

# DEEPSUN

## Interconnection et valorisation d'ensembles de données solaires prises sur le long-terme via apprentissage en couches profondes

DUREE  
15/12/2019 - 15/03/2024

BUDGET  
556 847 €

### DESCRIPTION DU PROJET

#### Contexte

Les taches solaires sont des manifestations du magnétisme solaire qui apparaissent à la surface du Soleil comme des taches sombres groupées. Le champ magnétique lié à ces taches est le moteur principal de la variabilité solaire qui influence notre environnement spatial. L'étude à long terme de l'évolution des taches solaires est fondamentale en physique solaire, que ce soit pour l'hélioseismologie, la modélisation de l'irradiance solaire ou encore pour la prévision de la météo spatiale.

L'Observatoire royal de Belgique (ORB) joue un rôle majeur dans l'observation des taches solaires: en 1939, la station solaire de l'ORB (appelée « USET », pour Uccle Solar Equatorial Table) a lancé un programme d'observation en collaboration avec l'Observatoire de Zurich. Ce programme consiste à réaliser au moins un dessin de la configuration des taches solaires par jour. En juillet 2019, cette collection comptait quelques 23000 dessins de taches solaires. Ces dessins seront utilisés en même temps que deux autres jeux de données USET: des images en lumière blanche (LB) acquises depuis 2002, et des images dans la raie du calcium (CaIIK) acquises depuis 2012, cfr. tableau 1. L'acquisition au même endroit (co-spatiale) et au même moment (co-temporelle) de ces dessins et images nous permet d'établir des liens entre ces données à l'aide de techniques de traitement d'images, cf. figure 1.

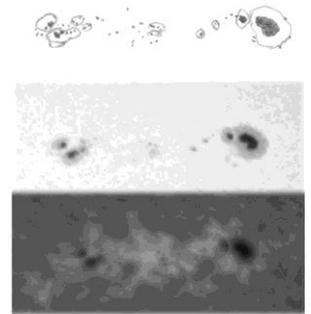


Figure 1 Groupe de tache solaire sur un dessin (supérieur), une image LB (milieu), et une image CaIIK (inférieur)

Type d'images	Disponible depuis	Nombre de dessins disponibles	Nombre de jours d'observations	Dessins, images entre 2002-2007	Dessins, images entre 2012-2019
Dessins	Mars 1940	23831		1987	2080
Lumière blanche LB	Février 2002	5135	3895	3465	14680
Calcium CaIIK	Août 2012	1879	1766	0	16034

Tableau 1: Disponibilité des données USET au 1 juillet 2019. Pour les cameras CCD, plusieurs images peuvent être prises sur un jour. Il n'y a pas d'images indiquées en [2008-2011] car cette période correspond à un minimum solaire avec peu ou pas de taches solaires.

#### Objectifs généraux et questions de recherche sous-jacentes

L'objectif de ce projet est de produire des données à haute valeur ajoutée à partir des différents ensembles de données USET afin de faciliter leur exploitation scientifiques et leur diffusion.

Nous voulons remonter dans le passé en exploitant la connexion entre d'une part les dessins et les paires d'images LB, et entre les séquences d'images LB et CaIIK d'autre part. L'objectif est de reconstruire des informations du passé lorsqu'aucune donnée directe, telle que des informations magnétiques ou des mesures d'irradiance solaire, n'est disponible. A cette fin, nous mettrons à profit les progrès réalisés dans le domaine du traitement du signal et nous développerons les algorithmes suivants:

- Génération d'images en LB à partir de dessins de taches solaires
- Classification automatique des groupes de taches solaires sur les images LB
- Suivi des groupes de taches solaires sur les images LB
- Connexion entre les séquences d'observations photosphériques (LB) et chromosphériques (CaIIK)

# DEEPSUN

## Méthodologie

La richesse des informations dont nous disposons va nous permettre d'améliorer notre connaissance de l'activité solaire passée. Pour cela, nous bénéficierons des progrès réalisés en traitement du signal, en particulier dans les méthodes de génération d'images basées sur des réseaux de neurones convolutifs (CNN). Cela nécessitera une préparation minutieuse des données avec la délimitation précise des contours des groupes de taches solaires et leur suivi temporel. Les réseaux de neurones seront aussi utilisés pour concevoir une classification automatique des groupes de taches solaires basée sur des informations du soleil en LB.

## Impact de ce projet de recherche

*Produire des images en LB à partir des dessins* permettra d'utiliser jusqu'en 1940 un type d'image standard.

*Un outil pour la classification automatique des taches solaires* permettra d'être indépendant d'une classification manuelle et contribuera à réduire le délai des prévisions et prédictions d'événements solaires pouvant affecter la Terre.

*Le suivi des groupes de taches solaires* sur les images LB permettra des études à long terme de la dynamique des taches solaires, avec près de 8 cycles solaires d'observations alors qu'actuellement ces études sont effectuées sur 3 cycles.

*L'irradiance solaire* est directement mesurée depuis l'espace depuis 1978. Cette quantité permet de comprendre l'effet du Soleil sur notre climat depuis le passé lointain. Pour remonter plus loin que 1978, les chercheurs utilisent principalement des méthodes de régressions linéaires. Il existe aussi des tentatives pour mieux reconstruire l'irradiance à partir d'images CallK, car celles-ci sont disponibles avant 1978. Cependant, la qualité, l'homogénéité et la disponibilité de ces données historiques varient beaucoup. Nos données CallK, complétées par des données LB contemporaines, même si elles ne remontent que jusqu'en 1940, apporteront une contribution importante à cette étude sur l'irradiance.

## Produits finaux attendus issus de la recherche et perspectives de valorisation

Les données produites par les nouveaux algorithmes seront insérées dans une «base de données consolidée des groupes de taches solaires». Avec les images USET standardisées, elles constitueront de nouveaux produits de données USET. Nous mettrons ces produits à disposition des utilisateurs via des observatoires virtuels et un protocole standard d'accès aux données. Les groupes cibles principaux sont les collègues de la communauté scientifique et les opérateurs de météorologie spatiale. Les physiciens solaires pourront ainsi utiliser ces produits dérivés, par ex. pour l'étude de l'évolution des taches solaires, ou pour la reconstruction de l'irradiance solaire. La valorisation auprès de la communauté scientifique se fera à travers la publication d'articles scientifiques et de présentations lors de conférences. Enfin, le grand public sera encouragé à participer à nos efforts via une initiative citoyenne visant à évaluer la performance de la classification des groupes de taches solaires.

## COORDONNEES

### Coordinateur

Dr Véronique Delouille  
Observatoire royal de Belgique (ORB)  
Solar physics and space weather  
[veronique.delouille@oma.be](mailto:veronique.delouille@oma.be)

### Partenaires

Prof. Christophe De Vleeschouwer  
UCLouvain  
ICTEAM Institute - ISGroup  
[christophe.devleeschouwer@uclouvain.be](mailto:christophe.devleeschouwer@uclouvain.be)

## LIENS

<http://sidc.be/deepsun/>