

SEISMOSTORM

Making Analog Seismograms FAIR to Enable Research

DURÉE
15/03/2021 – 15/03/2023

BUDGET
409.850 €

DESCRIPTION DU PROJET

Contexte

Les sismographes ont enregistré les mouvements du sol sur papier depuis la fin du XIXe siècle jusqu'à l'avènement du numériques dans les années 1970. Les enregistrements sismiques antérieurs au numérique étaient généralement créés en utilisant de l'encre sur du papier blanc, en grattant du papier fumé noir, ou en utilisant de la lumière sur du papier photographique.

La plupart de ces données sismiques anciennes étant maintenant stockées dans des archives, plusieurs projets au cours des 20 dernières années (par exemple, le projet EUROSISMOS, Ferrari & Pino, 2004) ont consacré des ressources à leur numérisation afin de préserver la richesse scientifique qu'elles recèlent et, à terme, de les introduire dans l'ère de la sismologie moderne.

Cet effort est devenu de plus en plus important en raison du risque de perdre définitivement ces sismogrammes papier vieillissants, combiné à leur potentiel exclusif récemment découvert dans l'étude du climat océanique global du siècle dernier (e.g. Lecocq et al., 2020).

Objectifs généraux et questions de recherche sous-jacentes

L'Observatoire Royal de Belgique (ORB) dispose de nombreuses archives de données sismiques anciennes qui ont été récemment scannées. Notre projet vise à numériser les traces sur les images scannées en utilisant des méthodologies de traitement d'image et d'intelligence artificielle pour les convertir en séries temporelles sismiques calibrées et codées dans le temps. Celles-ci seront à leur tour mises à la disposition en accès libre sur des services web internationaux suivant des normes définies par la communauté. La communauté scientifique aura ainsi accès à des données sismiques continues couvrant le siècle dernier, avec un intérêt particulier pour l'étude des climats océaniques passés.

Méthodologie

La méthodologie a été séparée en 4 étapes réparties sur 6 Work Packages (WP) :

La première étape s'appuie sur les métadonnées des anciens instruments sismiques utilisés à l'ORB pour construire les fonctions de réponse instrumentale fréquence/amplitude correspondantes (WP1). Cette étape s'appuie sur les bulletins sismiques régulièrement publiés par l'observatoire pour convertir les formes d'onde numérisées en mouvement du sol.

La deuxième étape est consacrée au développement d'un nouvel outil pour numériser les sismogrammes analogiques scannés (WP2, WP3). Cet outil a été développé pour numériser les enregistrements analogiques à l'aide d'un algorithme basé sur les principes du traitement d'image, de la découverte de données/bruit, et de l'enregistrement du temps tout en minimisant les interactions humaines pour faciliter le traitement de grandes bases de données. Le principal défi derrière ces principes est d'extraire un maximum de données sismiques continues à partir de sismogrammes analogiques numérisés tout en évitant le rejet involontaire de données potentiellement utiles. Cela motive la combinaison de traitement d'image traditionnel utilisé pour la vectorisation des scans avec des techniques d'apprentissage automatique. Cela permet de maximiser la numérisation des formes d'onde difficiles, comme les séismes de grande amplitude qui peuvent faire se croiser les traces sur le papier.

Les traces vectorisées peuvent ensuite être validées en comparant spécifiquement l'amplitude et la fréquence des microséismes au modèle de génération de microséismes correspondant (WP4) basé sur le WAVEWATCH III (WWIII). La comparaison nécessite d'abord de transformer les vagues modélisés en amplitudes microsismiques à l'emplacement de la station sur terre (e.g., Stutzmann et al., 2012). La transformation des spectres de vagues en microséismes théoriques fournit une comparaison de premier ordre avec la forme d'onde numérisée pour valider la série temporelle résultante.

Une fois numérisées et validées, les données seront mises à la disposition de la communauté via un service web (WP5, WP6). La sismologie a toujours été à l'avant-garde de la distribution ouverte et gratuite de données et de métadonnées et il est essentiel que cela s'étende aux données sismiques anciennes pour leur préservation et leur valorisation. Cela nécessite de rendre les anciens sismogrammes conformes aux normes modernes avant leur diffusion.



SEISMOSTORM

Impact potentiel de la recherche pour la Science, l'Économie, la Société, la Culture, l'Environnement et/ou la qualité de vie, les Politiques ou services publics, et/ou la Gestion, conservation et valorisation des collections des Etablissements Scientifiques Fédéraux

Les archives de données sismiques anciennes sont le résultat d'un siècle d'investissements scientifiques et financiers qui ne sont pas utilisées sous leur forme papier et risquent d'être perdues. La numérisation de toutes ces données sismiques permet de les préserver et de les réanalyser à l'aide de méthodes d'analyse sismique modernes. Cela permet de valoriser non seulement les informations qu'elles contiennent, mais aussi l'investissement initial qui a rendu leur existence possible, ainsi que l'effort de préservation qui les a gardées utilisables jusqu'à ce jour, tout en leur donnant un nouveau potentiel scientifique.

Les outils développés dans le cadre de ce projet sont spécifiquement pensés dans une optique de réutilisation et de science ouverte. Cela implique un impact plus large sur la valorisation des sismogrammes anciens dans les observatoires du monde entier, qui sera facilité par la connexion du projet au groupe de travail 02-12 du CES "Préservation, valorisation et analyse des données sismologiques héritées" (<https://www.legacy-seismograms.eu/>). Cela sera essentiel pour les projets qui nécessitent des contributions mondiales, comme l'extraction des seules observations quantitatives du climat océanique à l'échelle mondiale qui sont conservées dans les sismogrammes anciens couvrant le XXe siècle.

Description des produits finaux attendus issus de la recherche (outils d'analyse, études, recommandations, conférences, modèles, scénarios, rapports, publications, etc.), et des perspectives de valorisation à court et moyen termes

Le projet produira quelques outils clés ayant un intérêt global :

- L'algorithme de numérisation des formes d'onde.
- L'outil transformant les spectres de vagues des modèles globaux de vagues océaniques en microséismes théoriques pour n'importe quelle station terrestre.

Ces deux outils feront l'objet de publications techniques pour les décrire, suivies de publications scientifiques sur les résultats du projet SEISMOSTORM.

Les progrès en cours du projet ont déjà été présentés lors d'une conférence internationale (3ECEES, septembre 2022) et devraient être présentés lors d'autres conférences lorsque d'autres WPs auront été achevés.

À court terme, les données numérisées de l'ORB seront mises à la disposition de la communauté par le biais d'un serveur web et selon des normes modernes. Cela permettra d'appliquer des méthodes d'analyses sismiques modernes sur ces données anciennes.

Le modèle global de vagues océaniques généré à partir de 1900 sera également mis à la disposition des autres observatoires qui ont besoin de valider leurs propres données numérisées. Ces modèles sont traités à l'échelle mondiale et peuvent donc être utilisés pour n'importe quelle station sismique dans le monde. À moyen et long terme, cela permettra de reconstituer les observations du climat océanique pour l'ensemble du XXe siècle.

COORDONNEES

Coordinateur

Dr. Thomas Lecocq

Observatoire Royal de Belgique (ORB) - Séismologie & Gravimétrie

thomas.lecocq@seismology.be

<https://www.geophysique.be/thomas-lecocq/>

Partenaires

Dr. Olivier Debeir

Université Libre de Bruxelles (ULB) – Laboratory of Image Synthesis and Analysis (LISA)

Olivier.Debeir@ulb.be

<https://lisa.polytech.ulb.be/en/team/academics/pr-olivier-debeir>

Dr Céline Hadziioannou

Université de Hambourg, Allemagne

celine.hadziioannou@uni-hamburg.de

Fabrice Ardhuin

Université de Brest – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)

Fabrice.Ardhuin@ifremer.fr

LIENS

<https://seismologie.be/seismostorm/index.html>