivement, une précision de 100,00% et 96,72%.

Comme chaque discrimination est accompagnée d'un niveau de confiance, notre ap-



1 Exemples de cinq événements naturels (A, B, D, F et G) et de trois événements anthropiques (C, E et H), enregistrés par les stations du réseau FR, avec les spectrogrammes associés. Les signaux sismiques correspondent aux données brutes normalisées de la composante verticale. Les spectrogrammes sont normalisés par leur maximum (C. Hourcade et al, 2023).

Pour parvenir à une discrimination automatique, nous avons développé une méthode basée sur du Deep Learning : grâce à une base de données suffisamment importante, des algorithmes d'intelligence artificielle peuvent s'entraîner à reconnaître, comme des humains, des objets naturels et prendre des décisions.

Pour constituer cette base de données, nous avons choisi d'utiliser les spectrogrammes de formes d'ondes sismiques. La Figure montre huit exemples d'événements naturels et anthropiques. En observant seulement les sismogrammes (panneau de gauche de la figure), la discrimination n'est pas évidente. Une fois convertis en spectrogrammes, les signaux issus des événements naturels présentent

Après avoir choisi l'architecture du CNN, nous utilisons le catalogue du BCSF-Rénass entre le 1er janvier 2020 et le 1er juin 2021, constitué d'événements de M_l (magnitude locale) ≤ 3 , pour réaliser la base de données d'entraînement. Elle est composée de 50 000 spectrogrammes (trois composantes) de 60 secondes entre 1 et 50 Hz.

Pour démontrer la performance de cette approche, le CNN entraîné est ensuite appliqué à différents catalogues. Dans un premier temps, nous l'avons appliqué à des événements détectés en France métropolitaine entre juin et novembre 2021, jamais vu par le réseau de neurones. Les prédictions pouvant être facilement comparées au catalogue

proche peut être considérée comme un outil d'aide à la décision pour les analystes. Elle permet également de construire des catalogues d'événements sismiques fiables et de réduire le nombre d'événements mal étiquetés dans les bases de données.

Céline Hourcade, Mickaël Bonnin, Éric Beucler

Référence

Céline Hourcade et al., New CNN-based tool to discriminate anthropogenic from natural low magnitude seismic events, *Geophysical Journal International*, Volume 232, Issue 3, March 2023, Pages 2119-2132, doi.org/10.1093/gji/ggac441