

Rapport au Comité Directeur de MEDOC

É. Buchlin et l'équipe MEDOC

3 juin 2016



Table des matières

1	Introduction	5
2	Données : archivage et redistribution	6
2.1	Missions en activité	6
2.2	Missions terminées	8
2.3	Interfaces d'accès aux données	9
2.4	Autres moyens d'accès aux données	12
2.5	Pérennisation	13
2.6	Synthèse des actions pour l'archivage et la redistribution des données	13
3	Produits à valeur ajoutée	14
3.1	Cartes de paramètres physiques	14
3.2	Cartes synoptiques EUV	14
3.3	Détection de filaments	15
3.4	Données EIT calibrées	16
3.5	Atlas spectral des protubérances et du Soleil calme	17
3.6	Films précalculés	18
3.7	Synthèse des actions pour les produits à valeur ajoutée	18
4	Autres services	19
4.1	FESTIVAL	19
4.2	HelioViewer	19
4.3	HFC	21
4.4	Résultats de simulations numériques	23
4.5	Codes de transfert de rayonnement	23
4.6	Synthèse des actions pour les autres services	24
5	Collaborations et projets	25
5.1	Avec le CDPP et BASS2000	25
5.1.1	CDPP : J-maps	25
5.1.2	CDPP : HelioViewer et cartes synoptiques, PropagationTool, 3DView et ConnectSolo	25
5.1.3	BASS2000 : HFC	26
5.1.4	CDPP et BASS2000 : portail commun	26
5.2	Projet Horizon2020 FLARECAST	26
5.3	Solar Orbiter	27
5.4	Perspectives ESA SSA	28

6	Statistiques, communication, et production scientifique	29
6.1	Statistiques d'utilisation	29
6.2	Site web	30
6.3	Présentations de MEDOC	30
6.4	Publications utilisant MEDOC	31
7	Organisation et ressources	33
7.1	Organisation actuelle de MEDOC	33
7.2	Ressources humaines	34
7.3	Services d'observation CNAP liés à MEDOC	34
7.4	Renouvellement de la convention	35

1 Introduction

MEDOC (Multi-Experiment Data and Operations Centre) a été mis en place en 1996 à l'IAS par le CNES et l'INSU avec le soutien de l'Université Paris-Sud dans le cadre de la mission SoHO de l'ESA et de la NASA. Il a depuis accueilli les données d'autres missions et développé de nombreux produits et services à valeur ajoutée. Il a été transformé en 2011 en Pôle Thématique de physique solaire par une convention signée par le CNES, l'INSU, et l'Univ. Paris-Sud. Cette convention, en cours de renouvellement, formalise notamment les objectifs, l'organisation et le fonctionnement de MEDOC, et les relations entre les trois tutelles, qui fournissent à MEDOC les moyens et les ressources nécessaires à son fonctionnement.

Les objectifs de MEDOC incluent l'identification de jeux de données de physique solaire spatiale d'intérêt pour la communauté scientifique, leur collecte et mise en forme, leur archivage, et la mise à disposition de ces données et de services et d'outils permettant d'optimiser leur utilisation. Ils incluent également la participation à des campagnes d'observations et aux opérations des instruments, l'organisation d'ateliers scientifiques, et enfin la communication et diffusion des connaissances.

Ce rapport présente les données, produits à valeur ajoutée, et autres services de MEDOC, ainsi que leurs évolutions récentes et futures. Il présente aussi les collaborations et projets dans lesquels MEDOC est impliqué, des indicateurs de l'impact de MEDOC, et son organisation.

2 Données : archivage et redistribution

2.1 Missions en activité

L'activité de récupération et d'archivage des données se poursuit pour trois missions en activité : SoHO, STEREO et SDO (voir Table 2.1).

Sur SoHO, les données de tous les instruments sont archivées, et de nouvelles données sont encore reçues à MEDOC bien que la plupart des instruments soient en mode d'observation réduit depuis 2010 : par exemple LASCO et GOLF fonctionnent encore quasi-nominalement, et EIT fournit 2 images par jour dans chacune de ses 4 bandes¹.

Sur STEREO, l'ensemble des données de la suite d'imagerie coronale et héliosphérique SECCHI (EUVI, COR 1 et 2, HI 1 et 2) est archivé pour les deux sondes (A et B). Le contact avec la sonde B a été perdu depuis le 1^{er} octobre 2014, au début du passage de cette sonde derrière le Soleil, à 300 millions de kilomètres de la Terre, mais la réception et l'archivage des données de la sonde A, elle aussi passée derrière le Soleil, se poursuivent.

Sur SDO, les données de AIA (série aia.lev1) sont obtenues et archivées grâce au système NetDRMS de SDO, avec une cadence de 1 min pour les données EUV (ainsi que respectivement 72 s et 10 min pour les données UV à 170.0 et 160.0 nm), et à la cadence originale (12 s dans les bandes EUV) sur certaines périodes d'intérêt de courte durée (de l'ordre de quelques jours). Ceci correspond à un débit de téléchargement moyen de 10 Mb/s que nous répartissons entre nos partenaires (ROB puis UCLAN, GSFC, NSO, JSOC/Stanford) en fonction de leurs capacités (débit) et de la disponibilité des données. L'ensemble des données SDO/AIA disponibles à MEDOC (couverture) est représenté à <http://sdo.ias.u-psud.fr/available.html>, qui est régulièrement remis à jour pour tenir compte des nouvelles données téléchargées. À cela s'ajoutent des séries de données SDO/HMI (champ magnétique le long de la ligne de visée, et, depuis fin 2015 : intensité du continu, champs vectoriels, y compris données quasi-temps réel), utilisées pour les détections de filaments (Sec. 3.3) et pour le projet FLARECAST (Sec. 5.2). Ces données AIA et HMI, qui occupent désormais 253 To à MEDOC, ont nécessité la mise en place de nouvelles baies de stockage en 2015–2016, dont l'une a été financée par le projet FLARECAST. MEDOC dispose aussi de

1. Par ailleurs EIT a fonctionné à la cadence maximale permise par le débit de télémétrie pendant le transit de Mercure du 9 mai 2016.

TABLE 2.1 – Données archivées à MEDOC (avril 2016). ST1 : interface web SiTools1. ST2 : SiTools2 ; inclut l'interface web et des web services (accessibles pour SDO/AIA par des clients IDL et Python). DRMS : Data Record Management System. HV : HelioViewer (clients web et Java).

Mission/instrument	Début	Fin	Fichiers	Volume	Accès (hors NFS)	Commentaires
SoHO	1996	—	2.8M	9To	ST1, HV	Tous instruments (remote-sensing et in-situ)
TRACE	1998	2010	614k	1.7To	ST1	
CORONAS/Spirit	2001	2005	80k	140Go	ST1	Modèle de recharge de SoHO/EIT
STEREO/SECCHI	2006	—	10.8M	47To	ST1, HV	
SDO/AIA+HMI	2010	—	21M	253To	DRMS, ST2 (AIA), HV	Cadence nominale 1 min pour images EUV
PICARD	2010	2014	5.5M	6.3To	ST2	Archive mission, long terme

l'ensemble (à pleine cadence) des métadonnées AIA et HMI pour les séries de données que nous mettons à disposition.

MEDOC est le seul centre en Europe qui archive de manière permanente des données SDO/AIA produites pendant toute la durée de vie de SDO, et qui a fonctionné sans interruption depuis sa mise en place. L'Observatoire Royal de Belgique (ROB, Belgique) et University of Central Lancashire (UCLan, Royaume-Uni) archivent eux des données SDO/AIA récentes (sur 6 à 12 mois), ainsi que des périodes d'intérêt, mais ces données sont en général ensuite supprimées. Par ailleurs, en plus de DRMS, UCLan ne redistribue les données que par Virtual Solar Observatory (VSO), et le ROB par une interface web qui ne permet pas de télécharger plus de 50Go de données.

2.2 Missions terminées

Ces données viennent rejoindre celles de missions terminées : TRACE (imageur Visible/UV/EUV, NASA SMEX), CORONAS/Spirit (imageur EUV basé sur le modèle de rechange de EIT, Roskosmos), et PICARD (CNES).

Depuis juin 2015, MEDOC archive et redistribue les données de la mission PICARD, dont MEDOC est le centre de données pérenne (voir Sec. 2.5). L'ensemble des données de PICARD a vocation à être archivé à MEDOC.

Les données PICARD/SODISM de niveau « N0 » (1To) et « N1A » (4To) ont été reçues du CMSP/BUSOC (centre de mission scientifique, au Belgian User Support and Operations Centre) et sont ingérées dans la base de données. Des données N1B devaient être disponibles pour un transfert à MEDOC vers le milieu de l'année 2015, mais elles sont encore en cours de production au LATMOS. Le LATMOS devrait ensuite fournir à MEDOC un logiciel de correction de la PSF permettant d'arriver à des données dites de niveau « N1C ».

Les données d'autres instruments (PREMOS, SOVAP/BOS) de PICARD et de l'instrument SODISM2 (PICARD-SOL²) ont également été transférées du CMSP/BUSOC et sont rendues disponibles à MEDOC. Concernant les données du radiomètre SOVAP/DIARAD, un contact entre MEDOC, le CNES, BELSPO et le PI de SOVAP/DIARAD (Steven Dewitte) a été repris suite au Comité des Utilisateurs de mai 2015. Ces données ont été présentées au Sun-Climate Symposium de novembre 2015 et devraient maintenant pouvoir être rendues publiques à MEDOC.

Il a aussi été envisagé de réhabiliter certaines données « orphelines » identifiées par le SERAD (CNES), conservées au CNES mais non mises à disposition, comme celles d'OSO8 et D2B, mais la qualité de ces données (avec leurs métadonnées, documentation, et information sur la calibration) n'a pas été jugée suffisante pour justifier un tel travail (le cas des

2. Les informations des autres instruments de PICARD-SOL utiles à l'exploitation des données de SODISM2 (comme le moniteur de turbulence) sont incluses dans les en-têtes des fichiers de SODISM2.

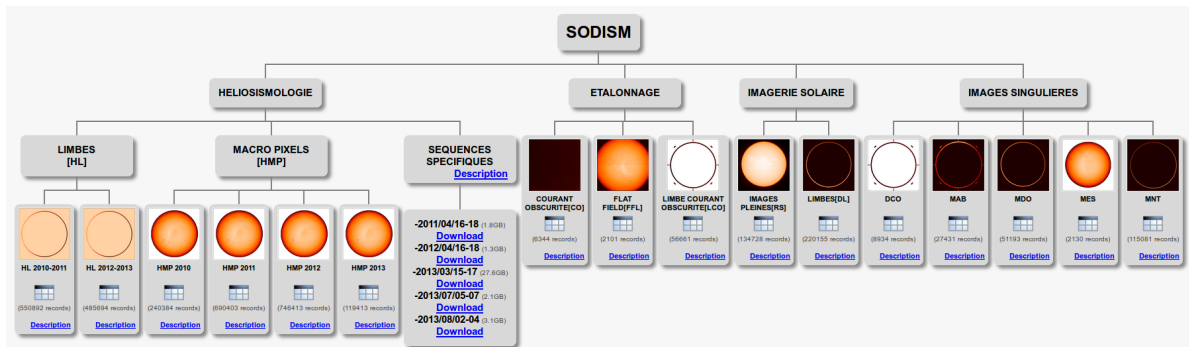


FIGURE 2.1 – Explorateur de jeux de données de l'interface d'accès aux données PICARD.

données PHOBOS/IPHIR, pour lesquelles une expertise existe encore à l'IAS, est encore en cours d'étude).

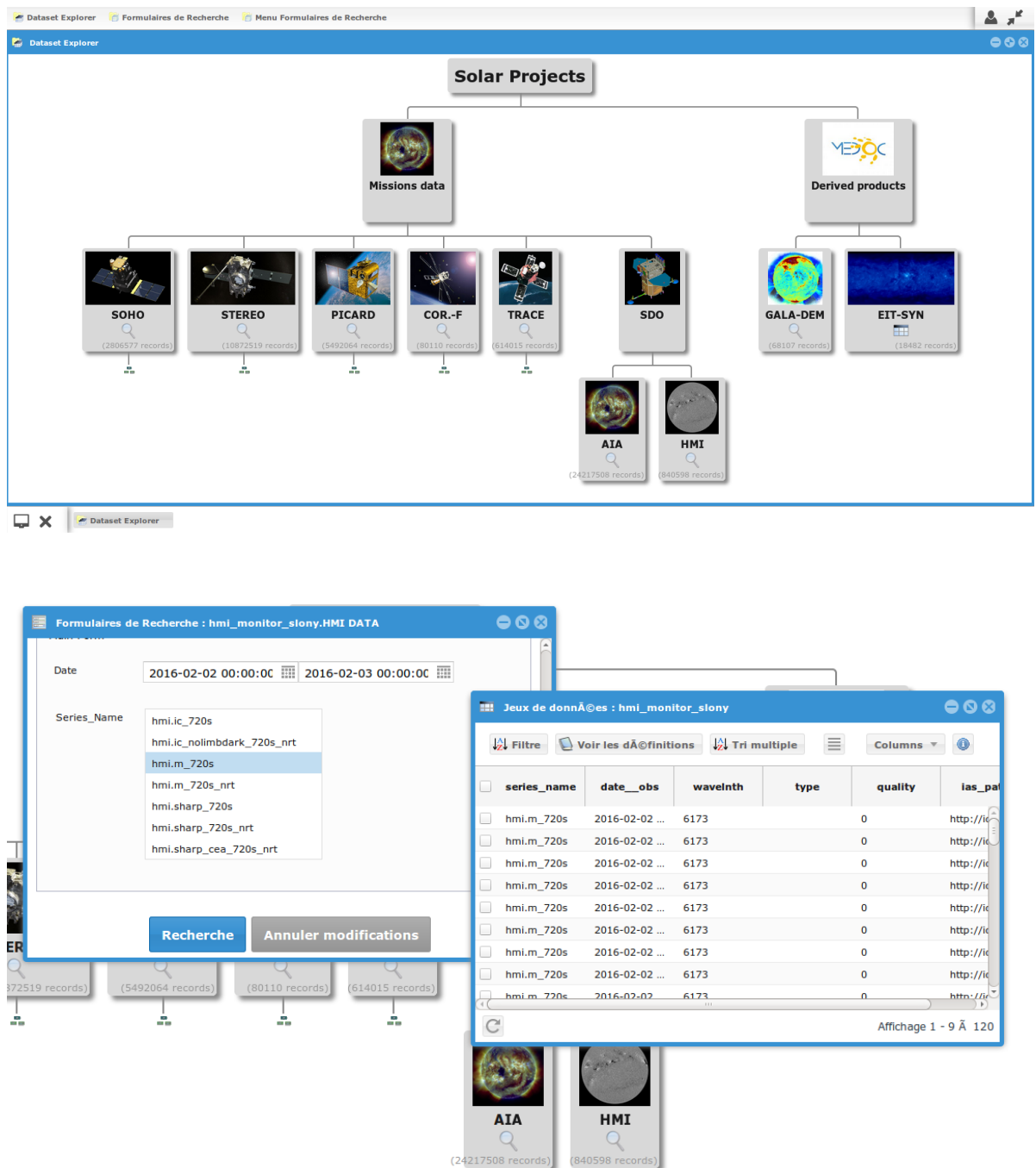
2.3 Interfaces d'accès aux données

Les données de tous ces instruments (sauf, pour l'instant, SDO/HMI) sont accessibles par des interfaces basées sur le logiciel SiTools développé par le CNES, qui, dans sa version 2, fournit non seulement une interface web, mais également des web services appelables de différentes applications ou de scripts d'analyse automatique.

L'interface pour les données SDO/AIA, appelée MEDIA (MEDOC Interface for AIA, <http://medoc-sdo.ias.u-psud.fr/>) et mise en service en 2011, a été la première à utiliser SiTools2 (version 1). Cette version de SiTools2 avait dû être adaptée, notamment pour prendre en compte les différentes cadences d'images qui peuvent être demandées lors d'une requête. Ces données sont également accessibles par les clients IDL et Python génériques développés par l'IAS et le CNES pour SiTools2, avec une spécialisation permettant une utilisation simplifiée pour les données AIA (Fig. 2.3).

L'interface web SiTools2 pour les données PICARD (Fig. 2.1) a été rendue publique le 1^{er} juin 2015 (avec une annonce sur les mailing-lists PNST et SolarNews) ; dans cette interface, les données peuvent être accédées par un explorateur de jeux de données, par un formulaire de recherche, ou par le calendrier du projet, semaine par semaine.

L'interface web par défaut pour SOHO/STEREO/TRACE/CORONAS, disponible à <http://idc-solar.ias.u-psud.fr/>, est encore servie par une instance SiTools1, mais l'ensemble de ces données est en cours de migration vers une instance SiTools2 (version 3.0) unique, avec, comme pour l'interface PICARD, un explorateur de jeux de données et des formulaires de recherche. La migration concerne aussi les données SDO/AIA (interface actuelle MEDIA), et des produits à valeur ajoutée (cartes synoptiques EUV et cartes de paramètres physiques) ; l'accès aux données PICARD sera aussi possible à partir de la même interface,



The top screenshot shows the 'Solar Projects' Dataset Explorer interface. It features a hierarchical tree structure with two main branches: 'Missions data' and 'Derived products'. Under 'Missions data', there are sub-categories for SOHO (2806577 records), STEREO (10872519 records), PICARD (5492064 records), COR.-F (80110 records), TRACE (614015 records), and SDO (24217508 records). Under 'Derived products', there are sub-categories for AIA (840598 records), HMI (24217508 records), GALA-DEM (68107 records), and EIT-SYN (18482 records).

The bottom screenshot shows a search form for 'hmi_monitor_slony.HMI DATA'. The 'Date' field is set to '2016-02-02 00:00:00' to '2016-02-03 00:00:00'. The 'Series_Name' dropdown menu is open, showing options like 'hmi.ic_720s', 'hmi.ic_nolimbdark_720s_nrt', 'hmi.m_720s', 'hmi.m_720s_nrt', 'hmi.sharp_720s', 'hmi.sharp_720s_nrt', and 'hmi.sharp_cea_720s_nrt'. The 'Recherche' button is highlighted. Below the search form, there are buttons for 'AIA' (24217508 records) and 'HMI' (840598 records).

The bottom screenshot also shows a results table for 'Jeux de données : hmi_monitor_slony'. The table has columns for 'series_name', 'date_obs', 'waveinth', 'type', 'quality', and 'ias_pa'. The table displays a list of records for 'hmi.m_720s' with a date of '2016-02-02' and a wave length of '6173'. The table is sorted by 'date_obs' and 'waveinth'. The bottom right corner of the table shows 'Affichage 1 - 9 À 120'.

FIGURE 2.2 – En haut : explorateur de jeux de données de la nouvelle interface d'accès aux données solaires (incluant les produits à valeur ajoutée). Cette interface permet d'accéder à différents formulaires de recherche. Les branches de l'arbre se développent en cliquant dessus. En bas : formulaire de recherche SDO/HMI et résultats.

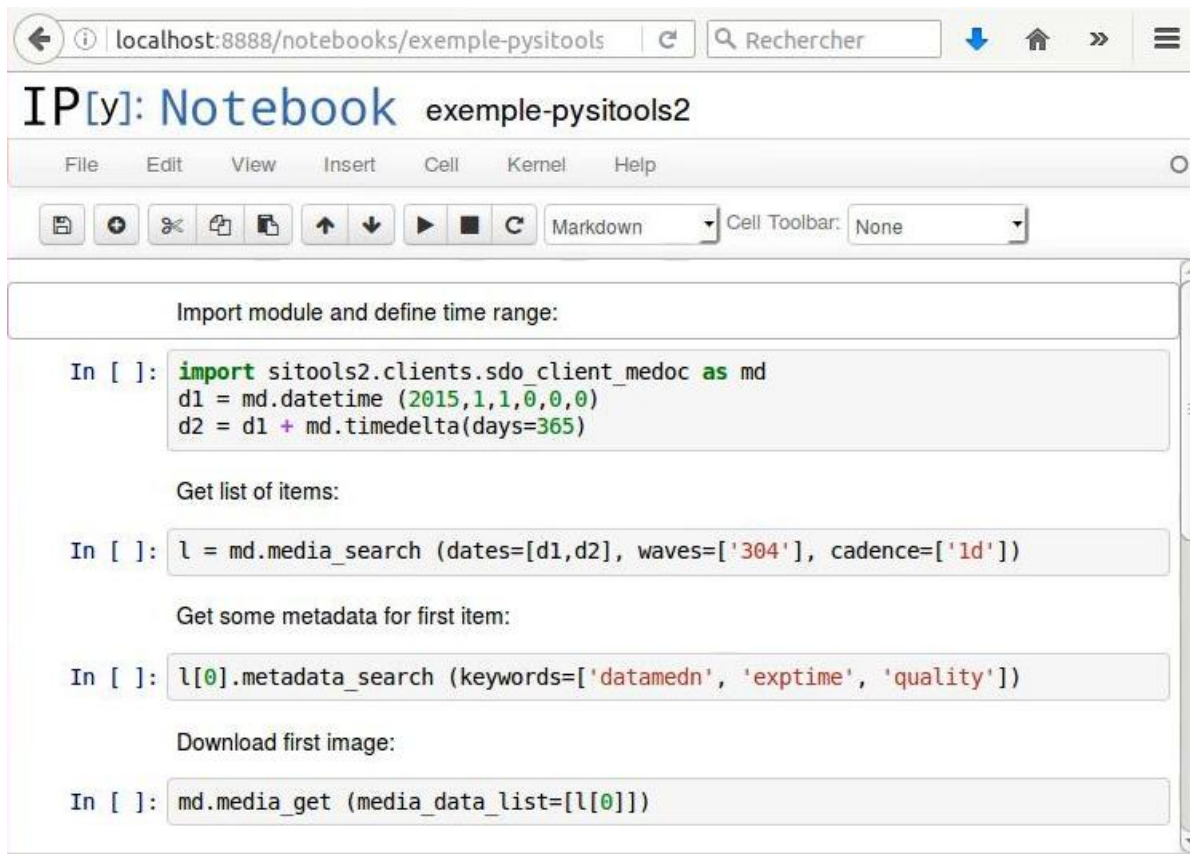


FIGURE 2.3 – Exemple d'utilisation de l'interface Python pour les données SDO/AIA.

et celle-ci fournira aussi l'accès au nouveau jeu de données SDO/HMI (voir Fig. 2.2). L'accès aux jeux de données (intégration à l'explorateur de jeux de données, formulaires de recherche, téléchargements) a été configuré dans cette instance. Ceci permettra de fournir une interface unifiée pour accéder à l'ensemble des données archivées à MEDOC. Il reste à effectuer une adaptation de SiTools2 pour que des données issues de plusieurs jeux de données, affichées dans un même tableau de résultats en réponse à une requête, puissent être téléchargées ensemble ; cette adaptation se fera sous contrat avec l'entreprise qui a développé SiTools pour le CNES.

MEDOC a pris note du projet REGARDS (REnouvellement des outils Génériques d'Accès et d'ARchivage pour les Données Spatiales) du CNES pour remplacer SiTools2 et SIPAD-NG, et a participé en 2016 au point-clé de spécification logicielle de REGARDS après avoir participé à sa revue de définition préliminaire en 2015. Pour permettre de fournir un service de qualité jusqu'à la livraison de REGARDS, MEDOC souhaite que SiTools2 continue à être maintenu jusqu'à ce moment.

2.4 Autres moyens d'accès aux données

L'ensemble des fichiers correspondant à ces données (sauf PICARD) est aussi accessible directement par des montages NFS sur les machines de calcul de l'IAS, ce qui permet, suite à des requêtes sur les bases de données pour sélectionner les fichiers et déterminer leur emplacement, de réaliser aisément des traitements de masse.

Par ailleurs, les données SOHO, STEREO et SDO sont également accessibles, à des fins d'exploration des jeux de données et de visualisation, par HelioViewer (Sec. 4.2).

Les données et métadonnées SDO (AIA et HMI) sont aussi accessibles en interne via le système NetDRMS³ de distribution des données de SDO, qui sert également à l'archivage des données (partie DRMS). Une mise à jour de DRMS vers la dernière version (8.10) était nécessaire, notamment pour accéder aux métadonnées des séries `hmi . sharp*` (champs de vue correspondant à des régions actives). Après un essai de la procédure d'installation locale, qui est complexe (nombreuses corrections à effectuer dans le code et modifications des fichiers de configuration), et la documentation de cette procédure sur le wiki Redmine de l'équipe informatique, l'installation est maintenant en cours sur un nouveau serveur qui remplacera le serveur existant. Le retour d'expérience de la part de MEDOC et les échanges avec l'équipe du JSOC vont conduire celle-ci à publier une version 8.11 de DRMS.

3. NetDRMS est aussi envisagé comme solution de distribution des données de la mission PLATO.

2.5 Pérennisation

De nombreux échanges avec le CNES (notamment l'équipe projet CNES), dont 7 visio-conférences depuis novembre 2015, ont eu lieu, d'abord dans le but de finaliser le *Document d'exigences simplifiées applicables à MEDOC pour l'archivage à long terme des données* (SERAD-NT-44-0287-CN, devenu IDOC-DVP-020). Ce document précise les procédures qui doivent être suivies par MEDOC pour s'assurer de la pérennisation des données, rôle prévu par la convention MEDOC. Il est complété par d'autres documents, définis au niveau d'IDOC mais qui sont également applicables à MEDOC :

- IDOC-EX-001 IDOC executive summary
- IDOC-OD-002 IDOC risk analysis and management
- IDOC-OD-003 IDOC general principles applicable to project design
- IDOC-OD-004 IDOC guidelines for new data integration
- IDOC-OD-005 IDOC guidelines for new pipeline data production
- IDOC-OD-006 IDOC guidelines for new archive long term preservation
- IDOC-OD-007 IDOC guidelines for new instrument operations
- IDOC-INF-008 IDOC organigramme

Une première mise en application est en cours pour les données PICARD, dont MEDOC est le centre de données long terme, en délégation du CNES, avec le *Document d'exigences simplifiées* évoqué ci-dessus mais aussi un *Data Management Plan* (IDOC-DMP-021).

Un aspect de la pérennisation est le référencement au SERAD (CNES) des données sous responsabilité CNES archivées de manière pérenne à MEDOC (c'est-à-dire pour l'instant uniquement les données PICARD). Un tel référencement sera à réaliser pour PICARD lorsque l'ensemble définitif des données PICARD archivées à MEDOC sera connu.

2.6 Synthèse des actions pour l'archivage et la redistribution des données

En plus du fonctionnement courant et des opérations de maintenance courante du système d'acquisition, d'archivage et de redistribution des données :

- Actions terminées depuis le dernier Comité Directeur :
 - Installation de nouvelles baies de stockage.
- Actions en cours :
 - Téléchargement et archivage de nouvelles séries de données SDO/HMI : 50%.
 - Paramétrage et développements de l'interface SiTools2 pour la mise à disposition de l'ensemble des données solaires : 80%.
 - Remplacement du serveur pour SDO et mise à jour de DRMS (80%).
- Actions à réaliser :
 - Adaptation des clients IDL et Python spécialisés pour SDO/AIA, et développement des clients spécialisés pour SDO/HMI.
 - Liste des produits PICARD archivés et référencement SERAD.

3 Produits à valeur ajoutée

3.1 Cartes de paramètres physiques

Les cartes de température et de mesure d'émission (quantité liée à la densité) dérivées des images EUV de SDO/AIA, produites grâce à la méthode d'inversion bayésienne développée par Chloé Guennou lors de sa thèse soutenue en 2013, sont depuis 2013 en ligne et rendues disponibles par l'interface SiTools2 GAIA-DEM : <http://medoc-dem.ias.u-psud.fr/>. Ces cartes (Fig. 3.1) sont également disponibles via les interfaces IDL et Python à SiTools2 développées à MEDOC en 2013–2014.

Ces cartes représentent 1.2 To de données ; de nouvelles cartes sont produites une fois par jour, à une cadence de 30min, à partir des nouvelles données SDO/AIA disponibles. Elles sont redistribuées par une interface SiTools2 dédiée, mais elle sont aussi intégrées parmi les produits dérivés distribués par la nouvelle interface SiTools2 pour l'ensemble des données solaires.

3.2 Cartes synoptiques EUV

Des cartes synoptiques en EUV, créées à partir des données de SoHO/EIT (de 1996 à 2010), ont été calculées et sont disponibles depuis début 2014 par une interface web SiTools2

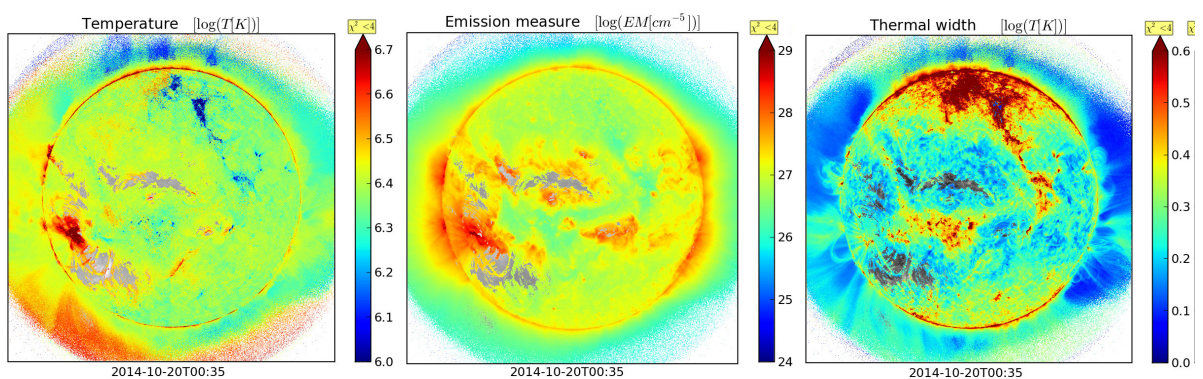


FIGURE 3.1 – Exemple de cartes de température, de mesure d'émission, et de largeur de DEM calculées à partir des données SDO/AIA et disponibles dans la base GAIA-DEM.

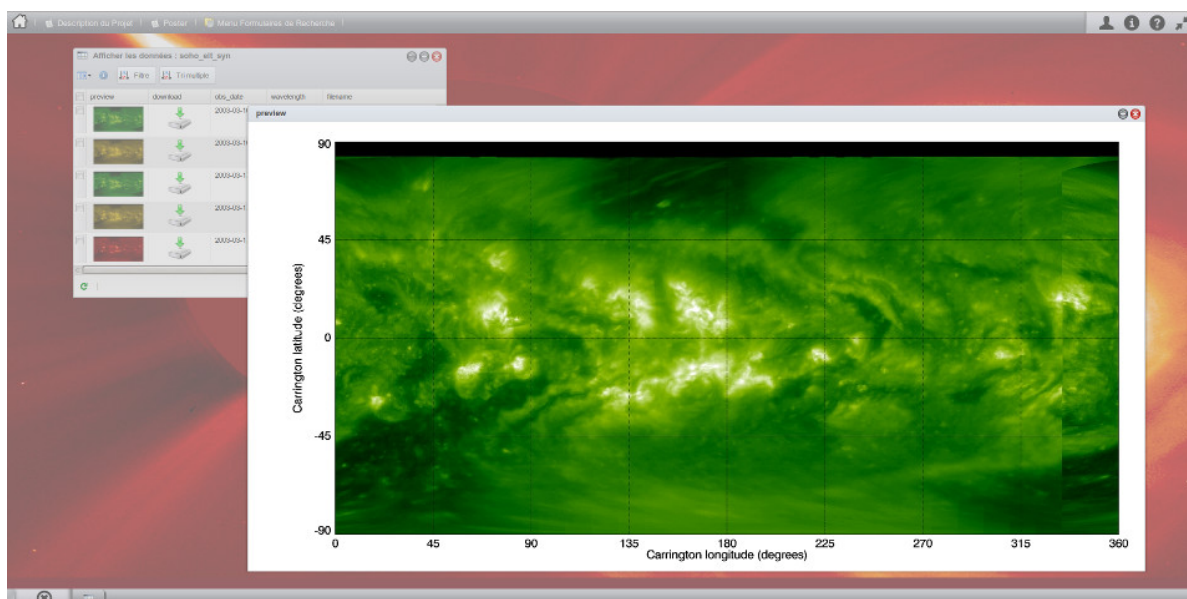


FIGURE 3.2 – Capture d’écran de l’interface d’accès aux données synoptiques EUV (ici SoHO/EIT).

à <http://idoc-solar.ias.u-psud.fr/>. Ces cartes sont calibrées, c’est-à-dire qu’elles correspondent à des données de niveau 1¹, pour qu’elles soient directement utilisables par des non-spécialistes, avec n’importe quelle application ou bibliothèque lisant les fichiers FITS. De plus, par rapport à des cartes synoptiques classiques, elles sont optimisées pour tenir compte au mieux, dans chaque région, des observations disponibles les plus proches temporellement de l’instant de référence, avec une correction de l’embrillancement centre-bord dans les bandes correspondant à des raies optiquement minces.

Comme les cartes de paramètres physiques, elles sont redistribuées par une interface SiTools2 dédiée, mais elle sont aussi intégrées parmi les produits dérivés distribués par la nouvelle interface SiTools2 pour l’ensemble des données solaires.

En 2015–2016, des cartes équivalentes ont été calculées à partir des données des instruments SECCHI/EUVI sur les deux sondes STEREO, ce qui permet d’étendre l’intervalle temporel de disponibilité de ces cartes, et de profiter des deux points de vue offerts par STEREO. Il reste cependant à les mettre à disposition.

3.3 Détection de filaments

Dans le but de mieux comprendre les filaments et leurs éruptions, voire de pouvoir prédire ces éruptions, il est important de disposer de bases de données de filaments. Les

1. Après soustraction du fond, correction de l’effet de la grille, du flat-field, et de la dégradation du détecteur, et normalisation par le temps d’exposition.

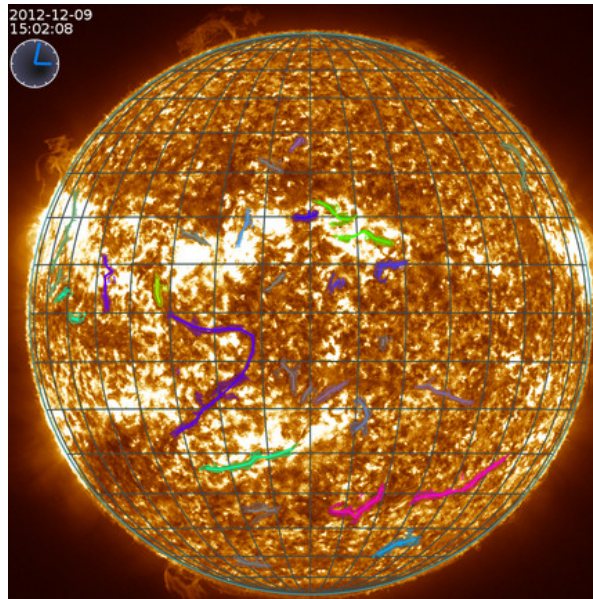


FIGURE 3.3 – Détection de filaments à partir des données SDO/AIA le 9 décembre 2012.

bases de données existantes sont basées sur des détections effectuées du sol en $H\alpha$; pour bénéficier de la cadence et de la continuité des données solaires spatiales, nous développons un code de détection de filaments solaires dans les images de SDO/AIA, avec l'aide de magnétogrammes de SDO/HMI. Depuis 2015, le code a été exécuté systématiquement sur des années de données SDO, ce qui a donné un ensemble important de filaments détectés. Pour cela, il a fallu corriger des problèmes liés à l'utilisation des GPU (dont les interfaces de programmation sont encore instables). Pour le suivi de ces filaments au cours du temps, nous avons développé une nouvelle méthode plus performante (basée sur les intersections entre détections successives d'un même filament, et non sur la distance moyenne entre les points de leur épine dorsale). L'injection des fichiers de résultat (XML) dans une base SQL a été systématisée. Une interface web à cette base (écrite en PHP) permet d'accéder aux caractéristiques des filaments à une date donnée, ou des différentes détections successives d'un même filament. La base SQL pourra aussi être interrogée directement, pour obtenir des résultats scientifiques comme la distribution des paramètres géométriques des filaments, la dérive en latitude au cours du temps, la corrélation entre différents paramètres et la probabilité d'une éruption, etc.

3.4 Données EIT calibrées

Un pipeline permettant de produire des fichiers FITS contenant les données EIT calibrées (comme celles des cartes synoptiques, Sec. 3.2) a été développé. L'intérêt est de proposer des données prêtes à l'emploi : l'utilisateur pourra ouvrir ces fichiers et en utiliser les données avec n'importe quelle application ou bibliothèque sachant lire le format FITS, sans avoir



FIGURE 3.4 – Interface pour les films créés par combinaisons d’images SoHO et STEREO/SECCHI.

besoin d’exécuter la routine `eit_prep` (ce qui nécessite d’avoir installé SolarSoft et d’avoir une licence IDL). Ce pipeline doit encore être exécuté systématiquement, avec mise en ligne des résultats, une fois qu’un jeu de données définitif pourra être produit (un travail est en cours pour obtenir des valeurs définitives des en-têtes des fichiers).

3.5 Atlas spectral des protubérances et du Soleil calme

Un atlas spectral des protubérances et du Soleil calme produit à partir des données de SoHO/SUMER (Parenti et al. 2004, 2005, 2007) est disponible à <https://idoc.ias.u-psud.fr/MEDOC/Prominence%20spectral%20atlas>. Il fournit des informations sur plus de 550 raies entre 80 et 125 nm, incluant leur longueur d’onde, radiance, largeur, et leur identification (ion et niveaux).

3.6 Films précalculés

Des films (intensité et variation d'intensité) ont été précalculés :

- à partir des données de chaque bande de SoHO/EIT, par jour (1996–2010), par mois (depuis 1996), et pour l'ensemble de la mission : <http://www.ias.u-psud.fr/eit/movies/> ;
- à partir de combinaisons de données SoHO (EIT et LASCO) et STEREO/SECCHI (EUVI, COR et HI), par jour, par semaine et par mois : http://www.ias.u-psud.fr/festival_movies/.

Pour les autres types de films, il est conseillé d'utiliser HelioViewer (Sec. 4.2) qui permet de visualiser et de créer des films à la demande.

De plus, depuis fin 2015, une nouvelle page sur le site web de MEDOC présente les dernières vidéos du Soleil, sur le modèle de la page présentant les dernières images du Soleil.

3.7 Synthèse des actions pour les produits à valeur ajoutée

En plus du fonctionnement courant et des opérations de maintenance courante du système de production, d'archivage et de redistribution des produits à valeur ajoutée :

- Actions terminées depuis le dernier Comité Directeur :
 - Production des cartes synoptiques STEREO/SECCHI/EUVI.
- Actions en cours :
 - Exécution systématique du code de détection et de suivi des filaments (50%).
- Actions à réaliser :
 - Mise à disposition des cartes synoptiques STEREO/SECCHI/EUVI, production de cartes SDO/AIA.
 - Production et mise à disposition des données SoHO/EIT calibrées.
 - Mise à disposition des détections de filaments.
 - À plus long terme : développement de nouveaux produits, par exemple des cartes de courants électriques.

4 Autres services

4.1 FESTIVAL

FESTIVAL est un logiciel de visualisation de données qui a été développé à l'IAS avec le soutien du CNES. Il permet de combiner et analyser des images de STEREO/SECCHI, SoHO/EIT et LASCO, NRH (Nançay), MkIV (Hawaii), TRACE et Hinode/XRT, et, depuis 2012, SDO/AIA et PROBA2/SWAP (Fig. 4.1).

4.2 HelioViewer

HelioViewer est un système de visualisation de données solaires et héliosphériques, composé d'un serveur JPIP (protocole pour servir des données issues d'images en format JPEG2000) et d'un client, qui peut notamment être l'application web (que l'on peut appeler helioviewer.org d'après l'adresse d'une de ses instances) ou le client Java JHelioViewer (Fig. 4.2). C'est un logiciel libre développé en collaboration entre l'ESA, la NASA, et plusieurs laboratoires.

L'ensemble du système a été installé à l'IAS à partir de fin 2013 : machine de calcul et stockage (48To occupés en 2016), récupération des données JPEG2000, serveur JPIP (jpip://helioviewer.ias.u-psud.fr:8080), interface web (<http://helioviewer.ias.u-psud.fr/>). Depuis, l'ensemble de données passées ont été récupérées, et elles continuent de l'être (avec des alertes en cas de panne, et relance automatique pour les téléchargements récents qui auraient échoué). MEDOC est donc un miroir complet du serveur principal du GSFC, ce qui permet aux utilisateurs (en particulier européens) d'utiliser un serveur moins chargé, plus proche (du point de vue de la distance réseau), et avec un débit pouvant être plus élevé. Ceci nous a notamment permis, comme à plusieurs reprises au cours des dernières années, d'assurer les services HelioViewer lors de problèmes sur le serveur américain. Par exemple, pendant une longue période d'indisponibilité de données de juillet à septembre 2015, l'équipe ESA/NASA HelioViewer a alors demandé aux utilisateurs de prendre les données sur notre serveur. Pour rendre le système plus fiable, une redondance est prévue pour le serveur.

Une attention particulière a été portée à la vitesse de production des films (à la demande), qui est relativement lente au GSFC, notamment à cause de la charge du serveur. Pour cela, la base de données a été placée sur des disques SSD en 2015.

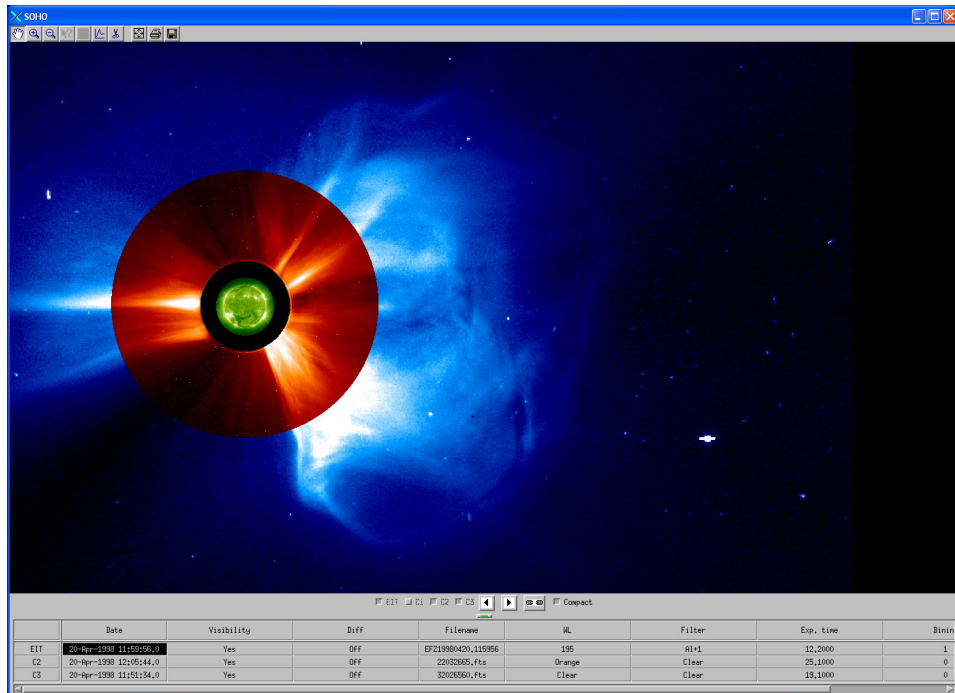


FIGURE 4.1 – Capture d’écran de FESTIVAL, présentant une superposition d’images EIT et LASCO.

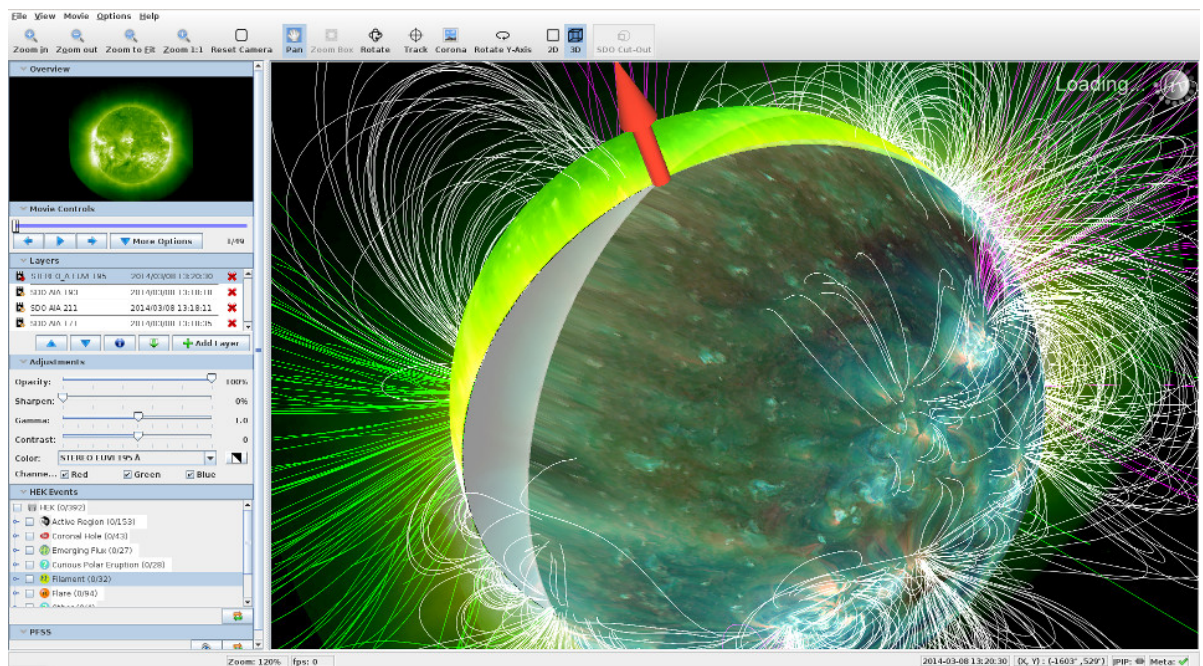


FIGURE 4.2 – Capture d’écran du client JHelioViewer du système HelioViewer.

Une documentation sur l'installation locale d'HelioViewer à l'IAS a été écrite dans le wiki Redmine de l'équipe informatique de l'IAS : procédure d'installation, modifications faites, récupération des données, alertes, ce qui doit tourner en permanence, ce qui permet de le relancer.

La surveillance des données manquantes se fait en relançant tous les jours le script de récupération des données sur la semaine passée, et toutes les semaines sur le mois passé.

Les contacts avec les autres équipes impliquées dans le développement d'HelioViewer sont réguliers. À la suite des développements réalisés à MEDOC à partir de 2014, la dernière version officielle de JHelioViewer intègre désormais le choix du serveur pour chaque calque de données. Nous avons proposé de développer le système HelioViewer pour que ce choix se fasse par le client, de manière transparente pour l'utilisateur, ce qui assurerait une protection contre les interruptions de service en cas de panne d'un serveur, une meilleure rapidité et une meilleure réactivité, et une répartition possible des jeux de données entre les serveurs. Cela permettrait ainsi d'optimiser l'utilisation des différents serveurs, et donc de rendre chacun d'entre eux plus utile, à un coût réduit (partage de la puissance de calcul, voire de la capacité de stockage).

Des développements ont aussi été réalisés avec le CDPP pour intégrer HelioViewer dans le PropagationTool (voir Sec. 5.1.2), dans sa version sortie à l'été 2015.

Un projet est d'intégrer des résultats d'inversion de DEM (cartes de paramètres physiques, Sec. 3.1) dans HelioViewer. Ceci nécessite de convertir les fichiers FITS de DEM en fichiers JPEG2000 et de les ajouter à la base de données du serveur HelioViewer. Les clients (application web et Java) étant actuellement peu flexibles, ceci nécessite aussi de les adapter pour permettre d'inclure ces données dans les recherches, et de tenir compte de l'échelle de couleurs associée aux valeurs des paramètres physiques. Une difficulté est liée à la gestion de l'échelle de couleurs pour représenter des quantités physiques, ce qui n'est pas prévu dans la version actuelle.

En mars 2016, les versions 2.10 de JHelioViewer et 3.0 de du client web sont sorties, et il est prévu de les installer prochainement à MEDOC. Ce sont aussi elles qui serviront de référence pour les prochains développements.

4.3 HFC

Le HFC (Heliophysics Feature Catalogue) est un service de catalogue de structures solaires détectées automatiquement, développé au cours du projet européen HELIO (FP7, <http://www.helio-vo.eu/>), dont MEDOC était partenaire. Une instance est installée à l'Observatoire de Paris (<http://voparis-helio.obspm.fr/>), mais pour des raisons de pérennisation du système, et comme certains modules de détection utilisent les volumineuses données de SDO/AIA présentes à MEDOC, il a été décidé d'installer une instance du HFC à MEDOC.

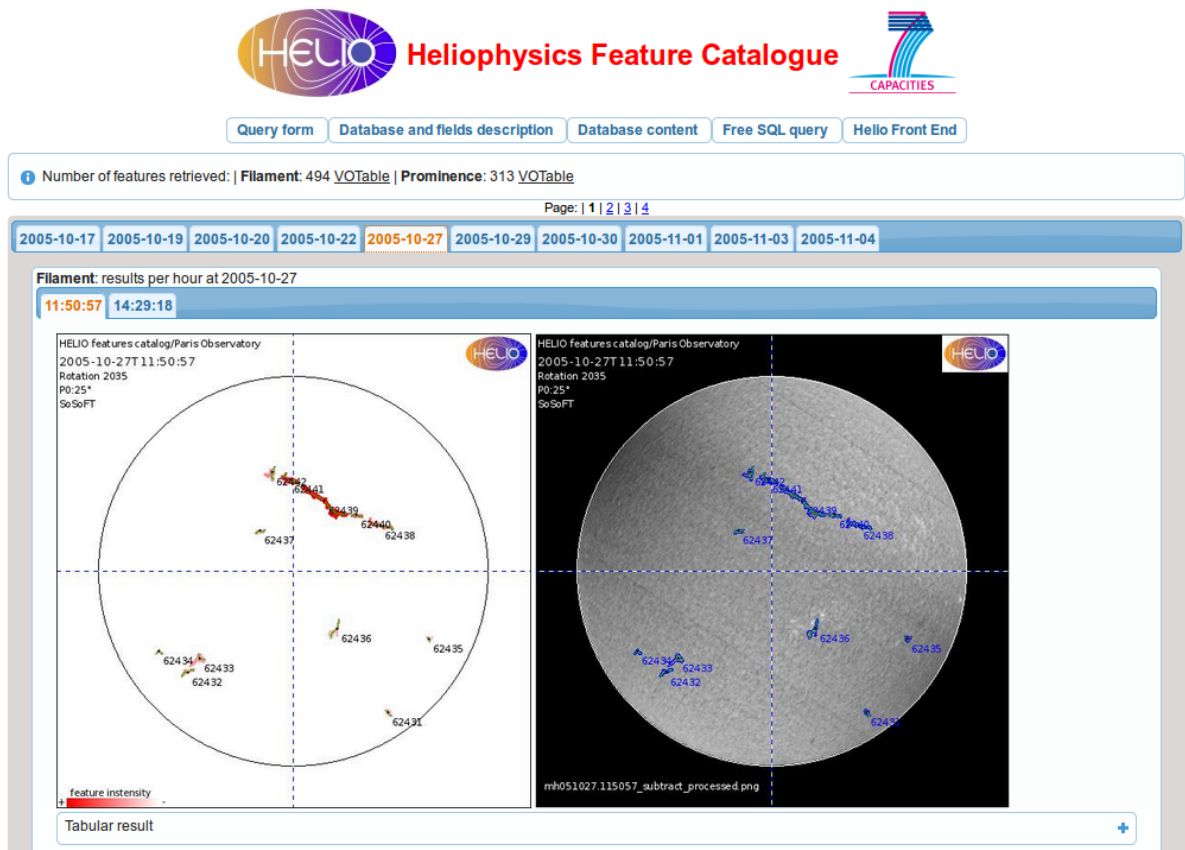


FIGURE 4.3 – Capture d'écran de l'interface du HFC à MEDOC.

Depuis, le HFC a été installé à MEDOC (<http://helio-hfc.ias.u-psud.fr/>, Fig. 4.3), y compris le module de détection automatique SPoCA-AR utilisant les données SDO/AIA à MEDOC. En 2015, les modifications qui ont été effectuées pour adapter le serveur du HFC à MEDOC et à BASS2000 ont été rassemblées dans un même code (les paramètres spécifiques à chaque site étant des options d'un fichier de configuration). Une solution a aussi été trouvée pour synchroniser automatiquement les bases de données des structures détectées entre les deux instances du HFC. Il reste à installer à MEDOC les autres modules de détections de structures solaires utilisant les données de MEDOC.

4.4 Résultats de simulations numériques

La base de données de résultats du code hydrodynamique 1D « VP » (Roland Grappin et Filippo Pantellini) de simulation du vent solaire a été installée à MEDOC fin 2012 et est accessible à <http://medoc-vp.ias.u-psud.fr/>. Elle permet d'obtenir et de tracer des profils de densité, de vitesse, de pression des ondes, et de température et de pression électroniques et ioniques, typiquement de la photosphère à 30 rayons solaires, pour différents cas paramétrés principalement par le flux d'énergie mécanique et l'amplitude des ondes d'Alfvén à la photosphère, et par le profil du champ magnétique dans la couronne. Des exécutions du code à la demande sont aussi proposées. Début 2016, la maintenance de cette base de données a nécessité une migration de la machine virtuelle qui l'héberge vers une nouvelle version du serveur de virtualisation, une mise à jour de l'adresse du serveur de licences IDL, et une mise à jour des scripts de démarrage. Les développements en cours concernent les vents rapides, avec une description plus détaillée de la propagation linéaire des ondes et une prise en compte de la dissipation turbulente, ce qui permettra de prédire l'évolution des profils de vents aussi bien lents que rapides en fonction des structures magnétiques coronales, en partant de la surface de l'étoile.

De plus, des résultats de simulations numériques MHD 3D d'éruptions (code OHM de Guillaume Aulanier) vont prochainement être mis à disposition. La première de ces simulations reproduit une éruption solaire, et ses résultats incluent l'évolution des champs magnétique, de densité et de vitesse au cours du temps en trois dimensions. Ces données ont été converties en 2015 en un format standard (HDF5 pour les données, avec description des axes de temps et d'espace en format XDMF), directement utilisable par la plupart des logiciels de visualisation 3D (ParaView, VisIt) et langages de programmation courants. En 2016, une interface web d'accès a été développée, et elle est maintenant en cours de tests, pour une ouverture prévue au cours de l'été.

4.5 Codes de transfert de rayonnement

MEDOC propose des codes de transfert radiatif hors équilibre thermodynamique local, en 1D et 2D, utiles à l'interprétation des raies optiquement épaisses de la chromosphère

et des protubérances. Ces codes proviennent du travail de Pierre Gouttebroze, parti en retraite en 2010, et un travail de maintenance et de modernisation du code a été fait en collaboration avec lui, pour permettre leur usage par des utilisateurs non spécialistes et avec des compilateurs facilement disponibles actuellement. La page web concernant ces codes a été réorganisée en 2016, en rassemblant les codes 1D et 2D : <https://idoc.ias.u-psud.fr/MEDOC/Radiative%20transfer%20codes>. Le travail en cours concerne l'ajout des raies du magnésium, utiles pour l'interprétation des données d'IRIS (NASA), aux codes 1D à redistribution partielle en fréquence, et aux codes 2D à redistribution complète en fréquence ; à terme, certains de ces codes (construits pour des conditions ou des ensembles de raies différents) seront fusionnés pour permettre aux utilisateurs de simuler différents cas et toutes les raies spectroscopiques utiles avec un seul code. Des contacts ont aussi été pris avec Frédéric Paletou et Costis Gontikakis pour inclure leurs codes dans MEDOC après documentation.

4.6 Synthèse des actions pour les autres services

En plus du fonctionnement courant et des opérations de maintenance courante de ces services :

- Actions terminées depuis le dernier Comité Directeur :
 - Intégration de HelioViewer au PropagationTool du CDPP.
 - Mise en commun du code HFC de BASS2000 et de MEDOC.
- Actions en cours :
 - Mise à disposition de résultats de simulations MHD d'éruptions (90%).
 - Inclusion de raies spectroscopiques utiles pour IRIS dans les codes de transfert de rayonnement (60%).
- Actions à réaliser :
 - Mise à jour du système HelioViewer et du client web, redondance du serveur HelioViewer.
 - Intégration des cartes de paramètres physiques à HelioViewer.
 - Choix automatiques du serveur HelioViewer utilisé par les clients.
 - Installation des modules de détection de structures utilisant les données MEDOC pour le HFC.

5 Collaborations et projets

5.1 Avec le CDPP et BASS2000

5.1.1 CDPP : J-maps

Depuis fin 2013, le CDPP vient chercher les données STEREO/SECCHI à MEDOC par `rsync` pour construire les « J-maps » (coupes spatio-temporelles montrant la propagation des CME et des structures du vent solaire), ce qui va bien plus vite que lorsque ces données étaient cherchées aux États-Unis.

5.1.2 CDPP : HelioViewer et cartes synoptiques, PropagationTool, 3DView et ConnectSolo

Le CDPP souhaitait permettre aux utilisateurs de l'outil de propagation d'événements héliosphériques PropagationTool d'accéder directement à des films solaires correspondant à l'événement héliosphérique considéré. La solution choisie est basée sur HelioViewer (Sec. 4.2), qui est adapté pour cela. En collaboration avec MEDOC, le prestataire de service du CDPP (GFI) a effectué les développements nécessaires pour appeler soit l'interface web de HelioViewer à MEDOC à la date indiquée par le PropagationTool (ce qui permet ensuite de créer un film de manière asynchrone), soit l'application JHelioViewer, qui servira à visualiser directement (sans autre intervention de l'utilisateur) des films du Soleil sur la période déterminée par le PropagationTool.

Des cartes synoptiques sont affichées dans le PropagationTool, mais les fournisseurs de données utilisés actuellement doivent être complétés par d'autres. Le CDPP a donc exprimé un intérêt pour les cartes synoptiques existantes issues de SoHO/EIT (Sec. 3.2), mais aussi pour de nouvelles cartes issues de STEREO/SECCHI, de SDO/AIA et de SDO/HMI.

Ces développements s'insèrent dans le cadre d'une participation au service d'observation SO6 STORMS, dont l'IRAP est coordinateur.

Une évolution du PropagationTool est envisagée au CDPP, en 3D et avec un modèle de propagation plus avancé. Un tel outil serait utile dans le cadre de Solar Orbiter (voir Sec. 5.3), et MEDOC est intéressé pour contribuer à la fourniture de données solaires et à la modélisation coronale pour un tel outil.

5.1.3 BASS2000 : HFC

Voir Sec. 4.3.

5.1.4 CDPF et BASS2000 : portail commun

La mise en place d'un portail web commun entre le CDPF, BASS2000 et MEDOC a été recommandée par le Comité des Utilisateurs 2014. Les rencontres qui ont eu lieu à ce sujet ont permis de préciser les options, plus ou moins ambitieuses : simple page de présentation et de liens (indépendante ou sur le site du PNST), accès communs aux bases, accès via observatoire virtuel, mise en place d'outils permettant de rechercher des données simultanément dans plusieurs bases et de les exploiter... Ces dernières options pourraient être utiles en vue de Solar Orbiter (voir Sec. 5.3). Un pré-projet ANR en ce sens, porté par BASS2000 avec le CDPF et MEDOC, a été déposé fin 2015 mais n'a pas été accepté.

5.2 Projet Horizon2020 FLARECAST

Le projet FLARECAST, proposé au programme européen Horizon2020, est en cours (de début 2015 à fin 2017). L'objectif de ce projet, coordonné par Manolis Georgoulis (Académie d'Athènes) avec Shaun Bloomfield (Trinity College Dublin) comme Project Scientist, est de développer un système de prévision des éruptions solaires (flares) basé sur un apprentissage automatique (machine learning) à partir de données d'observations, en particulier celles de SDO/HMI. MEDOC contribue à ce projet par l'archivage et la redistribution des données (les données utilisées sont celles de MEDOC, et elles sont traitées sur place) et par l'hébergement de l'infrastructure de prévision des éruptions. Ce projet inclut deux ans de CDD informatique à MEDOC.

Une baie de stockage (360 To bruts) et un serveur de calcul (36 cœurs de CPU, 512Go de RAM, 16.6 To de disques) ont été achetés et configurés à MEDOC dans les premiers mois du projet. Ce serveur constitue maintenant une partie réservée au projet du cluster de calcul existant à l'IAS ; le reste du cluster peut être utilisé par FLARECAST en cas de pic de demande de calcul.

Les besoins en données SDO/HMI ont été précisés par le projet fin 2015 : il s'agit de l'ensemble des séries de données :

- `hmi.ic_nolimbdark_720s` et `hmi.ic_720s` : intensité du continu, avec et sans correction de l'effet d'assombrissement centre-bord ;
- `hmi.m_720s` : champ magnétique de long de la ligne de visée ;
- `hmi.sharp_720s` et `hmi.sharp_cea_720s` : inversions de champs 3D dans des champs de vue correspondant à des régions actives, en coordonnées cartésiennes héliocentriques et en projection équivalente cylindrique ;

- les mêmes séries en version `_nrt` (quasi-temps-réel) : l'entraînement de l'algorithme qui permettra de prévoir les éruptions à partir des données quasi-temps-réel (les autres étant produites au bout d'environ 4 jours) doit être fait sur ces données.

Ainsi, la participation de l'IAS à FLARECAST donne l'opportunité à MEDOC d'archiver et de mettre à disposition ces données SDO/HMI (Sec. 2.1). À ce jour, plus de la moitié des données de ces séries a été téléchargée, en tenant compte des priorités données par le projet. À la fin du projet, MEDOC pourra de plus fournir comme service le système de prévision des éruptions.

5.3 Solar Orbiter

L'implication de MEDOC dans Solar Orbiter est naturelle vu son expérience en tant que centre d'opérations et de données SoHO et vu l'implication des chercheurs de l'équipe solaire et stellaire de l'IAS dans 3 des instruments de télédétection (EUI, SPICE et PHI). MEDOC va bien sûr se positionner comme centre de données scientifique, en complément de l'archive ESA, mais nous allons surtout fournir des outils et des services permettant d'optimiser l'exploitation de Solar Orbiter, en complément des activités spécifiquement liées à la mission (prises en charge par le projet Solar Orbiter).

À la suite de l'atelier PNST « **Quels outils pour l'analyse de Solar Orbiter?** », que nous avons contribué à organiser à Toulouse en novembre 2014, la réflexion s'est prolongée au niveau de l'ESA, notamment dans les groupes Science Operations Working Group (SOWG) et Modelling and Data Analysis Working Group (MADAWG, présidé par Alexis Rouillard) de Solar Orbiter. MEDOC se propose de contribuer aux évolutions des outils de visualisation (pour l'exploration des données et la préparation à l'analyse, mais aussi comme aide au planning) nécessaires pour Solar Orbiter, ainsi qu'au développement d'un outil de propagation avancé (qui pourrait être une évolution du PropagationTool du CDPP) permettant de faire le lien entre le Soleil et l'héliosphère. Sur un tel outil, la contribution de MEDOC pourrait être de fournir l'ensemble des données solaires nécessaires (en collaboration avec BASS2000 pour les données sol) et des produits à valeur ajoutée (cartes de paramètres physiques, cartes de courants, champs magnétiques reconstruits dans la couronne...). Par exemple des cartes synoptiques EUV produites par MEDOC (voir Sec. 3.2) pourraient permettre d'évaluer différents modèles de couronnes à un temps donné (position des trous coronaux...), et de prévoir la position des trous coronaux et des régions actives quelques jours à l'avance, en soutien aux opérations de Solar Orbiter et à la modélisation.

L'IAS aura de plus un rôle-clé sur les opérations du spectromètre UV Solar Orbiter/SPICE. Cet instrument est devenu en 2011, après désengagement de la NASA, un « facility instrument » de l'ESA, qui finance un contrat industriel avec RAL-Space. Ce contrat concerne la construction de l'instrument, sans que les besoins pour les opérations scientifiques (après la phase de recette en vol) n'aient été couverts. À la suite de nombreuses discussions, une liste des tâches nécessaires aux opérations a été définie, et leur répartition a été précisée : contrôle de l'instrument au RAL, production des données à Oslo, et préparation du planning

à l'IAS. Le principe de cette répartition a été entériné lors de réunions du consortium SPICE, entre les laboratoires concernés, et entre les agences spatiales (ESA et agences nationales) ; grâce au soutien du CNES, l'IAS deviendrait leader de opérations, avec un rôle qui serait celui d'un PI lors de la phase d'opérations. Le consortium pour les opérations se prépare maintenant à répondre à un appel d'offres de l'ESA qui devrait être publié au cours de l'été.

5.4 Perspectives ESA SSA

Les données présentes à MEDOC ont une grande valeur dans une perspective d'analyse des événements héliosphériques et leur origine, dans un contexte de développement de la météorologie de l'espace. MEDOC aurait donc toute sa place parmi les « Solar Weather Expert Service Centres » du volet météorologie de l'espace du programme optionnel Space Situational Awareness (SSA) de l'ESA. Malheureusement, étant donné l'absence de la France dans la phase 2 de SSA, MEDOC ne peut pas participer (sauf à être sous-traitant d'un partenaire membre de SSA). Pendant ce temps, des services concurrents se développent, avec une forte visibilité fournie par SSA. MEDOC soutient donc un retour de la France dans SSA. Un document listant des contributions potentielles de MEDOC à SSA a été rédigé et envoyé au CNES et au PNST en septembre 2015, pour fournir des arguments en renfort de ce soutien.

6 Statistiques, communication, et production scientifique

6.1 Statistiques d'utilisation

Pour les interfaces SiTools, en l'absence de module de génération de statistiques intégré à la version de SiTools utilisée, nous devons nous reposer sur les statistiques des serveurs web correspondants ; ceux-ci servent à la fois les données et l'interface (mais l'interface représente une part faible des transferts de données).

En 2015, l'ancienne interface SoHO-STEREO-TRACE-CORONAS a transmis 264Go pour 252 téléchargements.

Pour SDO, le serveur web a transmis 537Go¹, dont 87 Go pour 10 000 visites via l'interface web et 447 Go de téléchargements via les clients Python et IDL. Ces nombres ne tiennent pas compte des accès en interne, via DRMS (pour SDO) ou via des montages NFS sur les serveurs de calcul, qui permettent, une fois que l'utilisateur connaît l'emplacement des fichiers suite à une requête sur la base de données, de lire ceux-ci directement. En interne, une estimation du volume de données SDO/AIA utilisé donne 6 To pour les détections de filaments, et de l'ordre de 1To pour chacune des utilisations suivantes : production de cartes de paramètres physiques, production de films, thèses en cours dans l'équipe de physique solaire et stellaire de l'IAS.

Sur GAIA-DEM, le serveur web a transmis 4 Go pour 2000 visites en 2015 (3.8Go et 900 visites en 2014). Le serveur pour les cartes synoptiques SoHO/EIT a transmis 650 Mo.

Sur HelioViewer, le serveur web a transmis 610 Go (47 Go en 2014), plus de 80 000 films et 200 000 images ont été produits au cours de l'année : la forte hausse d'utilisation vers fin 2014 s'est confirmée.

MEDOC-VP (simulations de vent solaire) a transmis 3.7Go pour 2500 visites.

1. 75 Go en 2014, mais la forte variabilité mensuelle en 2015 ne permet pas de conclure à une tendance.

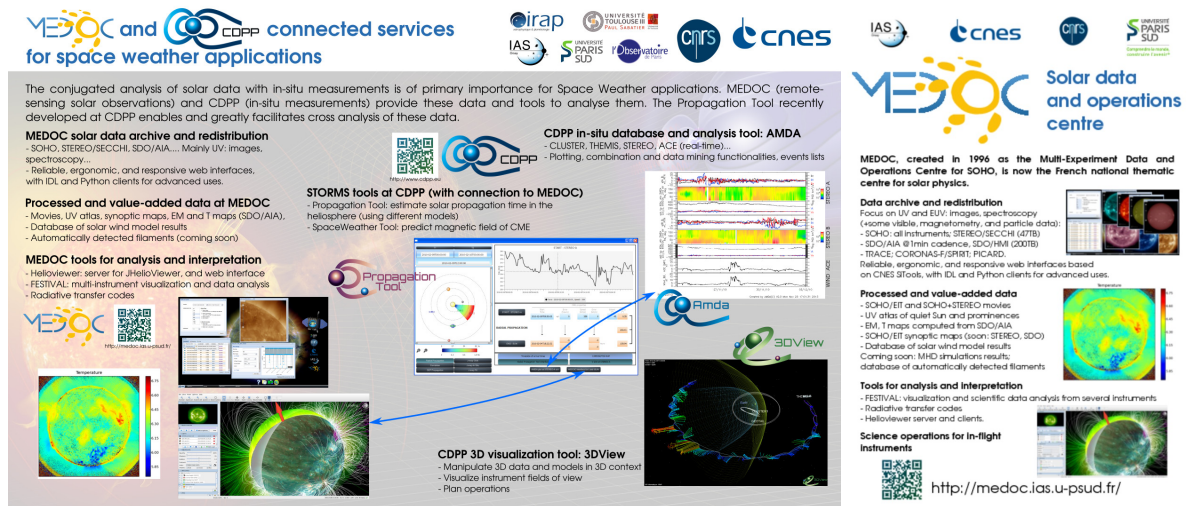


FIGURE 6.1 – Poster CDDP–MEDOC et flyer MEDOC présentés à ESWW12.

6.2 Site web

En 2015, les sections du site web ont été réorganisées pour distinguer les produits dérivés des données et des outils. La liste de jeux de données disponibles a été complétée par celles des instruments de PICARD. Enfin, la page des dernières images du Soleil a été remise à jour, avec des liens corrects pour les images de SoHO et de nouvelles images de SDO produites par HelioViewer; une nouvelle page a été créée avec les dernières vidéos du Soleil, elle aussi produites par HelioViewer.

La page web de l'instrument SoHO/GOLF (dont l'IAS est PI) a été complètement renouvelée pendant l'été 2015 : <http://www.ias.u-psud.fr/golf/>.

6.3 Présentations de MEDOC

MEDOC et ses services ont été présentés à différents colloques et ateliers :

- Buchlin, É. et Boumier, P. Collecte, archivage et redistribution de données : Quelques éléments de réflexion qui pourraient être utiles aux projets nanosatellites. Oral, *Nanosats et météo de l'espace*, Grenoble, France, juin 2015.
- Buchlin, É. et Baudin, F. UV/EUV solar spectral imaging data for space weather. Affiche, *Météorologie: de l'atmosphère à l'espace*, Meudon, France, juin 2015.
- Buchlin, É. et Génot, V. MEDOC and CDDP connected services for space weather applications. Stand d'exposition, *12th European Space Weather Week*, Ostende, Belgique, novembre 2014.
- Buchlin, É. et l'équipe MEDOC. Data and tools for automated solar data analysis at MEDOC. Affiche, Royal Astronomical Society Discussion Meeting on Modern data-analysis in solar physics, Londres, Royaume-Uni, janvier 2016.

- Buchlin, É. et l'équipe MEDOC. Solar data, data products, and tools at MEDOC. Présentation orale (invité) et affiche, Colloque à mi-parcours du PNST, Hendaye, France, mars 2016.

Le stand à ESWW12 a fait suite aux stands MEDOC et MEDOC-CDPP les deux années précédentes. Il a été l'occasion de présenter à la fois MEDOC, le CDPP, et les services PropagationTool et SpaceWeatherTool du CDPP, qui font appel à MEDOC, en présence des deux directeurs scientifiques. Le stand était constitué d'un poster (Fig. 6.1), de flyers en libre-service, d'un grand écran sur lequel nous avons montré des films de démonstration des services, et de deux ordinateurs pour les démonstrations interactives.

MEDOC et ses services ont aussi été présentés à différentes réunions ou documents, en particulier dans le cadre du département SPU de l'Université Paris-Saclay et de Solar Orbiter (notamment au MADAWG en novembre 2015 et avril 2016).

Enfin, MEDOC et le CDPP ont rédigé un article commun pour le rapport du CNES au COSPAR en vue de son assemblée générale 2016 à Istanbul.

6.4 Publications utilisant MEDOC

Le recensement de l'ensemble des publications utilisant MEDOC est difficile, vu qu'il n'existe aucune méthode systématique pour les rechercher.

Comme réponse partielle à ce problème, il est proposé de demander aux auteurs de publications scientifiques utilisant les données ou services de MEDOC d'inclure la phrase suivante dans les remerciements :

This work used data provided by the MEDOC data and operations centre (CNES / CNRS / Univ. Paris-Sud), <http://medoc.ias.u-psud.fr/>.

En voici cependant quelques unes pour 2015–2016 :

— Thèses :

- Joulin, V. (2015). Étude statistique et propriétés énergétiques des petits embrillanchements dans la couronne solaire. Thèse de doctorat, Université Paris-Sud.

— Revues à comité de lecture :

- Lemaire, P., Vial, J.-C., Curdt, W., Schühle U., et Wilhelm, K. (2015). Hydrogen Ly- α and Ly- β full Sun line profiles observed with SUMER/SOHO (1996-2009). *Astron. Astrophys.*, **581**, A26.
- Froment, C., Auchère, F., Bocchialini, K., Buchlin, É., Guennou, C., et Solomon, J. (2015). Evidence for evaporation-incomplete condensation cycles in warm solar coronal loops. *Astrophys. J.*, **807**, 158.
- Vial, J.-C., Eurin, G., et Curdt, W. (2015). The Balmer Lines of He II in the Blue Wing of the Hydrogen Lyman α Line Observed in a Quiescent Prominence. *Sol. Phys.*, **290**, 381–387.
- Schwartz, P., Gunár, S., and Curdt, W. (2015). Non-LTE modelling of prominence fine structures using hydrogen Lyman-line profiles. *Astron. Astrophys.*, **577**, A92.

- Vial, J.-C., Pelouze, G., Heinzl, P., Kleint, L., and Anzer, U. (2016). Observed IRIS Profiles of the h and k Doublet of Mg II and Comparison with Profiles from Quiescent Prominence NLTE Models. *Sol. Phys.*, **291**, 67–87.
- Cessateur, G., Schmutz, W., Wehrli, C., Gröbner, J., Haberreiter, M., Kretzschmar, M., Rozanov, E., Schöll, M., Shapiro, A., Thuillier, G., Egorova, T., Finsterle, W., Fox, N., Hochedez, J.-F., Koller, S., Meftah, M., Meindl, P., Nyeki, S., Pfiffner, D., Roth, H., Rouzé, M., Spescha, M., Tagirov, R., Werner, L., et Wyss, J.-U. (2016). Solar irradiance observations with PREMOS filter radiometers on the PICARD mission : In-flight performance and data release. *Astron. Astrophys.*, **588**, A126.

7 Organisation et ressources

7.1 Organisation actuelle de MEDOC

L'organisation fixée par la convention MEDOC est fondée sur :

- un Comité Directeur (CD)
- un Comité des Utilisateurs (CU)
- un Directeur Scientifique (DS) : Éric Buchlin (depuis novembre 2014).
- un Responsable Technique (RT) : Stéphane Caminade (depuis juin 2015).
- un Chef de Projet (CP) : Nicolas Dufourg

Le CD est composé de :

- Membres de droit (entre parenthèses : représentants au CD 2016) :
 - Le Directeur de l'INSU ou son représentant (François Leblanc).
 - Le Président de l'Université Paris-Sud ou son représentant (Étienne Augé).
 - Le Directeur de la Prospective, de la Stratégie, des Programmes, de la Valorisation et des Relations Internationales du CNES ou son représentant (Jean-Louis Monin).
 - Le Directeur du Centre de Toulouse du CNES ou son représentant (Olivier Marsal, Jean-Bernard Dubois).
 - Le Directeur du Programme National Soleil-Terre de l'INSU ou son représentant (Pierre-Louis Blelly).
 - Le Directeur de l'IAS ou son représentant (Marc Ollivier, Karine Bocchialini).
- Secrétaire : Le Responsable thématique du programme SHM au CNES (Kader Amsif).
- Personnalités extérieures invitées (Frédéric Baudin).
- Invités permanents : le DS (Éric Buchlin), le RT (Stéphane Caminade), le CP (Nicolas Dufourg), la Présidente du CU (Nicole Vilmer).

Le CU est composé actuellement (depuis 2016) de :

- Jean Abouharham
- Patrick Boumier
- Véronique Delouille
- Thierry Corbard
- André Csillaghy
- Matthieu Kretschmar
- Alexis Rouillard
- Nicole Vilmer (présidente)
- Invités permanents : le DS, le RT, le CP, le Responsable thématique du programme SHM au CNES.

7.2 Ressources humaines

Ingénieurs et techniciens à l'IAS (en tenant compte de la part de mutualisation au niveau d'IDOC et du service informatique qui reviennent à MEDOC), en ETP sur 2015 :

- Pablo Alingery, contrat Cesam Seed (CNES MEDOC), 1.00 : archivage et redistribution des données SDO, HelioViewer.
- Hervé Ballans, IR CNRS, 0.25 : SiTools, sécurité informatique.
- Stéphane Caminade, IE CNRS, 0.50 : responsable technique MEDOC, système, projets.
- Martine Chane-Yook, IR Univ. Paris-Sud, 0.30 : mise à jour des codes de transfert de rayonnement.
- Cécile Delannée, CDD (vacations IAS), 0.08 : base de données de simulations MHD.
- Shuo Li, CDD (CNES PICARD), 0.75 : archivage et redistribution des données PICARD, SiTools.
- Claude Mercier, IR CNRS, 0.65 : détection de filaments, production de cartes de paramètres physiques, optimisation de codes.
- Marc Nicolas, CDD (FLARECAST), 0.16 : SiTools.
- Susanna Parenti, CDD (CNES MEDOC), 0.33 : préparation de Solar Orbiter.
- Gilles Poulleau, IR CNRS, 0.30 : système, projets.
- Jeff Renaudat, CDD (CNES MEDOC), 0.70 : administration système et matériel.

Chercheurs de l'IAS, en ETP sur 2015 :

- Frédéric Auchère, AA CNAP, 0.10.
- Frédéric Baudin, A CNAP, 0.20.
- Karine Bocchialini, PU Univ. Paris-Sud, 0.05.
- Patrick Boumier, CR CNRS, 0.20.
- Éric Buchlin, CR CNRS, 0.30.
- Don Hassler, CDD CNRS, 0.05.
- Miho Janvier, AA CNAP depuis novembre 2015, 0.05.

7.3 Services d'observation CNAP liés à MEDOC

MEDOC est impliqué dans les services d'observation suivants (décrits dans la base de données des services d'observation AA à <http://insu.obspm.fr>) :

- SO2 Solar Orbiter / EUI, SPICE et PHI.
- SO5 MEDOC, Pôle de diffusion de données de physique solaire.
- SO6 STORMS.

7.4 Renouvellement de la convention

La convention entre le CNES, l'INSU et l'Univ. Paris-Sud établissant MEDOC en tant que Pôle Thématique de Physique Solaire a été signée le 21 mai 2011 pour une durée de 4 ans. Elle est en cours de renouvellement depuis 2015.