

# DELPHI

## Deep Learning voorspelling en achteraf van de initiatie van zonnevlammen

**DUUR**  
 15/12/2020 - 15/03/2025

**BUDGET**  
 499 969€

### PROJECT BESCHRIJVING

#### Context

Zonnevlammen zijn plotselinge energieafgiftes die hun oorsprong vinden in de "actieve gebieden" van de zon. Deze gebeurtenissen produceren uitgebreide straling in een zeer breed bereik van golflengten van röntgenstraling tot radio, maar worden meestal geclassificeerd door de gemeten röntgenfluxstraling, die 5 ordes van grootte kan overspannen. De precieze mechanismen die leiden tot de opbouw van vrije energie in de zonnecorona en de triggers voor het vrijkomen ervan door magnetische herverbinding zijn nog steeds onbekend en een al lang bestaand probleem van de zonnefysica. Zonnevlammen worden ook geassocieerd met coronale massa-ejecties (CME's) en grote fluxen van zonne-energetische deeltjes (SEP's). Straling vanuit zonnevlammen, CME en SEP's kunnen verstoringen veroorzaken in het aardse ruimtemilieu ("ruimteweer"). Sommige van deze storingen treden op binnen een paar uur na de oorspronkelijke opflakking. Deze omvatten storingen in radiocommunicatie, radar en Global Navigation Satellite System (GNSS), toename van de stralingsdosis van mensen in het internationale ruimtestation en van passagiers in vliegtuigen op grote hoogte, en elektrische interferentie op elektronische componenten van ruimtevaartuigen. Alle menselijke activiteiten vragen om vroegtijdige waarschuwingen voor zonneactiviteit, verstrekt door ruimteweercentra zoals de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB). ROB produceert zijn dagelijkse bulletins op basis van een menselijke interpretatie van de zon. Machine Learning (ML) technieken trekken echter steeds meer aandacht voor ruimteweervoorspellingen.

#### Doelen

1. Ons begrip verbeteren van de mechanismen die tot zonnevlammen leiden, dankzij de interpretatie van de resultaten verkregen door moderne ML-technieken;
2. Demonstreer hoe moderne ML-technieken, gebaseerd op de automatische extractie van actieve regioekenmerken, betere voorspellingen van zonnevlammen kunnen bieden dan menselijke operators of bestaande automatische methoden;
3. Vergroot de expertise van de ROB in de ontwikkeling van zonnevlam voorspellingen door ML en leg de basis voor een nieuw operationeel instrument en de mogelijke uitbreiding ervan naar andere soorten uitbarstingsgebeurtenissen.

#### Methodologie

- De voorspelling van zonnevlammen zal worden gedaan met behulp van moderne Convolutional Neural Networks (CNN's) en andere ML-technieken zoals Variational Auto-Encoders die het voordeel hebben om automatisch kenmerken uit zonnebeelden te extraheren, in tegenstelling tot andere ML-benaderingen waarbij de actieve regioekenmerken handmatig worden gekozen door mensen en vooraf berekend.
- We zullen gebruikmaken van beschikbare EUV-zonneschijfbeelden (van het AIA-instrument aan boord van de SDO-satelliet), die informatie bevatten over de verschillende temperatuurregimes van de zonneatmosfeer waar herverbindingenergie wordt gedissipeerd. We zullen deze gegevens koppelen aan de routinematig gebruikte vector magnetische veldgegevens (van SDO/HMI).
- We zullen verklaarbare kunstmatige-intelligentietechnieken gebruiken om een fysieke interpretatie af te leiden van het fakkelinitiatiemechanisme.
- We zullen 'generatieve' methoden gebruiken, gebaseerd op CNN's, om inzicht te krijgen in actieve regio's, hun eigenschappen en de omstandigheden die tot uitbarstingen leiden.

# DELPHI

## Gevolg

1. Impact op de deelnemende instellingen: ROB en de CmPA van de KU Leuven werken continu aan de verbetering van de wetenschap en tools die worden gebruikt om de nationale infrastructuur te beveiligen tegen gevaren door de zon. DELPHFI zal onze adoptie en inzet van moderne ML-tools versnellen en de opleiding van een nieuwe generatie Belgische experts in de domeinen van zonnefysica en ML promoten.
2. Impact op de ruimteweergermaenschap: voorspellers zullen direct profiteren van onze resultaten om hun voorspellingen te verbeteren.
3. Impact op de Belgische & Europese burgers: het PECASUS-consortium, waarvan ROB lid is, is een van de drie wereldwijde ruimteweercentra die door ICAO zijn geselecteerd om regelmatig ruimteweerinformatie te verstrekken aan de burgerluchtvaart, met dezelfde normen als voor de Aarde weer bulletins.
4. Impact op beleidsvorming: ROB, binnen de Space Pole, is het belangrijkste referentiepunt van de Belgische autoriteiten met betrekking tot de ruimteweersituatie en -effecten.

## Verwachte resultaten en valorisatieperspectieven

### 1. Disseminatie

- Onze website biedt toegang tot wetenschappelijke publicaties, publiekelijk vrijgegeven gegevens, software en gebruikershandleidingen.
- De data en codes zullen gebruikt worden door KULeuven Masterstudenten of ROB-stagiairs, om hen vertrouwd te maken met state-of-the-art ML-tools en hun toepassingen op wetenschappelijke vragen en meer bepaald op zonnefysica.

### 2. Communicatie

- Conferenties en peer-reviewed publicaties.
- Publieksbereik via de communicatiekanalen van ROB en KU Leuven (Twitteraccount, nieuwsberichten, websites, persberichten).

### 3. Valorisatie

- Verschillende architecturen en getrainde NN's staan klaar voor gebruik door derden in het kader van spin-offs, nieuwe samenwerkingen of voor educatieve doeleinden. Ze zullen ook openbaar worden vrijgegeven aan het einde van het project.
- Een vervolproject zou natuurlijk volgen, met de implementatie van een operationele tool voor voorspelling van zonnevlammen op basis van de ML-methoden die tijdens dit project zijn onderzocht. DELPHFI zal uiteindelijk met concrete suggesties komen voor een dergelijke implementatie, een belangrijke troef voor de ROB Space Weather-diensten.

## CONTACT INFORMATIE

### Coördinator

#### Laurent Dolla

Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB)  
Department of Solar Physics and Space Weather  
[laurent.dolla@oma.be](mailto:laurent.dolla@oma.be)

### Partners

#### Giovanni Lapenta

Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven)  
Wiskunde (CmPa)  
[giovanni.lapenta@kuleuven.be](mailto:giovanni.lapenta@kuleuven.be)

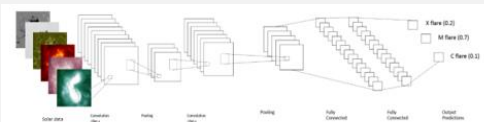


Figure 1: Architecture de réseau neuronal convolutif.

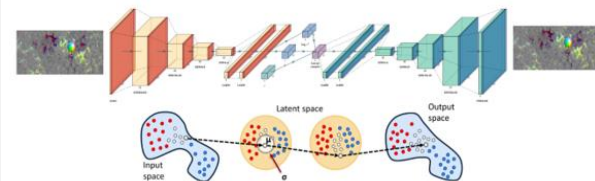
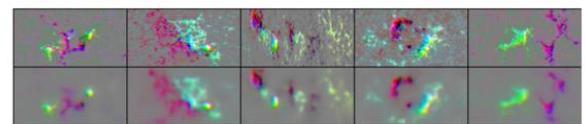


Figure 2: Architecture d'auto-encodeur.

### Original AR



### VAE reconstruction

Figure 3: Exemples de régions actives originelles et reconstruites par un auto-encodeur variationnel.

## LINKS

<http://www.sidc.be/project/DELPHFI>