

# SEISMOSTORM

## Making Analog Seismograms FAIR to Enable Research

**DUUR**  
 15/03/2021 - 15/03/2023

**BUDGET**  
 409.850 €

### PROJECT BESCHRIJVING

#### Context

Seismografen registreren grondbewegingen sinds het einde van de XIXe eeuw totdat in de jaren 1970 digitale opnamen beschikbaar kwamen. Pre-digitale seismische opnamen werden meestal gemaakt met inkt op wit papier, door zwart gerookt papier te bekrassen, of met licht op fotografisch papier.

Nu de meeste van deze oude seismische gegevens in archieven zijn opgeslagen, zijn in de afgelopen 20 jaar verschillende projecten (b.v. het EUROSISMOS-project, Ferrari & Pino, 2004) begonnen met het digitaliseren van deze gegevens om de wetenschappelijke rijkdom ervan te behouden en ze in het tijdperk van de moderne seismologie te brengen.

Deze inspanning is steeds belangrijker geworden vanwege het risico dat deze ouder wordende papieren seismogrammen voorgoed verloren gaan, in combinatie met hun recentelijk gevonden exclusieve potentieel voor het bestuderen van het wereldwijde oceaanklimaat van de afgelopen eeuw (Lecocq et al., 2020).

#### Algemene doelstellingen en onderliggende onderzoeksvragen

De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) heeft een uitgebreid archief van oude seismische gegevens die onlangs zijn gescand. Ons project heeft tot doel de lijnen op de gescande beelden te digitaliseren met behulp van computer vision en machine learning methodes om ze om te zetten in gekalibreerde en tijdgecodeerde seismische tijdreeksen. Deze zullen op hun beurt openbaar worden gemaakt op internationale webdiensten volgens door de gemeenschap gedefinieerde normen. Hierdoor krijgt de wetenschappelijke gemeenschap toegang tot continue seismische gegevens over de afgelopen eeuw, met een bijzonder belang voor de studie van het oceaanklimaat in het verleden.

#### Methodologie

De methodologie bestaat uit 4 stappen, verdeeld over 6 werkpakketten:

De eerste stap maakt gebruik van de metadata van de voormalige seismische instrumenten die bij het observatorium werden gebruikt om de overeenkomstige frequentie/amplitude instrument-respons functies te construeren (WP1). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de gepubliceerde seismische bulletins van het observatorium om de gedigitaliseerde golfvormen om te zetten in grondbewegingen.

De tweede stap is gewijd aan de ontwikkeling van een nieuwe tool om gescande analoge seismogrammen te digitaliseren (WP2, WP3). Deze geavanceerde tool werd ontwikkeld om analoge records te digitaliseren met behulp van een algoritme dat gebaseerd is op de principes van beeldverwerking, data/ruis bevindingen? registraties? metingen? waarnemingen? en het bijhouden van de tijd, terwijl de menselijke interactie tot een minimum wordt beperkt om de verwerking van grote collecties te vereenvoudigen. De belangrijkste uitdaging achter deze principes is een maximum aan continue seismische gegevens te extraheren uit gescande analoge seismogrammen en tegelijkertijd de verwerping van potentieel goede gegevens te vermijden. Dit motiveert de combinatie van traditionele computer vision, gebruikt voor de vectorisatie van de scans, met machine learning technieken. Dit is bedoeld om de digitalisering van uitdagende golfvormen te optimaliseren, zoals aardbevingen met grote amplitudes waardoor lijnen elkaar op het papier zouden kunnen kruisen.

De gevectoriseerde sporen kunnen vervolgens worden gevalideerd door specifiek de amplitude en frequentie van het microseisme te vergelijken met het overeenkomstige model voor het genereren van microseismes (WP4) op basis van de WAVEWATCH III (WWIII). De vergelijking vereist eerst het omzetten van het gemodelleerde golfklimaat in microseismische amplitudes op de stationslocatie op het land (bijv. Stutzmann et al., 2012). Het omzetten van de golfspectra in theoretische microseismes levert een eerste-orde vergelijking op, om met de gedigitaliseerde golfvorm de resulterende tijdreeksen te valideren.

Enmaal gedigitaliseerd en gevalideerd zullen de gegevens openlijk beschikbaar worden gesteld aan de gemeenschap via een webdienst (WP5, WP6). Seismologie heeft altijd voorop gelopen wat betreft open en vrije verspreiding van gegevens en metadata en het is van cruciaal belang dat dit ook geldt voor oude seismische gegevens voor hun bewaring en valorisatie. Dit vereist dat oude seismogrammen in overeenstemming worden gebracht met moderne normen voordat zij worden verspreid.



# SEISMOSTORM

**Potentiële impact van het onderzoek voor Wetenschap, Economie, Samenleving, Cultuur, Milieu en/of levenskwaliteit, Overheidsbeleid of -diensten en/of -beheer, conservatie en valorisatie van collecties van de Federale Wetenschappelijke Instellingen**

Archieven van oude seismische gegevens zijn het resultaat van een eeuw van wetenschappelijke en financiële investeringen die in hun papieren vorm niet worden gebruikt en verloren dreigen te gaan. Door al deze seismische gegevens te digitaliseren kunnen ze worden bewaard en met moderne technieken worden geanalyseerd. Dit valoriseert niet alleen de informatie die ze bevatten, maar ook de oorspronkelijke investering die ze in de eerste plaats mogelijk maakte en de conservatie die ze tot op heden bruikbaar hield, terwijl ze een nieuw wetenschappelijk potentieel krijgen.

De binnen dit project ontwikkelde instrumenten zijn specifiek ontworpen met het oog op herbruikbaarheid en open wetenschap. Dit impliceert een bredere impact op de valorisatie van oude seismogrammen bij waarnemingscentra wereldwijd, hetgeen zal worden vergemakkelijkt door de aansluiting van het project bij de ESC-werkgroep 02-12 "Preservation, valorisation and analysis of seismological legacy data" (<https://www.legacy-seismograms.eu/>). Dit zal van cruciaal belang zijn voor projecten die wereldwijde bijdragen vereisen, zoals het extraheren van alleen kwantitatieve waarnemingen van het oceaanklimaat op wereldschaal die zijn opgeslagen in oude seismogrammen uit de XXe eeuw.

**Beschrijving van de verwachte finale onderzoeksresultaten (analysetechnieken, studies, aanbevelingen, conferenties, modellen, scenario's, verslagen, publicaties enz.) en valorisatieperspectieven op korte en middellange termijnen**

Het project zal enkele belangrijke instrumenten opleveren die van algemeen belang zijn:

- Het digitaliseringsalgoritme voor golfvormen
- Het instrument dat de golfspectra van mondiale oceaangolfmodellen omzet in theoretische microseismen op willekeurige stations op het land.

Over beide instrumenten zullen technische publicaties verschijnen waarin ze worden beschreven, gevolgd door een wetenschappelijke publicatie over de resultaten van het SEISMOSTORM-project.

De lopende vorderingen van het project zijn reeds gepresenteerd op een internationale conferentie (3ECEES, september 2022) en zouden na voltooiing van meer werkpakketten op meer conferenties moeten worden gepresenteerd.

Op korte termijn zullen de gedigitaliseerde oude gegevens van de KSB beschikbaar worden gesteld aan de gemeenschap via een webserver en volgens moderne normen. Zo kunnen moderne seismologische technieken op deze oude gegevens worden toegepast.

Het vanaf 1900 gegenereerde mondiale model voor oceaangolven zal ook beschikbaar worden gesteld voor andere waarnemingscentra die hun eigen gedigitaliseerde oude gegevens moeten valideren. Deze modellen worden op wereldschaal verwerkt en kunnen dus voor elk seismisch station ter wereld worden gebruikt. Op middellange en lange termijn zal dit helpen bij de reconstructie van waarnemingen van het oceaanklimaat voor de hele twintigste eeuw.

## CONTACT INFORMATIE

### Coördinator

#### Dr. Thomas Lecocq

Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) - Seismologie & Gravimetrie

[thomas.lecocq@seismologie.be](mailto:thomas.lecocq@seismologie.be)

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

### Partners

#### Dr. Olivier Debeir

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

[Olivier.Debeir@ulb.be](mailto:Olivier.Debeir@ulb.be)

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

#### Dr Céline Hadziioannou

University of Hamburg, Germany

[celine.hadziioannou@uni-hamburg.de](mailto:celine.hadziioannou@uni-hamburg.de)

#### Fabrice Arduin

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

[Fabrice.Arduin@ifremer.fr](mailto:Fabrice.Arduin@ifremer.fr)

## LINKS

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