



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 1



Rapport au Comité Directeur du CDPP

*Bilan d'activité Septembre 2016 – Septembre 2017
Perspectives et Enjeux*

Rédigé par : Equipe CDPP	le : 06/09/2017	
Approuvé par : V. GENOT IRAP N. DUFOURG CNES - DNO/SC/ED	le : 07/09/2017	



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 2

DIFFUSION

		Observations
IRAP	V.GENOT	
IRAP	C. JACQUEY	
IRAP	N. ANDRE	
IRAP	B. LAVRAUD	
IRAP	F. PITOUT	
IRAP	A. ROUILLARD	
IRAP	M. BOUCHEMIT	
IRAP	M. GANGLOFF	
IRAP	N. JOURDANE	
IRAP	P. LOUARN	
IRAP	P.-L. BLELLY (PNST)	
IRAP/NOVELTIS	E. BUDNIK	
LESIA	B. CECCONI (OBSPM)	
LESIA	L. KLEIN (PNST)	
LATMOS	F. LEBLANC (INSU)	
IRSAMC	B. GEORGEOT (UPS)	
UFA/CAS/Prague	B. GRISON (CU)	
CNES/DIA/D	G. RABIN	
CNES/DIA/DA	F. PRADEILLES	
CNES/DIA/SME	J.L. MONIN	
	K. AMSIF	
CNES/DNO/SC/D	S. BARDE	
CNES/DNO/SC/DA	F. JOCTEUR-MONROZIER	
CNES/DNO/SC/ED	E. THULLIEZ	
	N. DUFOURG	
	D. DELMAS	
	J. DURAND	
	E. ORSAL	
CNES/DNO/ISA/VI	E. MORAND	
P		
	D. HEULET	



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 3

BORDEREAU D'INDEXATION

TITRE : Rapport au Comité Directeur du CDPP

AUTEUR : équipe CDPP

RESUME : rapport annuel des activités du CDPP (période septembre 2016-septembre 2017) en vue de la réunion du Comité Directeur

MOTS CLES : CDPP

SITUATION DU DOCUMENT : Ce document vit seul

NOMBRE DE PAGES : 108

SYSTEME HOTE : WINDOWS 7/WORD 2010



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 4

MODIFICATIONS

ETAT DOCUMENT			PAGES REVISEES
ED.	REV.	DATE	NUMEROS ET ETAT (*) DES PAGES MODIFIEES
01	00	21/07/2017	Création du document
	01	06/09/2017	Modification majeure

* : I = Inséré

S = Supprimé

M = Modifié



TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	7
2	RAPPORT D'ACTIVITÉS (SEPTEMBRE 2016 – SEPTEMBRE 2017)	9
2.1	DONNEES.....	9
2.1.1	Activités d'archivage.....	9
2.1.2	La base de données d'AMDA.....	12
2.1.3	la base planétaire d'AMDA.....	13
2.1.4	La base de données miroir THEMIS (collaboration IRAP/CDPP).....	14
2.1.5	Accès à des bases de données distantes	15
2.1.6	Accès à la base de données « Rosetta Plasma Consortium ».....	15
2.2	SERVICES : DEVELOPPEMENTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES	17
2.2.1	Serveur d'accès aux données de la base d'archive du CDPP	17
2.2.2	Un service d'analyse scientifique des données : AMDA.....	18
2.2.3	L'accès aux données AMDA via le serveur SIPAD	19
2.2.4	Visualisation 3D de données d'observation et de modèles : 3DView	20
2.2.5	Relier perturbations solaires observées et mesures in-situ : Propagation tool.....	24
2.2.6	Un outil de prevision en météorologie spatiale : le Space Weather tool.....	28
2.2.7	Un outil de transformation de reperes en physique spatiale : TREPS.....	29
2.2.8	Collaboration dans le domaine du « machine learning »	30
2.2.8.1	SCIQLOP	30
2.2.8.2	Proposition de stage.....	31
2.3	THESES, ANIMATION ET PRODUCTION SCIENTIFIQUES.....	32
2.4	STATISTIQUES D'UTILISATION DU CDPP	32
2.5	COMMUNICATION ET DIFFUSION	39
2.5.1	Refonte graphique	40
2.5.2	TP sur la plateforme MIRE de l'OVSQ.....	41
2.5.3	Plateforme de démonstration des outils et services au CNES.....	42
2.6	RETOURS DES UTILISATEURS	42
3	PERSPECTIVES ET ENJEUX	43
3.1	STRATEGIE PROPOSEE AU COMITE DIRECTEUR	43
3.1.1	Contexte et caractéristiques de la situation actuelle.....	43
3.1.2	Principes et axes de la stratégie du CDPP	46
3.2	PROJETS AUTOUR DES DONNEES.....	47
3.2.1	Activités de traitement, d'archivage et de mise à disposition des données: un effort en direction de la planétologie.....	47
3.2.1.1	Archivage au CNES (SIPAD).....	47
3.2.1.2	Migration de l'archive.....	50
3.2.2	Projet autour des données radio (MASER).....	50
3.2.3	base de données de "forme d'onde".....	52
3.2.4	Outil « ionosphère » : conjonctions sol-espace et projections 2D.....	53
3.3	PROJETS EUROPEENS : SSA ET H2020	59
3.3.1	SSA	60
3.3.2	Héliophysique : participation au projet FP7 HELCATS.....	61
3.3.3	Planétologie : participation au projet FP7 IMPEX.....	62
3.3.4	Europlanet H2020.....	65
3.3.4.1	VESPA	65
3.3.4.2	PSWS.....	70
3.3.5	ANR TEMPETE.....	75
3.3.6	Projets non retenus.....	75
3.4	IMPLICATIONS DANS LES PROJETS SPATIAUX	76
3.4.1	Projets sélectionnés.....	76



3.4.1.1	Solar Orbiter	76
3.4.1.2	JUICE	78
3.4.1.3	Bepi-Colombo, MMS, JUNO	79
3.4.1.4	Support au projet ATHENA-XIFU	79
3.4.2	Autres projets	83
3.5	INVESTISSEMENT DANS L'OBSERVATOIRE VIRTUEL HORS PROJET	83
3.5.1	Implication dans l'IPDA	83
3.5.2	Implication dans l'IVO	84
3.5.3	OV-GSO, Observatoire Virtuel Grand Sud-Ouest	84
3.5.4	Support au service STORMS	85
4	STATUTS DU CDPP ET DE SES DEVELOPPEMENTS	87
4.1	CONVENTION ACTUELLE ET STATUT DE POLE	87
4.2	LICENCES DES OUTILS	89
4.3	MAINTENANCE DES OUTILS	90
5	ORGANISATION ET RESSOURCES	91
5.1	RESSOURCES HUMAINES	91
5.1.1	Équipe CNES	94
5.1.2	Équipe CNAP/CNRS	94
5.1.3	Priorités de recrutement au CNAP	96
5.1.4	Perspectives	98
5.2	SUPPORT INDUSTRIEL ET CONTRACTUEL	98
5.2.1	CNES	98
5.2.2	IRAP	98
5.3	BUDGET	99
5.3.1	CNES	99
5.3.2	IRAP	99
6	CONCLUSIONS	101
7	REFERENCES	102
7.1	PUBLICATIONS DE REFERENCE SUR LES OUTILS DU CDPP	102
7.2	PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES RECENTES	103



1 INTRODUCTION

Lors de sa réunion du 2 Juin 2005, le CSE (Comité Scientifique Exécutif) du CDPP a redéfini les orientations du CDPP selon trois axes principaux :

- Données : poursuivre l'activité d'archivage pérenne des données obtenues par des expériences à participation françaises mais aussi (i) mettre à disposition des données récentes sur lesquelles se mobilise la communauté et (ii) les rendre facilement utilisables (extraction dans des formats standards)
- Services : développer des Services à Valeur Ajoutée attractifs offrant économie de temps et d'énergie aux utilisateurs et favorisant un accroissement du retour scientifique de l'exploitation des données
- Interopérabilité et Observatoires Virtuels (OV) : poursuite de l'investissement du CDPP dans le développement des standards et dans les projets d'OV à venir.

Le CDPP poursuit ces objectifs depuis maintenant plus de 12 ans. Les faits marquants de son action peuvent être résumés ainsi:

- expansion thématique à l'héliophysique¹, la planétologie et la météorologie de l'espace;
- mise à disposition d'un service d'exploitation des données en ligne AMDA, qui fait référence; extension de l'outil d'orbitographie 3DView qui permet aussi de visualiser des données d'observation et de simulation; développement de deux outils de propagation de perturbations solaires; développement d'un outil de changement de coordonnées en physique spatiale; participation à d'autres outils dans le cadre de projets (Connect-Solo, Transplanet, HelioPropa)
- développement de l'interopérabilité, en particulier autour d'AMDA et de 3DView;
- participation à plusieurs projets européens (FP7, H2020 ou ESA) visant à définir et construire les e-infrastructures européennes (EUROPLANET, HELIO, CASSIS, VISPLANET, IMPEX, HELCATS);
- participation au développement des standards de description des données (SPASE, IPDA, IVOA) et intégration de ces éléments dans les outils et services du CDPP;

¹ Héliophysique: étude du système soleil-héliosphère-magnétosphères-ionosphères et des couplages qui s'y exercent



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 8

- une utilisation significativement accrue du CDPP par la communauté scientifique qui se révèle par le nombre de publications mentionnant le CDPP.
- Participation à des projets ANR dont deux ont été acceptés en 2017 (porteur R. Modolo, LATMOS, et A. Rouillard, IRAP) avec des retombées fortes pour les outils du CDPP.

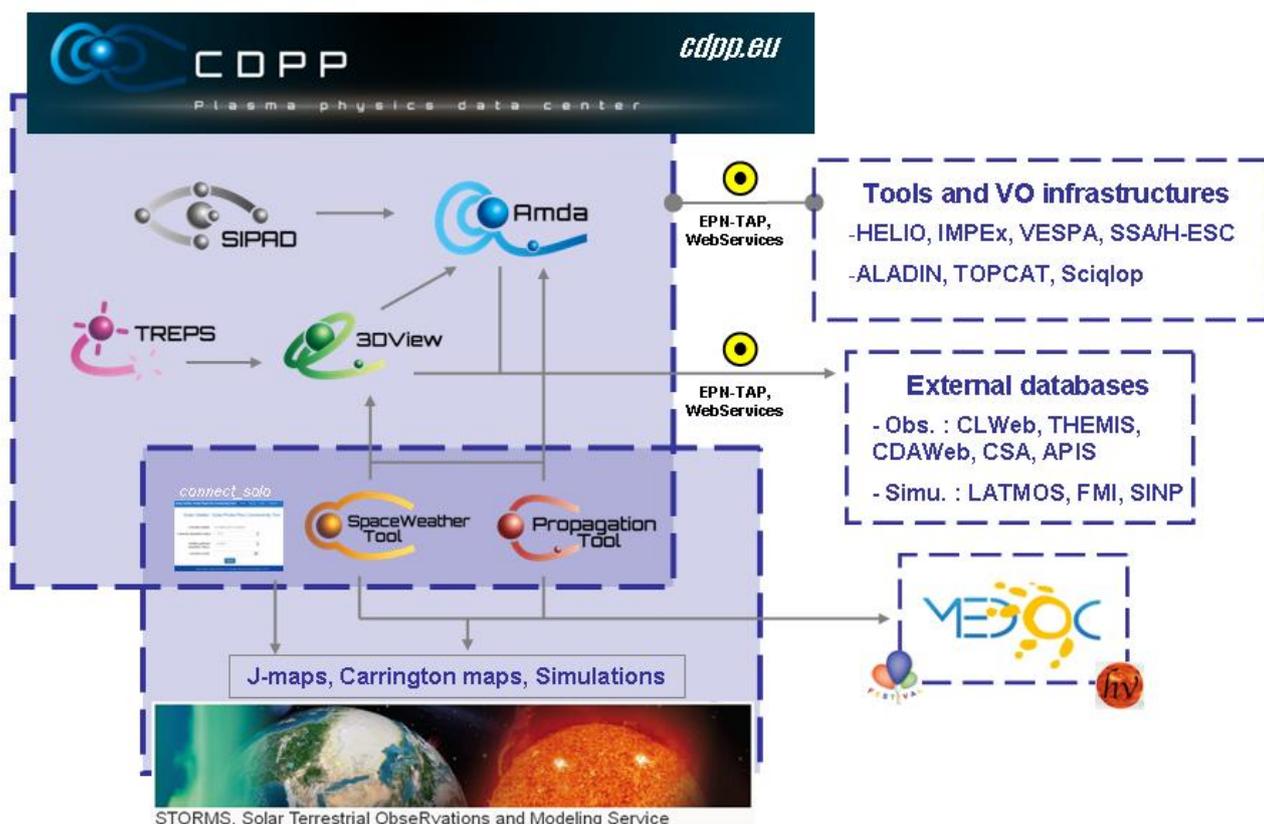
Le compte-rendu de la réunion du Comité Directeur du 15 septembre 2016-est disponible à https://projects.irap.omp.eu/attachments/download/7299/CR_CD_CDPP_150916.pdf

Le rapport qui suit fournit un bilan de l'exercice septembre 2016 – septembre 2017 et décrit les perspectives envisagées par l'équipe du CDPP.

2 RAPPORT D'ACTIVITÉS (SEPTEMBRE 2016 – SEPTEMBRE 2017)

2.1 DONNEES

Le CDPP met à disposition plusieurs bases de données : la base d'archive du SIPAD au CNES, la base de données du service AMDA, et la base miroir THEMIS. Le CDPP a par ailleurs développé des liens interopérables permettant d'extraire des données depuis des bases externes. La figure ci-dessous donne une représentation schématique de l'accès aux données tel qu'il est offert par le CDPP ainsi que de la connexion de ses différents services entre eux et vers l'extérieur.



Bases de données et services accessibles à travers le CDPP.

2.1.1 ACTIVITES D'ARCHIVAGE

L'archivage des données des expériences relevant du cadre défini par la convention CNES-CNRS-ObsParis-UPS reste une tâche de fond essentielle. Elle comporte plusieurs types d'activités, à savoir : récupération des données depuis leur site de production, stockage de ces données par le service STAF du CNES, création des métadonnées permettant de décrire les



missions, les observatoires, les expériences, les instruments et les jeux de données, constitution et tri de la documentation, et, lorsque cela est possible, ajout de représentations graphiques systématiques qui sont une valeur ajoutée importante pour l'archive. Ces activités se terminent toujours par un référencement des données ou documents produits dans le catalogue de diffusion. Pour les données anciennes, toutes ces activités sont prises en charge par le CDPP. Pour les missions en cours, un partage des tâches est défini avec l'équipe laboratoire.

Le tableau suivant présente une synthèse des activités récurrentes d'archivage menées sur la période Septembre 2016 à Août 2017. Pour chaque mission ou expérience, il présente la date de début de l'activité d'archivage, la périodicité d'acquisition des données et la couverture temporelle de l'ensemble des données archivées. Ne sont pas détaillées les activités de traitement par rapport aux activités de retraitement.

Mission/Expérience	Date de début d'archivage	Périodicité	Période couverte
Mission CASSINI			
Données RPWS	Novembre 2010	Quotidienne (Rattrapage)	Octobre 1997 à mars 2017
Mission CLUSTER			
Paramètres CSDS	Mi-2001	Mensuelle	Variable selon les expériences
WHISPER	Fin 2004	Hebdomadaire	Janvier 2001 à juillet 2017
STAFF	Mi -2007	En attente de nouvelles données	Janvier 2001 à juin 2016
CIS	Mi-2008	En attente de nouvelles données	Janvier 2001 à décembre 2013
Mission STEREO			
Données SWAVES	Juillet 2007	Hebdomadaire	Octobre 2006 à août 2017
Waveforms	Août 2015	En attente de nouvelles données	Janvier 2007 à août 2014
Mission WIND			
3DP	Fin 2000	Trimestrielle	Novembre 1994 à décembre 2016
WAVES	Début 2002	Mensuelle	Novembre 1994 à juin 2017
Mission THEMIS			
SCM	Juin 2017	En attente de nouvelles données	Février 2007 à juin 2017
Programme EISCAT			



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 11

Radars EISCAT	Début 1999	Toujours en attente de nouvelles données	Janvier 1997 à décembre 2008
Mission GIOTTO			
Données RPA	Novembre 2010	Jeu par jeu	Mars 1986

La décision d'extension de mission Cluster a eu pour conséquence la redéfinition des différentes chaînes de traitement des expériences et en conséquence la modification des chaînes d'acquisition et d'archivage du CDPP. A noter en particulier l'arrêt de la production des données WHISPER HR par le CDPP, cette production étant reprise par le LPC2E.

De nouveaux jeux de données Cluster ont été ingérés dans le SIPAD. Les données de l'expérience STAFF ont été retraitées et ont fait l'objet d'un ré-archivage sur toute la durée de la mission.

De nouvelles données EISCAT issues de Grenoble restent à archiver. Les 1ères livraisons n'ayant pas été correctes, nous sommes en attente de correction des chaînes de traitement à l'IRAP.

A ces activités d'archivage, s'ajoute la récupération hebdomadaire des données de niveau 2 de l'expérience SWAVES de la mission STEREO dont le CDPP est le centre distributeur (le CDPP récupère et distribue les données N2 préliminaires et archive et distribue les données N2 définitives).

En 2012 a démarré une activité de mise à disposition des éphémérides pour l'ensemble des observatoires de l'archive dans un format ASCII plus simple à utiliser que le format existant précédemment. Les données d'éphéméride sont disponibles pour les missions Arcad-3, Cluster, Demeter, Double Star, Interball, Stereo et Wind. Cette action va se poursuivre maintenant par la mise à jour régulière des orbites des missions encore en vol.

En 2013 a démarré la prise en compte de nouveaux jeux de données : Cassini N3, Forme d'onde Stereo. Les données formes d'ondes Stereo ont fait l'objet d'un rattrapage et sont maintenant en exploitation de routine au fur et à mesure de leur production.

Les données Giotto ont été fournies pour validation scientifique et pour intégration dans la base AMDA. Elles seront mises à disposition via le SIPAD après validation.

Une activité de prise en compte de nouveaux jeux de données Interball (flux ION et ELECTRON calibrés) a été menée. Les nouveaux jeux de données correspondants sont mis à



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 12

disposition. Les activités de réhabilitation des données des "missions orphelines" ont été mises en sommeil en l'attente du renfort de l'équipe CNES.

Volumétrie :

Au 23 Juin 2017, la base d'archive du CDPP représente :

- ✓ 901 jeux de données (+199 !),
- ✓ 3 317 392 fichiers de données (+ 368 639),
- ✓ 92 jeux d'imagettes (=),
- ✓ 596 266 imagettes (en 2 résolutions) (+ 3 145),
- ✓ 23 To d'objets de stockage (+ 9 To) (correspondant à 80 To de données).

Les missions CLUSTER, DEMETER et INTERBALL représentent les volumes les plus importants.

Depuis la mise à jour en mars du SIPAD en version 5.7, les données de la base AMDA sont présentées dans l'arborescence SIPAD. Les utilisateurs peuvent par conséquent browser et commander les données AMDA via le SIPAD (cf. paragraphe 2.2.3).

2.1.2 LA BASE DE DONNEES D'AMDA

Le service AMDA (décrit en Section 2.2.2) possède sa propre base de données. Il s'agit d'une base d'usage regroupant les données les plus utilisées et couvrant de façon quasi-continue une quarantaine d'années d'exploration des magnétosphères planétaires et du vent solaire. Cette vaste collection de données inclut des mesures obtenues par les missions THEMIS, CLUSTER, Double STAR, GEOTAIL, INTERBALL, POLAR, ACE, WIND, IMP-8, ISEE, ... et sol (indices géomagnétique, radars EISCAT). Les données planétaires intégrées sont par exemple : CASSINI/RPWS, VEX/ASPERA-4, MEX/ASPERA-3, Galileo, MAVEN, Rosetta...

En 2016-2017 les données suivantes ont été ajoutées :

Sur AMDA et AMDANEW (instance en développement) :

- MAVEN : SEP, KEY PARAMETERS; MAG RESAMPLED
- ROSETTA : IES, MAG RESAMPLED, ICA (soon)
- MEX : IMA 'Solar Wind'
- VEX : IMA 'Solar Wind'
- MEX : IMA new mode of operation processed
- VEX IMA : reprocessed



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 13

- Vent solaire propagé à diverses planètes et sondes (modèle de TAO) à partir de ACE 'Real Time'
- GEOTAIL : EPIC
- DSCOVR (real time; en cours)

Sur AMDANEW uniquement :

- CASSINI : LP (collaboration avec M. Holmberg, post-doc à l'IRAP)
- EISCAT (données livrées, intégration à venir)
- JUNO (données disponibles à partir de septembre 2017)

Le volume actuel de cette base est de 1.3 To (+34% sur un an). Depuis 2013 une sauvegarde régulière de toutes ces données (et du code logiciel) sur le site de l'OMP est réalisée grâce à un service mis en place par ODC (OMP Data Centre <http://www2.obs-mip.fr/odc>).

2.1.3 LA BASE PLANETAIRE D'AMDA

A partir de l'année 2011 le CDPP s'est beaucoup investi dans l'archivage et la mise à disposition de nouvelles données servant la planétologie. Cet effort a été investi tant dans le cadre des projets EUROPLANET et IMPEX que dans la perspective de la préparation des projets spatiaux futurs (support à la mission JUICE, voir ci-dessous).

Grâce aux recrutements de CDD, la base AMDA a ainsi été enrichie au cours du temps de très nombreuses ressources planétaires (données éphémérides, champ magnétique, plasma, particules énergétiques, ondes, etc) provenant de différentes bases de données (NASA/PDS, ONERA) ou à travers des liens interopérables (Venus Express MAG à IWF/Graz, Cassini MAPSKP à l'IRAP). Les choix de priorité ont été guidés par la disponibilité et l'intérêt des données pour les utilisateurs, notamment pour celles obtenues sur les missions en cours d'exploitation (Mars Express, Venus Express, Cassini, MAVEN), les missions NASA (MESSENGER) sans participation hardware européenne, ou encore celles permettant de préparer les missions futures (MESSENGER pour BepiColombo, Galileo pour Juno et JUICE). L'accrétion de certaines d'entre elles a été réalisée en collaboration avec des chercheurs de la communauté spécialiste de ces données (A. Fedorov pour les données ASPERA de Mars et Venus Express, P. Schippers pour les données Cassini CAPS, C. Mazelle pour les données Giotto avec un support supplémentaire du CNES, C. Mazelle pour les données MAVEN). Un effort particulier a été réalisé pour la base RPC (cf Section 2.1.6).

Base de Données Jupiter

Dans la perspective de la mission JUICE de l'ESA pour laquelle les laboratoires français ont étudié la fourniture de détecteurs de particules chargées et de senseurs électromagnétiques, un effort tout particulier a été apporté à la constitution d'une base de données obtenues dans



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 14

l'environnement de Jupiter et de ses lunes des plus complètes. Cette base de données, qui a bénéficié d'un support spécifique du CNES, a été mise en service en 2012. L'opération a consisté (i) à récupérer – principalement depuis le PDS - les données des missions GALILEO, CASSINI, ULYSSES, PIONEER 10/11, VOYAGER 1/2, New Horizon, (ii) à effectuer les traitements nécessaires à leur calibration, (iii) à les homogénéiser et à les standardiser et (iv) à les organiser dans une base de données exploitable par AMDA.

Cette opération permet maintenant à la communauté d'avoir un accès facilité et exploitable à l'ensemble des "données Jupiter" existantes. Cette base a aidé à la définition de la mission JUICE et des spécifications de ses instruments (en particulier CEPAGE porté par N. André à l'IRAP).

Cette action a permis au CDPP de se placer en bonne position pour être un artisan clef pour l'archivage et la dissémination des données de cette mission (ce sera déjà officiellement le cas pour l'instrument RPWI voir Section 3.4.1.2). Des discussions avec l'équipe projet Juno ont débuté au printemps 2013 (présentation des activités CDPP au Juno team meeting, avril 2013) et ont été poursuivies depuis. Plusieurs personnes de l'IRAP (dont N. André et V. Génot) possèdent un accès au JSOC. Un accès automatisé par AMDA est à l'étude mais le manque de personnel sur cette action empêche pour l'instant d'avancer.

En 2017, les données concernant Jupiter sont à nouveau à l'honneur : grâce à un contrat avec la société AKKA, ce sont les données Juno disponibles au PDS qui vont être intégrées dans AMDA (instruments WAVES, JEDI, JADE et MAG). Ce travail devrait se terminer à l'automne 2017 et il sera présenté à l'EPSC (mi-septembre). Les observations in situ de Juno pourront ainsi être corrélées avec les données des émissions aurorales du Hubble Space Telescope disponibles dans les différents outils du CDPP à travers leur connexion à la base de données APIS.

2.1.4 LA BASE DE DONNEES MIROIR THEMIS (COLLABORATION IRAP/CDPP)

L'IRAP est co-I de la mission THEMIS et a la responsabilité d'établir, de maintenir et de mettre à disposition une base des données THEMIS miroir de celle de la mission résidente au SSL à Berkeley. Cette base miroir a été rapidement mise en place au CDPP avec la collaboration d'un ingénieur de l'IRAP, E. Penou. Le CDPP met ainsi à disposition les mesures de THEMIS (données spatiales uniquement, les données sol étant trop volumineuses et les outils du CDPP ne permettant pas leur analyse) dans un délai de moins de 48 heures après leur acquisition. Le service AMDA accède à la base THEMIS via une connexion NFS.

Le volume actuel de la base THEMIS est de 12.7 To, dont 2.6 pour la partie « ground based » (images des caméras plein ciel, et vecteurs champ magnétique des stations sol).



2.1.5 ACCES A DES BASES DE DONNEES DISTANTES

Au cours de son travail d'analyse, le chercheur a souvent besoin d'accéder à des données complémentaires qui ne sont pas nécessairement mises en base au CDPP. Le CDPP a donc développé des liens interopérables permettant d'accéder au contenu de plusieurs bases distantes à partir du service AMDA. L'utilisateur d'AMDA peut ainsi extraire et exploiter directement les données provenant des bases :

- CDAWeb, (NASA/SPDF, Etats-Unis)
- CASSINI/MAPSKP, (IRAP)
- THEMIS (IRAP)

Il faut ajouter à cette liste les bases de modèles mises en accès grâce au projet IMPEX : les bases du LATMOS (LatHyS) et du FMI (HWA), ainsi les services de calcul de modèles « à la volée » (au SINP et au LESIA). Des démonstrateurs d'accès aux simulations du CCMC et de UCLA ont aussi été réalisés. Enfin la base de données observationnelles CLWeb (IRAP) est aussi accessible depuis AMDA. Un service de calcul de modèle champ magnétique jovien au LESIA est aussi en phase de test.

2.1.6 ACCES A LA BASE DE DONNEES « ROSETTA PLASMA CONSORTIUM »

Le CDPP a été invité à donner une présentation à une réunion (7 avril 2014) du consortium RPC (données plasma) de la mission Rosetta. Les équipes instrumentales ont été séduites par l'offre de service du CDPP et il a été rapidement décidé que :

- Le CDPP récupère les données RPC sur un serveur central situé à l'Imperial College (UK)
- Le CDPP propose un environnement Rosetta dans AMDA (voir figure ci-dessous) permettant aux équipes instrumentales de tracer leurs données

Une première version a été mise en place dès l'été et présentée à la réunion RPC de fin juillet 2014. Peu à peu tous les instruments de RPC + Rosina ont été intégrés dans AMDA. Dès le mois de septembre, l'utilisation d'AMDA a connu une forte hausse : la communauté RPC est devenue la première utilisatrice de l'outil et c'est toujours le cas aujourd'hui (fin avril 2015). En complément des données Rosetta, le CDPP s'est investi pour mettre à disposition : des données d'orbitographie de Rosetta et de 67P, des données à d'autres comètes (action Giotto/RPA, données du PSA) ainsi que des données de vent solaire propagées de 1 UA à Rosetta (grâce à un modèle MHD par C. Tao).

Cette action a sollicité fortement l'équipe AMDA à une période déjà très tendue (développement du nouveau noyau). Cependant l'investissement a été payant



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 16

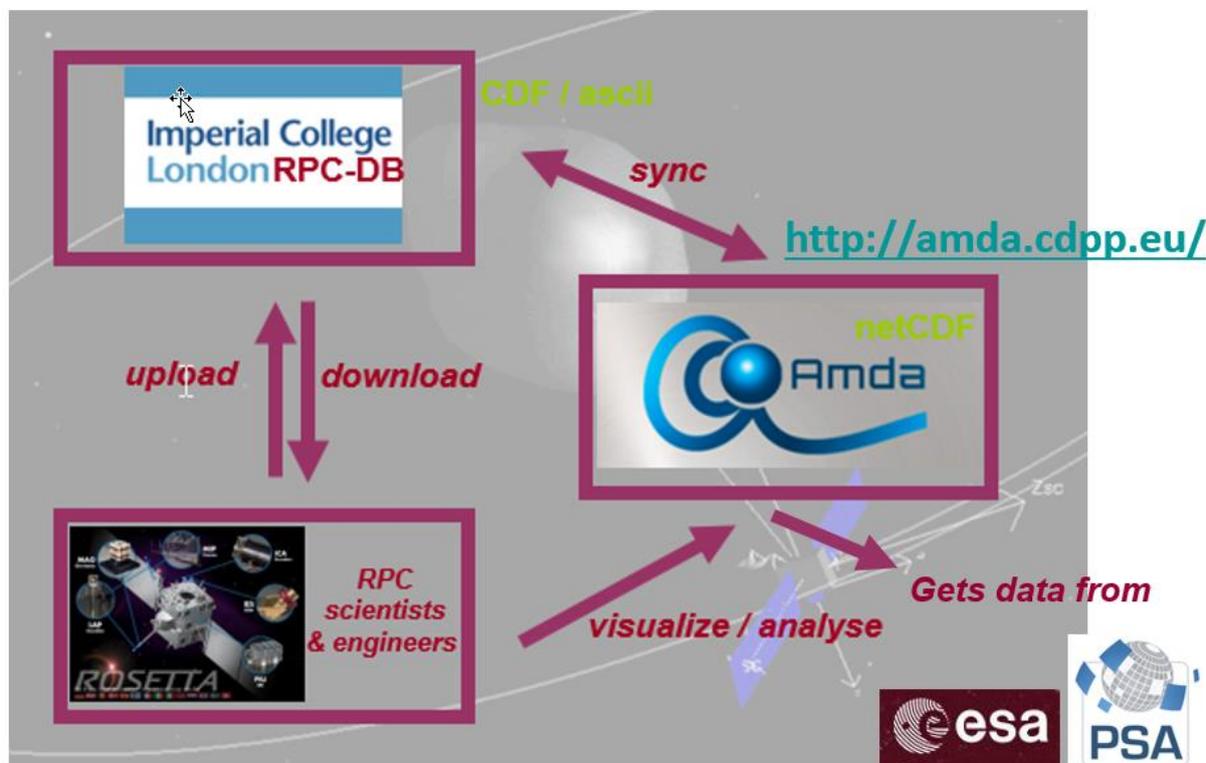
- Participation à une mission phare
- Ouverture de l'outil vers une nouvelle communauté
- Expérience de la mise à disposition de données multi-instruments d'une mission opérationnelle (qui sera utile dans le contexte de Solar Orbiter par ex.)

En 2015, un rappel sur la citation des outils CDPP a été formulé à l'équipe RPC qui a bien compris le message : l'essentiel des références aux outils CDPP se trouve dans des articles traitant des données RPC (cf liste de références en fin de rapport).

En 2015, plusieurs mises à jour de la base et des fonctionnalités ont été réalisées avec une diminution progressive de la charge. 2016 a vu la fin des opérations (en septembre) et les équipes PI ont obtenues du financement ESA pour fournir des produits scientifiques de type L2/L3. Le CDPP a proposé de continuer son support pour préparer ces produits.

En 2017, les données ont été rendues publiques en conformité avec celles disponibles à l'ESA/PSA (celles qui différaient de la base AMDA ont été téléchargées). Par ailleurs le CDPP s'est investi dans la fourniture d'un service de cartes d'illumination de la comète en collaboration avec Imperial College, London. Ces cartes sont disponibles à travers VESPA (voir section 3.3.4.1).

Au final, l'action « Rosetta » aura été très bénéfique puisqu'elle a attiré un nombre important de nouveaux utilisateurs d'AMDA (plusieurs dizaines). Le nombre de publications issues directement ou pour partie de l'utilisation des outils du CDPP s'élève à 15 en 2 ans.



Architecture mise en place entre Imperial College, London et le CDPP pour l'accès aux données du Rosetta Plasma Consortium

2.2 SERVICES : DEVELOPPEMENTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

2.2.1 SERVEUR D'ACCES AUX DONNEES DE LA BASE D'ARCHIVE DU CDPP

Le serveur CNES d'accès à l'archive du CDPP est accessible via le serveur du CDPP ou bien directement à l'adresse <https://cdpp-archive.cnes.fr/>. Ce serveur est basé sur le système SIPAD-NG (Système d'Information, de Préservation et d'Accès aux Données – Nouvelle Génération), utilisé par plusieurs Centres de Données CNES.

La version 5.7 du SIPAD comprend, outre la correction de quelques anomalies, la nouvelle fonctionnalité d'accès aux données AMDA via le SIPAD. Le but de ce développement est d'offrir un point d'accès unique pour les téléchargements des données du CDPP, que ces données soient dans la base SIPAD ou dans la base AMDA (cf. Section 2.2.3).



2.2.2 UN SERVICE D'ANALYSE SCIENTIFIQUE DES DONNEES : AMDA

AMDA (Automated Multi-Dataset Analysis) est un outil d'analyse scientifique en ligne. Son développement a commencé mi-2006. Son système repose sur trois fondements :

- l'accès automatisé aux données permettant à l'utilisateur de travailler de façon transparente avec les paramètres physiques sans plus se soucier des fichiers qui contiennent leurs mesures
- la génération et la gestion de tables d'événements permettant des manipulations de données automatisées
- l'interface utilisateur permettant de formuler, sauvegarder et gérer les requêtes ainsi que leurs résultats.

AMDA offre des fonctionnalités "classiques" de visualisation ou d'extraction des données mais aussi d'autres plus novatrices : calcul de paramètres à partir du contenu des données, recherche visuelle ou automatisée sur le contenu des données, génération et gestion de tables d'événements ou de catalogues.

L'année 2010 a vu démarrer les activités d'industrialisation d'AMDA au travers de la mise en place d'un contrat industriel (AKKA) portant sur l'IHM et pour une durée d'une année à cheval sur 2010 et 2011. Ce contrat a permis de définir les choix technologiques et les concepts de cette nouvelle IHM (bureau dans un navigateur). A la fin du contrat le développement a continué en interne. Une première version a été testée positivement par le Comité des Utilisateurs mais elle n'était pas assez aboutie pour une ouverture publique. En 2013, une campagne complète de tests a permis d'identifier les derniers problèmes (retour du CU d'avril 2013) qui concernaient, outre quelques bugs, l'aide et la mise à jour de la base. L'ouverture officielle de la version opérationnelle a finalement eu lieu le 28 novembre 2013.

Parallèlement une refonte du noyau d'AMDA (programmation objet, nouvelles fonctionnalités scientifiques, indépendance vis-à-vis d'IDL, ...) a débuté en 2012. La 1^{ère} prestation industrielle a concerné le développement de la fonction paramètre du noyau, fonction centrale du noyau AMDA (société AKKA). Ce développement, réalisé selon la méthode Agile SCRUM et avec le support de l'équipe technique AMDA a été réalisé fin 2012-début 2013.

Elle s'est poursuivie en 2013 par le développement des autres fonctions du noyau (société CS). Cette dernière prestation n'a pas permis de réaliser toutes les fonctions attendues et une autre prestation avec la société AKKA a eu lieu en 2014. En 2015 puis en 2016, sur la période de ce rapport d'activité, l'essentiel des fonctionnalités importantes de l'outil ont continué à être réalisées (lors de 3 prestations, une financé par des reliquats de projets du CDPP, et 2 par le CNES pour un total de 158 jours) ; notons principalement : une nouvelle interface de tracé (fonction principale d'AMDA), le chargement dynamique des modules, la migration du framework utilisé, l'intégration de modèles analytiques, la création d'objets partagés, ...

Ces développements ont été réalisés en intégrant à la fois la nouvelle IHM avec le nouveau noyau afin d'avoir une version beta complète de l'outil. L'IRAP prendra à sa charge les



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 19

développements restants et, éventuellement, s'orientera vers une nouvelle prestation selon sa charge de travail.

En mai 2016 l'équipe AMDA a proposé aux membres du CU une campagne de tests intensifs de la nouvelle version AMDA (IHM + noyau). Le CU a été positivement impressionné par les potentialités de l'outil et a encouragé l'équipe AMDA à travailler selon 2 axes : 1/ corriger des bugs rencontrés (assez peu nombreux), et 2/ finir la description des paramètres de la base. En effet avec cette nouvelle version de l'outil toutes les données d'AMDA sont entrées dans un registre SPASE qui permet un degré accru de standardisation, ainsi qu'une transition facilitée vers d'autres descriptions comme EPN-TAP (cadre Europlanet). Cela nécessite donc une évolution de la description simple / « propriétaire » actuelle vers ce standard. Pour cela, certains membres du CU ainsi que de l'équipe scientifique du CDPP ont été sollicités pour fournir les descripteurs manquants pour les jeux de données qu'ils connaissaient le mieux (qu'ils en soient remerciés ici). Le travail s'est étalé sur 2016 et 2017. Il reste toujours actuellement des jeux à décrire, notamment des spectrogrammes, mais l'essentiel de cette tâche a été réalisé.

2.2.3 L'ACCES AUX DONNEES AMDA VIA LE SERVEUR SIPAD

Le CDPP a souhaité se doter d'une interface unique permettant de visualiser et de commander l'ensemble des données du CDPP, que celles-ci soient localisées dans l'archive SIPAD au CNES ou la base AMDA à l'IRAP. Un développement industriel a été réalisé. Il permet la visualisation des données AMDA sous forme d'une arborescence Missions@AMDA. Les données sont accompagnées des métadonnées récupérées dans le registre SPASE de l'IRAP décrivant les données AMDA. Les données peuvent alors être commandées depuis le SIPAD via l'appel aux webservices AMDA.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 20

The screenshot shows the CDPP Plasma Physics Data Center interface. On the left, a navigation tree under 'Missions@AMDA' lists various missions including ACE, MFI, SWEPAM, and others. On the right, a 'SWEPAM' panel displays a table of data sets.

DATA SETS	DESCRIPTION	DOCUMENTS			
LABEL	AMDA identifier	Start date	End date	Number of files	Total dataset size
sw : final	ace.swe.all	1998/02/04	2016/02/04	1296	2.21 GB
sw : prelim	ace.swp.all	2001/01/01	2016/07/01	744	223.27 MB
sw : real time	ace.swepam.real	2014/01/06	2016/06/27	387	133.79 MB

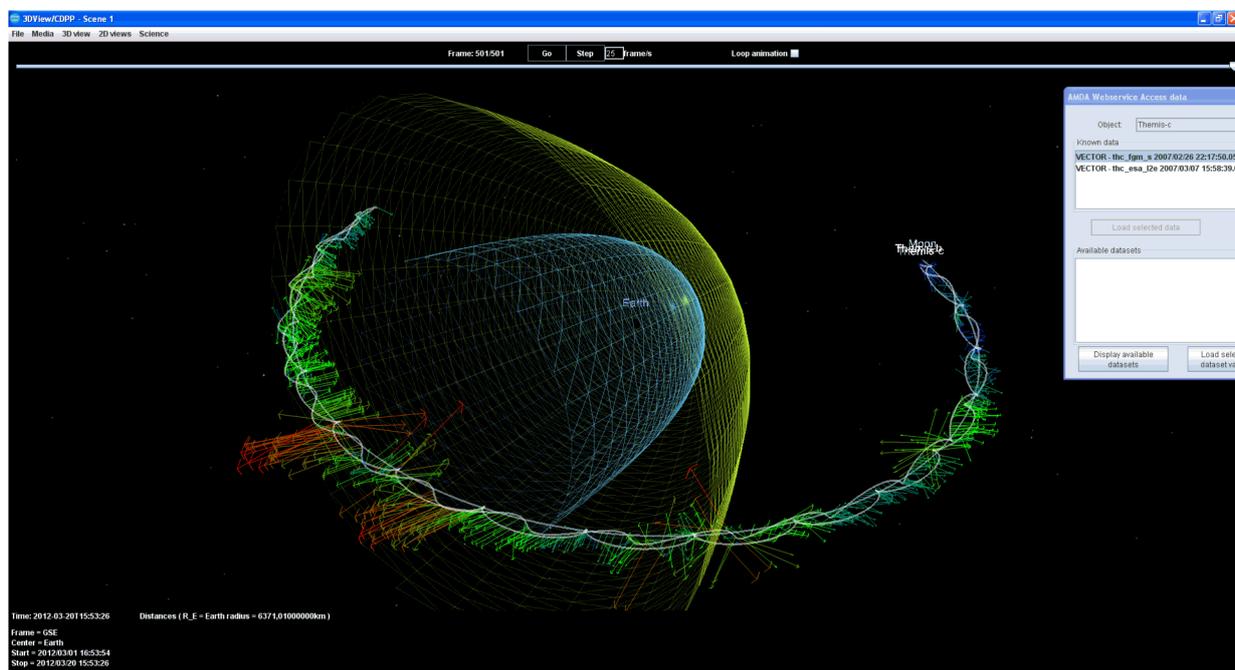
AMDA vu dans le SIPAD reprenant la charte graphique du nouveau serveur CDPP

Cette fonctionnalité a été déployée sur l'instance de production du SIPAD. Les premières commandes de données AMDA par les utilisateurs ont été faites.

2.2.4 VISUALISATION 3D DE DONNEES D'OBSERVATION ET DE MODELES : 3DVIEW

L'outil 3DView est un outil de localisation et de visualisation en 3 dimensions des sondes et des objets dans le système solaire. L'outil a été développé par la société GFI sous la maîtrise du CNES. Le CDPP a participé à la définition des nouvelles spécifications, aux tests utilisateurs et aux recettes.

L'outil 3DView est très performant et ses capacités – déjà existantes et potentielles – sont d'une grande utilité pour l'exploitation scientifique des données. Il peut être enrichi pour servir plusieurs disciplines au sein de la planétologie, mais aussi dans le cadre de l'étude de l'héliosphère, des relations Soleil-Terre-planètes ou de la magnétosphère terrestre (et très bientôt de l'ionosphère).



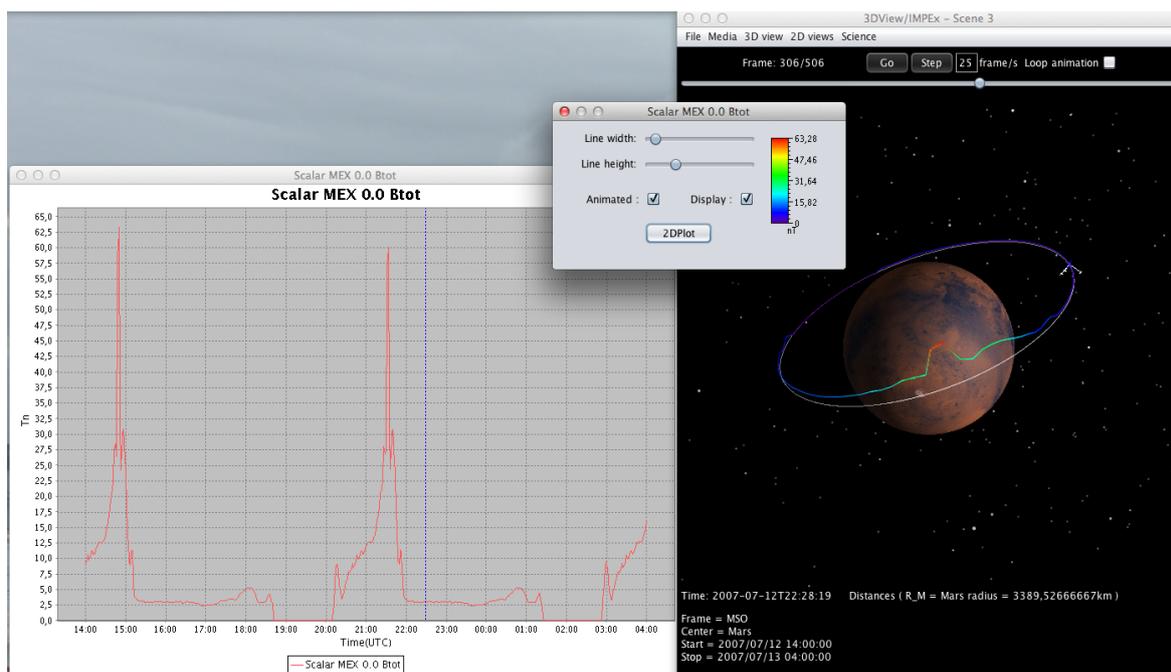
Un exemple de représentation de 3DView faisant figurer les données (vecteur champ magnétique) mesurées le long des trajectoires des deux sondes Artemis en orbite autour de la Lune, dans le vent solaire, la magnétogaine et la queue magnétosphérique (les deux surfaces colorées représentent le choc et la magnétopause).

Les objectifs du projet IMPEx ont imposé une forte interopérabilité entre les outils et bases de données impliquées. Pour cela 3DView, qui est un des outils centraux de ce projet, a dû acquérir une couche de communication qui n'existait auparavant que sous forme prototype (connexion avec certaines données d'AMDA). Cela a nécessité l'implémentation des protocoles et des interfaces définis par le projet dans la phase d'architecture (printemps 2012). Un aspect essentiel concerne les nouvelles fonctionnalités de visualisation (1) des données observationnelles le long des trajectoires des satellites présents dans la scène, (2) des données de simulation et de modèles interpolées le long des trajectoires de satellites et en 3D (coupes selon différents plans choisis par l'utilisateur, iso-surfaces, lignes de champ, frontières ...).

Le développement de 3DView a été réalisé par la société GFI (suivi CNRS, suite à une cession de licence par le CNES). L'appel d'offre, lancé en juillet 2012 a été suivi d'une phase de négociation assez longue pour cause de budget contraint par le financement européen. La réunion de démarrage a finalement eu lieu en janvier 2013. Le développement des nouvelles fonctionnalités de l'outil s'est étalé jusqu'à la fin du projet IMPEx, en mai 2015 (recette finale). Les fonctionnalités suivantes, définies dans le cahier des charges, ont ainsi été implémentées et validées :

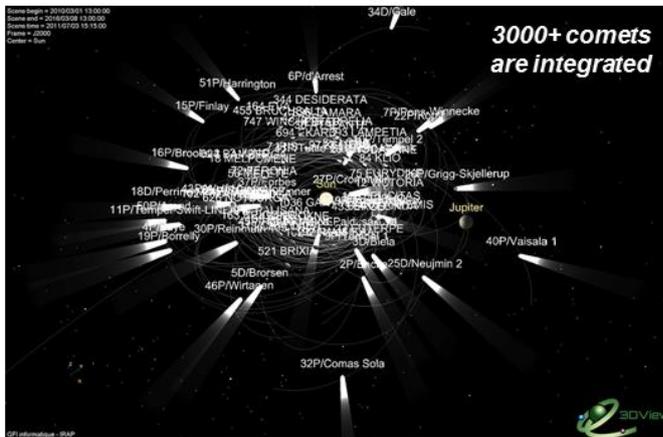
- Accès aux données d'observation fournies par AMDA
- Accès aux données de simulation provenant du LATMOS, du FMI, du SINP
- Accès aux données de simulation provenant du CCMC et UCLA (prototypes)

- Tracé de scalaires, vecteurs et spectrogrammes (simulations ou observations) le long des trajectoires de satellites
- Affichage de coupes 2D
- Gestion et génération de Tables d'Evénements
- Téléchargement de Tables d'Evénements à partir de AMDA et CLWeb par web-service
- Echange de données entre AMDA et 3DView à l'aide du protocole SAMP de l'IVOA
- Implémentation d'un mécanisme de synchronisation 2D/3D
- Tracé de lignes de champs pour les simulations et les modèles analytiques
- Ajout d'orbites à partir de fichier utilisateur
- Ajout de cartes planétaires
- Ajout de modèles de frontière
- Ajout du modèle de Tsyganenko
- Connexions au SSCWeb (orbites) et au CDAWeb (données)



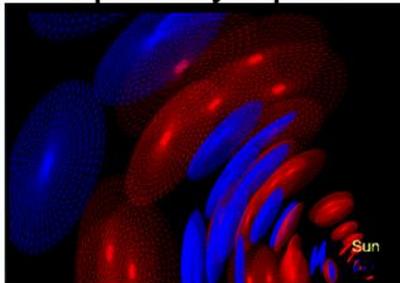
Mécanisme de synchronisation 2D/3D dans 3DView : la barre verticale bleue dans le tracé 2D à gauche suit la progression de la scène 3D

Comets < ~Jupiter orbit

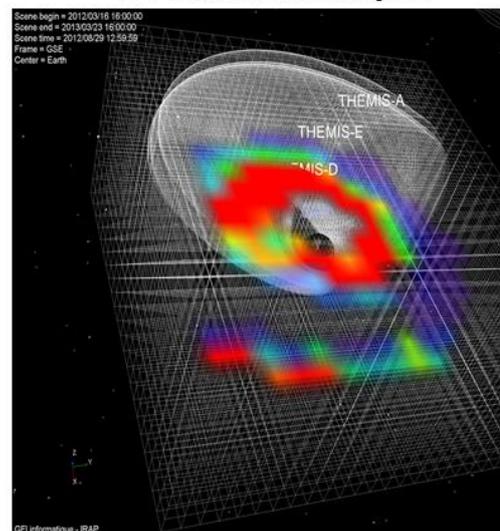


New 3DView functionalities in development (soon available)

Dynamic CME fronts from HELCATS catalogues + planetary impacts



3D statistical analysis



Galerie de quelques nouvelles fonctionnalités de 3DView V1.11 : visualisation de comètes et de fronts d'éjections de masse coronale et statistiques 3D.

En 2016, un contrat complémentaire, financé par le CNES, a permis le développement de nouvelles fonctionnalités, notamment celles qui n'avaient pu être prises en compte par le projet IMPEx mais qui se sont révélées nécessaires. Depuis le début du projet Europlanet H2020, certains nouveaux développements sont aussi pris en charge directement par la société GFI qui est partenaire du projet (cf Section 3.3.4.1). La version de production est actuellement la V1.11 (octobre 2016) ; la livraison d'une nouvelle version intégrant les fonctionnalités du CST (voir la section 3.2.4 pour une description détaillée) aura lieu en septembre 2017. Ainsi, ces derniers mois les fonctionnalités suivantes ont été rendues disponibles :

- Lignes et pieds de champ magnétique solaire (modèle de Parker, ou fichier utilisateur)
- Chargement de trajectoires utilisateur (ASCII ou VOTable)
- Histogrammes 3D de quantités tracées le long de l'orbite d'un satellite
- Ajout du système RTN et équivalents (KRTP, ...)
- Ajout de satellites : MMS, PVO, Pioneer 10&11, Phobos, TGO
- Accès au Cluster Science Archive (ESAC) ; en test



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 24

- Visualisation des fronts de CME (catalogues d'HELCATS mutualisés avec le Propagation Tool)
- Visualisation des trajectoires de comètes et astéroïdes (~3000)
- Prise en compte des champs de vue instrumentaux
- Interface de découverte et de gestion de données complémentaires (protocole EPN-TAP)

La prochaine grosse évolution sera celle réalisée dans le cadre de l'outil « ionosphère » (cf Section 3.2.4). 3DView est donc maintenant bien plus qu'un logiciel de tracé d'éphémérides et de trajectoires : l'ajout de nombreuses fonctionnalités scientifiques, mêlant à la fois observations et modèles dans des thématiques de physique spatiale variées, en fait un produit unique en son genre qui permet l'exploration de configurations tridimensionnelles souvent difficiles à appréhender sans un outil dédié.

Il doit être précisé que ces nombreuses nouvelles fonctionnalités scientifiques demandent une validation très chronophage, chacune impliquant une multitude de cas scientifiques possibles de par la variété de missions accessibles ; il devient aujourd'hui difficile d'assurer cette validation avec les ressources actuelles.

2.2.5 RELIER PERTURBATIONS SOLAIRES OBSERVEES ET MESURES IN-SITU : PROPAGATION TOOL

L'étude des processus opérant dans les plasmas du système solaire, et en particulier ceux découlant des perturbations solaires, requiert d'analyser conjointement des observations obtenues par des observatoires dispersés. Pour mettre en relation ces observations, il faut pouvoir inférer la propagation de ces processus. Disposer d'un outil de propagation est donc un enjeu capital. C'était un élément central du projet HELIO, il est très utile actuellement pour HELCATS, et bien sûr pour les études de météorologie de l'espace.

Le CDPP, conjointement avec l'équipe service d'observation STORMS, a défini les spécifications d'un outil basé sur des modèles analytiques dans le cadre d'HELIO. L'outil a été implémenté par l'équipe de Trinity College of Dublin et opérationnel dans HELIO.

Sur cette base, en 2012, A. Rouillard, chercheur CNRS de l'IRAP associé au CDPP, a pris en charge l'écriture des spécifications d'un service de propagation comportant 2 modules principaux:

- Un module balistique similaire à celui développé dans HELIO;
- Un module "imagerie" qui s'appuie, non pas sur des modèles, mais sur les observations d'imagerie héliosphérique fournies par STEREO.

Un appel d'offre émis par le CNES a été lancé en Juin 2012, remporté par la société GFI à la rentrée 2012. La version 1.1 a été finalisée en avril 2013 (prise en compte des modes de propagation radial, SEP et co-rotation), la version 1.2 (comprenant le module "imagerie" J-

maps) en novembre 2013. L'outil a été ouvert aux membres du CU pour test début 2014. Les remarques du CU ont été prises en compte dans une nouvelle version de l'outil (version 2.1.1). La version 2.1.1 inclue plusieurs nouvelles fonctionnalités, notamment une nouvelle interface de lancement de l'outil JHelioviewer connecté aux données d'imagerie solaire à MEDOC. La version actuelle est la 2.1.4 suite à diverses modifications qui ont été validées par le CU en 2015.

Son architecture client-serveur est basée sur le langage Java. La partie cliente (IHM) repose sur la bibliothèque JavaFX.



Outil de propagation



- Développement : GFI
- Contrat : CNES
- Conception, suivi (CDPP) :
 - A. Rouillard, B. Lavraud
- Première version pour Helio

Données in-situ sur AMDA

Données solaires à MEDOC

Interface du Propagation Tool et connexions avec les bases de données AMDA/MEDOC

Les nouvelles fonctionnalités de l'outil permettent notamment d'utiliser un modèle analytique simulant les variations de vitesse associées à la propagation d'une CME interagissant avec le milieu héliosphérique ambiant. Il offre aussi accès aux résultats de simulation numérique magnéto-hydrodynamique 3-D du vent solaire sous la forme de carte de brillance du vent solaire comparable aux cartes de brillance réelles déjà disponible dans l'outil dans sa version précédente. En concertation avec MEDOC, un nouveau module a été développé pour lancer les



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 26

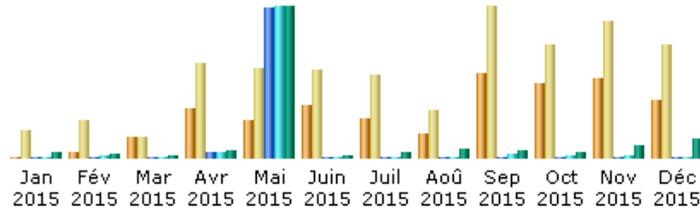
outils de visualisation des films solaires appelé Helioviewer (version http) et JHelioviewer (version java).

Actuellement le Propagation Tool est développé dans le cadre de EuroPlanet / PSWS notamment pour prendre en compte les orbites de comètes (~3000) et de sondes (Solar Orbiter, Solar Probe Plus) hors de l'écliptique. Une connexion avec la base APIS (imagerie aurorale des planètes géantes) grâce à la librairie EPN-TAP développée pour VESPA a été implémentée. L'ingestion de catalogues de perturbations solaires (CME, CIR) tels que ceux issus du projet FP7 HELCATS a également été développé.

L'outil de propagation est clairement le chaînon qui manquait à la communauté pour exploiter de manière conjointe les bases de données in-situ et d'imagerie solaire. Depuis 2 ans l'exploitation scientifique de l'outil existant par des travaux de recherche très variés a porté sur la dynamique du milieu héliosphérique. L'outil a permis d'établir le premier catalogue de régions d'interaction en co-rotation (CIR) et leurs temps d'impact à toutes les sondes et planètes du milieu interplanétaire (Plotnikov et al. 2016a). Ce catalogue est maintenant accessible par l'outil de propagation, il a été récemment utilisé dans une analyse de la variabilité du vent solaire lent (Sanchez-Diaz et al. 2016, 2017ab). Plusieurs études sur les éjections de masse coronale (CME) et leurs effets sur la population de particules énergétiques (SEP) mesurés dans le milieu interplanétaire ont aussi vu le jour en exploitant l'outil (Salas-Matamoros et al. 2016 ; Rouillard et al. 2016a; Plotnikov et al. 2017). Les nombreuses fonctions complémentaires de l'outil; visualisation du milieu héliosphérique, analyse à la volée des trajectoires, accès aux catalogues de structures transitoires, accès aux bases de données MEDOC et CDPP, sont systématiquement exploitées lors de ces études. Des visualisations provenant de l'outil apparaissent systématiquement dans toutes ces publications et les sources de financements sont dûment mentionnées. Les développements futurs du Propagation Tool viseront notamment à permettre la propagation de structures héliosphériques hors du plan de l'écliptique afin d'intégrer l'orbite de Solar Orbiter.

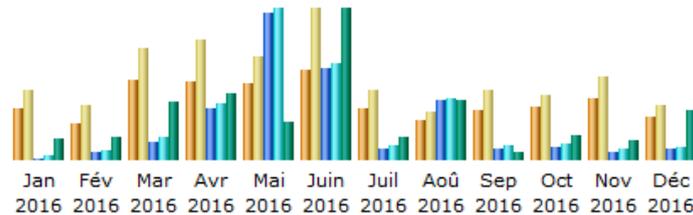


Historique mensuel



Mois	Visiteurs différents	Visites	Pages	Hits	Bande passante
Jan 2015	1	25	983	1 315	184.90 Mo
Fév 2015	6	35	967	1 413	113.14 Mo
Mar 2015	19	20	25	191	82.02 Mo
Avr 2015	45	88	4 030	5 210	239.59 Mo
Mai 2015	35	82	117 210	118 451	4.39 Go
Juin 2015	49	81	109	1 096	96.80 Mo
Juil 2015	37	76	97	1 188	171.89 Mo
Aoû 2015	22	44	59	582	279.03 Mo
Sep 2015	78	139	236	2 742	237.58 Mo
Oct 2015	69	104	124	1 412	168.49 Mo
Nov 2015	74	126	173	1 722	350.95 Mo
Déc 2015	54	105	154	1 209	597.37 Mo
Total	489	925	124 167	136 531	6.85 Go

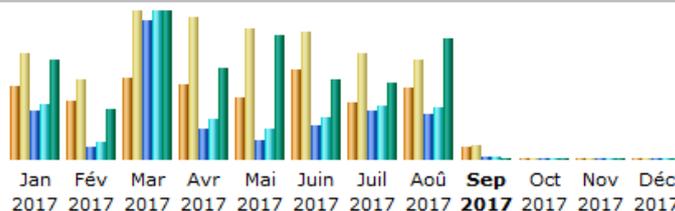
Historique mensuel



Mois	Visiteurs différents	Visites	Pages	Hits	Bande passante
Jan 2016	82	110	148	1 702	781.95 Mo
Fév 2016	57	86	2 879	3 815	860.33 Mo
Mar 2016	127	177	7 562	9 273	2.14 Go
Avr 2016	124	190	21 770	23 719	2.46 Go
Mai 2016	121	163	62 213	63 666	1.43 Go
Juin 2016	143	239	38 311	40 582	5.61 Go
Juil 2016	81	109	4 813	5 845	884.71 Mo
Aoû 2016	63	77	24 899	26 111	2.22 Go
Sep 2016	79	109	4 710	6 215	310.27 Mo
Oct 2016	84	103	5 242	6 552	921.05 Mo
Nov 2016	97	131	3 006	4 577	749.02 Mo
Déc 2016	67	86	4 307	5 480	1.82 Go
Total	1 125	1 580	179 860	197 537	20.08 Go



Historique mensuel



Mois	Visiteurs différents	Visites	Pages	Hits	Bande passante
Jan 2017	71	102	9 068	10 172	1.47 Go
Fév 2017	57	77	2 201	3 108	762.06 Mo
Mar 2017	79	143	25 546	27 223	2.20 Go
Avr 2017	72	137	5 523	7 274	1.36 Go
Mai 2017	59	127	3 589	5 691	1.85 Go
Juin 2017	86	123	6 270	7 795	1.19 Go
Juil 2017	55	102	8 903	9 758	1.14 Go
Aoû 2017	69	96	8 418	9 579	1.80 Go
Sep 2017	12	14	333	472	21.27 Mo
Oct 2017	0	0	0	0	0
Nov 2017	0	0	0	0	0
Déc 2017	0	0	0	0	0
Total	560	921	69 851	81 072	11.78 Go

Statistiques d'utilisation du Propagation Tool en 2015-2017

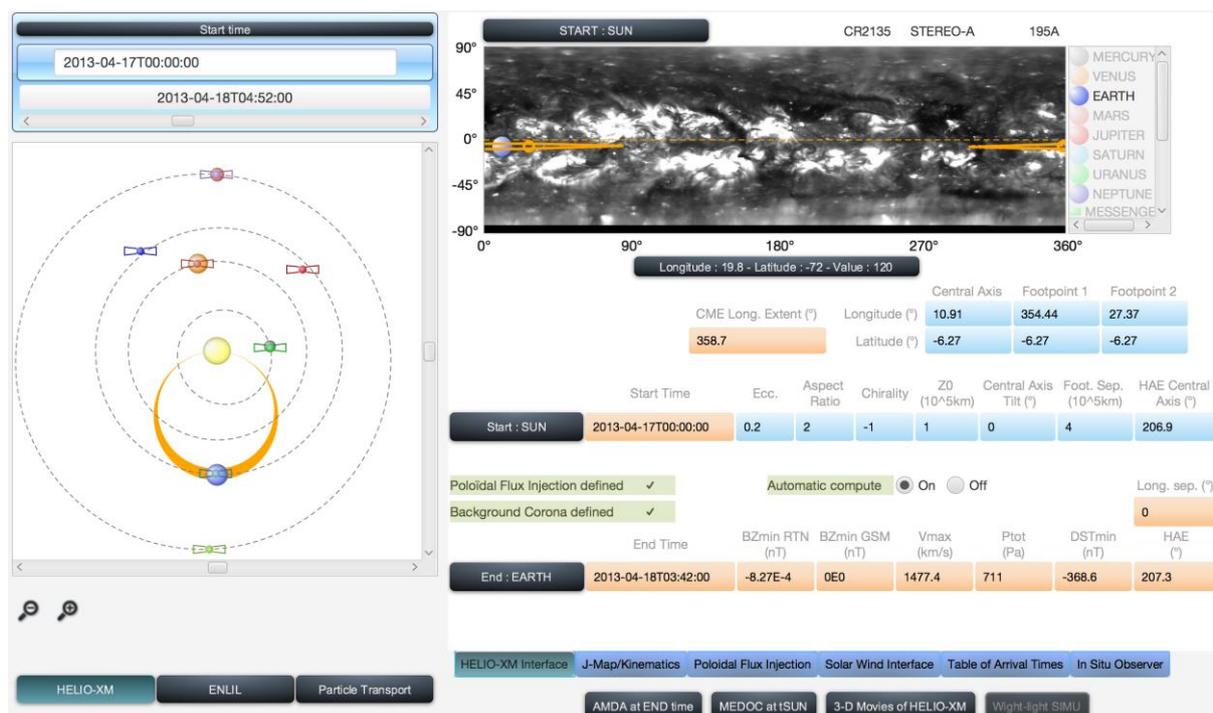
2.2.6 UN OUTIL DE PREVISION EN METEOROLOGIE SPATIALE : LE SPACE WEATHER TOOL

Le Space Weather Tool est un nouvel outil simulant l'évolution d'une CME constituée d'un tube de flux magnétique de la basse couronne vers les planètes et sondes de l'héliosphère interne. L'outil permet d'altérer l'orientation du tube de flux en 3-D, de changer l'hélicité du champ magnétique ou de changer la quantité d'énergie magnétique injectée dans la CME près du Soleil. Une fois propagée jusqu'au point impact, l'outil permet d'extraire la variation du vecteur champ magnétique au point d'impact ainsi que la vitesse, la densité et la température du tube de flux. A partir de ces quantités calculées au point d'impact, l'outil détermine l'intensité de l'orage géomagnétique associé.

La Figure ci-dessous présente l'interface de la première version de l'outil Space Weather montrant l'intersection de la CME dans le plan de l'écliptique. A droite une carte Carrington (haut) et l'interface de saisie du Space Weather Tool (bas).

L'outil a été livré par GFI informatique fin Mai 2014, l'outil a été testé et l'algorithme de calcul a été optimisé en 2015 ; une géométrie elliptique a aussi été incorporée. La paramétrisation de l'outil étant assez complexe, il est nécessaire de mettre à disposition des utilisateurs des cas tests ; ceci reste à faire. Un couplage de l'outil avec des simulations 3-D MHD ENLIL est en phase de développement au travers d'une collaboration avec l'université de George Mason aux Etats-Unis. L'outil a été utilisé lors de plusieurs stages Master II et SUPAERO, deux articles

décrivant le modèle sous-jacent et l'outil web sont en cours de rédaction. Il démontre l'utilité de l'outil pour étudier l'évolution des éjections de masse coronale en 3-D en combinant imagerie et mesure in situ. L'outil est aussi utile pour la prévision de la structure interne des CME près de 1AU.



Interface du Space Weather Tool

2.2.7 UN OUTIL DE TRANSFORMATION DE REPERES EN PHYSIQUE SPATIALE : TREPS

L'idée de disposer d'un outil spécifique permettant de réaliser des transformations de coordonnées était présente au CDPP depuis plusieurs années. Elle s'est concrétisée grâce au développement de l'outil TREPS (Transformation de REpères en Physique Spatiale) suite à un contrat CNES avec la société AKKA entre septembre 2013 et mars 2014.

TREPS est en fait une interface web (en Ext-JS, la même technologie que pour AMDA) qui permet d'activer les web-services de transformation internes à 3DView (cette architecture « services » de 3DView ayant été par ailleurs développée dans le cadre du projet IMPEX). L'utilisateur charge un fichier dans l'interface, choisit des repères source et cible, et récupère le résultat de la transformation. Le chargement peut se faire soit à partir du disque utilisateur, d'une URL, par SAMP ou bien directement dans l'interface. De même le résultat peut être envoyé par SAMP à un autre outil tel qu'AMDA ou 3DView. Il est aussi possible de réaliser simplement des transformations du format du temps.



L'outil a été présenté au CU le 17 avril 2014 et un nombre restreint de bugs ou de problème d'interface ont été relevés. Ils ont été corrigés début 2015 pour une nouvelle présentation au CU le 3 avril 2015. L'outil est officiellement en ligne depuis juin 2014; quelques mises à jour ont eu lieu récemment, notamment concernant les repères accessibles et la correction de bugs mineurs. L'outil attire actuellement environ 1 ou 2 utilisateur/jour, moitié français, moitié étranger.

Field_0	Field_1	Field_2	Field_3
2012-12-15...	-9.413	35.261	38.351
2012-12-15...	-10.252	37.607	34.893
2012-12-15...	-10.89	40.886	34.507
2012-12-15...	-15.648	7.783	46.027
2012-12-15...	-11.421	13.163	47.2
2012-12-15...	-7.446	13.232	49.402
2012-12-15...	-3.866	10.037	51.281
2012-12-15...	-0.784	16.665	45.779
2012-12-15...	-4.279	17.256	47.04
2012-12-15...	-7.15	21.91	46.835
2012-12-15...	-7.182	23.166	44.167
2012-12-15...	-8.758	29.136	39.277
2012-12-15...	-11.596	31.87	43.125
2012-12-15...	-9.972	34.738	41.659
2012-12-15...	-10.738	33.328	41.499
2012-12-15...	-12.017	31.649	36.148
2012-12-15...	-12.872	40.33	31.485
2012-12-15...	-18.433	36.574	36.58
2012-12-15...	-18.877	34.873	36.509
2012-12-15...	-19.658	35.683	37.948

Interface de l'outil TREPS disponible à <http://treps.cdpp.eu/>

2.2.8 COLLABORATION DANS LE DOMAINE DU « MACHINE LEARNING »

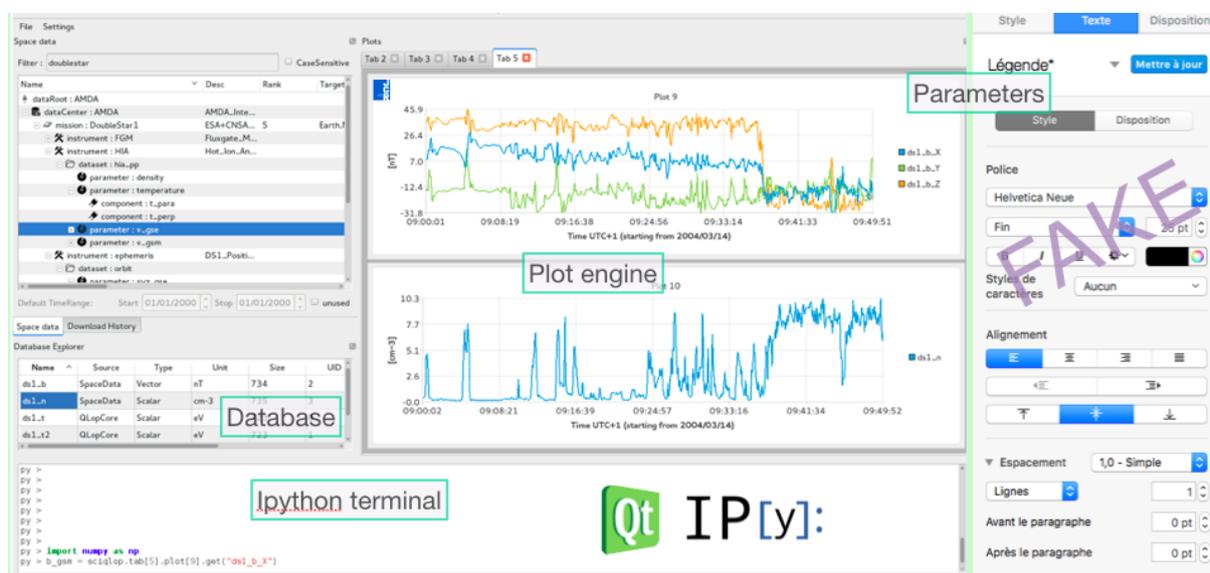


2.2.8.1 SCIQLOP

En 2015, N. Aunai (LPP) a vu sa proposition de logiciel de « machine learning » au service de la physique spatiale validée : SCIQLOP, SCientific Qt application for Learning from Observations of Plasmas. L'objectif est d'implémenter des méthodes de reconnaissance de formes ou de « patterns » (plus généralement d'apprentissage statistique) pour détecter des événements magnétosphériques : traversées de frontières, sous-orages, Un ingénieur a été

recruté pour développer l'interface et le code, et des études préliminaires sur la reconnaissance de nuages magnétiques dans le vent solaire ont été menées avec des étudiants. En 2017 un nouveau financement, plus conséquent, a permis de lancer un développement industriel. L'accès aux données est donc crucial pour cet outil qui ne veut pas se positionner comme une nouvelle base de données mais plutôt comme une nouvelle génération d'outils de data mining. Les web-services d'AMDA (ainsi que ceux du CDAWeb) sont et seront donc fortement sollicités. C'est donc l'occasion de les réorganiser, de les étendre (interface REST en plus de SOAP) et de mieux les mettre en valeur grâce à un site dédié. Ce sera la tâche principale de N. Jourdane dans l'année qui vient, en interaction forte avec l'équipe du LPP et ses développeurs.

La page de l'outil est : <https://hephaistos.lpp.polytechnique.fr/redmine/projects/sciqlop>



Interface du logiciel SCIQLOP développé au LPP.

2.2.8.2 PROPOSITION DE STAGE

Une collaboration avec P. Garnier (IRAP) et des collègues mathématiciens à Toulouse (dans le domaine de l'apprentissage statistique) a mené, après une présentation mutuelle de nos domaines d'étude, à une proposition de stage (dans les formations mathématiques à l'automne 2017) visant à déterminer le meilleur algorithme de reconnaissance automatique de traversée de frontières (choc d'étrave et magnétopause) dans l'environnement martien. Dans un second temps (printemps 2018) un étudiant de formation astrophysique (M2 ASEP Toulouse) pourrait appliquer ces méthodes à plus grande échelle et/ou à d'autres environnements.



2.3 THESES, ANIMATION ET PRODUCTION SCIENTIFIQUES

- Les outils du CDPP sont régulièrement utilisés par des stagiaires de M1 et M2 du groupe PEPS de l'IRAP. D'autre part des enseignements et TP avec AMDA sont réalisés au M2 OMP (Onde Matière Plasma) de Paris 11 ainsi qu'à Orléans (P. Henri).
- Des formateurs ont utilisé les outils du CDPP pour des écoles d'été et formations : école d'été de Plas@Par (Roscoff en 2015, Banyuls en 2016, « Natural Risks » à Paris en 2017) ; formation pendant l'atelier ESA ASPERA (VEX/MEX) à Pékin (Août 2016).
- 3 post-docs utilisent les outils du CDPP en 2015-2017 pour leurs travaux à l'IRAP.
- Sur la période 2015-2017, 36 articles de rang A ont été publiés en faisant référence à AMDA ou au CDPP (cf. <http://ww.cdpp.eu> et la dernière section de ce document).
- Plusieurs études utilisant les moyens mis à disposition par le CDPP ont été présentées dans des colloques internationaux (cf. site web).
- Des articles de référence pour les logiciels 3DView, TREPS et Propagation Tool ont été publiés en 2017 dans un numéro spécial de *Planetary and Space Sciences* "Enabling Open and Interoperable Access to Planetary Science and Heliophysics Databases and Tools".

2.4 STATISTIQUES D'UTILISATION DU CDPP

Utilisation de la base d'archive au CNES.

Pour la période du 17 juin 2016 au 17 juin 2017, on constate une nouvelle fois un nombre important de commandes de données :

- 113 nouveaux utilisateurs,
- 1631 commandes de données (hors équipe CDPP) soit en moyenne 136 commandes par mois pour un volume total d'environ 760 Go.
- Nombreuses missions et nombreux jeux distincts commandés :
 - 1 commande Ulysses
 - 2 commandes Cluster
 - 3 commandes Interball
 - 8 commandes Arcad-3
 - 12 commandes Wind
 - 173 commandes Stereo (y compris Waveform)
 - **1425** commandes Demeter

Et... 7 commandes de données AMDA ! La mission la plus commandée est toujours Demeter. D'ailleurs de nombreuses nouvelles inscriptions sont faites pour accéder ces données.

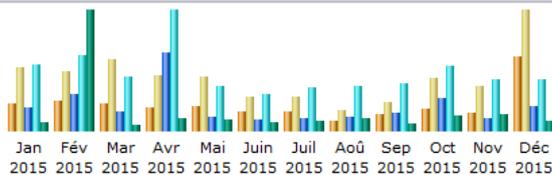


Par ailleurs, après accord de l'équipe Demeter, un disque externe contenant toutes les données Demeter (6 To) a été généré pour un scientifique suisse (ETH Zurich).

Utilisation du serveur IRAP.

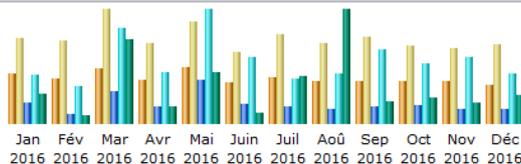
Sur la période présentée l'activité est relativement constante avec des pics au printemps et en automne.

Historique mensuel



Mois	Visiteurs différents	Visites	Pages	Hits	Bande passante
Jan 2015	1 068	2 447	13 697	38 129	4.74 Go
Fév 2015	1 174	2 322	21 049	43 191	65.41 Go
Mar 2015	1 085	2 805	11 011	30 632	3.47 Go
Avr 2015	919	2 183	44 993	68 785	6.89 Go
Mai 2015	953	2 121	7 819	25 409	5.83 Go
Juin 2015	750	1 346	6 198	20 847	4.56 Go
Juil 2015	779	1 351	7 518	24 867	5.09 Go
Aoû 2015	409	811	8 209	25 222	6.97 Go
Sep 2015	645	1 127	10 347	27 372	3.75 Go
Oct 2015	832	2 047	18 996	36 818	8.60 Go
Nov 2015	696	1 746	7 495	29 683	8.90 Go
Déc 2015	2 884	4 680	13 976	29 525	5.32 Go
Total	12 194	24 986	171 308	400 480	129.53 Go

Historique mensuel



Mois	Visiteurs différents	Visites	Pages	Hits	Bande passante
Jan 2016	715	1 233	7 302	17 187	3.67 Go
Fév 2016	639	1 186	3 493	13 176	1.07 Go
Mar 2016	789	1 641	11 219	33 289	10.55 Go
Avr 2016	631	1 155	5 925	18 103	2.16 Go
Mai 2016	818	1 465	15 469	39 854	6.48 Go
Juin 2016	591	1 024	6 976	23 273	1.35 Go
Juil 2016	669	1 289	6 156	15 925	5.85 Go
Aoû 2016	615	1 160	5 249	17 682	14.22 Go
Sep 2016	617	1 248	6 049	25 906	2.76 Go
Oct 2016	610	1 114	6 385	20 967	3.28 Go
Nov 2016	613	1 084	4 946	23 184	2.60 Go
Déc 2016	565	1 134	5 191	17 577	3.59 Go
Total	7 872	14 733	84 360	266 123	57.59 Go



Historique mensuel



Mois	Visiteurs différents	Visites	Pages	Hits	Bande passante
Jan 2017	346	667	138 150	149 896	2.00 Go
Fév 2017	22	188	206 273	216 626	1.65 Go
Mar 2017	26	233	273 845	290 281	3.04 Go
Avr 2017	97	408	415 826	445 201	6.14 Go
Mai 2017	200	634	307 532	320 763	1.57 Go
Juin 2017	205	714	263 571	277 393	1.11 Go
Juil 2017	242	620	366 681	376 974	1.39 Go
Aoû 2017	183	520	216 395	224 066	749.56 Mo
Sep 2017	0	0	0	0	0
Oct 2017	0	0	0	0	0
Nov 2017	0	0	0	0	0
Déc 2017	0	0	0	0	0
Total	1 321	3 984	2 188 273	2 301 200	17.63 Go

Données mensuelles d'utilisation du serveur CDPP/IRAP pour 2015-2017.

Evolution de l'utilisation d'AMDA sur les 6 dernières années

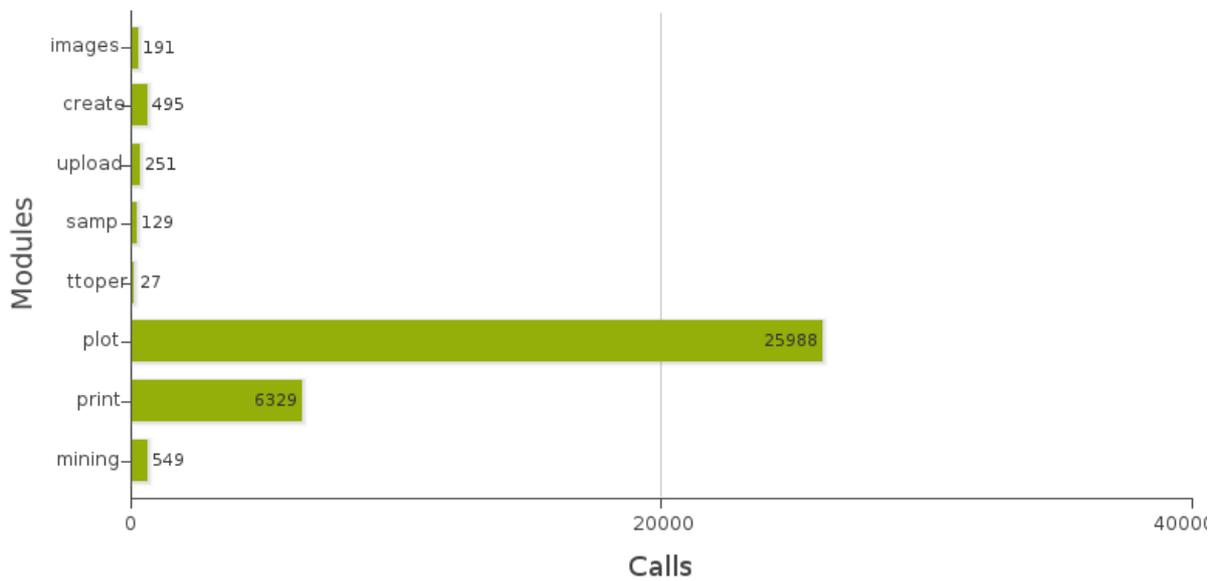
Cette vue (ci-dessous) comptabilise tous les accès à AMDA (login) mais aussi ceux aux tables d'événements partagées, à la page « software », et aux « rules of the road ». Le net regain d'activité fin 2012 et en 2013 est dû à l'ouverture de la base planétaire, mais aussi à un nombre de présentations et de démonstrations élevé sur cette période. Les connexions sur l'ancien AMDA (en bleu foncé) diminuent depuis l'ouverture en novembre 2013 et sont faibles par rapport au nombre de connexions sur le nouvel AMDA. Cela a été l'indicateur qui nous a permis de décider de fermer l'ancien AMDA (13/11/2014). La forte augmentation de fréquentation en 2015 et 2016 (le nombre d'utilisateurs mensuel d'AMDA dépasse 600) est principalement due à la communauté RPC (mise en place de la base pendant l'automne 2014) ; cette communauté a été moins active sur 2017 (la mission s'est terminée fin septembre 2016).



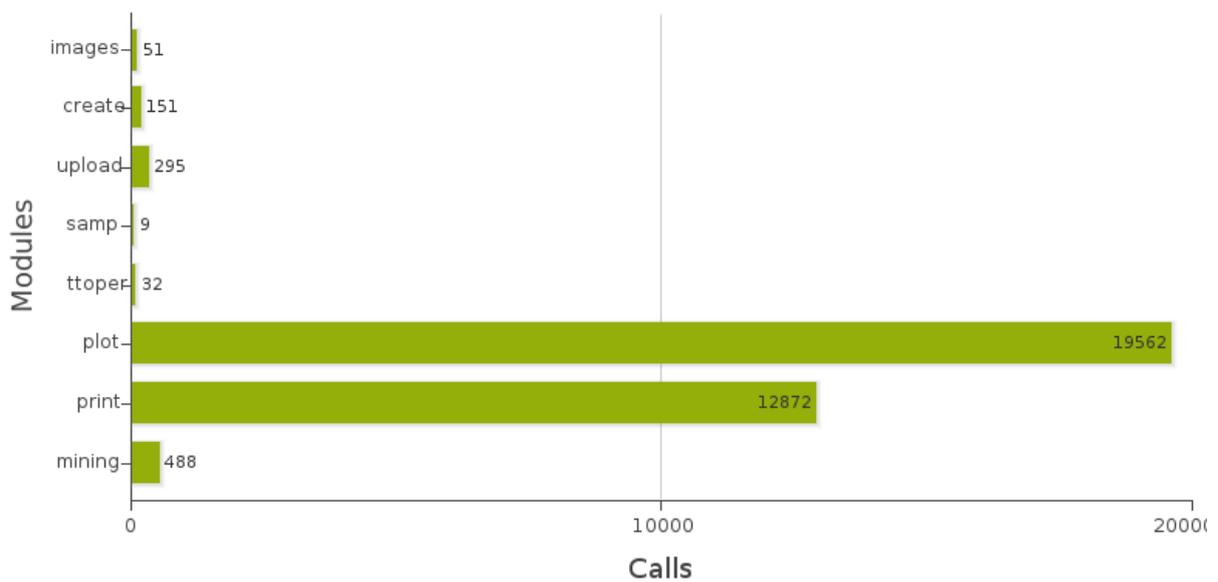
Nombre de sessions AMDA de 2012 à 2017

Utilisation d’AMDA par module (ou fonctionnalité) pour les 2 dernières années

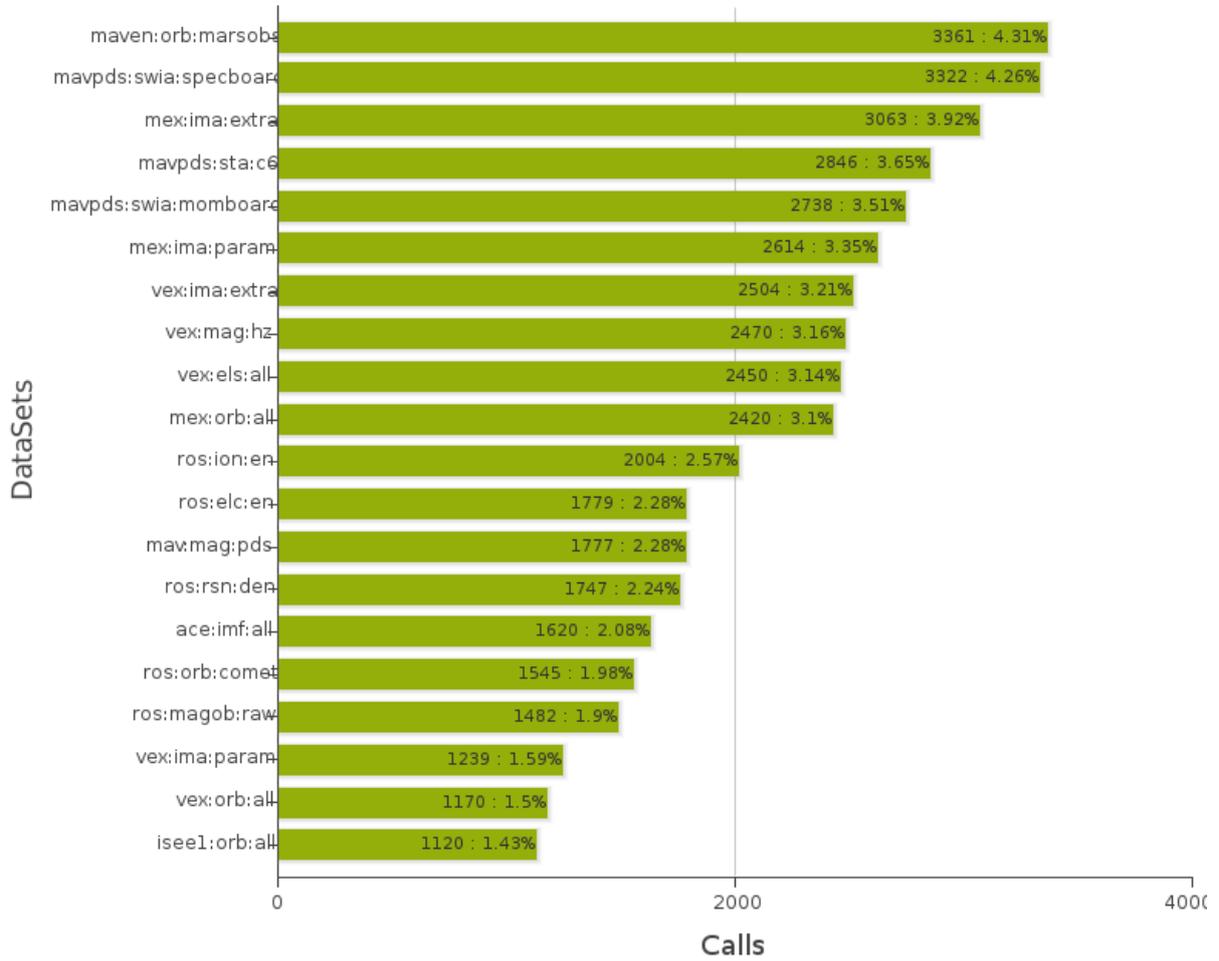
Les figures suivantes indiquent que le « plot » est la fonctionnalité d’AMDA la plus utilisée, ce qui n’est pas une surprise, avec cependant une forte poussée des téléchargements en 2017. La recherche conditionnelle, une spécificité d’AMDA, est utilisée essentiellement par les utilisateurs expérimentés. Sur les 2 derniers graphes on observe l’utilisation des jeux de données : Rosetta, MEX et MAVEN, puis VEX se disputent la vedette. Les données OMNI qui servent d’entrée pour plusieurs modèles (champ magnétiques, propagation du vent solaire) sont aussi en bonne place.



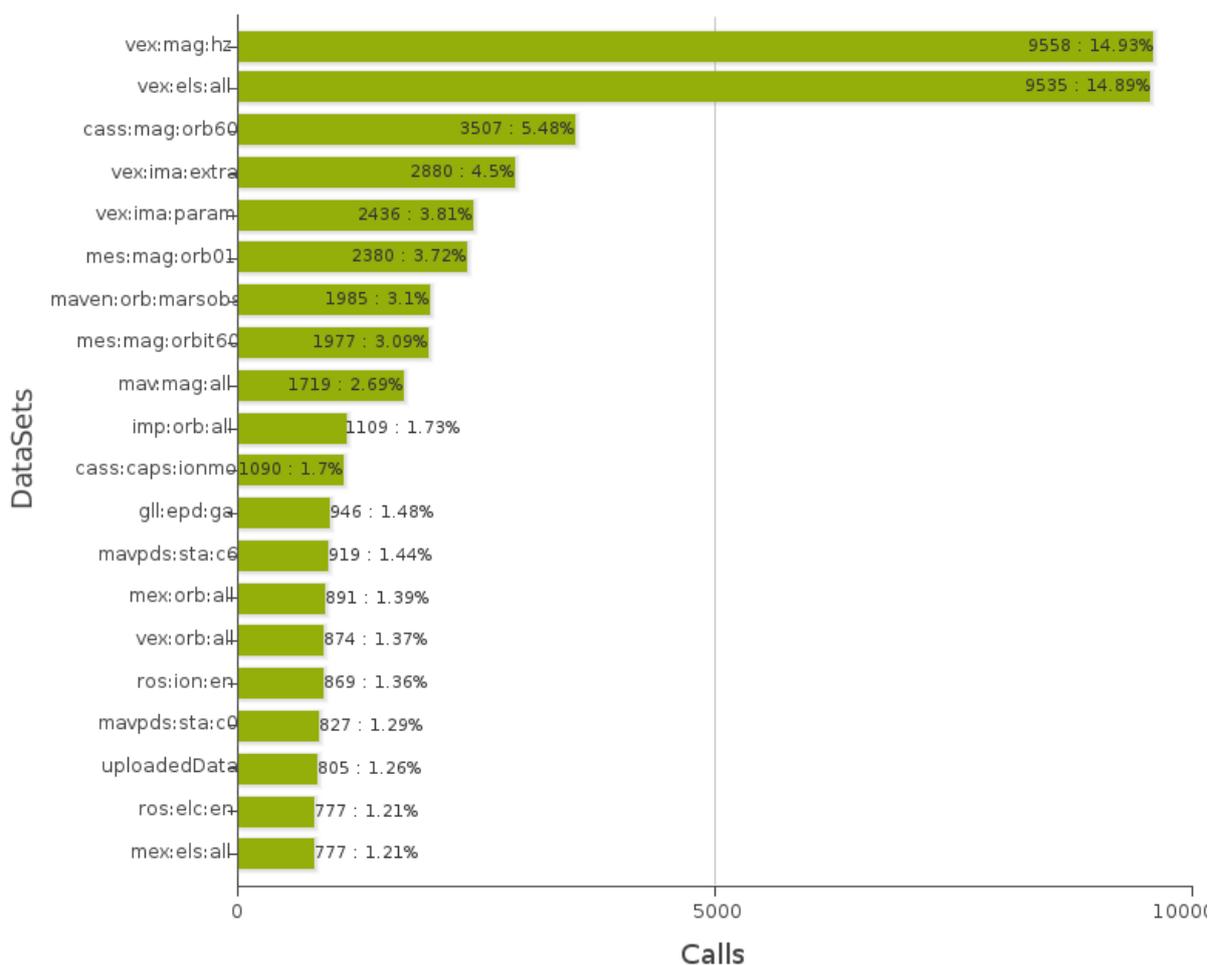
Statistiques d'utilisation des modules d'AMDA pour 2016



Statistiques d'utilisation des modules d'AMDA pour 2017 : les téléchargements augmentent fortement par rapport à 2016



Statistiques d'utilisation des datasets d'AMDA pour 2016 : forte utilisation des données martienne (MAVEN et Mars Express)



Statistiques d'utilisation des datasets d'AMDA pour 2017 : très forte utilisation des données Venus Express

Enfin, l'accès par pays est détaillé ci-dessous (outil awstat différent des précédents graphes). Il reflète bien l'utilisation générale de l'outil : les collaborateurs français viennent en tête, suivis de l'équipe Rosetta (GB, E.U., Autriche, Suède) et des utilisateurs d'IMPEX (Autriche, Russie). Une grosse étude statistique sur les données VEX est aussi en cours par un collègue américain (voir aussi les accès par jeux).

2015



Pays (Top 10) - Liste complète						
	Pays		Pages	Hits	Bande passante	
	France	fr	118 805	437 570	9.38 Go	
	Inconnu	unknown	61 150	229 546	8.29 Go	
	United States	us	39 710	162 061	2.33 Go	
	Great Britain	gb	23 767	104 397	4.16 Go	
	Sweden	se	23 404	92 394	2.45 Go	
	China	cn	18 977	85 518	2.18 Go	
	Germany	de	10 568	47 191	883.17 Mo	
	Hungary	hu	8 896	44 437	612.70 Mo	
	Finland	fi	7 815	31 043	442.62 Mo	
	Austria	at	7 689	36 134	594.81 Mo	
	Autres		19858	109321	2.70 Go	

2016

Pays (Top 10) - Liste complète						
	Pays		Pages	Hits	Bande passante	
	Inconnu	unknown	67 752	295 807	5.79 Go	
	France	fr	63 861	279 699	5.25 Go	
	United States	us	30 604	118 818	2.17 Go	
	Russian Federation	ru	19 426	73 641	1.27 Go	
	China	cn	19 109	85 208	6.34 Go	
	Great Britain	gb	18 991	117 299	2.26 Go	
	Hungary	hu	6 206	33 689	601.24 Mo	
	Sweden	se	6 085	40 976	792.84 Mo	
	Germany	de	5 458	29 581	1.21 Go	
	Norway	no	4 021	19 957	343.22 Mo	
	Autres		18504	99802	2.30 Go	

2017

Pays (Top 10) - Liste complète						
	Pays		Pages	Hits	Bande passante	
	Inconnu	unknown	47 837	208 014	4.75 Go	
	Great Britain	gb	24 452	95 018	1.21 Go	
	France	fr	22 422	91 963	2.46 Go	
	United States	us	9 175	48 567	1.11 Go	
	China	cn	7 794	33 199	48.28 Go	
	Hungary	hu	5 190	23 422	341.42 Mo	
	Austria	at	4 828	15 176	828.30 Mo	
	Russian Federation	ru	4 065	25 025	344.45 Mo	
	Germany	de	3 728	14 565	1.80 Go	
	Sweden	se	2 958	8 945	150.16 Mo	
	Autres		7749	53224	34.84 Go	

Accès par pays pour les années 2014-2017.

2.5 COMMUNICATION ET DIFFUSION

2.5.1 REFONTE GRAPHIQUE

Comme aboutissement de l'action d'unification de l'image du CDPP et de ses outils entreprise en 2013, le nouveau serveur a ouvert en 2016.

De nouvelles sections ont été créées concernant le support aux missions ainsi que pour les projets EU et ESA.



Page d'accueil du nouveau serveur du CDPP. Une attention particulière a été apportée à la mise en valeur du support aux missions, à l'implication dans les projets ainsi que l'accès direct aux outils.

Le serveur SIPAD du CDPP a été modifié pour prendre en compte cette nouvelle charte graphique. Un exemple de l'IHM correspondante est visible sur la figure suivante.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

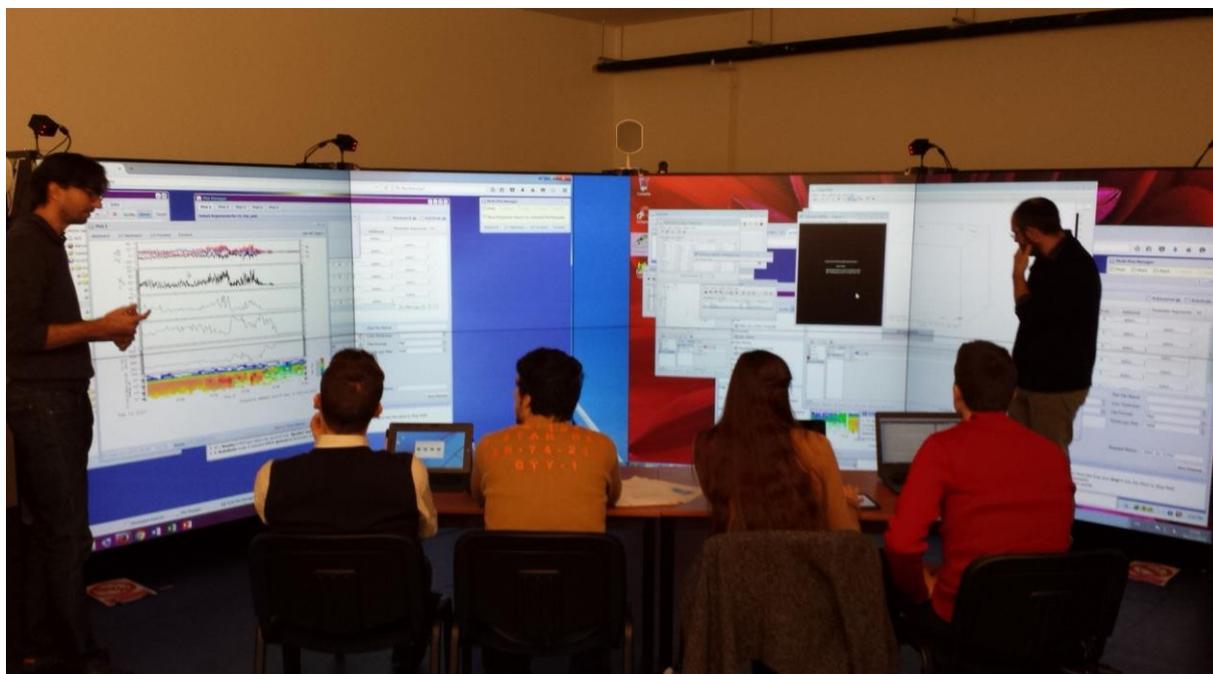
Page : 41



Page d'accueil de l'archive CNES (<https://cdpp-archive.cnes.fr/>). L'accès aux données d'AMDA sont visibles dans la partie inférieure droite de l'arbre des données.

2.5.2 TP SUR LA PLATEFORME MIRE DE L'OVSQ

Le TP AMDA/3DView/CLweb a été paramétré pour le mur d'image de l'OVSQ suite aux développements réalisés dans le cadre d'IMPEX. Cette plateforme est développée dans le cadre de l'« Equipex Digiscope » pour soutenir les activités de recherche et d'enseignement ; c'est un système de visualisation multi-écrans qui est capable d'afficher un total de 16 millions de pixels en stéréoscopie active sur une surface totale de 6 m x 1,7 m. Ce projet est mené par R. Modolo et B. Lembège du LATMOS. Le TP fait maintenant partie de l'offre du Master parisien « Physique des plasmas et de la fusion ». V. Génot a assisté aux TP en décembre 2015.



2.5.3 PLATEFORME DE DEMONSTRATION DES OUTILS ET SERVICES AU CNES

Depuis décembre 2016, un poste bi-écran est mis en place au COMS (Centre d'Opération des Missions Scientifiques au CNES) pour présenter les outils, bases et activités du CDPP. Il est accompagné de son équivalent côté MEDOC afin de mettre en évidence les synergies entre les deux pôles.

Ces postes sont visibles lors des visites (délégations, partenaires, universitaires, etc.).

2.6 RETOURS DES UTILISATEURS

I just wanted to say how awesome AMDA is. It's really revolutionized the way that I do research, and am currently using it to look through the entire Venus Express mission archive. Thanks for it!

Glynn Collison, Heliophysics Science Division, NASA Goddard Spaceflight Center, USA, mai 2015



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 43

Thanks for the great work

Anders Eriksson, IRFU, RPC PI, mars 2015

Dear All (cc'ed to Jim as current RPC chief)

I understand completely Vincent's point (and I thank him for the implicit acknowledgement that we at IC, mostly Tony Allen, are also part of this). My team has supplied Cluster ESA Operations, Archiving, and the community with software tools for over 15 years; I can easily recognize published plots made with QSAS and using analysis routines contained therein. Only once in that period have I been asked if it would be ok to acknowledge us in a paper and what the form of that acknowledgement should be. And far more than once have I had to convince those who pay us to keep doing so for the benefit of the community.

It is clear that RPC members are using AMDA and finding it helpful for browsing, identifying events, and comparing different instruments' results as part of their investigations. I suspect they would not wish to see it turned off tomorrow. I also think members recognize the efforts the AMDA team have made to accommodate the RPC data and might, as a matter of courtesy and gratitude, feel inclined to acknowledge those personal efforts. Anders raises, correctly, the interesting question about how often such a public acknowledgement might be appropriate. I'd just comment that "never" is not the right answer and that personally I would err on the side of more frequently rather than less.

Steve Schwartz, Imperial College, mars 2015

3 PERSPECTIVES ET ENJEUX

3.1 STRATEGIE PROPOSEE AU COMITE DIRECTEUR

3.1.1 CONTEXTE ET CARACTERISTIQUES DE LA SITUATION ACTUELLE

➤ Développement technique et perspectives scientifiques

- **La phase de finalisation de l'interface et le lancement du nouvel AMDA en 2014 ont été un succès**, comme le montrent le nombre croissant d'utilisateurs et le nombre restreint de bugs reportés.
- **Les retours positifs sur l'utilisation de l'outil de propagation** ont montré que l'outil correspond bien à un besoin essentiel pour la communauté « relations Soleil-planètes ».



- Le **développement de 3DView** pour la visualisation de données (simulations, modèles, observations) dans leur contexte est un axe fort du CDPP. Cela en fait un outil unique et multi-disciplinaire, un support de premier ordre pour l'analyse scientifique. Il est déjà très apprécié dans le cadre académique (TP AMDA/3DView en Master). Le développement du **Conjunction Search Tool et la visualisation de données ionosphériques** est une évolution vers une nouvelle communauté et qui s'annonce prometteuse.
- La mise à disposition de **données de simulation et de modèles** et le développement des services permettant de les confronter avec des données observationnelles constituent aussi un axe essentiel. Cette action correspond à un besoin croissant de la communauté. Le CDPP s'est engagé sur ce front notamment à travers IMPEX et bientôt avec TEMPETE.
- La **base planétaire** constituée autour d'AMDA, offrant une collection très étendue de données directement utilisables, est unique au monde. Elle constitue une ressource très utile tant pour l'exploitation scientifique des données que pour la préparation des missions à venir. Le retour de visibilité de cette action pour le CDPP est très important et a diffusé dans les communautés regroupées autour des missions comme Bepi-Colombo, Maven, Juno ou Rosetta. Par ailleurs, cet effort est très apprécié par le nœud "plasma" du PDS avec qui nous collaborons régulièrement.
- Le développement de la **couche d'interopérabilité (SAMP, EPN-TAP, SPASE)** réalisé dans le cadre de projets européens ouvre des perspectives applicables dans différents contextes, et tout particulièrement dans le cadre de collaborations nationales (MEDOC, BASS2000, SIIG, APIS, ...). Il doit être noté que le niveau de maturité de la définition des standards et protocoles (constituant le concept d'interopérabilité) permet actuellement de masquer à l'utilisateur la complexité sous-jacente pour lui faciliter la manipulation croisée de services et de données (cas de l'utilisation de SAMP notamment).
- **Le développement rapide de TREPS**, à partir des briques logicielles de 3DView, permet de combler un manque dans la communauté.
- Enfin, les services Transplanet et HelioPropa vont être de nouvelles vitrines pour des résultats de simulation et de modèle, sont intégrés dans les outils existant (AMDA, VESPA, ...) et ont permis d'expérimenter de nouvelles approches (runs à la demande).

➤ **Les projets spatiaux et les projets opérationnels à venir**

- Le CDPP a acquis une visibilité et une expertise qui le met en bonne position pour participer à l'archivage et la diffusion des données des missions à venir (ex : Solar Orbiter/SWA, JUICE/RPWI, Bepi-Colombo). Le CDPP peut apporter une forte plus-value à ces activités grâce à ses services interopérables. Le retour d'expérience de la mise à disposition des données Rosetta/RPC (première expérience de diffusion en quasi « temps réel » pour le CDPP) sera très utile dans le contexte de ces missions à venir (et très bientôt pour Solar Orbiter).
- A partir de son expertise et sa visibilité dans le domaine de l'interopérabilité et des infrastructures distribuées, le CDPP est en mesure d'apporter une contribution dans le cadre du SSA de l'ESA à partir de ses services déjà en place.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 45

➤ **L'avis du Comité des Utilisateurs**

Le Comité Utilisateurs (CU) du CDPP s'est réuni le 27 juin 2017 à l'IRAP. Le CU souligne l'importance du travail effectué pour le développement de la nouvelle version d'AMDA depuis les tests de l'an passé. La visibilité du CDPP sur des portails qui visent une communauté plus large d'utilisateurs (IMPEX, SSA, ...) a progressé cette année.

Le CU félicite le CDPP pour le développement rapide de 3DView-CST (Conjunction Search Tool) qui avait été pointé comme une priorité lors de la dernière réunion. L'articulation de cet outil autour d'un outil déjà existant est une vraie satisfaction pour le CU.

Le CU encourage à maintenir le rythme d'archivage pérenne des données planétaires et terrestres. Le CU encourage le CDPP à migrer plus de jeux de données du SIPAD (bientôt REGARDS) vers AMDA.

Le CU note que le nombre de jeux données, archivées et mises à disposition, ainsi que la portée des outils du CDPP sont toujours plus grands. Pour continuer à remplir ce double objectif (quantité et qualité), le CU souhaite vivement que le CDPP renforce ses moyens humains par des recrutements scientifiques et techniques pérennes.

Le CU appuie fortement la demande de renouvellement du CDPP.

➤ **Evolution du contexte national et local**

A l'échelle locale, suite à la campagne de labellisation 2012, le centre d'expertise régional OV-GSO a été reconnu et labellisé en janvier 2013. Le CDPP, qui était un des membres initiaux de ce qui n'était alors qu'un regroupement d'équipes intéressées par la thématique « observatoire virtuel », fait donc partie de ce centre d'expertise (voir <http://ov-gso.irap.omp.eu/>).

Par ailleurs le CDPP a participé à la demande de labellisation d'un service « météorologie de l'espace » (STORMS, portée par A. Rouillard). Les outils de propagation et Space Weather, les services d'AMDA, ainsi que certaines données (vent solaire, indices, ...) peuvent en effet être mis à disposition dans un tel cadre. Cette demande a été bien reçue, et le service labellisé en 2014. L'articulation entre le service STORMS et le CDPP est présenté sur le schéma de la Section 3.5.4. La spécificité de STORMS est que ce service intègre à la fois une composante « plasma » mais aussi une composante « imagerie » qui dépasse les compétences du CDPP. Pour STORMS, le CDPP assure le financement des outils et met à disposition une partie de son personnel (administration des serveurs en particulier, développements ponctuels). Il est à noter que le développement des outils définis par STORMS permet la concrétisation de la collaboration avec MEDOC, qui trouvera tout son sens dans le cadre de l'exploitation des données Solar Orbiter.

A l'échelle nationale, le CDPP s'est constitué en pôle thématique de physique des plasmas. Cela a été formalisé par l'établissement d'une convention inter-organismes



CNES/INSU/ObsParis/UPS qui a été signée début 2014. Voir aussi Section 4.1 pour une discussion sur les pôles.

3.1.2 PRINCIPES ET AXES DE LA STRATEGIE DU CDPP

➤ **Développements des services:**

Les priorités (2017/2018) sont de:

- Finaliser l'évolution d'AMDA (nouveau noyau, nouvelle interface) ;
- Capitaliser sur les développements du projet IMPEx en accréant de nouvelles bases (notamment pour 3DView) ; démarrer l'ANR TEMPETE
- Pour Europlanet H2020/PSWS, développer l'utilisation du code en ligne TRANSCAR/IPIM (étendu aux planètes) et ouvrir l'interface Solar Wind Propagation « real time » (HelioPropa) ;
- Pour SSA, finir d'intégrer le Propagation Tool à la palette européenne de services « Space Weather » ;
- Promouvoir l'outil de conjonction ionosphérique ;
- Donner accès aux données MMS et JUNO à travers les outils du CDPP.

A moyen terme :

- Etendre les connexions avec les données de modèles (nouvelles bases partenaires) ;
- Préparer le cadre nécessaire à l'insertion ou à l'accès distants pour les données des missions à venir, pendant leur phase opérationnelle : BepiColombo, Solar Orbiter, Solar Probe Plus ;

➤ **Collaborations, ANR et projets européens ou internationaux:**

La stratégie s'appuiera sur trois principes:

- 1) Privilégier les collaborations nationales : MEDOC/CDPP (cadre STORMS), OV-GSO, demandes ANR ;
- 2) Participer aux projets européens / ESA aux conditions suivantes : 1/ confiance dans le coordinateur, 2/ un budget dûment dimensionné (proportionnel au rapport effort/visibilité), 3/ assurance d'un support d'administration et de gestion local (IRAP, DR-CNRS, UPS) ;
- 3) Participer aux projets spatiaux en tant que support pour la distribution des données et des services, avec le support du CNES.

Dans la pratique:

- Développer une infrastructure distribuée en France, d'abord entre MEDOC et le CDPP, puis le SIIG et d'autres ressources nationales (notamment la suite « française » d'HELIO). En s'appuyant sur ce projet, développer la collaboration en France en vue de l'exploitation des données de Solar Orbiter.



3.2 PROJETS AUTOUR DES DONNEES

3.2.1 ACTIVITES DE TRAITEMENT, D'ARCHIVAGE ET DE MISE A DISPOSITION DES DONNEES: UN EFFORT EN DIRECTION DE LA PLANETOLOGIE

Les sondes planétaires offrent en général une situation peu favorable à la mesure des particules. Ces plateformes sont stabilisées, manœuvrées en fonction des imageurs embarqués. Les instruments particules ne peuvent bénéficier d'une rotation régulière du satellite rendant leur calibration difficile. De plus, leurs mesures sont entachées de diverses "pollutions" provenant de la réflexion des particules sur les panneaux solaires, ou au contraire de l'effet de masque de ces derniers, de l'insolation, du potentiel du satellite, etc... Il en résulte que les données plasmas obtenus par les sondes planétaires sont sujettes à un long et difficile travail d'interprétation et de post-calibration. C'est une des raisons principales pour laquelle les données (produites à un moment donné selon une planification prédéfinie) archivées au PDS ou au PSA sont difficiles à exploiter sans un lourd travail supplémentaire de calibration. Face au besoin de l'utilisateur d'avoir accès à des données calibrées et fiables, le CDPP a entrepris de traiter, d'archiver et mettre à disposition des données de plasmas planétaires. Les choix de priorité ont été guidés d'une part en raison de participations expérimentales françaises et d'autre part par les projets EUROPLANET, HELIO et IMPEX. Un autre élément de priorité, plus stratégique, a été de placer le CDPP en bonne position pour participer à l'archivage et la dissémination des données des missions à venir (JUICE, BepiColombo, ..).

3.2.1.1 ARCHIVAGE AU CNES (SIPAD)

Mission CASSINI

Il est prévu d'archiver dans le STAF, à titre de sauvegarde, les données de niveau N1 ainsi que les programmes de génération des données de niveau N2, sans les mettre à disposition sur le serveur du CDPP.

Les données RPWS, de niveau N2 ont été transformées au format CDPP, archivées dans le STAF et mises à disposition sur le serveur du CDPP.

Des produits graphiques (summary plots journaliers) et de la documentation (description de la mission, de l'expérience, références aux publications) sont, eux aussi, accessibles via le serveur.

Les données de niveau N3 Flux density et Circular Polarization degree (Dynamic Spectra) ont également été archivées et mises à disposition.

De nombreux retraitements ont été nécessaires, en particulier pour corriger des erreurs de datation.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 48

La chaîne de traitement Cassini a été modifiée pour la prise en compte de nouvelles données de niveau N3 HFR QTN qui seront archivées au PDS en même temps que les données actuelles. Un échantillonnage de ces données a été ingéré dans le SIPAD de validation. Les traitements systématiques vont pouvoir démarrer dès la validation par le LESIA.

Par ailleurs, une action d'archivage des autres données Cassini a démarré.

Données forme d'onde

De nouvelles données forme d'onde STEREO ont été ingérées dans l'archive. La chaîne de traitement est finalisée (définition des mots clés, des imagerie, ...) et la production en masse des données Langmuir issues de STEREO a fait l'objet d'une activité de rattrapage. Ces données sont maintenant disponibles depuis le début de la mission jusqu'en août 2014. Les données plus récentes seront ingérées dès leur production par le laboratoire.

Mission Wind

Les données Wind Radio seront ingérées dès leur production par le laboratoire.

Mission THEMIS

Les données SCM sont ingérées dans le SIPAD. Les données plus récentes seront ingérées dès leur production par le laboratoire.

Mission GIOTTO

En collaboration avec le *chercheur associé* Christian Mazelle (IRAP), le CNES a entrepris en 2008 une action de réhabilitation des données RPA de la mission GIOTTO. Cette action s'est poursuivie en 2009/2010 et a abouti à la production des 1ères données (moments) au format CDPP qui seront mises à disposition de la communauté sur le serveur du CDPP après validation scientifique.

Après une interruption de plusieurs mois sur 2012/2013, l'effort s'est poursuivi en 2013-2014. Des données débarrassées d'une partie du bruit et des occurrences multiples pour une date unique a été fournie pour validation. Ces données ont été intégrées dans la base AMDA. Cette action va se poursuivre par l'intégration dans l'archive SIPAD. Il reste à effectuer une validation scientifique.

Les tests concernant les autres types de données ne se sont pas avérés concluants.

Notons que ces données ont failli être perdues et qu'elles ne seront disponibles nulle part ailleurs. Elles constituent une *perle rare* susceptible d'attirer une attention grandissante de la part de la communauté dans le contexte de Rosetta.

Données VEX/ASPERA et MEX/ASPERA

Les données fournies par les instruments ASPERA embarqués à bord des sondes Venus-Express et Mars-Express sont particulièrement difficiles à traiter. En collaboration avec l'IRAP et notamment Andrei Fedorov qui est le meilleur spécialiste de ces instruments, le CDPP a



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 49

entrepris de retraiter les données ASPERA en mettant en œuvre une chaîne de traitement automatisée utilisant les algorithmes de calibration développés par A. Fedorov. Cette action a bénéficié d'un support industriel fourni par les sociétés Co-Libri et AKKA. L'action a été menée avec succès sur une partie des données VEX et MEX. Elle a récemment été complétée par E. Budnik pour mise à disposition des données dans AMDA.

Une action complémentaire est apparue cependant nécessaire afin d'améliorer les chaînes et de valider les résultats. Elle est menée dans un partenariat CDPP/IRAP (N. Bourrel / A. Fedorov) : dans un premier temps le retard a été rattrapé, et depuis début 2013 toutes les données sont acquises, traitées et mises à disposition avec un décalage temporel de seulement un mois. La prise en compte de ces données par l'archive reste à planifier et à organiser.

La base de données EISCAT

Frédéric Pitout a rejoint l'IRAP et le CDPP en 2011. Etant en charge de la base de données EISCAT résidente à l'IPAG, il a été décidé en accord avec l'Observatoire de Grenoble que cette base allait être migrée au CDPP. Les données seront mises aux formats NetCDF/VOTable et intégrées dans les bases SIPAD et AMDA. Des projets de valorisation de ces données sont en cours et sont pilotés par F. Pitout (cf section 3.2.4).

Cette action a démarré en 2011. Des données de test ont permis de valider le processus en 2012. Les premières livraisons ont mis en évidence quelques problèmes de la chaîne de production à l'IRAP. Ces problèmes restent à traiter. Par ailleurs, en 2016, les données seront mises à disposition dans AMDA (travail en cours).

Données Rosetta et MMS

Les données des expériences à participation française sont à prendre en compte par l'archive sur le moyen terme. L'activité d'archivage au CDPP des données RPC-MIP vient de démarrer.

Mission TARANIS

Le CDPP a été désigné comme base d'archive pour les données de la mission Taranis. Une aide a été apportée au LPC2E pour la définition des métadonnées et du format des fichiers. Par ailleurs, des premiers tests d'interface entre le CMST/LPC2E et le CDPP/CNES ont été menés.

Données des missions orphelines

Le SERAD (Service de Référencement et d'Archivage des Données du CNES) a identifié un ensemble de missions dites "orphelines" dans l'archive du CNES. Une action a donc été lancée afin de définir les actions à mener pour ces missions et, en particulier leur pérennisation ou non. Le CDPP a donc été contacté par le SERAD pour les expériences plasma. L'action a démarré en 2014 et s'est poursuivie en 2015-2016. Le CDPP prendra en charge les données orphelines plasma si l'étude conclut de l'intérêt de ces données et si les informations (documentation, descriptifs,...) et contacts scientifiques nécessaires à leur pérennisation sont disponibles. Cependant, cette action s'avère très complexe à faire aboutir, les documentations étant souvent insuffisantes et les points de contact scientifiques non disponibles. Une partie seulement des données pourra être "réhabilitée".



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 50

Cette action sera reprise dès que le renfort de l'équipe CNES sera effectif.

Par ailleurs les données AMDA sont accessibles via l'arbre du SIPAD. Une action complémentaire d'enrichissement des métadonnées est à réaliser (voir section 2.2.3).

3.2.1.2 MIGRATION DE L'ARCHIVE

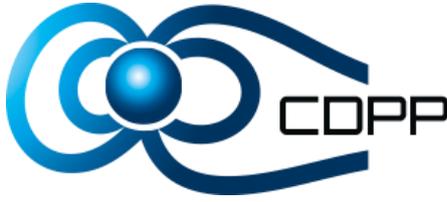
L'année 2018 verra démarrer une tâche très importante de migration de l'archive du CDPP de l'outil SIPAD actuel vers l'outil REGARDS en cours de développement. Cette migration impliquera la reprise des chaînes d'ingestion/archivage et la validation de la migration des données, métadonnées, descriptifs et documents.

Des activités complémentaires de redéveloppement de fonctionnalités (ex. outils de conversion de formats de fichiers) seront à réaliser.

3.2.2 PROJET AUTOUR DES DONNEES RADIO (MASER)

L'archive du CDPP contient une riche collection de jeux de données radio provenant de nombreuses missions : ISEE-3, VIKING, ULYSSES, WIND, INTERBALL, CLUSTER, STEREO et CASSINI. La valorisation de ce patrimoine exceptionnel (couvrant près de trois cycles solaires) est une perspective intéressante du CDPP et porte des intérêts scientifiques multiples. Le lien avec les données radio sol (Nançay, USA, Japon, etc) et les missions planétaires (Galileo, Voyager, JUNO, Bepi-Colombo, JUICE...) est aussi possible. Par le biais de B. Cecconi, l'équipe du CDPP possède un haut niveau d'expertise et de technicité sur ce type de données. Par ailleurs, la communauté scientifique radio basses fréquence française essaye d'organiser des services autour des instruments sol (LOFAR, Nançay, SKA...). Suite à une réunion de l'AS-SKA-LOFAR en janvier 2017, un état des lieux des données et des outils radio BF dans les laboratoires a été réalisé par B. Cecconi. Le but de cette action est de préparer de futurs services d'observation radio BF, en collaboration très étroite avec le CDPP. Au cours de cet état des lieux, le projet MASER (Mesures, Analyses et Simulation d'Emission Radio) a été remodelé, pour inclure les données radio BF astrophysiques (comme les données pulsars), se concentrant sur les données temporelles et spectro-temporelles. Les données d'imagerie radio BF (en particulier via l'interférométrie avec LOFAR) sont hors du cadre de MASER.

La maturation du projet MASER avance aussi par le développement d'une bibliothèque logicielle (Maser4py, disponible sur GitHub : <https://github.com/maserlib/maser4py>) qui inclut des modules de lecture pour les jeux de données radio BF français (données spatiales du CDPP, données sol de Nançay...), ainsi que modules dédiés à Solar-Orbiter/RPW et Wind/Waves. Dans le cadre de MASER, nous testons aussi des technologies de distribution de données adaptées à la radio BF (échantillonnage irrégulier, grosse densité de données...). Courant 2017, nous avons testé un système serveur développé à l'Université d'Iowa (DAS2server), qui permet de distribuer les données à une résolution temporelle choisie par le client, et intègre un système de cache qui accélère la transmission des données. Cette technologie s'intègre naturellement dans l'outil de visualisation Autoplot. La possibilité d'intégration dans AMDA sera étudiée.



Ces tests et développements sont effectués avec le centre d'expertise PADCC (Paris Astronomical Data Center) à l'Observatoire de Paris. Dans le cadre de MASER et de VESPA, les données radio du réseau décimétrique de Nançay (NDA) sont maintenant disponibles en format natif et en CDF dans l'observatoire virtuel.

Suite aux tests et développements effectués en 2017, il ne paraît plus nécessaire de développer un outil de visualisation dédié pour la radio BF (ancien projet SILFE). Les efforts sont concentrés à la fois sur la mise en ligne de données et leur valorisation, via des technologies existantes et interopérables. L'élargissement aux données radio des télescopes sols et aux données astrophysiques plaident pour un service distinct du CDPP, mais qui gardera inévitablement des liens très forts avec celui-ci.

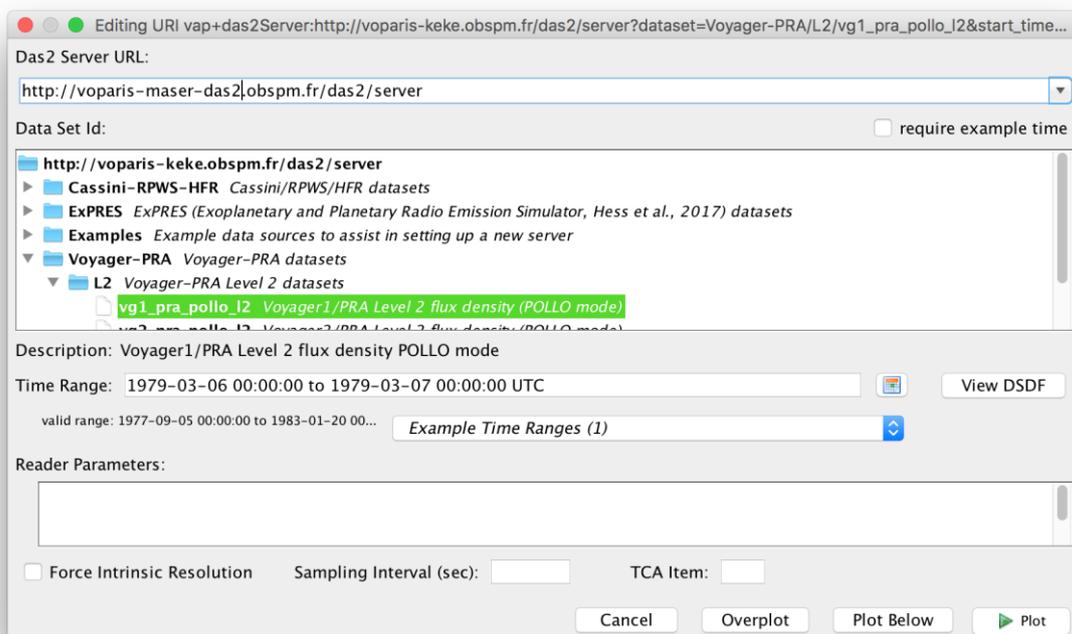


Figure 1. Intégration du prototype de serveur DAS2 sur les données MASER, dans l'interface de sélection d'Autoplot.

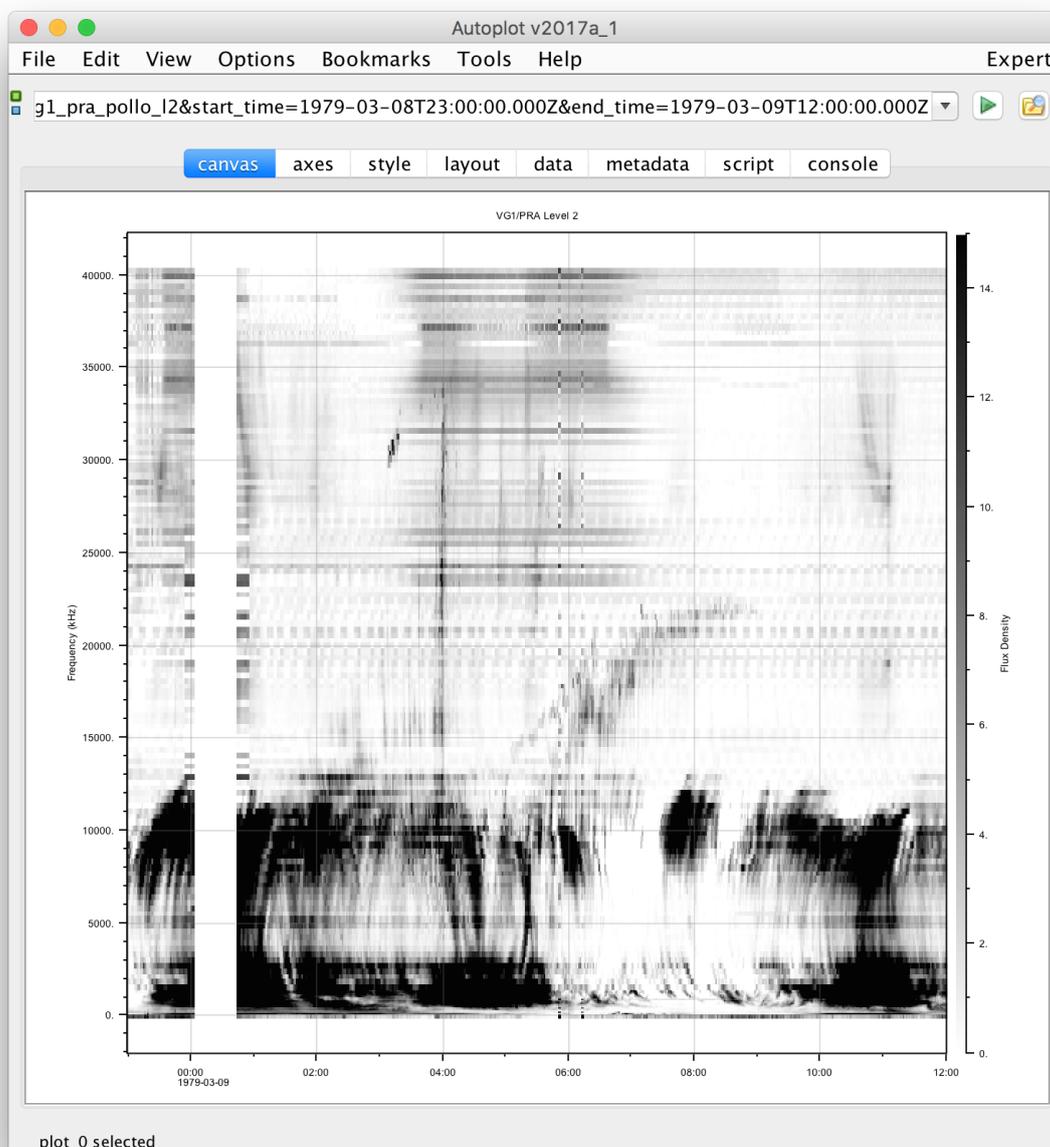


Figure 2. Visualisation des données MASER (Voyager PRA, Level 2) dans Autoplot, via le serveur prototype DAS2.

3.2.3 BASE DE DONNEES DE "FORME D'ONDE"

Les données en forme d'onde sont des données en général sous-utilisées. Pourtant, ce sont des données extrêmement intéressantes qui permettent d'analyser les mécanismes plasmas de manière fine et détaillée. En outre, ces données peuvent susciter un intérêt au sein de la



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 53

communauté des plasmas de laboratoire. Le développement d'un service centré sur les données en forme d'onde constituerait une brique sur laquelle plusieurs communautés pourraient développer échanges et collaborations. A notre connaissance, il n'existe nulle part de base de données en forme d'onde ni de service associé.

L'archive du CDPP possède déjà un patrimoine étoffé de données en forme d'onde (ARCAD, WIND, CLUSTER, DEMETER). A son arrivée au CDPP Carine Briand a pris en charge le projet qui s'articule autour de trois étapes principales : (i) calibrer et standardiser les données, en associant une documentation détaillée des méthodes et procédure utilisées ; (ii) constituer et mettre à disposition une base de données standardisées et (iii) adapter les outils du CDPP (AMDA) et/ou développer des outils spécialisés pour l'analyse de données en forme d'onde.

Un problème de datation sur les données WIND nécessitant le retraitement de l'ensemble des données, il a été décidé de basculer sur la prise en compte des données formes d'onde STEREO. Avant son départ du CDPP en 2016, C. Briand a mené le travail sur les 2 points ci-dessus et suite à la constitution de la base de données un article a été publié (*Briand et al.*, 2016).

3.2.4 OUTIL « IONOSPHERE » : CONJONCTIONS SOL-ESPACE ET PROJECTIONS 2D

Les activités ionosphère et sol-espace comprennent l'intégration de données d'instruments au sol à AMDA (EISCAT), la mise à disposition d'un code de simulation ionosphérique (TRANSCAR) et le développement de nouveaux services à la communauté. Concernant ce dernier point, nous sommes entrés à partir de 2016 dans une nouvelle phase avec la définition des spécifications de l'outil de conjonctions sol-espace et de l'outil de visualisation et de cartographie 2D pour les données sol et les projections d'orbites.

Données EISCAT

L'ingestion des données des radars EISCAT dans AMDA, prévue de longue date, a été finalement confiée à la société AKKA qui a terminé cette activité début 2017. L'arborescence EISCAT est définie dans AMDA et la visualisation de données est maintenant possible. Il convient désormais d'alimenter cette base, tâche qui revient à l'IRAP.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

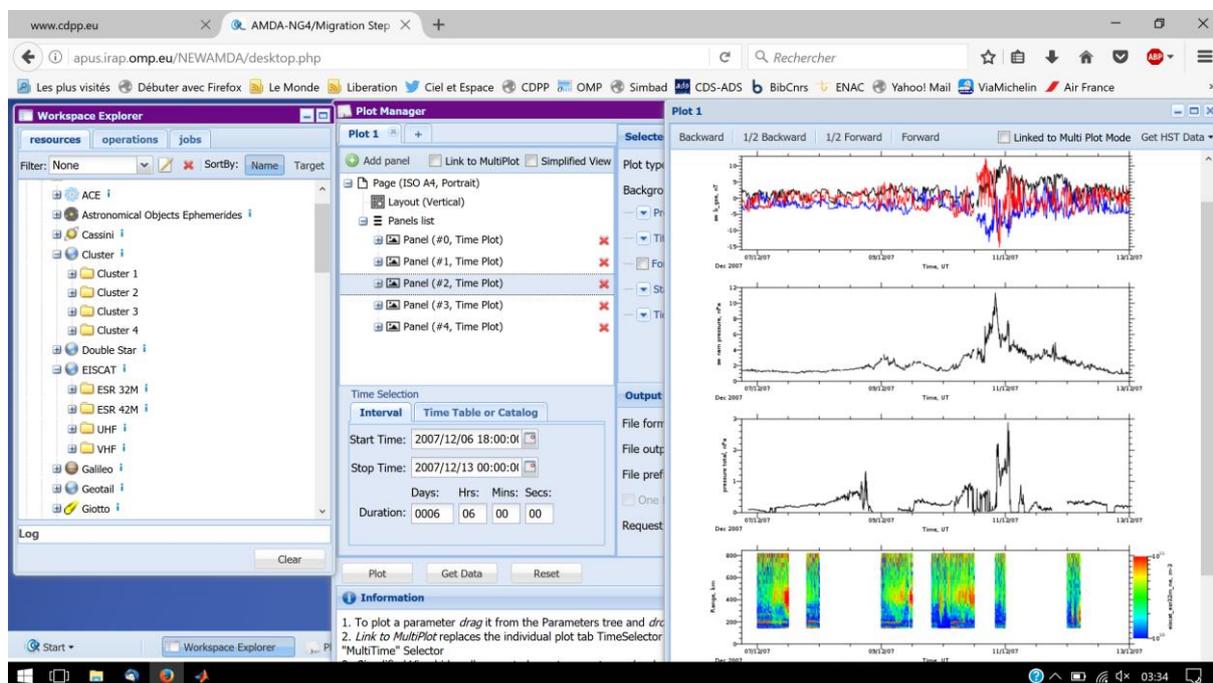
Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 54



Exemple de visualisation de données EISCAT accompagnées de données du milieu interplanétaire provenant d'ACE.

TRANSCAR en ligne

La mise en ligne du code de simulation ionosphérique TRANSCAR (13 moments) est achevée ; les sorties sont au format CDF, lisible par AMDA. Ce travail a été réalisé en 2016 et 2017 dans le cadre de EuroPlanet H2020 / PSWS (voir section 3.3.4.2 pour les détails).

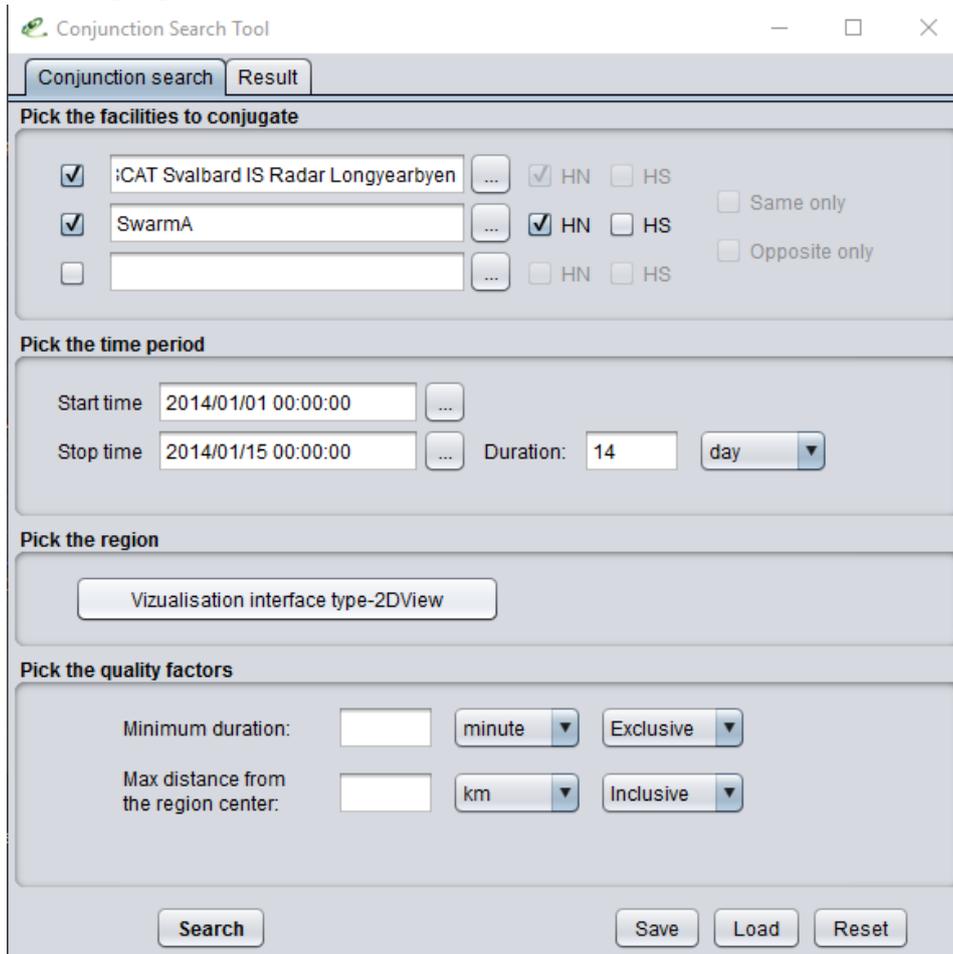
Conjunction Search Tool (CST)

Le développement du CST a été financé sur contrat CNES et confié à l'entreprise GFI. La version 2 sera livrée fin septembre 2017.

Le but de cet outil est de trouver des conjonctions passées ou à venir (pour la planification d'observations) entre des instruments au sol et des satellites. Le principe de calcul est de rechercher la colocation des pieds de ligne de champ magnétique entre satellites ou avec les champs de vue des radars (SuperDarn, EISCAT, ...) ou autres instruments sol. Pour que ce calcul soit rapide (la recherche de conjonction peut concerner plusieurs années sur de grandes étendues spatiales, ex. : l'ovale auroral) l'outil exploite une base pré-calculée de pieds de ligne (à partir du modèle T96 et des données OMNI pour le vent solaire) ; cette base concerne plusieurs dizaines de satellites dont les « Spice Kernels » sont gérés par 3DView. Les routines pour construire cette base a été confiée à l'entreprise AKKA ; ce code est exécuté à l'IRAP et la base obtenue (90 Go actuellement) est maintenant utilisée par le CST. Enfin, le code de calcul des conjonctions est un exécutable indépendant de l'interface, évolutif et maintenu par l'IRAP (P.-L. Blély, A. Marchaudon, F. Pitout).

Dans les grandes lignes, l'utilisation du CST se fera en 4 grandes phases :

- L'utilisateur choisit les missions spatiales et les instruments au sol à conjuguer, dans un intervalle de temps qu'il définit :

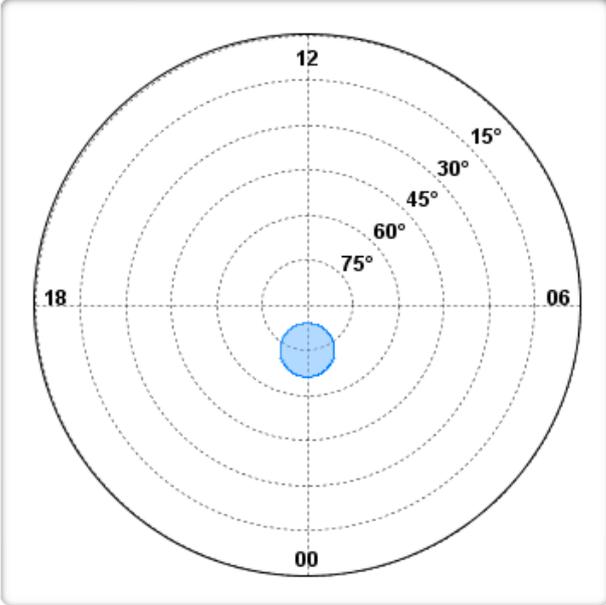


Interface de sélection du CST

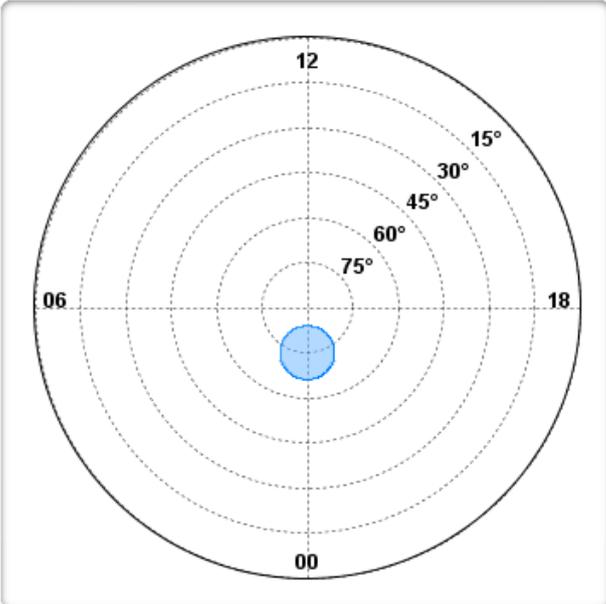
- Il précise éventuellement la zone dans laquelle les conjonctions doivent se faire, en projection polaire ou équatoriale, en coordonnées géographiques ou magnétiques.

CST 2D View - 2017/07/11 08:51:27 - long/lat: 20.7/1.3

NORTH



SOUTH



View type

Coord sys

View limits

|Lat| min ° |Lat| max °

Mlt min h Mlt max h

Pick predefined zone

Modify/create zone

Zone type

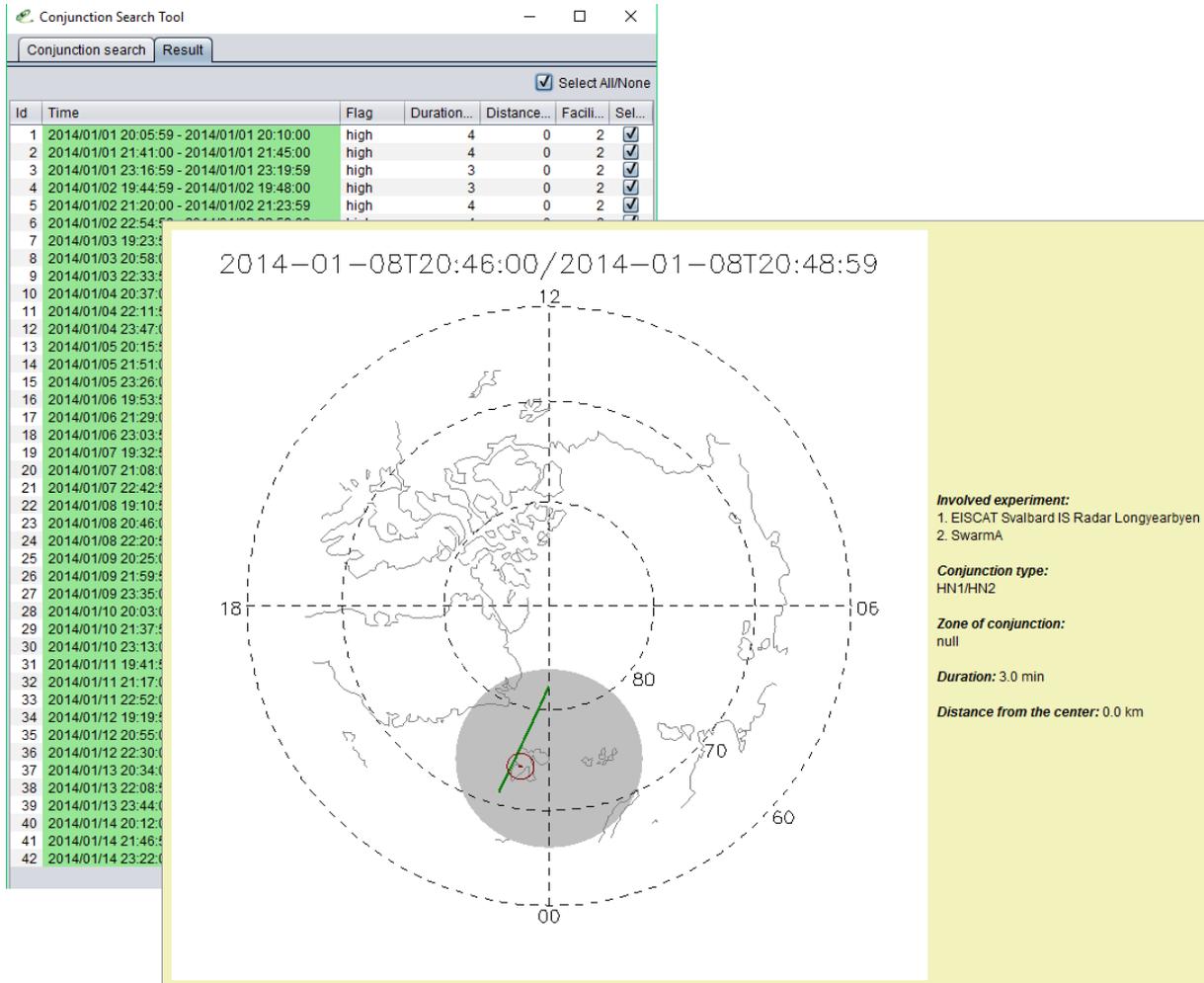
Center

|Lat| ° Mlt h

Radius km

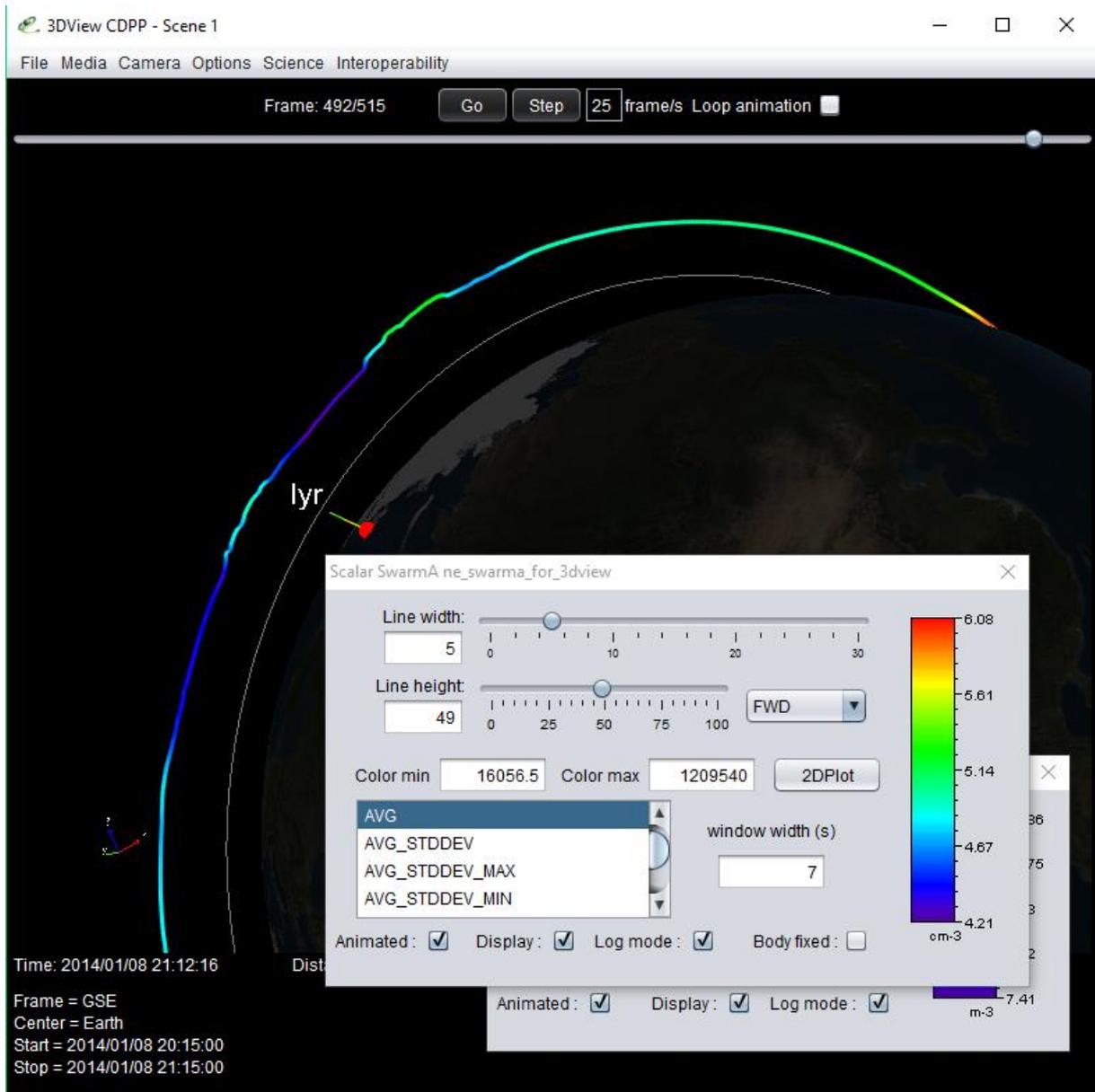
Interface de sélection de la zone de conjonction

- Les conjonctions trouvées sont soumises à vérification pour en valider la qualité :



Liste des conjonctions trouvées et imagerie d'une de celle-ci montrant le champ de vue du radar et la trace du satellite choisis.

- Le fichier de conjonction validé pourra être utilisé pour visualisation des données correspondantes, sur AMDA ou dans 2D/3DView :



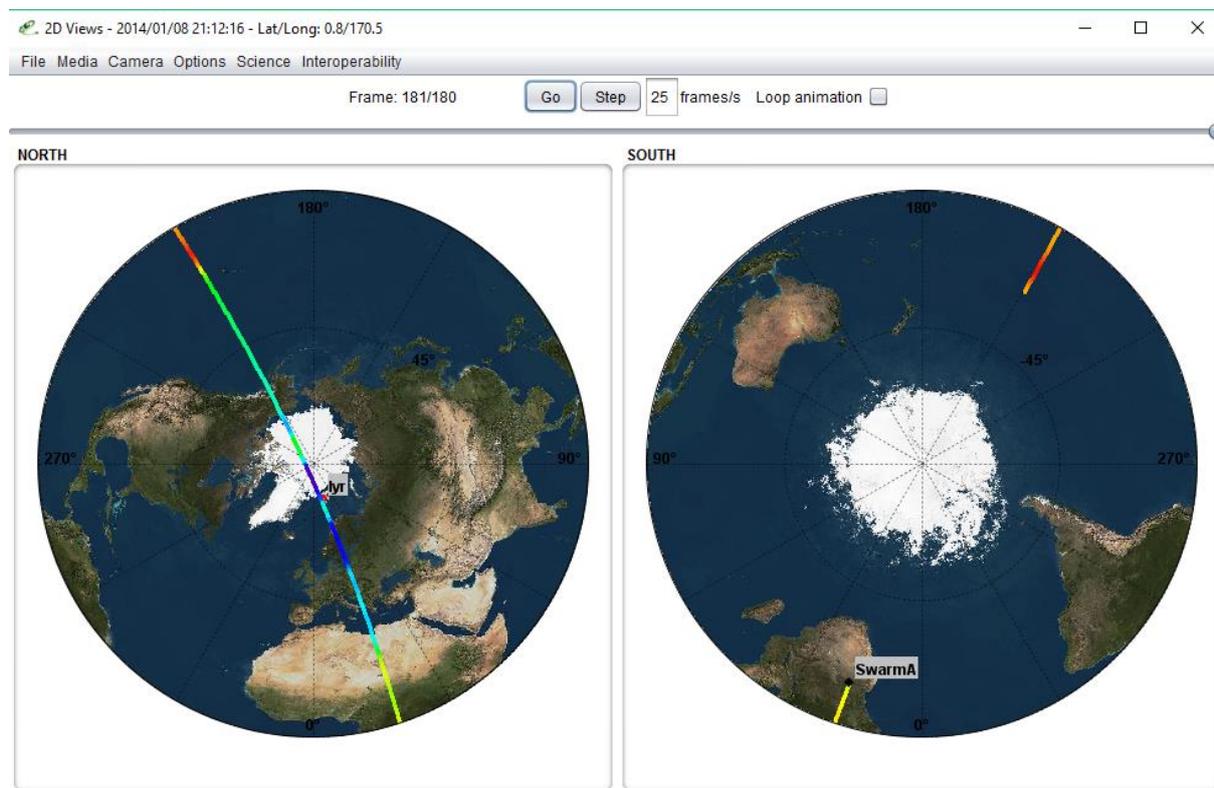
Scène 3D montrant une conjonction trouvée par le CST avec les données du radar et du satellite SWARM A (ici la concentration électronique).

Notons que l'accès aux données d'instruments au sol se fait par web-service vers la base de données Madrigal (seule disponible pour le moment) qui fournit des données de radars à diffusion incohérente et de quelques ionosondes. L'utilisateur pourra toutefois télécharger lui-même des données de types SuperMAG, AMPERE et SuperDARN.

2DView

Pour répondre aux besoins de visualisation en 2D des données (sol ou satellitaires) et des traces des satellites (*footprints*), des capacités avancées de visualisation 2D ont été implémentées dans 3DView. Une zone 2DView comprend maintenant un environnement et des fonctionnalités spécifiques, le tout synchronisé sur la vue 3D.

En reprenant l'exemple précédent, voici ce que cela donne en 2D :

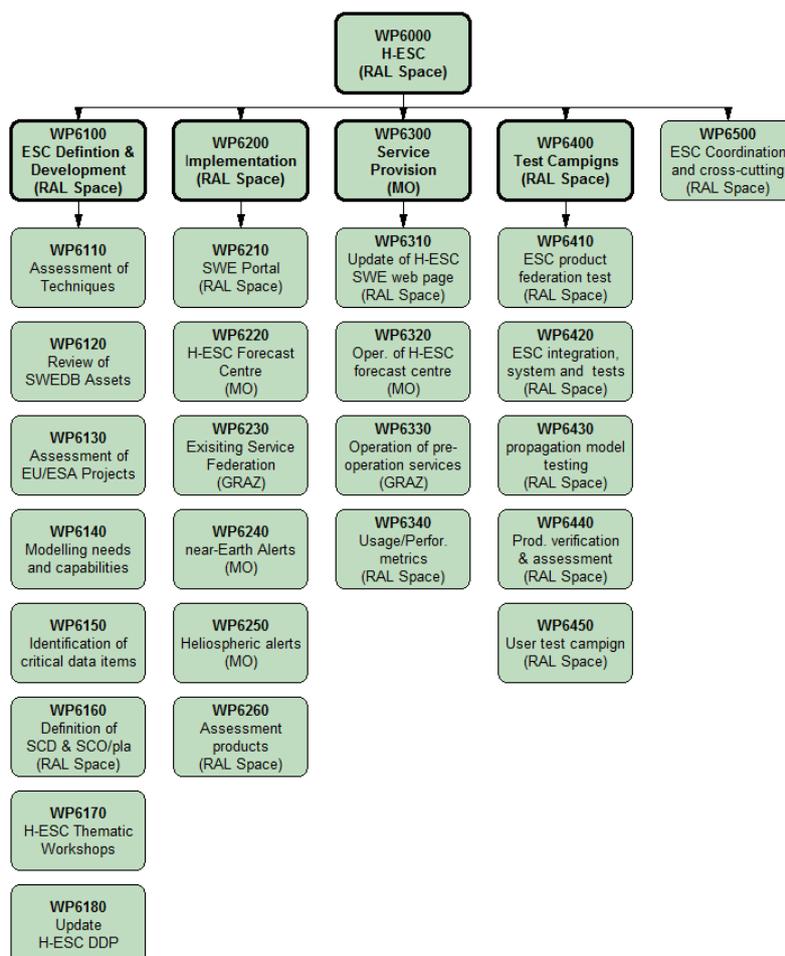


Vues polaires nord et sud de la scène 3D.

Là aussi, les projections et systèmes de coordonnées peuvent être changé à loisir. Trois systèmes de coordonnées magnétiques (AACGM, APEX et Quasi-dipole) ont été implémentés pour répondre aux besoins du plus grand nombre. De même, la projection magnétique peut se faire avec 3 versions du modèle de Tsyganenko (T96, T02 et TS05).

3.3 PROJETS EUROPEENS : SSA ET H2020

3.3.1 SSA



Structure de la réponse au Heliospheric Expert Service Centre dans lequel le CDPP participe en Phase 2 avec plusieurs de ces outils.

Le segment « Space weather » du programme SSA de l'ESA est divisé en 5 « expert service centres » représentant le « ionospheric weather », le « solar weather », « heliospheric weather », ... (voir http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/Space_Situational_Awareness/Space_Weather_-_SWE_Segment). En décembre 2013 un appel d'offre (ITT) pour désigner les responsables de chacun de ces « expert centres » fut émis. La réponse a été menée par Astrium. Des contacts entre CDPP et MEDOC d'une part, et le RAL (UK) d'autre part ont été pris fin 2013/début 2014 afin de déterminer une participation possible des centres français au « heliospheric expert service centre » (H-ESC). MEDOC a finalement été dirigé vers les coordinateurs du « Solar ESC » mais le nombre d'« assets » déjà identifiés a été jugé suffisant, et MEDOC n'a pas été sollicité par la suite. Dans le cas du CDPP, le RAL a proposé que les services AMDA et



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 61

Propagation Tool figurent dans la réponse. La France ne souscrivant pas à ce programme, ses instituts/laboratoires ne sont pas autorisés à répondre comme partenaire mais ils peuvent en revanche être désignés comme « consultants » (avec un financement limité). C'est le cas ici du CDPP qui intervient dans plusieurs WorkPackages de la réponse menée par le RAL (voir le WBS ci-dessus pour la structure globale de cette réponse ; les services du CDPP se retrouvent dans les WP6100, 6200, 6300). Les outils seront mis à disposition à travers un portail SSA ; le travail concerne donc essentiellement une homogénéisation des accès sans développement de nouvelles fonctionnalités. La mise à disposition récente des données ACE « temps réel » dans AMDA a été réalisée dans le cadre de cette réponse. Après plusieurs péripéties administratives la réponse de l'ESA a été positive et un kick-off du projet a eu lieu en septembre 2015.

Pour le CDPP le travail de fédération a commencé au printemps/été 2016. Il est mené par M. Bouchemit qui a interagi avec le HelpDesk SSA pour l'installation des composants permettant l'authentification unique (système OpenAM) pour AMDA et Propagation Tool. A cause de son système d'authentification propre, le travail a été conséquent pour AMDA. L'ouverture d'AMDA à travers le portail SSA a eu lieu en Mars 2017. Une charge de travail non négligeable concerne la documentation associée qui doit inclure des tests d'acceptation pour les diverses fonctions des outils. Concernant le Propagation Tool, une incompatibilité avec Java a compliqué la fédération. Une solution de contournement est en passe d'être trouvée et le service devrait être fédéré courant de l'automne 2017.

Par ailleurs, la Period-3 de SSA ayant commencé au printemps 2017 (la France en fait officiellement partie cette fois) une proposition d'extension du H-ESC a été soumise par C. Perry en Juillet 2017. Pour des raisons de simplicité budgétaire le CDPP est une nouvelle fois sous-traitant pour le RAL (et émarge donc sur la contribution anglaise de SSA). Les services proposés par le CDPP dans ce cadre sont : la maintenance de la fédération de AMDA et du Propagation Tool ainsi que la fédération du nouveau service HelioPropa (voir section 3.3.4.2). Enfin, la contribution française à SSA a permis de réserver 250 keuros pour le CDPP (ainsi qu'un budget équivalent pour MEDOC) sur un work-package qui sera à définir à l'automne 2017.

3.3.2 HELIOPHYSIQUE : PARTICIPATION AU PROJET FP7 HELCATS

Le projet HELCATS a débuté le 1^{er} Mai 2014, c'est un projet FP7 (SPACE CALL) qui a pour but de créer des catalogues de structures observées dans les imageurs héliosphériques de la mission STEREO.

Le projet est focalisé sur la création de catalogues d'éjections de masse coronale (CME) et de régions d'interaction en co-rotation (CIRs) observées en lumière blanche et mesurées in situ près de 1AU. Le projet inclut une participation du CDPP et de ses outils.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 62

A. Rouillard (20%) est impliqué au premier plan. V. Génot (5%) et M. Bouchemit (5%) sont également impliqués. Le financement du projet s'élève à 550000 Euros pour 3 ans (essentiellement thèse / post-docs).

Le projet comprend 8 work packages (WP), A. Rouillard étant leader des WP 5 et 6 portant sur : « La classification des CIRs observées en lumière blanche et mesurées in situ » et « la simulation des CIRs », le CDPP et STORMS contribuent aux WP8 (Task 4 : lien avec l'OV) en intégrant les catalogues de CIRs et de CMEs produits par les WP 1 à 7, au 'Propagation Tool', 'AMDA' et les résultats de simulation de formation et d'expansion de CIRs au 'Space Weather Tool'. Le but du WP8 est que le CDPP et STORMS soient des vitrines du projet HELCATS.

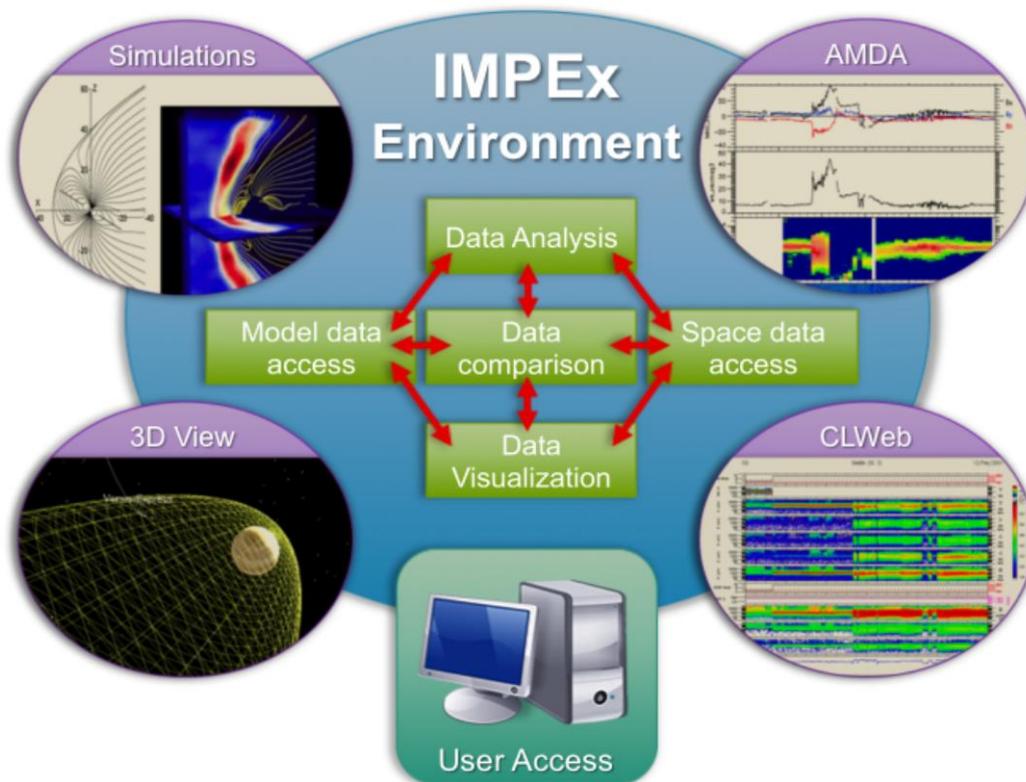
Les objectifs de ce WP sont:

- Meilleure compréhension de la formation des CIRs.
- La mise à disposition de catalogues de CMEs et CIRs.

La mise à disposition de plusieurs catalogues de HELCATS à travers le Propagation Tool est effectivement réalisée. Un développement récent de 3DView a permis de visualiser le catalogue de CME sous forme de fronts d'onde se propageant dans l'héliosphère. Le projet s'est terminé fin avril 2017.

3.3.3 PLANETOLOGIE : PARTICIPATION AU PROJET FP7 IMPEX

Le projet IMPEX (Integrated Medium for Planetary Exploration) est un projet sélectionné par l'Union Européenne (FP7, appel « Space - Exploitation of space science and exploration data ») qui a débuté le 1^{er} juin 2011 et s'est terminé fin mai 2015. L'objectif était de développer une e-infrastructure permettant d'accéder et d'analyser conjointement des observations de missions planétaires et des résultats de modèles analytiques et de simulations hybrides et MHD, en s'appuyant sur des services de visualisation 3D sophistiqués. Ce projet avait vocation à servir les communautés de planétologie et de l'étude de la magnétosphère terrestre. Il a par ailleurs constitué le premier pas d'envergure du CDPP en direction des activités de simulations numériques.



Vue générale des possibilités fournies par IMPEX

Le projet a duré 4 ans et le CDPP y a joué un rôle clef en particulier en tant que responsable des phases de définition des besoins et de l'architecture générale du système. L'infrastructure repose sur 3 pôles: (1) les bases et services de simulation et de modèles (collaborations avec les laboratoires du FMI, LATMOS, et SINP), (2) AMDA et CLWeb, pour l'accès aux données observationnelles et services associés, et (3) les services de visualisation 3D, assurés par 3DView. Enfin, V. Génot, porteur du projet pour le CDPP, était « Project Scientist » d'IMPEX.

Ce projet a stimulé une très forte motivation au sein de l'équipe CDPP, aussi bien du côté CNRS que CNES. Comme HELIO, HELCATS ou EUROPLANET, il correspond à un investissement stratégique en préparant les infrastructures européennes de l'avenir. IMPEX présente aussi un intérêt scientifique particulièrement stimulant et offre un excellent tremplin pour développer AMDA et 3DView.

Les réalisations les plus marquantes du projet sont visibles par la communauté :

- le modèle de données IMPEX : basé sur le modèle SPASE (<http://www.spase-group.org/>), il permet de fournir les meta-données décrivant les runs de simulations de manière 1/ uniforme au sein du projet, et 2/ similaire à celle des observations avec lesquelles ces simulations peuvent se comparer. Le modèle est conçu de manière à faciliter l'utilisation du modèle et du dictionnaire SPASE. Les évolutions sont menées



en concertation avec le consortium SPASE. C'est la brique de base permettant l'interopérabilité entre les différents fournisseurs des données et les outils logiciels devant les consommer. Le modèle est utilisé par chaque base pour fournir une description détaillée de ses données, utilisée par les outils pour construire l'interface de présentation et de recherche des données.

- le développement de 3DView par la société GFI (voir section dédiée).
- Le protocole IMPEX qui définit de manière uniforme les services fournis par les bases de simulation du LATMOS, du FMI et du SINP, par exemple l'interpolation le long de la trajectoire d'un satellite. Il définit une syntaxe commune pour tous les appels par web-service qui doit faciliter leur utilisation dans un cadre plus large que le projet IMPEX.
- Les interfaces de recherche de données de simulation dans les outils AMDA, 3DView et CLWeb.
- L'utilisation des données de simulation dans les outils au même titre que les données d'observation (tracé 2D ou 3D principalement)
- Des tutoriels, sous forme texte ou vidéo, sont mis à disposition sur le site web d'IMPEX
- Un portail d'accès aux ressources d'IMPEX a été conçu et développé par le projet. Ce point d'entrée supplémentaire a pour but de faciliter l'accès à l'infrastructure pour les utilisateurs ne connaissant pas 3DView ou AMDA, et donne une vue synthétique de toutes les données accessibles au travers de IMPEX. Il utilise le modèle de métadonnées IMPEX pour décrire les données de simulation, SPASE pour les données d'observation, ainsi que le protocole IMPEX implémenté par les différents instituts.
- IMPEX a été régulièrement présenté dans les diverses conférences de planétologie et de physique spatiale. Un tutoriel concernant IMPEX est en particulier présenté lors de sessions « Solar System Virtual Observatory Hands-on Session » lors des EGU 2014 et 2015, de l'EPSC 2013 et 2014 et de l'ESWW11 (un des convener de ces sessions est B. Cecconi).
- Enfin, début 2015, le modèle de données de simulation d'IMPEX a été officiellement adopté par SPASE comme on peut le voir sur la page web <http://spase-group.org/> reproduite ci-dessous (la mention 'IMPEX' doit être ajoutée prochainement)

Dans le cadre de Europlanet H2020 / VESPA les bases de données de simulations mises en place durant IMPEX peuvent être « découvertes » avec le protocole EPN-TAP suite à un travail de convergence entre les protocoles (réalisé par les collègues de Graz).



3.3.4 EUROPLANET H2020

Le projet FP7 Europlanet-RI s'est officiellement terminé fin 2012 (à noter que le CDPP attend toujours le dernier remboursement de l'UE). Un MOU a été signé par les différents partenaires souhaitant continuer l'aventure sous une forme ou une autre. Fin 2013 l'appel d'offre du programme H2020 a été émis et une réponse dans le cadre du call INFRAIA-1-2015 fut menée par N. Mason (OpenU, UK) et A. Coustenis (Observatoire de Paris). Le CDPP participe à 2 WorkPackages décrits ci-après.

Le CDPP reçoit un budget d'une centaine de keuros pour ces 2 WP. La société GFI, partenaire à part entière du projet, dispose d'un budget propre pour le développement de 3DView (pour VESPA) et du Propagation Tool (pour PSWS).

La proposition a été retenue par l'Europe et le kick-off du projet a eu lieu à l'EPSC à Nantes en septembre 2015.

3.3.4.1 VESPA

VESPA² est la suite de plusieurs tentatives (dont IDIS) pour mettre en place des infrastructures pour faciliter l'accès aux données de planétologie archivées par les agences spatiales (PDS, PSA), les télescopes au sol et les données de laboratoire. L'infrastructure définie par VESPA est inspirée de l'IVOA³ et d'autres standards issus d'organismes internationaux comme l'IPDA, l'IAU ou SPASE⁴. Le responsable technique pour le CDPP est M. Gangloff.

L'infrastructure est constituée principalement des briques de base suivantes :

- Le protocole TAP (Table Access Protocol) de l'IVOA.
- Le dictionnaire EPNCore qui définit un ensemble de mots-clés spécifiques de la planétologie.

Le travail effectué par le CDPP dans le cadre de VESPA depuis le début du projet en Septembre 2015 comprend :

- La mise à jour du serveur de données de AMDA pour mise en conformité avec le protocole EPN-TAP version 2. Les données mises à disposition sont celles qui se trouvent sur la base de données de AMDA : séries temporelles de paramètres physiques observés in-situ par des instruments embarqués sur des satellites dans le cadre de missions spatiales d'intérêt pour la Planétologie (Cluster, Cassini, etc.). Au préalable, un modèle de métadonnées a été défini pour la description des données de AMDA. Ce modèle a été conçu de manière à être compatible avec plusieurs standards internationaux comme EPN-TAP et SPASE. Il est en fait une extension de SPASE utilisant le mécanisme d'« override » de la norme XML schema. Ainsi, à partir d'un ensemble de métadonnées unique, il est possible de répondre à des requêtes EPN-TAP, d'être connu dans la communauté internationale de physique spatiale grâce à la compatibilité avec SPASE, et enfin de générer plus facilement l'interface utilisateur de AMDA. Cette interface a par ailleurs été rendue plus riche grâce à la présence dans les métadonnées

² <http://www.europlanet-vespa.eu/>

³ <http://www.ivoa.net/>

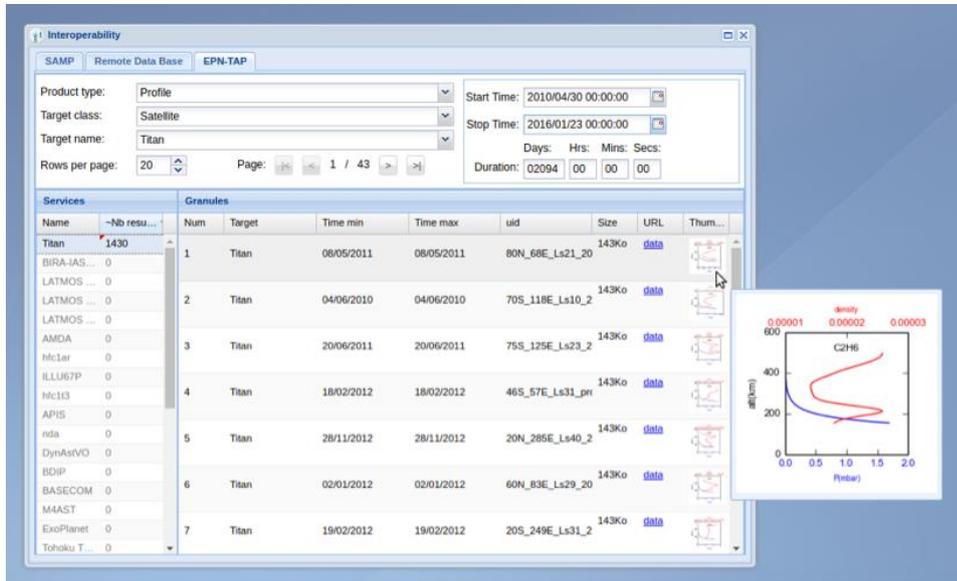
⁴ <http://www.spase-group.org/>



d'informations nouvelles relatives aux jeux de données. Ces informations sont présentées à l'utilisateur sous forme de « tooltips ». Un Registre contient la description, compatible avec ce modèle, de tous les jeux de données de AMDA et des fichiers de données associés. Le Registre est mis à jour régulièrement pour ajouter des jeux de données et des fichiers de données (au format netCDF) correspondant à de nouvelles missions ou à de nouvelles données issues de missions en cours. Le contenu de ce registre est ensuite transformé pour être strictement compatible avec le protocole EPN-TAP v2, chaque description de fichier de données étant transcrite en tant qu'élément d'une table dans une base de données relationnelle compatible PostGréSQL. Le logiciel DACHS du GAVO⁵, développé dans le cadre de l'IVOA est utilisé pour assurer l'interface entre les clients et la base relationnelle. La figure 1 donne un aperçu de l'architecture du serveur de données.

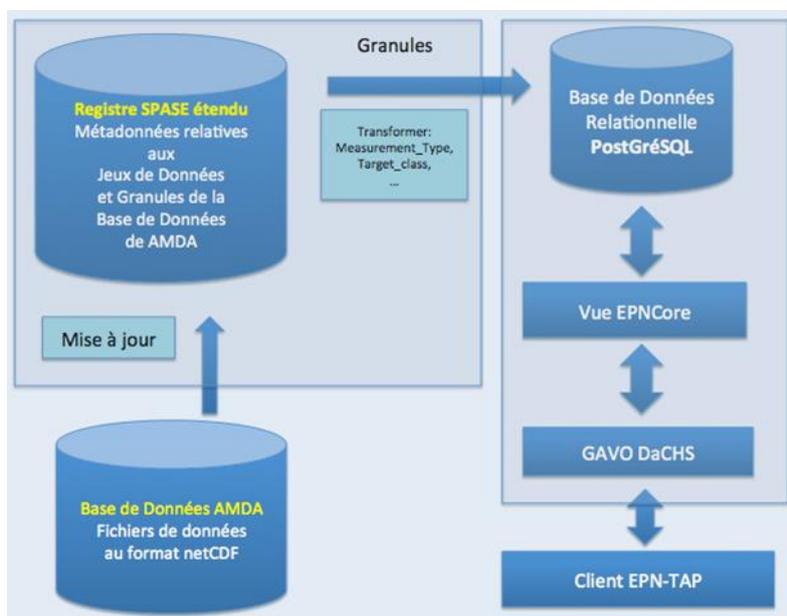
- La spécification d'une bibliothèque universelle et générique pour la gestion des fonctions de bas niveau du protocole. Elle définit en particulier comment rechercher dans les registres de l'IVOA les services fournissant une compatibilité avec le protocole EPN-TAP auxquels la requête sera envoyée. Elle définit également comment la requête est élaborée.
- Le codage de la bibliothèque en Java (disponible sur un Gitlab). La bibliothèque étant conçue comme générique, elle est utilisée par 3DView (GFI) mais également pour le logiciel CASSIS d'analyse de spectres, développé et maintenu par une autre équipe de l'IRAP.
- Le codage de la même bibliothèque en PHP (disponible sur un Gitlab) pour intégration dans AMDA, permettant ainsi un accès direct à des données distantes par l'intermédiaire de l'infrastructure de VESPA. L'accès dans AMDA se fait à partir de l'icône « Interoperability » (cf Figure ci-dessous). La sélection déjà opérée dans le « Workspace Explorer » est automatiquement prise en compte.

⁵ <http://dc.zah.uni-heidelberg.de/>



Vue de l'interface EPN-TAP dans AMDA - Profils de Titan

- Le développement par GFI, avec suivi du CDPP, d'un client compatible VESPA dans 3DView. Ce client est en fait une nouvelle option proposée dans les menus de 3DView. Elle propose d'effectuer une recherche de nouvelles données dans le cadre de VESPA, en fonction du contexte spécifique de la scène courante. Par exemple, lors de l'étude d'un fly-by de Titan par Cassini défini par un intervalle de temps précisé dans la scène, il est possible de définir un nouveau critère sur la région observée à l'aide d'une projection Mercator et de rechercher des données correspondant à ce critère, en élargissant la période couverte à quelques années pour obtenir un panorama sur une longue période.
- L'évolution de 3DView, réalisée par GFI et suivie par le CDPP, pour l'accès aux « Spice Kernels » contenant l'attitude et le champ de vue des instruments à répercuter dans une scène 3D.
- La mise en place en 2017 du service ILLU67P (voir section ci-dessous).



Architecture du serveur de données de AMDA

Dans le cadre de VESPA, le CDPP a organisé en avril 2016 le premier d'une série de quatre ateliers destinés aux fournisseurs de données désirant mettre à disposition leurs données à l'aide de VESPA. L'atelier, d'une durée de quatre jours, a permis aux participants (une trentaine, venant de différents instituts à travers toute l'Europe) de se familiariser avec l'environnement logiciel de VESPA (installation d'un serveur TAP sur une machine virtuelle, conception de la base de métadonnées), de mettre en place un premier serveur contenant leurs données, et de procéder à des tests avec le portail VESPA et d'autres clients compatibles. Seize projets de fournisseurs de données ont été démarrés durant l'atelier, dont quatorze devraient aboutir à de nouveaux serveurs, et deux correspondant à une adaptation à la version 2 du protocole EPN-TAP.

L'atelier a d'autre part permis à Nathanaël Jourdane, recruté en 2016 en CDD et chargé des développements logiciels dédiés à VESPA pour le CDPP, de se familiariser avec le protocole EPN-TAP et les outils associés et de débiter la mise en place d'un serveur compatible VESPA pour la fourniture de cartes d'illumination de la comète Chury, en collaboration avec Imperial College, London. Il a poursuivi avec les développements relatifs au serveur pour AMDA. Ce travail a été présenté à l'atelier interopérabilité⁶ de l'IVOA de Mai 2016 en Afrique du Sud.

Le CDPP a participé à l'organisation du deuxième atelier VESPA dédié aux fournisseurs de données à l'ÖAW/IWF de Graz (Autriche) en Mars 2017. Ce second atelier a été l'occasion de perfectionner le logiciel de mise à disposition des données à l'aide de deux mécanismes nouveaux permettant une grande simplification. Les nouvelles modalités proposées lors de

⁶ <http://ivoa2016.sa3.ac.za/>



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 69

l'atelier ont été testées sur un nouveau service, Transplanet (voir Section 3.3.4.2), de mise à disposition de résultats de simulation du modèle de l'ionosphère IPIM (Pierre-Louis Blelly, Aurélie Marchaudon), qui est maintenant opérationnel. Le CDPP fournit donc maintenant trois services dans le cadre de VESPA, améliorant ainsi sa visibilité.

Un effort soutenu a été mené pour améliorer la documentation relative à ces services, tant pour assurer leur maintenance que pour diffuser le savoir-faire auprès de la communauté. Ainsi, un tutoriel décrivant les étapes de la construction du service ILLU67P a été rédigé et mis à disposition sur le dépôt GITHUB dédié à VESPA.

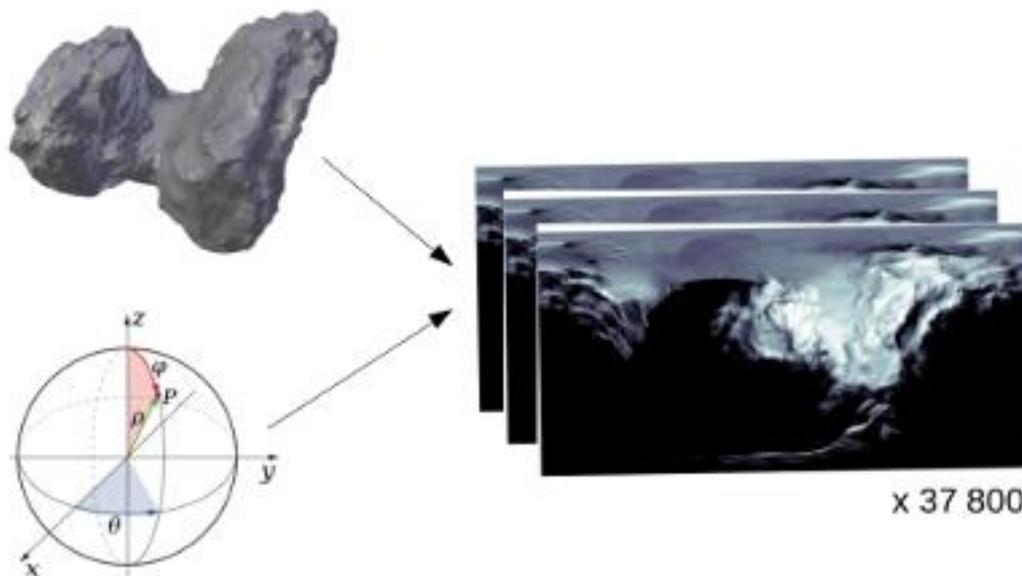
D'autre part, l'installation des services a été grandement simplifiée grâce à l'utilisation de Docker, un logiciel libre qui permet le déploiement d'applications dans des conteneurs logiciels. Docker peut empaqueter un logiciel et ses dépendances dans un conteneur isolé pouvant être exécuté sur n'importe quel serveur LINUX. Nous pouvons ainsi empaqueter le logiciel DACHS, optimisé pour DEBIAN, dans un conteneur qui est exécuté sur un serveur CENTOS géré par le Service Informatique de l'IRAP.

Un tutoriel décrivant les étapes de mise à disposition d'un service de VESPA à l'aide de Docker a été mis à disposition sur le dépôt GitHub de VESPA et sera utilisé lors des prochains ateliers destinés aux nouveaux fournisseurs de données.

Le CDPP a également participé à l'organisation, dans le cadre de VESPA, de sessions de formation (« short-course ») destinées aux nouveaux utilisateurs à l'EPSC à Pasadena (Octobre 2016) et à l'EGU à Vienne (Avril 2017).

Service VESPA de cartes d'illumination de la comète 67P

Illu67p désigne le service mettant à disposition les cartes d'illumination de la comète 67P, réalisées par Arnaud Beth (IC, London). Les cartes ont été générées à partir du dernier [modèle de la comète](#) (disponible à l'ESA) et des coordonnées sub-solaires (positions du soleil par rapport à la comète, disponibles dans AMDA) de [0, 359] en longitude et [-52, 52] en latitude, soit 37800 cartes. Elles peuvent être par la suite mappées sur un modèle 3D (par exemple avec 3DView) afin de visualiser les faces éclairées de la comète pour une position sub-solaire donnée (ou un temps donné). Ce service a fait l'objet d'un deliverable officiel (par les collègues anglais) à l'ESA.

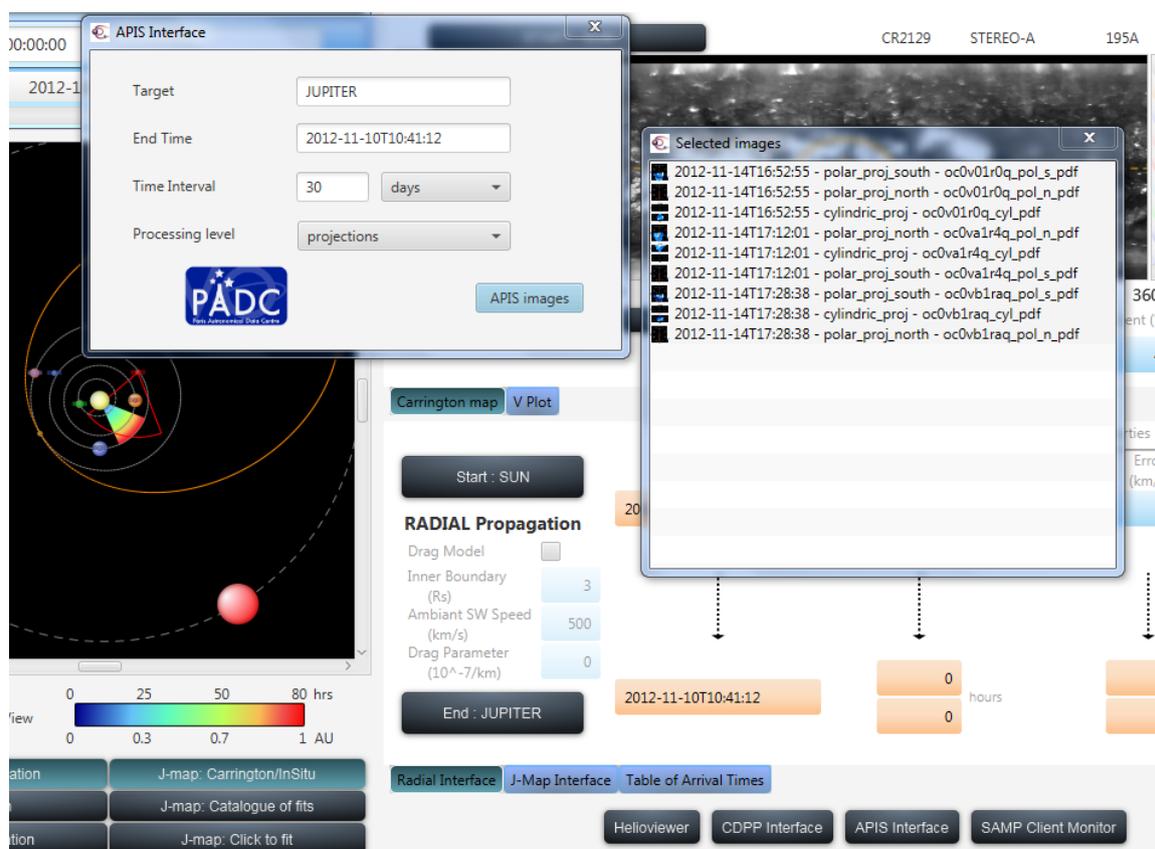


Génération des cartes d'illumination de la comète 67P mise à disposition par le service VESPA Illu67P

3.3.4.2 PSWS

Dans le cadre du projet européen Europlanet-RI H2020, le CDPP contribue aux développements et à la mise en service d'outils en ligne servant la météorologie spatiale planétaire. L'IRAP assure jusqu'en 2019 la coordination (co-responsable : N. André ; responsable technique : M. Bouchemit) de deux work-packages dédiés à cette nouvelle thématique (Planetary Space Weather Services, <http://planetaryspaceweather-europlanet.irap.omp.eu/>). Le CDPP valorise à travers ces développements les outils AMDA, 3DView et Propagation Tool en y ajoutant des extensions dédiées à la propagation des perturbations du vent solaire jusqu'aux environnements planétaires et cométaires. Les extensions développées dans 3DView ou le Propagation Tool visent par exemple la mise en corrélation de ces perturbations avec les observations aurorales des planètes géantes en ultraviolet ou encore avec les observations des activités cométaires par les astronomes amateurs, ainsi que l'ingestion de catalogues de perturbations (notamment ceux développés dans le cadre du projet FP7 HELCATS) et la sélection des événements impactant une cible planétaire ou cométaire particulière. Le CDPP s'implique également dans la mise en service d'un outil de prédiction des paramètres fluides du vent solaire dans le milieu planétaire basé sur un code magnétohydrodynamique fourni par Chihiro Tao lors de son séjour postdoctoral à l'IRAP en 2014-2015, ainsi que dans la mise en service d'un outil de simulations à la demande

des couplages vent solaire/magnétosphère/ionosphère/atmosphère à Venus, la Terre, Mars, Jupiter, et Saturne basé sur le code TRANSCAR développé par le groupe ionosphère de l'IRAP (voir ci-dessous pour plus de détails sur ces 2 services). L'ensemble de ces services sera ouvert à la communauté en 2017 et servira à augmenter entre autre le retour scientifique des missions MAVEN, Juno, BepiColombo et JUICE. Ces services devraient également être valorisés dans le cadre du programme Space Situation Awareness de l'Agence Spatiale Européenne (cf section 3.3.1).



Connection entre le Propagation Tool et la base d'émissions aurorales APIS à travers le protocole EPN-TAP (la librairie utilisée a été développée dans le cadre de VESPA et est aussi utilisée par 3DView).

Dans le cadre de PSWS, un système de gestion d'alertes est en cours d'installation à l'IRAP, en collaboration avec l'Observatoire de Paris. Ce système comprend la collecte des alertes provenant de divers services : 1D MHD Solar Wind Prediction Tool, Propagation Tool, Meteor showers, Cometary tail crossings, Lunar impacts and Giant planets fireballs. Ces alertes sont soit collectées à l'aide de formulaires en ligne, soit générées directement par les services concernés. Ce système d'alertes utilise deux standards de l'IVOA : VOEvent, pour la description des événements, et VOEvent Transport Protocol qui définit la manière d'échanger ces événements sur Internet. VOEvent permet de décrire simplement, en XML, tous les détails d'une alerte, considérée comme un événement particulier : Quand et où l'événement s'est



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 72

produit, pour quelle raison, par qui il a été observé, etc. Le logiciel Comet ainsi que la bibliothèque VOevent-parse, développés dans le cadre de l'IVOA, sont utilisés pour générer et recevoir des alertes au format VOEvent. Une version préliminaire de Comet a été testée entre l'IRAP et l'Observatoire de Paris. Ces standards étant issus de la communauté Astronomie, il est nécessaire de les adapter pour prendre en compte les besoins de la Planétologie. Par exemple, il n'est actuellement pas possible de définir une planète comme cible. Des évolutions de ces standards seront donc proposées lors des prochaines réunions de l'IVOA.

Enfin, toutes les alertes au format VOEvent seront archivées et mises à disposition l'aide du protocole EPN-TAP dans le cadre de VESPA. La gestion de ces services EPN-TAP sera partagée entre l'IRAP et l'Observatoire de Paris.

Le service Transplanet

Accessible à <http://transplanet.irap.omp.eu/> ce service réalise la mise en ligne du code IPIM développé par P.-L. Blelly et A. Marchaudon à l'IRAP, et étendu à d'autres planètes que la Terre par M. Indurain (Mars, Jupiter, et bientôt Saturne et Vénus). L'utilisateur entre les inputs du modèle grâce à un formulaire et lance la simulation dont l'exécution a lieu sur un ordinateur de l'IRAP. Il est informé de l'issue du run par un mail et il peut alors récupérer les résultats (fichier CDF) sur une page dédiée. Cette page peut être connectée à un hub SAMP pour l'envoi des résultats dans un outil tiers. L'héritage des projets orientés VO a porté ses fruits : d'une part un arbre IMPEx de toutes les simulations est généré dynamiquement pour inclusion dans AMDA et 3DView ; d'autre part une description EPN-TAP de ces mêmes runs a été réalisée ce qui les rend disponibles dans un nouveau service « Transplanet » sur le portail VESPA et dans tous les clients EPN-TAP de façon équivalente. Comme au CCMC, tous les runs sont archivés et disponibles à tous les utilisateurs. Actuellement, plusieurs dizaines de runs sont visibles sur le site.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 73

v2.3.0

[View Results](#) [Request Run](#) [Acknowledgements](#) [Publications](#) [Links](#) [License](#)

🌐 REQUEST A NEW RUN

Earth **Mars** **Jupiter**



👤 USER

Email (where we'll send the run results)

Description (optional, but recommended)

🧬 SPECIES

<input checked="" type="checkbox"/> H	<input checked="" type="checkbox"/> N	<input checked="" type="checkbox"/> H ⁺	<input checked="" type="checkbox"/> N ⁺
<input checked="" type="checkbox"/> O	<input checked="" type="checkbox"/> N ₂	<input checked="" type="checkbox"/> O ⁺	<input checked="" type="checkbox"/> N ₂ ⁺
<input checked="" type="checkbox"/> O ₂		<input checked="" type="checkbox"/> NO ⁺	<input checked="" type="checkbox"/> O ₂ ⁺

🕒 TIMESPAN

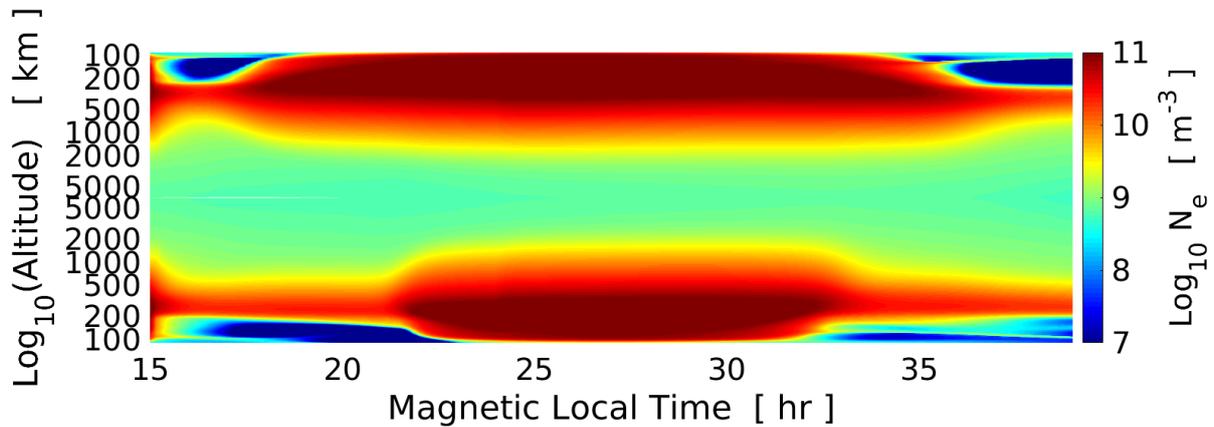
Simulation start date (YYYY-MM-DD)

Simulation start time (HH:MM:SS)

Simulation duration (HH:MM:SS)

Output time interval (s)

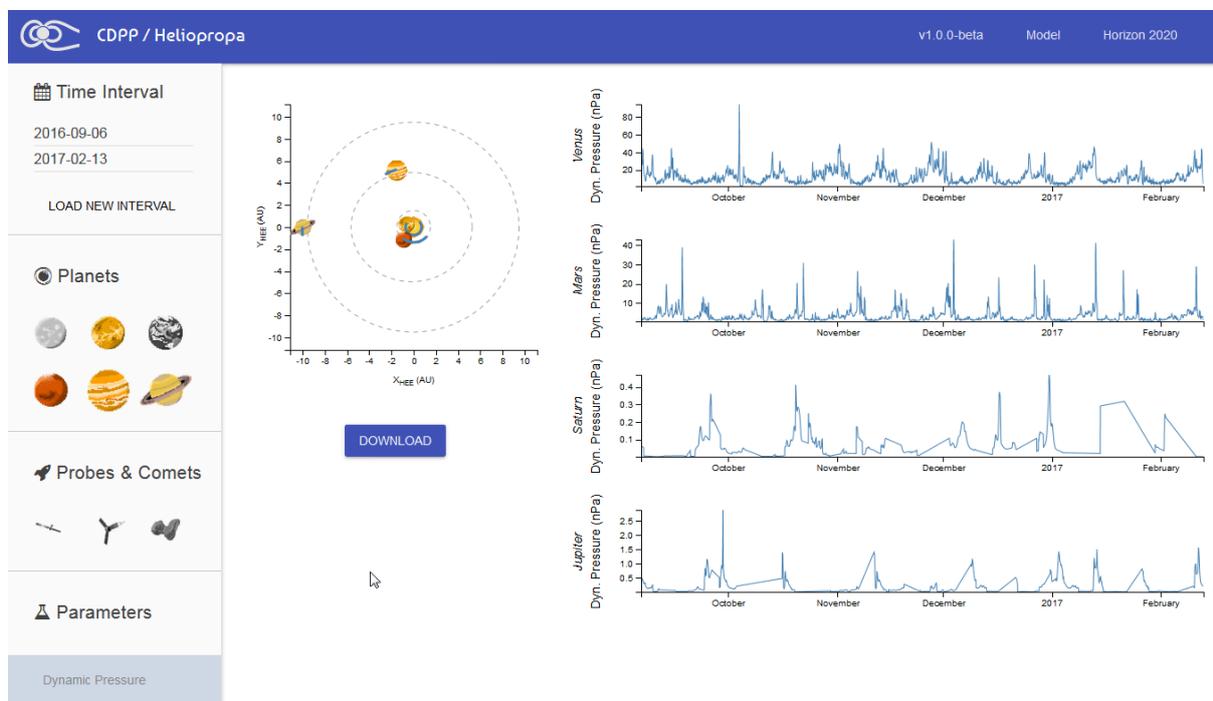
Interface d'initialisation d'un run Transplanet ici pour la Terre



Variation diurne de la densité ionosphérique simulée pour la Terre

Le service HelioPropa

Ce service est actuellement en version de test. Il sera présenté officiellement à l'EPSC (mi-septembre 2017) et a été proposé pour intégration dans la Phase 3 du programme SSA comme nouveau service pour le H-ESC (voir section 3.3.1). Basé sur la propagation du vent solaire grâce au code MHD 1D de C. Tao, il permet de visualiser et de récupérer simplement les données à différentes planètes et sondes. Il utilise les données d'OMNI comme inputs mais à terme utilisera les données d'ACE et DSCOVR « real time » afin de proposer des prédictions. Ces données sont aussi disponibles directement dans AMDA mais HelioPropa en donne une visibilité accrue dans le contexte héliosphérique représenté en HEE.



Visualisation de la pression dynamique à 4 planètes sur 6 mois avec le service HelioPropa

3.3.5 ANR TEMPETE

L'ANR TEMPETE en partenariat avec R. Modolo, F. Leblanc (LATMOS) et D. Fontaine (LPP) se propose d'étudier la réponse des environnements martiens et terrestres à des conditions solaires extrêmes (CME ou chocs) à partir de simulation dépendant du temps et d'observations. Le projet s'appuie fortement sur les développements menés pendant IMPEX pour les étendre à la prise en compte de la variabilité temporelle. Le CDPP bénéficiera d'un budget de 115 keuros sur 4 ans pour faire évoluer 3DView et AMDA ainsi que le modèle de données IMPEX (prise en compte de nouvelles simulations exosphériques).

3.3.6 PROJETS NON RETENUS

- Les 4 projets H2020 soumis en 2017 dans le « Call Compet 4 » (exploitation de données) avec une participation CDPP n'ont pas été retenus. Pour mémoire le tableau suivant synthétise ces demandes :



Interplanetary drivers and Multiscale Planetary dynamics: solar Activity effects, nonlinear Couplings and Turbulence (IMPACT)	M. Echim, Compet 4 H2020	~200 k€ = 2 years post-doc with <5 year experience and 1 year IT engineer (IE) + travel	Science contribution: WP2 Planetary response to interplanetary driving : turbulence, intermittency, boundary layers Technical contribution: - WP5 Databases - WP6 Open source data analysis tools - Task 6.4. Preparation for integration with ESA and European assets
RESTORE_4D	A. Rouillard, Compet 4 H2020	post-docs	Utilisation Prop Tool
UNICORN	E. Kilpua, Compet 4 H2020	post-docs	Utilisation Prop Tool, Space Weather Tool
SafeSpace	I. Daglis, Compet 4 H2020	post-docs	Utilisation Prop Tool

- Une proposition ERC portée par A. Rouillard sur la thématique du chauffage de la couronne en préparation à Solar Orbiter a été resoumise (1ere soumission en 2015, réponse à l'automne) ; les outils AMDA et Propagation Tool y figurent en bonne place.

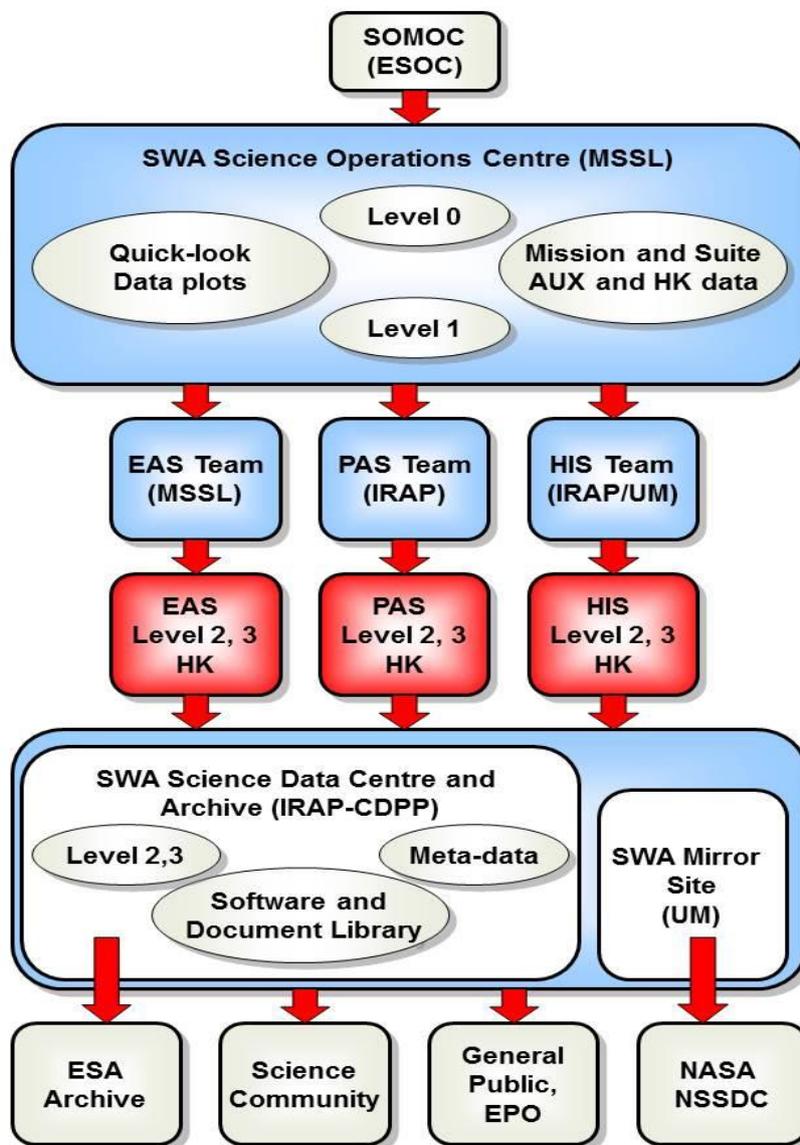
3.4 IMPLICATIONS DANS LES PROJETS SPATIAUX

3.4.1 PROJETS SELECTIONNES

3.4.1.1 SOLAR ORBITER

SWA (Solar Wind Analyser) est une suite d'instruments dédiés à la mesure du vent solaire par la mission ESA/NASA Solar-Orbiter. SWA fournira la mesure des électrons, des protons, des alphas ainsi que des ions lourds. Les données SWA seront archivées au SDCA (Science Data Centre and Archive) qui constituera la "base mère".

Dans le montage de la proposition faite en réponse à l'appel d'offre de l'ESA, c'est le CDPP qui aura la responsabilité du SDCA (voir le schéma ci-dessous et le poster au Solar Orbiter à Brugge : <http://www.spaceweather.eu/en/repository/show?id=330>)



Rôle du CDPP dans la distribution des données SWA (extrait mis à jour de la proposition SO/SWA).

Par ailleurs, des discussions sont en cours avec l'équipe RPW (PI M. Maksimovic) pour déterminer le rôle du CDPP dans la distribution des données de cet instrument et l'interface avec l'ESA. Des discussions seront aussi engagées avec l'équipe MAG (M. Dougherty, Imperial College).

D'autre part, depuis mi-2014 A. Rouillard a pris la tête (chair) du groupe MADAWG (Model And Data Analysis Working Group) qui anime la réflexion de la communauté sur les formats et la distribution des données, ainsi que sur les outils et services (il prend la suite du SODAWG).



L'interface avec les données BepiColombo sera aussi abordée. Le CDPP a déjà pris part à quelques réunions de ce groupe (janvier 2015, avril 2016)

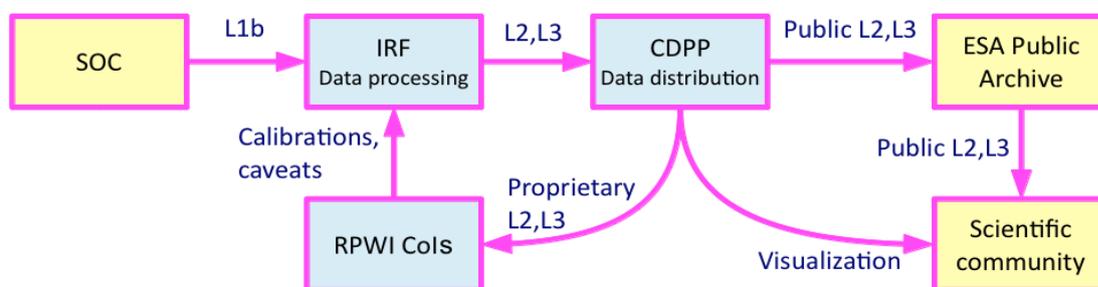
Cette mission permet de concrétiser des points de convergence avec l'équipe MEDOC, en dehors de la collaboration autour de l'outil de propagation, et pour le CDPP, permet de dépasser le cadre strict du consortium SWA. Une première réunion de présentation mutuelle (équipes instrumentales / CDPP /MEDOC) a eu lieu le 29 novembre 2013 ; une seconde sur la définition des besoins scientifiques dans les outils (notamment les synergies remote – in-situ) a eu lieu le 22 mai 2014. Elle a permis de planifier un atelier PNST ouvert à la communauté sur ces aspects qui a été organisé conjointement par le CDPP et MEDOC début novembre 2014 à Toulouse. Une quarantaine de participants (de laboratoires français, du CNES, de l'ESA) ont fait de cet atelier un succès.

Concernant les outils CDPP elles pointent sur l'importance de la convergence entre les 2 outils de l'IRAP (AMDA et CLweb), sur le développement d'AMDA pour prendre en compte les tables d'événements liées à l'imagerie dans les tracés, la détection automatique de « features » depuis AMDA, et, pour 3DView, la prise en compte des champs de vue instrumentaux.

Actuellement les discussions s'orientent vers une participation du CDPP sur le modèle de la distribution des données Rosetta ce qui permettrait d'allier dans un même environnement l'ensemble des données plasma (SWA, RPW, MAG, EPD). Le cadre formel se décidera fin 2017, début 2018.

3.4.1.2 JUICE

La mission JUICE sera la prochaine mission européenne qui étudiera l'environnement de Jupiter et ces lunes. A son bord l'instrument RPWI (PI J.-E. Wahlund, IRFU, co-PI B. Cecconi, LESIA, 5 col à l'IRAP), grâce à plusieurs sous-systèmes, réalisera les mesures du champ électromagnétique (champ électrique continu, ondes radio et plasma), du plasma thermique, du potentiel du satellite et du flux EUV solaire intégré. Comme le montre la figure suivante, le CDPP jouera un rôle central dans la distribution des données de niveaux L2 et L3 vers les co-I et l'archive ESA, en mettant de plus à disposition ses outils d'analyse et de visualisation.



Organisation du traitement et de la distribution des données pour l'instrument RPWI (extrait de la proposition JUICE/RPWI)



Selon l'avancement des discussions actuellement en cours entre les consortia PEP (particules) et J-MAG (champ magnétique) et RPWI, le CDPP pourrait éventuellement jouer un rôle dans la distribution des données de ces instruments.

3.4.1.3 BEPI-COLOMBO, MMS, JUNO

Le CDPP a entrepris diverses actions (GIOTTO, CASSINI, base Jupiter, Rosetta) dont il espère retirer une bonne visibilité au sein de la communauté des plasmas planétaires. Le CDPP exprime une forte motivation pour s'investir dans l'archivage, la dissémination et la valorisation des données qui seront produites par ces missions. Pratiquement, pour Bepi-Colombo les activités du CDPP et les possibilités de sa participation à Bepi-Colombo ont été présentées en mars 2017 au chef de projet CNES; pour Juno, une action a débuté en août 2017 pour l'inclusion des données plasma du PDS dans AMDA; enfin, pour MMS une action sur les données « survey » est envisagée mais n'est pas encore planifiée. Les données MMS « burst » sont à une telle résolution temporelle (30 ms pour les électrons) qu'elles sont difficilement traitables par AMDA sans une réflexion sur les fonctionnalités offertes.

3.4.1.4 SUPPORT AU PROJET ATHENA-XIFU

Les observatoires spatiaux d'astrophysique (HERSCHELL, PLANCK, GAIA, ...) sont souvent placés en orbite autour du point de Lagrange L2, dans le but d'atténuer l'impact d'un certain nombre de facteurs (ceintures de radiations, albédo terrestre, ...) nuisant aux performances des instruments qui y sont embarqués. Cependant, un satellite placé en orbite autour de L2 est exposé à un environnement "particules" complexe et mal connu puisqu'outre les rayonnements cosmique et solaire, il est affecté par les particules accélérées dans la magnétosphère. Récemment, une étude (*Opitz et al., 2014*) a montré que les ions énergétiques magnétosphériques se diffusaient dans une vaste région débordant très largement de la queue de la magnétosphère.

La mission d'astrophysique-X ATHENA sera elle aussi placée à L2. L'instrument XIFU utilise un miroir en Silicium dopé pour focaliser les photons X. Ce type d'optique est aussi effectif pour les ions qui sont donc susceptibles de constituer une importante source de bruit de fond dès lors que leur énergie dépasse 40 KeV. La magnétosphère produit des flux importants d'ions à ces énergies, constitués dans des proportions comparables d'ions Hydrogène, Hélium et d'Oxygène. Le consortium XIFU (PI: D. Barret, IRAP) a fait appel au CDPP pour étudier et caractériser l'environnement "particules" attendu sur une orbite autour de L2 dans le but de fournir des informations d'entrées pour les simulations du bruit de fond de l'instrument. La caractérisation statistique de l'environnement sera par ailleurs un élément clef dans le choix de l'orbite et les choix de pointage du télescope.

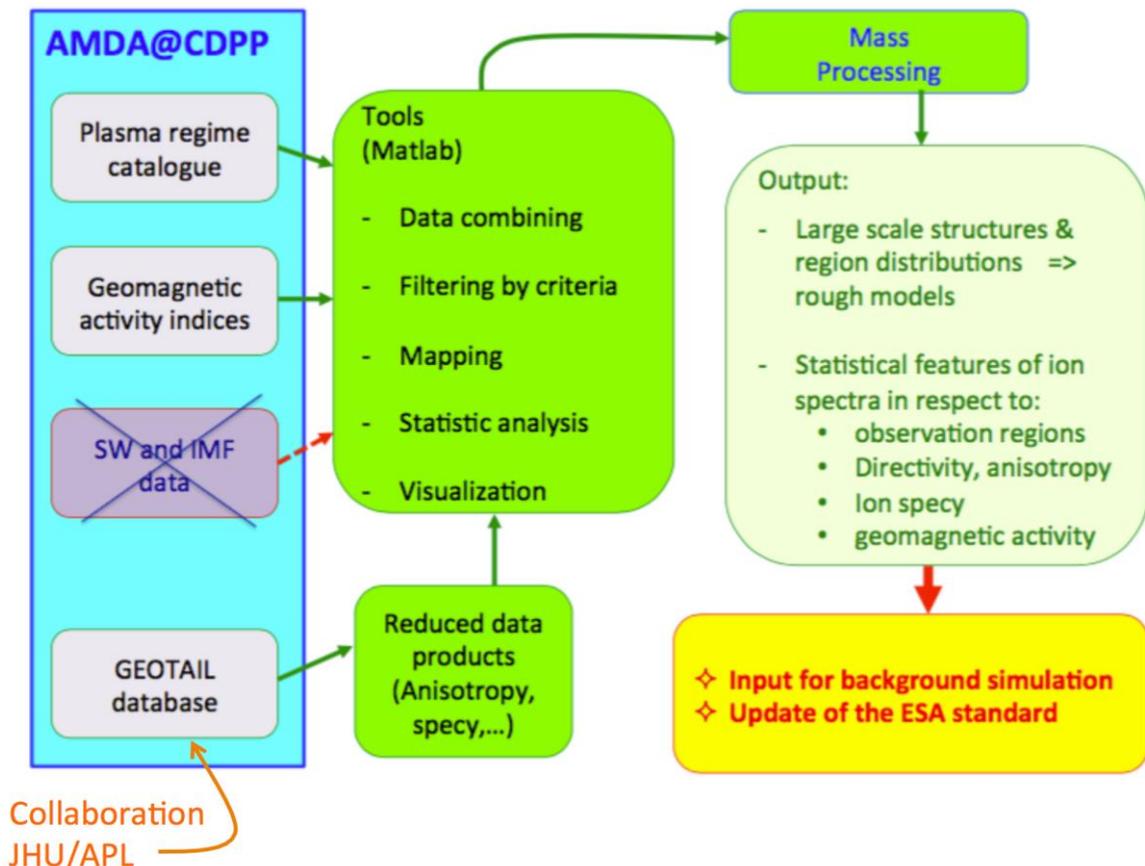
Ce type d'étude nécessite l'expertise de l'observation in situ de la magnétosphère et du vent solaire, qui n'est pas présente au sein de la communauté d'ATHENA. Fortement sollicité par le consortium XIFU, le CDPP a donc engagé une action visant (i) à caractériser les flux d'ions (spectres, anisotropies, séparation des espèces) et (ii) à modéliser les grandes structures (magnétopause, couche de plasma, lobes) en exploitant avec AMDA et 3DView toutes les données auxquelles ils accèdent (GEOTAIL, ARTEMIS, STEREO, WIND).

Cette action prend place au sein du projet AREMBES de l'ESA (contrat no

4000116655/16/NL/BW en réponse à l'appel ITT AO/1-8243 /15/NL/BW) dans lequel le CDPP est leader du Work-Package 2 " Improvement of L2 Halo Orbit Radiation Environment Models". Elle a débuté en Mars 2016.

La chaîne de traitement de masse des données GEOTAIL nécessaire à la caractérisation de l'environnement à L2 a pu être réalisée en s'appuyant sur AMDA. En étroite collaboration avec l'APL (Applied Physics Laboratory, John's Hopkins University, Maryland, USA), une base de données détaillées de la suite d'instruments EPIC embarquée sur GEOTAIL a été implémentée dans AMDA. Ces données incluent la distribution directionnelle en 2D (plan équatorial) des flux différentiels des ions (50 KeV/m à 3 MeV/m), la distribution en 3D des flux différentiels des protons (10 KeV à 230 KeV) et la distribution en 2D du flux intégral des électrons d'énergie supérieure à 38 KeV. La base de données ainsi constituée couvre plus de 10 ans d'observation (Septembre 1992 à Décembre 2013).

Conjointement le catalogue (Christon et al., 1998, Eastman et al., 1998) des régimes plasmas rencontrés par GEOTAIL au cours de sa campagne dans la queue lointaine (Septembre 1992 – Novembre 1994) fourni par l'APL a été traduit et converti dans une forme utilisable numériquement. Les données de l'intégrité de la campagne de queue ont ensuite été exploitées de façon à fournir la distribution spatiale des différentes régions magnétosphériques et de caractériser les spectres d'ions (H^+ , He^{2+} , O^+) en fonction de leur anisotropie, des régions d'observation et de l'activité géomagnétique.



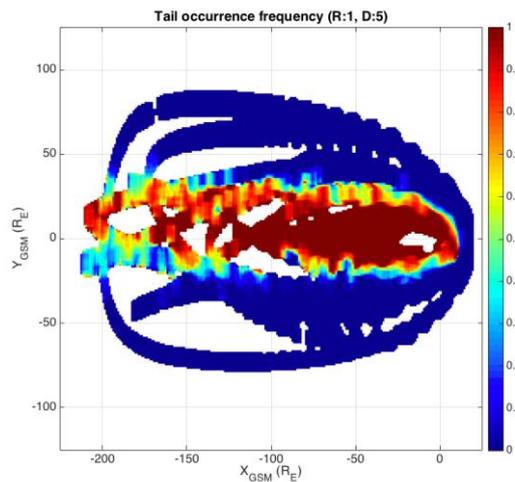
Les résultats obtenus par cette étude réalisée par le CDPP ont été formalisés dans deux documents fournis à l'ESA (deliverables TN2.1 et SW-1), rendus utilisables à travers un ensemble de tables contenant la distribution spatiale des probabilités d'occurrence des différentes régions magnétosphériques d'une part et les paramètres caractérisant les flux d'ions (spectres moyens et médians, faction d'occurrence, modèles de spectres) en fonction de leur anisotropie, de la région d'observation et de l'activité géomagnétique.

Ces résultats ont par ailleurs conduit à mettre à jour le standard ECSS-E-ST-10-04 de l'ESA.

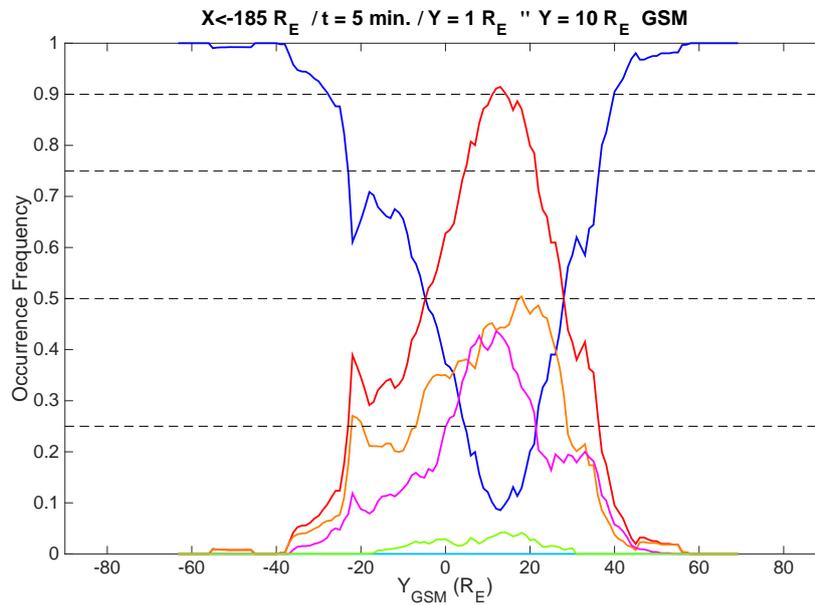
Ces résultats ont aussi été partiellement utilisés dans la publication de S. Lotti et al. (2017) pour estimer le bruit de fond de l'instrument X-IFU.

Un travail complémentaire est en cours de réalisation pour caractériser les flux d'ions autour de L1 qui constitue une alternative pour la mise en orbite d'ATHENA qui permettrait de s'affranchir des particules accélérées dans la magnétosphère.

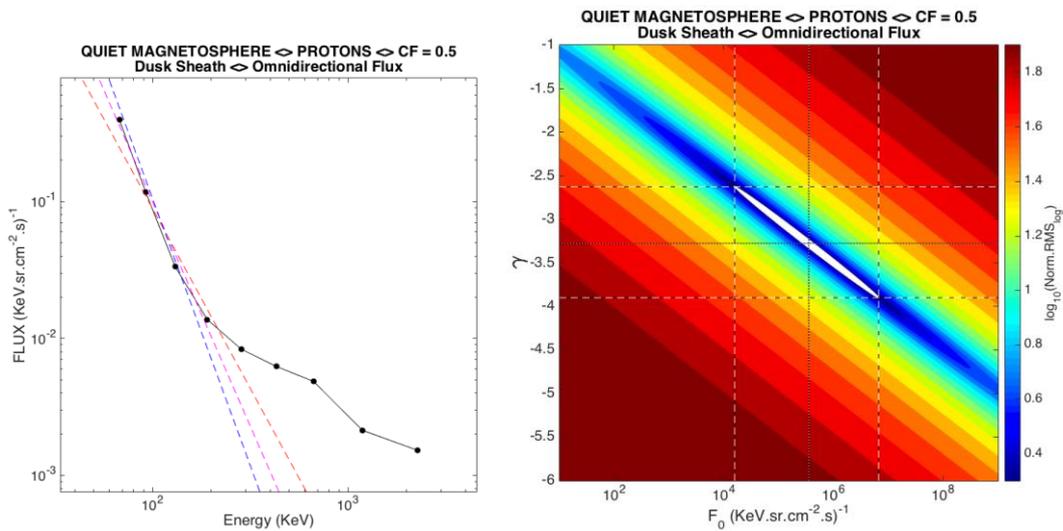
Exemples de résultats inclus dans les deliverables fournis à l'ESA:



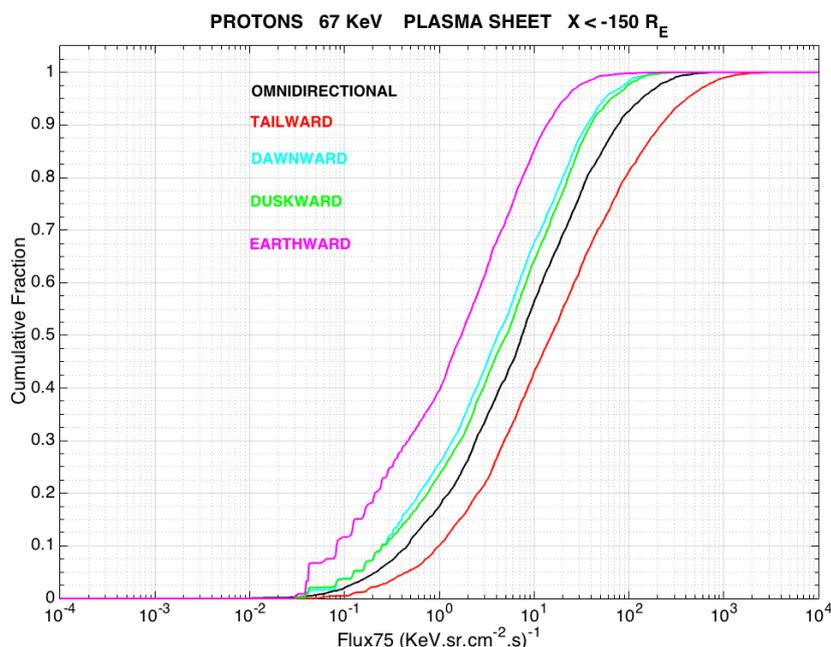
Probabilité d'occurrence de la queue magnétosphérique le long de l'orbite de GEOTAIL dans le plan XY_{GSM} .



Fréquence d'occurrence des différentes régions magnétosphériques à des distances supérieures à 185 rayons terrestres.



Modélisation des spectres et incertitudes associées.



Fraction accumulée d'occurrence des protons de 67 KeV

3.4.2 AUTRES PROJETS

Propositions de missions M4 de l'ESA

Comme dans le cadre des propositions M3, le CDPP s'est rapproché des équipes proposant pour M4 afin de proposer sa participation à l'archivage et la dissémination des données. A ce stade, cela concerne actuellement la mission THOR (PI : IRF, Suède) qui fait partie des 3 missions sélectionnées à ce stade (sélection finale en novembre 2017).

3.5 INVESTISSEMENT DANS L'OBSERVATOIRE VIRTUEL HORS PROJET

3.5.1 IMPLICATION DANS L'IPDA

Le CDPP participe au groupe technique de l'IPDA depuis Juillet 2010, notamment au travers du modèle de données EUROPLANET/IDIS (EPN-TAP) et des extensions au protocole PDAP. L'équipe EPN n'a pas souhaité développer son protocole sur la base de PDAP, car il est restreint par construction aux bases de données de missions spatiales. Le CDPP a cependant mis en place un service PDAP où l'on peut trouver les données présentes dans AMDA. Un service EPN-TAP a aussi été développé.

Le CDPP suit par ailleurs les développements du nouveau standard PDS4.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 84

B. Cecconi est co-représentant du CNES au Steering Committee de l'IPDA.

3.5.2 IMPLICATION DANS L'IVOA

Le CDPP participe régulièrement aux réunions « interop » de l'IVOA pour présenter ses outils, l'implémentation/adaptation des standards proposés par l'IVOA, ainsi que pour prendre part aux groupes de travail thématiques (sémantique, modèles de données...).

A l'ouverture de l'Interop-2017 de Shanghai, l'Exec Committee de l'IVOA a approuvé la création d'un « Solar System Interest Group » qui a pour objectif de veiller à ce que les standards de l'IVOA soient bien adaptés aux sciences du système solaire (héliophysique, planétologie, voire même les exoplanètes). BC et MG qui étaient présents à Shanghai ont donc participé à tous les groupes de travaux. Les principaux points de discussions se sont concentrés sur le système de distribution d'événements (VOEvent), la sémantique (Thésaurus et UCD (Unified Content Descriptors), le protocole TAP, les outils pour décrire les séries temporelles, et une discussion sur les ateliers de formation dans les conférences. Notamment le travail d'initiation à l'Observatoire Virtuel effectué dans le cadre de VESPA lors des conférences (EGU, EPSC) et d'ateliers dédiés a été présenté.

3.5.3 OV-GSO, OBSERVATOIRE VIRTUEL GRAND SUD-OUEST

L'OV-GSO s'est formé autour des équipes impliquées dans l'interopérabilité ou les bases de données dans la région du grand sud-ouest :

- **BASS2000-CDAB IRAP/OMP** : <http://cdab.bagn.obs-mip.fr/base/sun/index.php>

- **CDPP IRAP/OMP** : <http://www.cdpp.eu>

- **CASSIS IRAP/OMP** : <http://cassis.irap.omp.eu>

- **POLLUX GRAAL** : <http://pollux.graal.univ-montp2.fr>

- **KIDA LAB/OASU-Bordeaux** : <http://kida.obs.u-bordeaux1.fr/>

- **STORMS IRAP/OMP** : <http://stormsweb.irap.omp.eu>

L'OSR (Observatoire Spatial Régional, <http://www.cesbio.ups-tlse.fr/fr/osr.html>) basé au CESBIO bien que non-impliqué dans l'astronomie (mais très impliqué dans l'interopérabilité) a aussi participé aux premières réunions.

Le but de ce groupe a d'abord été de communiquer ses expériences, faire connaître les expertises et compétences présentes dans la région et d'échanger sur des questions techniques.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 85

OV-GSO est maintenant devenu un centre d'expertise régional (labellisé en janvier 2013) centré sur la réflexion et les propositions pour l'observatoire virtuel. Il devrait permettre d'optimiser les investissements mais aussi de favoriser les échanges et la diffusion de compétences et d'expertises (séminaires mensuels), d'atteindre un potentiel de réalisation d'un très haut niveau et de constituer des équipes solides en vue des projets futurs, européens ou internationaux. L'OV-GSO était représenté par plusieurs de ses composantes à la dernière réunion de l'ASOV (mars 2015) et le sera aussi à celle de l'IVOA (juin 2015). Une des questions qui intéressent beaucoup OV-GSO ces derniers temps concerne des problèmes inhérents aux standards de l'IVOA dans le domaine de la spectroscopie.

Le site d'OV-GSO peut être visité à: <http://ov-gso.irap.omp.eu/>

Avec le développement du Propagation Tool les activités du CDPP ont dépassé le cadre strict de la physique des plasmas en intégrant des techniques d'imagerie. C'est pourquoi le CDPP a encouragé la création d'un service d'observation, labellisé en 2014 et intégré à OV-GSO : STORMS.

3.5.4 SUPPORT AU SERVICE STORMS

La météorologie de l'espace est en plein essor en raison de ces atouts applicatifs, liés entre autres à la nécessité accrue de prédiction des radiations pour les satellites et les hommes dans l'espace. Les orages géomagnétiques liées aux éruptions solaires engendrent aussi des perturbations très importantes proches de la Terre, de la magnétosphère à l'ionosphère et jusqu'au sol : dégradation/coupeure des systèmes de communications, black-out électriques sur des régions très vastes, dysfonctionnement du système GPS, impact sur l'aviation civile et militaire, etc.

Le Solar-Terrestrial ObseRvations and Modeling Service (STORMS ; resp. Alexis Rouillard, CNRS) est un service de météorologie de l'espace labellisé par l'INSU en 2014 comme service SO6 et mis en place à l'IRAP à Toulouse. Une météorologie de l'espace fiable nécessite l'intégration de la dynamique solaire à celle des environnements planétaires, STORMS se trouve donc naturellement à l'intersection des deux pôles thématiques physique solaire et plasmas planétaires jouant ainsi un rôle fédérateur au sein du Programme National Soleil Terre de l'INSU.

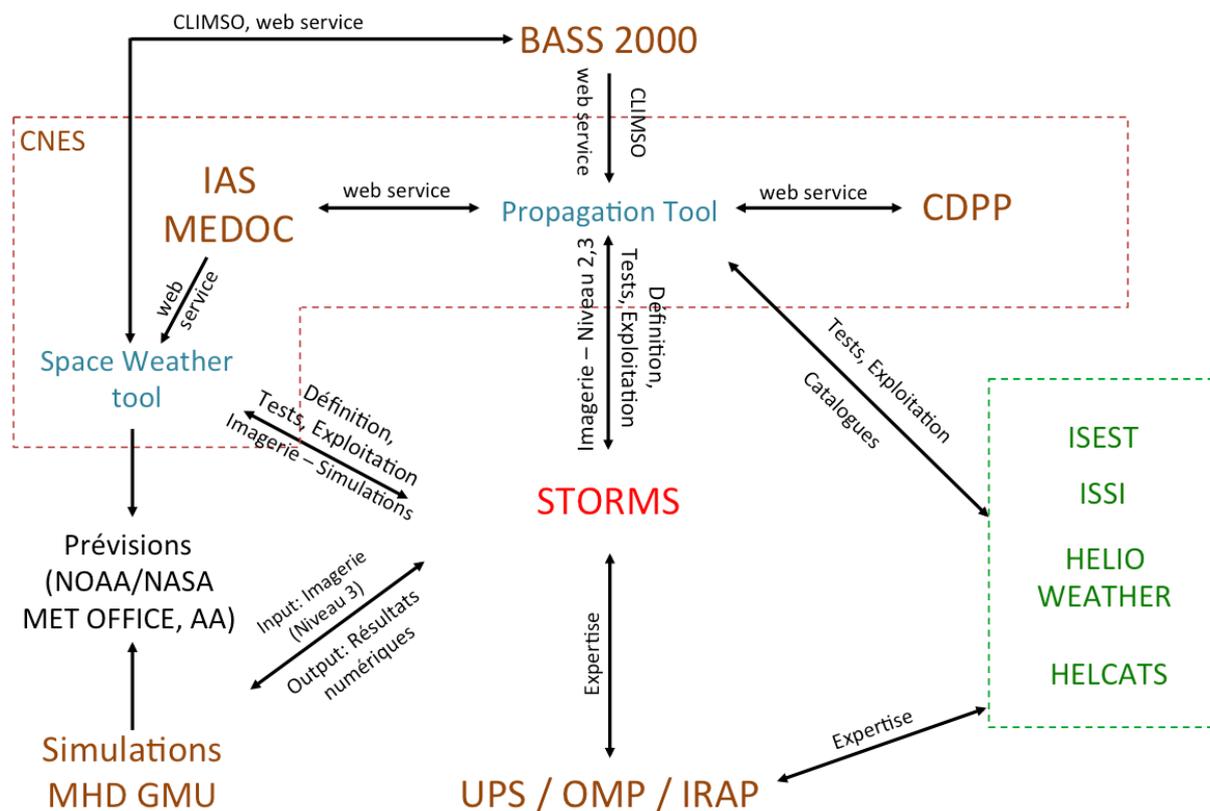


Figure : La position de STORMS dans le paysage des bases de données françaises, des projets internationaux (en vert) et des centres de météorologie de l'espace.

STORMS a collaboré en 2013-2014 avec le CDPP pour définir et suivre le développement du Propagation Tool (livré à la fin 2013) ainsi que du Space Weather Tool (livraison fin 2014). Les buts de STORMS sont :

- de développer les interfaces et l'interopérabilité entre les bases de données du CDPP, MEDOC et de BASS2000 (e.g. via le Propagation Tool).
- de développer des outils de prévision plus fiables et complets (modèles solaires, héliosphériques, magnétosphériques, ionosphériques et leurs interfaces).
- de transformer les données d'imagerie et autres données volumineuses et souvent difficiles à manipuler en des données plus synthétiques. Par exemple, la transformation des images de la couronne et du vent solaire en des cartes Carrington et des J-maps,



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 87

- créer des catalogues de structures du vent solaire (CME, CIR, chocs, ...) qui sont à la base des études de l'impact du Soleil sur les environnements planétaires, notamment par le biais de nombreux projets internationaux (ISEST, FP7 HELCATS, NASA HELIO-WEATHER).

En 2015/2016 le CDPP a permis le développement d'un nouveau service de STORMS : <http://storms-connectsolo.irap.omp.eu/> qui permet de suivre les champs de vue des instruments de Solar Orbiter et SPP, ainsi que l'ancrage des lignes de champ magnétique obtenues par simulation (R. Pinto) et modèles (Parker).

STORMS reçoit le support technique (maintenance des bases, installation des outils, développement ponctuel) et financier (développement) du CDPP. Des financements extérieurs (HELCATS par ex.) viennent compléter le budget du service.

Interface de l'outil Connect_Solo

4 STATUTS DU CDPP ET DE SES DEVELOPPEMENTS

4.1 CONVENTION ACTUELLE ET STATUT DE POLE

Une nouvelle convention a été signée début 2014 après près de 3 ans de circuit; son rôle principal est d'instituer, outre le CNES et l'INSU, l'UPS et l'ObsParis comme partenaires.

Le CD 2011 ayant approuvé le maintien en opérations du CDPP, un plan a été mis en place pour définir les ressources budgétaires nécessaires au bon fonctionnement du CDPP. Contrairement au contrat interne précédent, le plan ne comporte plus de notion de coût à achèvement; en effet, en tant que pôle thématique et centre de pérennisation de données, le



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 88

CDPP n'a pas de fin programmée. Ce plan a été révisé pour la période 2016-2019. Les ressources ont été maintenues au niveau de celles de la période précédente

La campagne de labellisation 2012 a institué le CDPP dans son rôle de pôle thématique national. En 2016, la nouvelle campagne de labellisation a revêtu deux aspects pour le CDPP : d'une part l'évaluation du service CDPP à proprement parler (voir ci-dessous), d'autre part l'extension du pôle thématique national (PTN) de diffusion des données plasmas à un cadre plus large. Jusqu'à maintenant le PTN et le service CDPP étaient fonctionnellement confondus ; cependant des liens (réunions, échanges de données et d'information, ...) existaient avec d'autres services de la même thématique. La volonté de l'INSU de voir émerger des PTN a convergé avec cet état de fait pour mener à la proposition (portée par V. Génot) d'un PTN « plasmas » regroupant, outre CDPP, STORMS, APIS et SIIG. Suite à la lettre de cadrage de l'INSU une proposition de fédération de ces 4 services a donc été envoyée en juin 2016. Au cours de l'été 2016, l'extension de ce pôle à la météorologie spatiale (c.a.d en incluant des services solaires) a été évoquée et finalement une deuxième proposition portée par A. Rouillard a été soumise. L'INSU a évalué positivement ces initiatives mais a finalement renoncé à mettre en place ces pôles. En revanche une structure plus légère pour la coordination des activités en météorologie spatiale a été décidée en (Organisation Française de Recherche Appliquative en Météorologie de l'Espace, OFRAME, porteurs A. Rouillard et T. Dudok de Wit).

Résultat de la campagne de labellisation 2016 (reçu en décembre 2016)



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 89

CDPP – OSU référent : Observatoire Midi-Pyrénées ; resp. : V. Génot

Avis aspects ANO5 : Très positif puisque le CDPP poursuit ses objectifs avec succès depuis son origine. Cela a mené à un accroissement significatif en réponse aux besoins de son offre aussi bien thématique que de produits mis à disposition et à des sollicitations de plus en plus nombreuses pour être en support à de prochaines missions spatiales. Avec ce volet, est identifié le risque de mettre en danger les tâches de fond à ressources pérennes limitées. De fait, au niveau technique, il apparaît que la diversité des données et logiciels mis en œuvre sur la durée au CDPP par différents personnels rend la structure très complexe. Prenant le CDPP comme un service pérenne, le comité ANO5 et le groupe ad hoc rejoignent donc l'analyse de son directeur pour considérer le départ d'ici 3 ans d'un ingénieur clef comme critique et devant être anticipé par les instances. Au niveau scientifique, le repositionnement récent de deux membres du CNAP sur d'autres services fragilise par ailleurs de facto le développement et la validation des données/outils. Cette situation est jugée préoccupante par le comité ANO5 et le groupe ad hoc et perçue comme dommageable pour les thèmes en pointe du CDPP (héliophysique, planétologie).

Avis aspects ANO6 : Très positif pour les efforts menés par le CDPP pour développer des outils dans le cadre de l'ANO6 (Propagation Tool). Cette nouvelle activité est très prometteuse dans le cadre du développement actuel des activités de météorologie de l'espace au niveau européen et plus largement international. Les activités du CDPP autour de la thématique météorologie de l'espace reposent actuellement sur 0,15 ETP. Le comité ANO6, ainsi que le groupe ad hoc considèrent que le développement de la thématique de pointe en météorologie de l'espace au sein du CDPP (en liaison avec le développement de STORMS) est fragilisé sur le long terme sans le recrutement d'un chercheur permanent qui assurerait une partie des tâches de ce service.

4.2 LICENCES DES OUTILS

Après consultation des services compétents du CNES il a été décidé de passer tous les outils propriété exclusive du CNES (tous sauf AMDA) sous une licence « open source ». La licence choisie est la GPLv3. Cela facilitera la participation aux projets européens qui encourage fortement les développements à être faits avec ce type de licence. Il reste encore à déposer les sources des logiciels sur des forges correspondantes. Cette ouverture exclut cependant les développements à forte plus-value scientifique (ex : code matlab d'A. Rouillard pour le Space Weather tool, code de conjonction de P.-L. Blelly et A. Marchaudon pour 3DView/CST). Il est bien entendu que toutes les données et modèles accessibles à travers les outils ont leur propre droit d'accès et de propriété que ce passage en libre n'affecte en aucune manière.

Le cas d'AMDA est particulier car le cadre des financements a varié dans le temps : financement par le CNES et plusieurs projets FP7, soutien de l'IRAP, accord de collaboration avec Noveltis. Pour un outil d'une telle complexité il s'avère cependant impossible de rattacher une contribution donnée à un financement particulier et, partant, à une propriété. Il est pourtant



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 90

nécessaire de clarifier le droit sur cet outil majeur du CDPP afin de faciliter les collaborations futures. Le Comité Directeur de 2015 a autorisé le passage d'AMDA en licence libre (GPLv3 comme pour les autres outils) après consultation de Noveltis qui a aussi donné son accord.

Au 30 juin 2017 tous les codes sont passés en licence GPLv3 et disponibles sur le Gitlab de l'IRAP (pour AMDA cela ne concerne que certains modules). Ils sont donc accessibles pour d'autres applications ou développements que ceux du CDPP (des discussions ont été initiées avec des collègues anglais pour 3DView).

4.3 MAINTENANCE DES OUTILS

Les 5 outils développés dans le cadre du CDPP (AMDA, 3DView, TREPS, Propagation Tool, Space Weather Tool) s'adressent à une communauté utilisatrice de plus en plus étendue, voient grandir le nombre de missions couvertes et l'éventail de types d'utilisations (exploitation scientifique pour analyse de données ou préparation de missions futures, colloques, enseignement, ...). Ils sont amenés à beaucoup évoluer encore dans le futur. Une gestion plus efficace des faits techniques (anomalies, évolutions, migrations), avec une meilleure réactivité et garantie de service opérationnel, était donc devenue une nécessité. Aussi 2017 a vu la mise en place d'un contrat de Maintenance de ces logiciels.

Le contrat industriel, géré par le CNES, est du type TMA (Tierce Maintenance Applicative) et couvre :

- La maintenance corrective (correction des anomalies + support aux utilisateurs)
- La maintenance évolutive (réalisation d'évolutions, adaptations, ...)
- Le maintien des compétences (formation de nouveaux entrants).

Un Appel d'Offre a été lancé mi-avril auprès des 4 sociétés consultées pour les développements. A l'issue du dépouillement, le groupe (CNES + IRAP) a retenu les sociétés :

- AKKA pour la maintenance d'AMDA
- GFI pour la maintenance de 3DView, TREPS, Propagation Tool, Space Weather Tool

Ces 2 sociétés, déjà impliquées dans la réalisation des outils, travailleront en étroite collaboration avec le CNES et l'IRAP. Elles ont accès à Redmine, l'outil IRAP de gestion des Faits Techniques où sont enregistrées les anomalies et les demandes d'évolutions (avec leur degré d'urgence).

Fonctionnement de la maintenance :

Pour les anomalies, une fois l'information d'une nouvelle anomalie reçue par la société (par mail dès son enregistrement), le service garantit :

- pour une anomalie bloquante, la mise en place d'une solution de contournement dans les 2 jours, et sa résolution dans les 5 jours
- pour les anomalies non urgentes, leur correction au fil de l'eau (engagement: 80% corrigées dans l'année)



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 91

Pour les évolutions:

- des Commissions de Modifications (CNES/IRAP) ont lieu régulièrement pour prioriser les évolutions et les planifier (en fonction des besoins et du budget disponible)
- la société concernée répond par une Proposition Technique et Financière et un planning
- après négociation, les travaux sont commandés et réalisés
- une nouvelle version de l'outil est installée (pour validation, puis en opérationnel)

La mise en place de ces contrats de TMA s'accompagne de la mise en œuvre d'outils de tests automatiques et de qualité logicielle. Les prévisions sont de 4 versions/an pour AMDA et 3DView, 2 pour les autres. Une version intermédiaire reste possible en cas d'urgence.

Les 2 contrats de maintenance ont démarré début juin, avec un lot d'évolutions prioritaires à réaliser d'ici fin 2017.

Le fonctionnement de la TMA a été présenté au CU Utilisateurs du CDPP (27/06), en insistant également sur la nécessité de constituer, à l'intérieur du CU, des groupes d'utilisateurs scientifiques pour valider chaque nouvelle version, sur des cas d'utilisation réels. Cette tâche, très chronophage compte-tenu de la taille et de la complexité des outils, est actuellement uniquement assurée par le CDPP et l'IRAP (pour le CST).

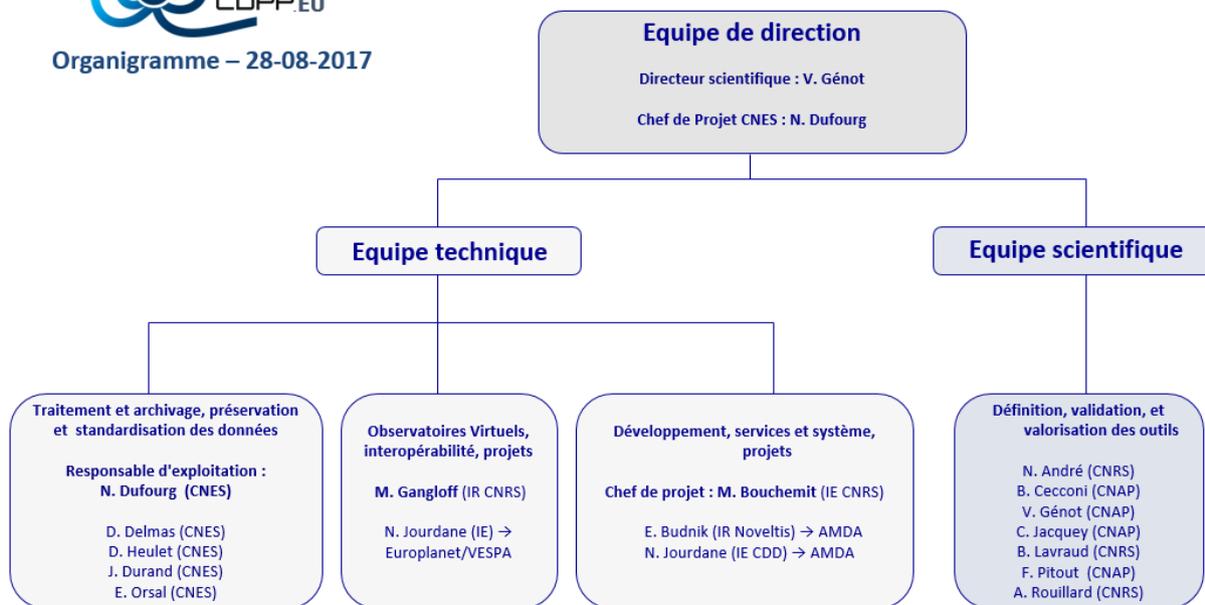
5 ORGANISATION ET RESSOURCES

5.1 RESSOURCES HUMAINES

L'organigramme général du CDPP est le suivant :



Organigramme – 28-08-2017



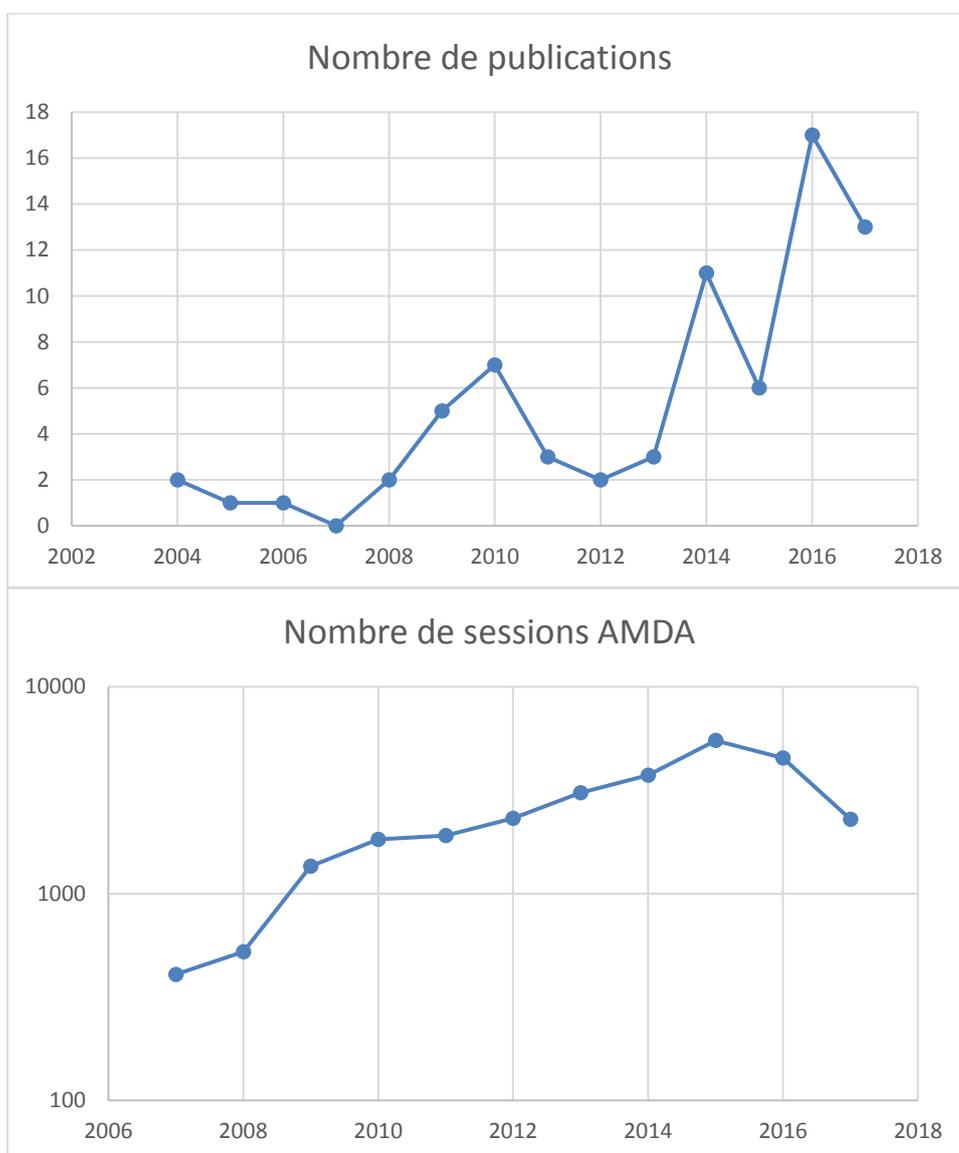
Le CDPP est de plus en plus sollicité pour apporter un support à des missions ou projets (extension du domaine d'intervention sur JUICE, action inattendue sur Rosetta/RPC, support accru à HELCATS, ...) ou bien fortement encouragé à participer à des projets "visibles" mais contraignants techniquement (SSA, EuroPlanet). Si cela dénote bien entendu une reconnaissance de la communauté, il y a cependant un risque réel, dans le contexte actuel de ressources pérennes limitées (encadrement de permanents), de mettre en danger les tâches de fond du CDPP (archivage, fonctions scientifiques d'AMDA, ...) aussi bien du côté CNES que CNRS. Un équilibre est à trouver, et l'avis du CD, par le choix d'orientations prioritaires, est déterminant en la matière.

Le tableau ci-dessous synthétise l'implication des personnels CNAP affectés au CDPP sur les 15 dernières années. Les personnels CNAP, par leur service d'observation statutaire, constituent l'essentiel des ressources scientifiques du Centre ; les personnels CNRS qui s'impliquent le font de manière volontaire (sur les tâches et le volume horaire). Le tableau montre clairement un déficit de postes (recrutement) depuis plusieurs années. Il est à mettre en regard des courbes qui suivent qui montre l'activité croissante du Centre (nombres de publications et de sessions AMDA, encore incomplètes pour 2017).

Nom / Obs.	arrivée au / départ du CDPP	%CDPP ~2014-2017	Autre SNO / activité / remarque
Pitout / MIP	2011 -	15	EISCAT (délabellisé) ; recrutement IPAG
Briand / OP	2009 - 2016	5	Nenufar (labellisé)



Alexandrova / OP	2009 - 2013	0	Bepi-Colombo, Solar Orbiter
Cecconi / OP	2007 -	25	Forte implication projets hors CDPP
Jacquey / MIP	2005 -	25	MMS, AREMBES
Génot / MIP	2003 -	80	depuis 6/2012 : direction
		1.5 ETP	





5.1.1 ÉQUIPE CNES

L'équipe CNES a vu le départ en 2013 du chef de projet. Elle est donc en déficit de potentiel sur la période :

- ✓ Nicolas Dufourg (0.8 ETP) fait partie du service DNO/SC/ED. Il cumule les activités de chef de projet du CDPP avec ses anciennes attributions de responsable d'exploitation. Il est responsable du contrat d'archivage et de valorisation des données, renouvelé fin 2014 pour le support industriel aux activités du CDPP ; il prend en charge une partie des activités de support à l'IRAP. Nicolas Dufourg remplit également le rôle de chef de projet MEDOC.
- ✓ Dominique Delmas (0.1 ETP) fait partie du service DNO/SC/ED Elle assure la définition, la mise en place et le suivi des archivages des données de la mission Cluster.
- ✓ Joëlle Durand a rejoint l'équipe courant 2015 (DNO/SC/ED). Elle s'occupe essentiellement des développements 3DView et de l'outil « Ionosphère » (intégré dans 3DView). Elle s'est également occupée en 2017 de la pérennisation des données Interball et de l'AO pour la maintenance des outils. Elle va s'occuper de l'archivage des données Rosetta au CDPP. Cependant, Joëlle assurant encore des activités techniques de Rosetta ainsi que le poste de chef de projet, le potentiel dégagé est resté insuffisant sur la période du bilan. Les activités Rosetta étant en diminution, les ressources disponibles pour le CDPP vont en augmentant.
- ✓ Suite à la réorganisation de 2017, Evelyne Orsal a rejoint l'équipe. Elle va s'occuper dans un premier temps de la pérennisation des données Cassini.
- ✓ Dominique Heulet fait partie du service DNO/ISA/VIP. Il est responsable du système d'accès aux données (SIPAD-NG) et du développement de l'outil Regards.

Le déficit de RH est en cours de résorption. Les activités gelées (en particulier côté archive) ainsi que les nouvelles activités devraient pouvoir être prises en compte.

Par ailleurs, cette équipe CNES bénéficie toujours d'un support industriel pour ce qui concerne les activités d'archivage.

5.1.2 ÉQUIPE CNAP/CNRS

Au total l'équipe CDPP est à ce jour composée de 11 personnes totalisant 7.1 ETP dont 1.95 ETP scientifiques (1.6 ETP à l'IRAP et 0.25 au LESIA) et 4 ETP techniques (2 CDD/prestataire et 2 permanents). Le support industriel en dehors des locaux IRAP n'est pas comptabilisé (par ex. l'équipe GFI). Un CDD (A. Biegun) a démissionné en mai 2016 ; il est cependant comptabilisé dans le calcul ci-dessus. Il doit être précisé que 2 scientifiques (ObsParis/LESIA, CNAP) ne font plus partie du CDPP : O. Alexandrova (depuis mi 2013), et C. Briand (depuis



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 95

mi 2016). Enfin la moitié des ETP scientifiques correspondent à l'implication de V. Génot (0.8/1.6) pour des activités qui ne sont pas que scientifiques.

L'équipe CNRS est ainsi constituée :

- Nicolas André (CNRS / IRAP / 0.1 ETP-Sci) est responsable des activités du CDPP/IRAP liées à la planétologie. Il est porteur de la participation du CDPP dans les WP de EUROPLANET/PSWS. Il contribue par ailleurs au développement des spécifications et aux phases de test d'AMDA et de TREPS.
- Myriam Bouchemit (CNRS / IRAP / 1 ETP-Tech) est chef de projet au sein de l'équipe CDPP/CNRS : développement d'AMDA et des outils STORMS, développement et maintenance du serveur IRAP et des bases qui y résident. Elle suit, côté CNRS, tous les contrats industriels sous responsabilité CNES (noyau AMDA, outils STORMS, TREPS) et les développements pour EUROPLANET/PSWS.
- Elena Budnik (Support Industriel Noveltis / IRAP / 1 ETP-Tech-Sci) participe aux activités d'archivage, de standardisation et de services du CDPP. Elle est le principal artisan d'AMDA. Elle contribue aussi aux développements des standards et de l'interopérabilité dans le cadre des projets EUROPLANET et IMPEX.
- Baptiste Cecconi (LESIA / CNAP / 0.25 ETP) est responsable des activités du CDPP liées aux données radio et contribue activement aux activités liées à la planétologie, notamment dans le cadre de Europlanet2020 (deputy coordinator de VESPA). Il contribue par ailleurs au développement des spécifications et aux phases de test d'AMDA et 3DView. Il est co-représentant du CNES au Steering Committee de l'IPDA.
- Michel Gangloff (CNRS / IRAP / 1 ETP-Tech) est chef de projet au sein de l'équipe CDPP/CNRS. En particulier, il était chef de projet de la participation du CDPP aux projets HELIO, EUROPLANET FP7 et H2020 (VESPA), CASSIS, VISPLANET ; pour IMPEX, il était Coordinateur du WP2.
- Vincent Génot (IRAP / CNAP / 0.8 ETP-Sci) est le Directeur du CDPP depuis le 14 juin 2012. Il était auparavant coordinateur du développement des services à valeur ajoutée, d'AMDA en particulier. Il a été le porteur des projets VISPLANET et IMPEX (Project Scientist pour ce projet). Il est responsable scientifique pour le projet SSA/H-ESC et participe à AREMBES.
- Christian Jacquy (IRAP / CNAP / 0.3 ETP-Sci) est le précédent Directeur du CDPP. Il est en charge des actions de support aux missions Athena et MMS. Il a mis en place le site du service STORMS et participe aux campagnes de tests de AMDA et 3DView en contribuant activement à leurs spécifications.
- Nathanaël Jourdane (IRAP / CDD Europlanet/VESPA puis CDPP/AMDA / 1 ETP-Tech)



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 96

- Benoit Lavraud (CNRS / IRAP / 0.05 ETP-Sci) a porté la participation du CDPP dans le JRA d'HELIO et a participé au développement du Propagation Tool.
- Frédéric Pitout (CNAP / IRAP / 0.25 ETP-Sci) est responsable de l'archivage des données sol (notamment Eiscat, en lien avec l'équipe CNES), des services associés et des activités de météorologie de l'espace. Il est le point de contact pour les données SWARM. Il est un des auteurs des spécifications de l'outil « ionosphère ».
- Alexis Rouillard (CNRS / IRAP / 0.2 ETP-Sci) est le responsable scientifique du développement des outils STORMS ainsi que le responsable scientifique du service d'observation du même nom.

Un support administratif est fourni par l'IRAP pour ce qui concerne la contribution CDPP aux projets EuroPlanet et HELCATS (C. Feugeade). Les autres projets européens et activités quotidiennes du centre (mise en place des crédits, contrats de travail, justifications, ...) ont été suivis par G. Terrier pendant la durée d'IMPEX ; actuellement elle suit uniquement le projet AREMBES. SSA est suivi par V. Génot.

S'ajoute la contribution des chercheurs et ingénieurs associés :

- o Andrei Fedorov (IR-CNRS / IRAP) apporte son expertise sur les évolutions d'AMDA et s'investit dans le traitement des données MEX/ASPERA.
- o Christian Mazelle (DR-CNRS / IRAP) a apporté une contribution-clef pour la réhabilitation des données GIOTTO. Il a en outre permis l'accès aux données MAVEN (SWEA et champ magnétique).
- o Emmanuel Penou (IR-CNRS / IRAP) participe à la maintenance de la base THEMIS ; il a développé des interfaces entre AMDA et son logiciel CLWeb, ainsi que vers les bases de simulation et de modèles du projet IMPEX. En support au Propagation Tool il s'occupe également de la mise à jour de la base d'images et de fichiers FITS de la mission STEREO. Il consacre 20% de son temps à ces diverses activités.
- o Laurent Lamy (AA-CNAP / LESIA) participe activement à la production des données Cassini/RPWS livrées au CDPP. Il est par ailleurs le responsable de la base APIS (Auroral Planetary Imagery and Spectroscopy <http://apis.obspm.fr/>) qui peut être accédée par le protocole EPN-TAP depuis AMDA, 3DView et le Propagation Tool.

5.1.3 PRIORITES DE RECRUTEMENT AU CNAP

Ci-dessous copie du message envoyé au CNAP en mars 2017. Malgré un fort support à la priorité 1 ci-dessous par le CDPP et STORMS, il n'y a pas eu de recrutement ni au CNRS ni au CNAP cette année.

1. Priorité du CDPP en 2017



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 97

Pôle héliosphérique : activités de modélisation et de support aux observations des missions héliosphériques

- Préparation à l'archivage et à la distribution des données in-situ de Solar Orbiter et valorisation dans un contexte étendu : évolution des logiciels CDPP (AMDA, 3DView, besoins émergents), interactions avec les outils et bases externes (en particulier MEDOC), relations étroites avec les équipes de Solar Probe Plus et Bepi-Colombo.

- Support aux activités de modélisation de la couronne et du vent solaires dans les cadres suivants : 1/ en relation avec les données in-situ et remote des observatoires héliosphériques, 2/ en lien avec les applications à la météorologie de l'espace (en particulier ESA/SSA), 3/ en soutien aux activités STORMS.

2. Profils identifiés pour le moyen terme, sans priorité

Expertise en modélisation pour les services de comparaison simulations / observations

Afin de confirmer le positionnement du CDPP sur la mise à disposition de résultats de simulation numérique en support 1/ aux observations plasma in-situ (vent solaire, magnétosphère et ionosphère) et 2/ à la comparaison entre modèles, la spécification et le suivi scientifique de la réalisation d'une infrastructure dédiée à la comparaison entre données de modèles et celles issues des missions plasma (Bepi-Colombo, MEX, MMS), de données satellites (GNSS) et des données sol seront essentielles dans les années à venir.

Base planétaire et expertise sur les données particules planétaires

Dans le contexte d'expansion des activités du CDPP en direction de la planétologie et du contexte des nombreuses missions à venir (ExoMars, BepiColombo, Juice, ...), les objectifs sont de (i) prendre en charge le suivi et le développement de la base planétaire et des services associés (notamment ceux réalisés dans le cadre d'Europlanet) et (ii) de préparer la participation du CDPP à l'archivage et la diffusion des données des missions planétaires futures (relations avec l'ESA/PSA et NASA/PDS).

Données et modèles ionosphériques, surveillance magnétosphérique et outils associés

Il existe un besoin croissant de données sur l'environnement spatial proche de la Terre, en particulier celles concernant l'ionosphère, qui sont peu présentes au CDPP ; plus précisément, les données d'ionosondes et de TEC issus des flottes de satellites GNSS sont absentes. Leur intégration dans les services du CDPP, en proposant des produits à valeur ajoutée sur ces données serait donc une évolution bénéfique et serait source de synergie avec les efforts de modélisation ionosphérique à l'IRAP, mais requiert une expertise amont sur ces données et leur traitement.



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 98

5.1.4 PERSPECTIVES

Le CDPP s'est fortement diversifié ces dernières années et cela requiert des ressources humaines importantes. Ci-dessous quelques éléments à prendre en compte dans les réflexions sur l'évolution à moyen terme du CDPP :

- Nécessité évidente d'un recrutement scientifique ;
- Départ à la retraite (d'ici environ 3 ans) de E. Budnik et M. Gangloff (ressource technique);
- Support nécessaire du CNES sur les activités « missions en opération » (Solar Orbiter, JUICE) et SSA; et positionnement du CDPP dans ces cadres
- Besoin d'ETP chef de projet pour l'outil radio à l'Observatoire de Paris.

5.2 SUPPORT INDUSTRIEL ET CONTRACTUEL

5.2.1 CNES

Suite à une consultation industrielle menée par le CNES en 2014, la société AKKA a été reconduite pour assurer la prestation de support aux activités du CDPP. Ce contrat a débuté en janvier 2015 pour 2 ans fermes + 1 an optionnel.

L'équipe AKKA est composée de quatre personnes, totalisant 1,5 ETP. Le responsable technique (Nicolas Lormant) intervient sur le CDPP depuis de nombreuses années.

Les activités d'archivage ont été déléguées à AKKA dans leur intégralité (hors phases amont de spécification et de définition des interfaces avec les laboratoires). Le déficit de RH CNES ne permet pas la ré-internalisation d'une partie des activités dévolues à l'industriel telle qu'elle était prévue.

Un appel d'offre est en cours afin de renouveler ce contrat. Nous avons choisi de mettre en place un contrat unique permettant de mutualiser les équipes pérennisation CDPP et exploitation SERAD (service d'archivage du CNES). Ceci permettra une synergie, une meilleure gestion des ressources et un gain en efficacité. Ce nouveau contrat démarrera en janvier 2018.

5.2.2 IRAP

L'équipe CDPP/CNRS bénéficie du support industriel de la société Noveltis qui détache Elena Budnik en assistance technique au CDPP depuis Juin 2005. Ce support est essentiel et intervient dans tous les domaines d'activité du CDPP. Il est en particulier crucial pour le développement d'AMDA. N. Bourrel, CDD sur financement du projet IMPEx, était en contrat jusqu'à mi-mars 2015. A. Biegun a rejoint le CDPP en juin 2014 financé sur un reliquat CASSIS puis EuroPlanet RI avant de démissionner en mai 2016. Par ailleurs N. Jourdane a rejoint l'équipe AMDA sur



financement VESPA, puis SSA, puis reliquat IMPEX. Par ailleurs, le CDPP a bénéficié du renfort de 2 ingénieurs (M. Indurain, A. Goutenoir) dans le cadre de PSWS pour la mise en place des services Transplanet et HelioPropa.

5.3 BUDGET

5.3.1 CNES

Depuis le 1^{er} janvier 2012, le suivi de budget CNES du CDPP ne se fait plus au-travers d'un contrat interne avec coût à achèvement, mais au-travers d'un « plan » défini pour une période de quatre ans et renouvelable. Le renouvellement du plan pour la période 2016-2019 traduit une stabilité du budget.

5.3.2 IRAP

L'équipe CDPP obtient:

- un soutien du CNRS/INSU à travers OV-GSO (enveloppe globale de l'ordre de 30 k€ pour tous les services). Il est à noter que lorsque le CDPP faisait une demande individuelle au programme PNST la dotation était de l'ordre de 20-25k€. En 2012-2013 (convention UPS) la dotation était de l'ordre de 10 k€. Cela traduit une baisse significative de ce soutien.
- un soutien du CNES de l'ordre de 200 k€ qui est investi dans le support industriel et l'accompagnement scientifique;
- un soutien (aussi via une demande globale OV-GSO) de quelques k€ de l'ASOV pour la participation aux réunions « interop » de l'IVOA.

Les contrats européens apportent les ressources données dans le tableau suivant :

Projet	Période	Budget / retour
EUROPLANET RI FP7	Paiement de la dernière RP	De l'ordre de 150 k€ pour thèse/post-doc (somme engagée)
HELICATS FP7	Contrat FP7 de 3 ans 2014-2017	Financement de 2 post-docs « science » et un thésitif (fin des 3 contrats à l'automne 2017)



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 100

IMPEX FP7	Contrat FP7 de 4 ans Juin 2011 – Mai 2015	275 k€ (+165 k€)* Somme engagée ; reliquat d'une dizaine de keuros
SSA / H-ESC	Contrat ESA (début du projet septembre 2015)	35 k€ ; somme engagée
AREMBES	Contrat ESA (début du projet mars 2016)	60 k€ à engager avant fin 2018
EUROPLANET RI H2020 (VESPA + PSWS)	2015-2019	3 ans de CDD engagés sur 2016/2017 **
ANR TEMPETE	2017-2021	115 k€ ***
<i>Extension de SSA / H-ESC</i>	<i>Attente de réponse</i>	<i>35 k€ demandés</i>

*: réservé à la sous-traitance (développement de 3DView sur contrat CNRS) ; **: en supplément, budget pour la société GFI pour développer 3DView et le Propagation Tool selon des spécifications CDPP ; *** en partie pour le développement de 3DView (sous-traitance) et pour celui d'AMDA (CDD).



Nomenclature : **CDPP-RP-11000-583-CDPP**

Edit. : 01

Date : **23/08/2017**

Rév. : 01

Date : **06/09/2017**

Page : 101

6 CONCLUSIONS

Le CDPP continue le développement de ses bases de données et de ses services, notamment AMDA, 3DView et les outils du Service d'Observation STORMS, en faisant un effort soutenu vers l'interopérabilité. Ces avancées lui assurent une visibilité importante et reconnue. Le CDPP s'est placé en des positions clés pour l'archivage et la mise à disposition des données de certains instruments des missions Solar-Orbiter, JUICE et Rosetta. Il a par ailleurs acquis une grande visibilité au niveau européen et international (collaborations EuroPlanet, SPASE, NASA/PDS).

Les faits marquants depuis un an sont:

- Le maintien du nombre élevé d'utilisateurs d'AMDA ;
- Le bon avancement de la nouvelle version d'AMDA ;
- L'entrée dans une phase d'exploitation scientifique du Propagation Tool ;
- Des développements majeurs sur 3DView dont la nouvelle interface de recherche de conjonction sol-espace;
- L'implication dans plusieurs projets d'envergure européenne (EuroPlanet, SSA, AREMBES) ;
- L'obtention de l'ANR TEMPETE qui va permettre de faire fructifier des résultats et développements obtenus dans le cadre du projet européen IMPEX (2011-2015)

L'objectif pour l'année à venir sera donc de mener de front les nouveaux développements tout en assurant les engagements sur les projets en cours, dans un contexte contraint sur les ressources humaines.



7 REFERENCES

L'intégralité des publications et présentations sont disponibles sur le serveur CDPP.

7.1 PUBLICATIONS DE REFERENCE SUR LES OUTILS DU CDPP

Articles publiés dans le Special Issue de *Planetary and Space Science* “Enabling Open and Interoperable Access to Planetary Science and Heliophysics Databases and Tools”

- Génot et al., Science data visualization in planetary and heliospheric contexts with 3DView, *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2017.07.007, 2017
- Génot et al., TREPS, a tool for coordinate and time transformations in space physics, *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2017.06.002, 2017
- Rouillard et al., A propagation tool to connect remote-sensing observations with in-situ measurements of heliospheric structures, *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2017.07.001, 2017
- André et al., Virtual Planetary Space Weather Services offered by the Europlanet H2020 Research Infrastructure, *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2017.04.020, 2017
- Erard et al., VESPA: a community-driven Virtual Observatory in Planetary Science, *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2017.05.013, 2017
- Modolo et al., The LatHyS database for planetary plasma environment investigations. Comparison between MAVEN and Mars Express observations and simulation results - a case study, *Planetary and Space Science*, doi:10.1016/j.pss.2017.02.015, 2017

Autres

- Erard S., P. Le Sidaner, B. Cecconi, J. Berthier, F. Henry, N. André, V. Génot, C. Jacquy, M. Gangloff, N. Bourrel, B. Schmitt (2014) Planetary Science Virtual Observatory architecture, *Astronomy & Computing*, vol.7, 2014.
- Erard S., P. Le Sidaner, B. Cecconi, J. Berthier, F. Henry, N. André, V. Génot, C. Jacquy, M. Gangloff, N. Bourrel, B. Schmitt (2014) Planetary Science Virtual Observatory architecture, *Astronomy & Computing*, vol.7, 2014.
- Erard S., P. Le Sidaner, B. Cecconi, J. Berthier, F. Henry, M. Molinaro, M. Giardino, N. Bourrel, N. André, M. Gangloff, C. Jacquy, F. Topf (2014), The EPN-TAP protocol for the Planetary Science Virtual Observatory, *Astronomy & Computing*, 2014, <http://arxiv.org/abs/1407.5738>



- Génot, V., N. André, B. Cecconi, M. Bouchemit, E. Budnik, N. Bourrel, M. Gangloff, N. Dufourg, S. Hess, R. Modolo, B. Renard, N. Lormant, L. Beigbeder, D. Popescu, J.-P. Toniutti, Joining the yellow hub: uses of the Simple Application Messaging Protocol in Space Physics analysis tools, *Astronomy & Computing*, 2014, 10.1016/j.ascom.2014.07.007
- [AMDA, Automated Multi-Dataset Analysis: A web-based service provided by the CDPP](#) C. Jacquey, V. Génot , E. Budnik , R. Hitier , M. Bouchemit , M. Gangloff , A. Fedorov , B. Cecconi, N. André , B. Lavraud , C. Harvey , F. Dériot , D. Heulet, E. Pallier , E. Penou and J.L. Pinçon, The Cluster Active Archive, Studying the Earth's Space Plasma Environment. Edited by H. Laakso, M.G.T.T. Taylor, and C. P. Escoubet. Astrophysics and Space Science Proceedings, Berlin: Springer, 2010
- [Connecting the CDPP/AMDA service to planetary plasma data: Venus, Earth, Mars, Saturn \(Jupiter and comets\)](#) , André, N.; Cecconi, B.; Budnik, E.; Jacquey, C.; Génot, V.; Fedorov, A.; Gangloff, M.; Pallier, E.; Bouchemit, M.; Hitier, R.; Dériot, F.; Heulet, D.; Topf, F., SF2A-2009: Proceedings of the Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics, held 29 June - 4 July 2009 in Besançon, France. Eds.: M. Heydari-Malayeri, C. Reylé and R. Samadi, p.231
- [Space Weather applications with CDPP/AMDA](#), V. Génot, C. Jacquey, , E. Budnik , R. Hitier , M. Bouchemit , M. Gangloff , A. Fedorov , B. Cecconi, N. André , B. Lavraud , L. Broussillou, C. Harvey , F. Dériot , D. Heulet, E. Pallier , E. Penou and J.L. Pinçon, *Advances in Space Research*, Volume 45, Issue 9, p. 1145-1155, 2010

7.2 PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES RECENTES

- Energy Cascade Rate in Compressible Fast and Slow Solar Wind Turbulence, Hadid et al., *The Astrophysical Journal*, 838, 1, doi:10.3847/1538-4357/aa603f, 2017
- On the Existence of the Kolmogorov Inertial Range in the Terrestrial Magnetosheath Turbulence, Huang et al., *The Astrophysical Journal Letters*, 836, 1, doi:10.3847/2041-8213/836/1/L10, 2017
- SCALING of COMPRESSIBLE MAGNETOHYDRODYNAMIC TURBULENCE IN THE FAST SOLAR WIND, Banerjee et al., *The Astrophysical Journal Letters*, 829, 2, doi:10.3847/2041-8205/829/2/L27, 2017
- Mars plasma system response to solar wind disturbances during solar minimum, Sanchez-Cano et al, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 122, 6611–6634, doi:10.1002/2016JA023587, 2017



- Observational Evidence for the Associated Formation of Blobs and Raining Inflows in the Solar Corona, Sanchez-Diaz et al., The Astrophysical Journal Letters, 835, 1, article id. L7, 7, 2017a
- The temporal and spatial scales of density structures released in the slow solar wind, Sanchez-Diaz, E., et al., submitted to Astrophysical Journal, 2017b
- The magnetic connectivity of coronal shocks from behind-the-limb flares to the visible solar surface during gamma-ray events, Plotnikov, I., et al., Astronomy and Astrophysics, In Press, DOI [10.1051/0004-6361/201730804](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201730804) 2017
- The particle background of the X-IFU instrument, Lotti, S., Mineo, T., Jacquey, C., Molendi, S., D'Andrea, M., Macculi, C., Piro, L., Experimental Astronomy, [10.1007/s10686-017-9538-1](https://doi.org/10.1007/s10686-017-9538-1)
- RPC observation of the development and evolution of plasma interaction boundaries at 67P/Churyumov-Gerasimenko, Mandt et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S9-S22, doi:10.1093/mnras/stw1736, 2016
- Observations of high-plasma density region in the inner coma of 67P/Churyumov-Gerasimenko during early activity, Yang et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S33-S44, doi:10.1093/mnras/stw2046, 2016
- Structure and evolution of the diamagnetic cavity at comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, Goetz et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S459-S467, doi:10.1093/mnras/stw3148, 2016
- CME impact on comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, Edberg et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S45-S56, doi:10.1093/mnras/stw2112, 2016
- Statistical analysis of suprathermal electron drivers at 67P/Churyumov-Gerasimenko, Broiles et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S312-S322, doi:10.1093/mnras/stw2942, 2016
- Ionospheric plasma of comet 67P probed by Rosetta at 3 au from the Sun, Galand et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S331-S35, doi:10.1093/mnras/stw2891, 2016
- Charged particle signatures of the diamagnetic cavity of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, Nemeth et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S415-S421, doi:10.1093/mnras/stw3028, 2016



- First in situ detection of the cometary ammonium ion NH_4^+ (protonated ammonia NH_3) in the coma of 67P/C-G near perihelion, Beth et al., Mon Not R Astron Soc (2016) 462 (Suppl_1): S562-S572, doi:10.1093/mnras/stw3070, 2016
- Long-Term Tracking of Corotating Density Structures using Heliospheric Imaging Plotnikov et al., Solar Physics, Volume 291, Issue 6, doi:10.1007/s11207-016-0935-9, 2016
- Deriving the properties of coronal pressure fronts in 3D: application to the 17 may 2012 ground level enhancement, Rouillard et al., The Astrophysical Journal, Volume 833, Issue 1, doi:10.3847/1538-4357/833/1/45, 2016
- The very slow solar wind: Properties, origin and variability, Sanchez-Diaz, E.; Rouillard, Alexis P.; Lavraud, Benoit; Segura, Kevin; Tao, Chihiro; Pinto, Rui; Sheeley, N. R.; Plotnikov, Illya, JGR: Space Physics, Volume 121, Issue 4, pp. 2830-2841, 2016
- Statistical features of the global polarity reversal of the Venusian induced magnetosphere in response to the polarity change in interplanetary magnetic field, Daniel Vech, Gabriella Stenberg, Hans Nilsson, Niklas J. T. Edberg, Andrea Opitz, Károly Szegő, Tielong Zhang and Yoshifumi Futaana, doi: 10.1002/2015JA021995, JGR 2016
- STEREO database of interplanetary Langmuir electric waveforms, C. Briand, P. Henri, V. Génot, N. Lormant, N. Dufourg, B. Cecconi, Q. N. Nguyen and K. Goetz, Journal of Geophysical Research - Space Physics, doi:10.1002/2015JA022036, 2016
- First detection of a diamagnetic cavity at comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, C. Goetz, C. Koenders, I. Richter, K. Altwegg, J. Burch, C. Carr, E. Cupido, A. Eriksson, C. Güttler, P. Henri, P. Mokashi, Z. Nemeth, H. Nilsson, M. Rubin, H. Sierks, B. Tsurutani, C. Vallat, M. Volwerk, K.-H. Glassmeier, A&A, Volume 588, April 2016
- Solar wind interaction with comet 67P: impacts of corotating interaction regions, N.J.T. Edberg et al., in press, J. Geophys. Res., 2016
- Mass loading at 67P/churyumov-Gerasimenko: a case study, E. Behar, et al., in press, Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/2015GL067436, 2016
- Mass-loading, pile-up, and mirror-mode waves at comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, M. Volwerk, I. Richter, B. Tsurutani, C. Götz, K. Altwegg, T. Broiles, J. Burch, C. Carr, E. Cupido, M. Delva, M. Dósa, N. J. T. Edberg, A. Eriksson, P. Henri, C. Koenders, J.-P. Lebreton, K. E. Mandt, H. Nilsson, A. Opitz, M. Rubin, K. Schwingenschuh, G. Stenberg Wieser, K. Szegő, C. Vallat, X. Vallieres, and K.-H. Glassmeier, Annales Geophysicae, doi:10.5194/angeo-34-1-2016



- Nature of the MHD and Kinetic Scale Turbulence in the Magnetosheath of Saturn: Cassini Observations, Hadid et al., *The Astrophysical Journal Letters*, 813, 2, doi:10.1088/2041-8205/813/2/L29, 2015
- Evolution of the plasma environment of comet 67P from spacecraft potential measurements by the Rosetta Langmuir probe instrument, E. Odelstad, A. I. Eriksson, N. J. T. Edberg, F. Johansson, E. Vigren, M. André, C.-Y. Tzou, C. Carr and E. Cupido, *JGR*, 2015
- Evolution of the ion environment of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Observations between 3.6 and 2.0 AU, H. Nilsson et al., *Astronomy & Astrophysics*, doi:10.1051/0004-6361/201526142, 2015
- Spatial distribution of plasma around comet 67P from Rosetta measurements, N. J. T. Edberg, A. I. Eriksson, E. Odelstad, P. Henri, J.-P. Lebreton, S. Gasc, M. Rubin, M. André, R. Gill, E. P. G. Johansson, F. Johansson, E. Vigren, J. E. Wahlund, C. M. Carr, E. Cupido, K.-H. Glassmeier, R. Goldstein, C. Koenders, K. Mandt, Z. Nemeth, H. Nilsson, I. Richter, G. Stenberg Wieser, K. Szego, M. Volwerk, *GRL*, doi:10.1002/2015GL064233, 2015
- M. Steckiewicz, C. Mazelle, P. Garnier, N. André, E. Penou, A. Beth, J.-A. Sauvaud, D. Toublanc, D. L. Mitchell, J. P. McFadden, J. G. Luhmann, R. J. Lillis, J. E. P. Connerney, J. R. Espley, L. Andersson, J. S. Halekas, D. E. Larson, and B. M. Jakosky, Altitude dependence of nightside Martian suprathermal electron depletions as revealed by MAVEN observations, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2015GL065257, 2015
- Ruffenach, A., B. Lavraud, C. J. Farrugia, P. Démoulin, S. Dasso, M. J. Owens, J.-A. Sauvaud, A. P. Rouillard, A. Lynnyk, C. Foullon, N. P. Savani, J. G. Luhmann, and A. B. Galvin, Statistical study of magnetic cloud erosion by magnetic reconnection, *J. Geophys. Res.*, 120, doi:10.1002/2014JA020628, 2015.
- Schmid, D.; Volwerk, M.; Plaschke, F.; Vörös, Z.; Zhang, T. L.; Baumjohann, W.; Narita, Y., Mirror mode structures near Venus and Comet P/Halley, *Annales Geophysicae*, Volume 32, Issue 6, 2014, pp.651-657, DOI:10.5194/angeo-32-651-2014
- Achilleos, N., N. André, X. Blanco-Cano, P.C. Brandt, P.A. Delamere, R. Winglee, 1. Transport of Mass, Momentum and Energy in Planetary Magnetodisc Regions, *Space Science Reviews*, Online First, 10/2014
- G.A. Collinson, A. Fedorov, Y. Futaana, K. Masunaga, R. Hartle, G. Stenberg, J. Grebowsky, M. Holstrom, N. André, S. Barabash, and T. Zhang, The extension of ionospheric holes in the ionosphere of Venus, *Journal of Geophysical Research*, Volume 119, Issue 8, pp. 6940-6953, 10.1002/2014JA019851, 2014



- Lavraud, B., and A. P. Rouillard, Properties and processes that influence CME geoeffectiveness, Proceedings of the International Astronomical Union, Vol. 8, pp 273 – 284, 2014.
- [Global magnetodisk disturbances and energetic particle injections at Jupiter](#), P. Louarn, C. P. Paranicas, W. S. Kurth, J. Geophys. Res. Vol. 119, Issue 6, pp. 4495-4511, 2014.
- Lavraud, B., A. Ruffenach, A. P. Rouillard, P. Kajdic, W. B. Manchester, and N. Lugaz, Geo-effectiveness and radial dependence of magnetic cloud erosion by magnetic reconnection, J. Geophys. Res. Space Physics, 119, doi:10.1002/2013JA019154, 2014.
- Kajdič, P., B. Lavraud, A. Zaslavsky, X. Blanco-Cano, J.-A. Sauvaud, A. Opitz, L. K. Jian, M. Maksimovic, and J. G. Luhmann, Ninety degrees pitch angle enhancements of suprathermal electrons associated with interplanetary shocks, J. Geophys. Res. Space Physics, 119, doi:10.1002/2014JA020213, 2014.
- Panchenko, M, H O Rucker, and W M Farrell. 2013. *Planetary and Space Science* 77 (c). Elsevier: 3–11. doi:10.1016/j.pss.2012.08.015.
- Konovalenko, A A, A A Stanislavskyy, H O Rucker, A Lecacheux, G. Mann, Jean-Louis Bougeret, M L Kaiser, et al. 2013. “Synchronized Observations by Using the STEREO and the Largest Ground-Based Decametre Radio Telescope.” *Experimental Astronomy* 36: 137–54. doi:10.1007/s10686-012-9326-x.
- Pérez-Suárez, D, S A Maloney, P A Higgins, D S Bloomfield, P T Gallagher, G Pierantoni, X Bonnin, et al. 2012. “Studying Sun–Planet Connections Using the Heliophysics Integrated Observatory (HELIO).” *Sol. Phys.* 280 (2): 603–21. doi:10.1007/s11207-012-0110-x.
- Panchenko, M., W. Macher, H. O. Rucker, G. Fischer, T. H. Oswald, B. Cecconi, and M. Maksimovic (2014), In-flight calibration of STEREO-B/WAVES antenna system, *Radio Sci.*, 49, 146–156, doi:10.1002/2013RS005197.
- [Asymmetry of magnetosheath flows and magnetopause shape during low Alfvén Mach number solar wind](#), Lavraud, B.; Larroque, E.; Budnik, E.; Génot, V.; Borovsky, J. E.; Dunlop, M. W.; Foullon, C.; Hasegawa, H.; Jacquy, C.; Nykyri, K.; Ruffenach, A.; Taylor, M. G. G. T.; Dandouras, I.; Rème, H., *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Volume 118, Issue 3, 2013
- [Statistical analysis of dipolarizations using spacecraft closely separated along Z in the near-Earth magnetotail](#), Palin, L.; Jacquy, C.; Sauvaud, J.-A.; Lavraud, B.; Budnik, E.;



Angelopoulos, V.; Auster, U.; McFadden, J. P.; Larson, D., *Journal of Geophysical Research*, Volume 117, Issue A9, CiteID A09215, 2012

- [Multispacecraft observation of magnetic cloud erosion by magnetic reconnection during propagation](#), Ruffenach, A.; Lavraud, B.; Owens, M. J.; Sauvaud, J.-A.; Savani, N. P.; Rouillard, A. P.; Démoulin, P.; Foullon, C.; Opitz, A.; Fedorov, A.; Jacquy, C. J.; Génot, V.; Louarn, P.; Luhmann, J. G.; Russell, C. T.; Farrugia, C. J.; Galvin, A. B., *Journal of Geophysical Research*, Volume 117, Issue A9, CiteID A09101, 2012
- [The proton pressure tensor as a new proxy of the proton decoupling region in collisionless magnetic reconnection](#), Aunai, N.; Retinò, A.; Belmont, G.; Smets, R.; Lavraud, B.; Vaivads, A., *Annales Geophysicae*, Volume 29, Issue 9, 2011, pp.1571-1579
- [Timing mirror structures observed by Cluster with a magnetosheath flow model](#), Génot, V.; Broussillou, L.; Budnik, E.; Hellinger, P.; Trávníček, P. M.; Lucek, E.; Dandouras, I., *Annales Geophysicae*, Volume 29, Issue 10, 2011, pp.1849-1860
- [Polar cap ion beams during periods of northward IMF: Cluster statistical results](#), Maggiolo, R.; Echim, M.; de Keyser, J.; Fontaine, D.; Jacquy, C.; Dandouras, I., *Annales Geophysicae*, Volume 29, Issue 5, 2011, pp.771-787
- [Waves at the electron plasma frequency associated with solar wind magnetic holes: STEREO/CLUSTER observations](#), C. Briand, J. Soucek, P. Henri, Mangeney, J. *Geophys. Res.*, Volume 115, Issue A12, CiteID A12113, 2010
- [Auroral kilometric radiation diurnal, semidiurnal, and shorter-term modulations disentangled by Cassini](#), L. Lamy, P. Zarka, B. Cecconi, R. Prangé, *J. Geophys. Res.*, 115, A09221, 17 PP, 2010
- [Three Dimensional Anisotropic k Spectra of Turbulence at Subproton Scales in the Solar Wind](#), Sahraoui, F.; Goldstein, M. L.; Belmont, G.; Canu, P.; Rezeau, L., *Phys. Rev. Lett.* 105, 131101, 4 PP, September 2010
- [Limitations of multispacecraft data techniques in measuring wave number spectra of space plasma turbulence](#), Sahraoui, F.; Belmont, G.; Goldstein, M. L.; Rezeau, L., *J. Geophys. Res.* 115, A04206, 10 PP, April 2010
- [Statistics of counter-streaming solar wind suprathermal electrons at solar minimum: STEREO observations](#), B. Lavraud, A. Opitz, J. T. Gosling, A. P. Rouillard, K. Meziane, J.-A. Sauvaud, A. Fedorov, I. Dandouras, V. Génot, C. Jacquy, P. Louarn, C. Mazelle, E. Penou, D. E. Larson, J. G. Luhmann, P. Schroeder, L. Jian, C. T. Russell, C. Foullon, R. M. Skoug, J. T. Steinberg, K. D. Simunac, and A. B. Galvin, *Ann. Geophys.*, 28, 233–246, 2010