

DELPHI

Apprentissage profond et compréhension du déclenchement des éruptions solaires

DURÉE

15/12/2020 - 15/03/2025

BUDGET

499 969€

DESCRIPTION DU PROJET

Contexte

Les éruptions solaires sont de brusques libérations d'énergie issues des « régions actives » (RA) du Soleil. Ces événements, qui rayonnent dans une très large gamme de longueurs d'onde depuis les domaines X à radio, sont classés selon le flux en X, qui peut s'étendre sur 5 ordres de grandeur. Le mécanisme exact d'accumulation d'énergie libre dans la couronne solaire et le déclencheur de sa libération par reconnexion magnétique ne sont toujours pas bien connus. Les éruptions solaires sont également associées à des éjections de masse coronale (CME) et à d'importants flux de particules énergétiques solaires (SEP). Tout cela peut produire des perturbations sur l'environnement terrestre (« météo spatiale »), dont certaines surviennent quelques heures après le flash initial : perturbations des communications radio, des radars et du système mondial de navigation par satellite (GNSS) ; augmentation de la dose de rayonnement reçus à bord de l'ISS et par les passagers des avions à haute altitude ; interférences électriques sur les composants électroniques des engins spatiaux. Ces activités humaines sont demandeuses d'alertes précoces concernant l'activité solaire, fournies par des centres de météorologie spatiale comme l'Observatoire royal de Belgique (ORB). L'ORB produit ses bulletins quotidiens en se basant sur une interprétation humaine de l'état du Soleil. Cependant, les techniques d'apprentissage automatique (AA) attirent de plus en plus l'attention.

Objectifs

1. Améliorer notre compréhension des mécanismes qui conduisent aux éruptions, grâce à l'interprétation des résultats obtenus par les techniques modernes d'AA ;
2. Démontrer comment ces techniques, basées sur l'extraction automatique des caractéristiques des RA, peuvent fournir de meilleures prévisions que les opérateurs humains ou les méthodes automatiques existantes ;
3. Accroître l'expertise de l'ORB dans ce domaine, et préparer le terrain pour un nouvel outil opérationnel et son extension possible à d'autres types d'événements éruptifs.

Méthodologie

- Utilisation de réseaux neuronaux convolutifs (CNN) modernes et d'auto-encodeurs variationnels qui ont l'avantage d'extraire automatiquement les caractéristiques des images, contrairement à d'autres approches d'AA où les caractéristiques de la RA sont sélectionnées à la main par des humains et pré-calculées.
- Utilisation d'images EUV du disque solaire (provenant de l'instrument AIA à bord du satellite SDO), qui contiennent des informations sur les différents régimes de température de l'atmosphère solaire où l'énergie de reconnexion est dissipée ; et de magnétogrammes vectoriels (provenant de SDO/HMI).
- Utilisation de techniques d'intelligence artificielle explicables pour déduire une interprétation physique du mécanisme d'initiation des éruptions.
- Utilisation de méthodes génératives basées sur les CNNs pour comprendre les RA, leurs propriétés et les conditions qui conduisent aux éruptions.



DELPHI

Impact

1. sur les institutions participantes : l'ORB et le CmPA de la KU Leuven travaillent en permanence à l'amélioration de la science et des outils utilisés pour protéger l'infrastructure nationale des risques solaires. DELPHI accélérera l'adoption et le déploiement d'outils modernes d'AA et favorisera la formation d'une nouvelle génération d'experts belges dans les domaines de la physique solaire et de l'AA.
2. sur la communauté de la météo spatiale : les prévisionnistes bénéficieront directement de nos résultats pour améliorer leurs prévisions.
3. sur les citoyens belges et européens : le consortium PECASUS, dont l'ORB est membre, est l'un des trois centres mondiaux de météo spatiale sélectionnés par l'OACI pour fournir régulièrement des informations de météo spatiale à l'aviation civile, avec les mêmes normes que pour la météo terrestre.
4. sur l'élaboration des politiques : l'ORB, au sein du Pôle spatial, est le principal point de référence des autorités belges en ce qui concerne la situation et les effets de la météo spatiale.

Résultats attendus et perspectives de valorisation

1. Diffusion des résultats
 - Notre site Web donnera accès aux publications scientifiques, aux données rendues publiques, aux logiciels et au manuel d'utilisation.
 - Les données et codes seront utilisés par les étudiants de Master de la KU Leuven ou par les stagiaires de l'ORB, pour se familiariser avec les outils d'AA de pointe et leurs applications à la physique solaire.
2. Communication
 - Conférences et publications à comité de lecture.
 - Sensibilisation du public via les canaux de communication de l'ORB et de la KU Leuven (compte Twitter, fil d'actualité, sites Web, communiqués de presse).
3. Valorisation
 - Différentes architectures et réseaux neuronaux entraînés seront prêts à être utilisés par des tiers dans le cadre de projets dérivés, de nouvelles collaborations ou à des fins pédagogiques. Ils seront rendus publics à la fin du projet.
 - Un nouveau projet suivrait naturellement, qui mettrait en œuvre un outil opérationnel de prévision des éruptions basé sur les méthodes étudiées au cours de ce projet. DELPHI produira des suggestions concrètes pour une telle mise en œuvre, un atout clé pour les services de météo spatiale de l'ORB.

COORDONNEES

Coordinateur

Laurent Dolla
Observatoire Royal de Belgique (ORB)
Département de Physique solaire et Météorologie spatiale
laurent.dolla@oma.be

Partenaires

Giovanni Lapenta
Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven)
CmPa
giovanni.lapenta@kuleuven.be

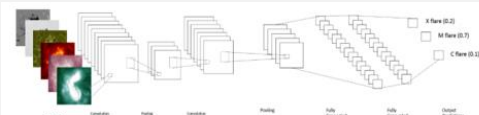


Figure 1: Architecture de réseau neuronal convolutif.

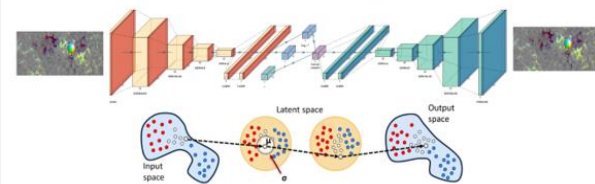
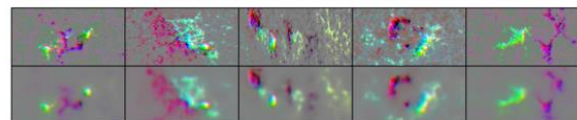


Figure 2: Architecture d'auto-encodeur.

Original AR



VAE reconstruction

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

LIENS

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