



PNST : colloque scientifique
Marseille, 16-20 mai 2022

RÉSUMÉS ET LISTE DES PARTICIPANTS

Accès Web :

Site du colloque : <https://pnst-2022.sciencesconf.org/>

Site PNST : <https://pnst.ias.u-psud.fr>



Le colloque scientifique du PNST aura lieu du lundi 16 mai (14h) au vendredi 20 mai (12h) 2022 au village club du soleil de Marseille.

Ce colloque s'adresse à tous les chercheurs et étudiants de la discipline des plasmas magnétisés dans les environnements solaire et terrestre. Il traitera également du magnétisme solaire et stellaire et des plasmas planétaires qui sont aux interfaces du PNST avec la physique stellaire et la planétologie.

Le colloque est organisé autour des 7 thèmes suivants :

1. Simulations et outils numériques
2. Nouvelles missions et instrumentation (sol et espace)
3. Couplages entre enveloppes de plasma (ex : intérieur/couronne/vent solaire, vent solaire/magnétosphère, magnétosphère/ionosphère/haute atmosphère)
4. Transport d'énergie multi-échelles et turbulence (ex : Soleil, vent solaire, magnétosphères, échelles ionique et électronique, dynamo)
5. Mécanismes d'accélération des particules et chauffage du plasma (ex : couronne et vent solaires, magnétosphères, particules énergétiques)
6. Activité éruptive ou impulsive dans les plasmas (ex : couronne, magnétosphères terrestre et planétaires)
7. Relations Soleil-Terre et météorologie de l'espace (ex : observation/prévision de l'activité solaire, environnement spatial, conditions géomagnétiques, variabilité de l'irradiance)

Le colloque sera organisé autour des 7 thèmes en sessions orales contribuées et posters. Les posters seront au format A0 avec la plus grande dimension verticalement.

Table des matières

Introduction	1
Thème 1 : Simulations et outils numériques	8
Aunai N. et al., PHARE : AMR hybrid Particle In Cell	8
Azib M. et al., Automatic Detection of Martian bow shock crossings using data of the Mars Express mission : A Deep Learning Approach	9
Baskevitch C. et al., Europa's interaction with the Jovian plasma from hybrid simulation	10
Behar E. et al., Simulation de l'interaction entre un vent solaire turbulent et un obstacle	12
Chane-Yook M. et al., Codes de transfert radiatif hors ETL 1D et 2D pour les structures solaires et stellaires	13
Delorme M. et al., Dyablo-Whole Sun : Un nouveau code de simulation sur grille AMR pour la simulation solaire sur architectures exascale	14
Gannouni B. et al., Comparing Switchbacks formation mechanisms using 2.5D and 3D MHD simulations	15
Génot V. et al., BibHelioTech	16
Koutroumpa D. et al., Imagerie de la magnétosphère par rayons X : simula- tions numériques en soutien à la mission SMILE	17
Modolo R. et al., Modeling the variability of Martian O ⁺ ions escape due to Solar Wind forcing	18
Renard B. et al., CDPP/AMDA, une base de données et un outil d'analyse en ligne pour les données plasma héliosphériques et planétaires	20
Schulz A. et al., Python tools for CDPP/AMDA and Machine Learning	21
Turc L., Near-Earth space in five and six dimensions : recent results from the Vlasiator model	22
Thème 2 : Nouvelles missions et instrumentation (sol et espace)	24
Blanc M., Un cercle méridien Europe-Afrique pour la surveillance des phéno- mènes naturels à risque : IMCP-Europe-Afrique	24
Bucciantini L. et al., Instrumental modeling of Mutual Impedance experi- ments and validation tests in plasma chamber	25

Chust T. et al. , Le récepteur basse fréquence LFR du consortium instrumental RPW de la mission Solar Orbiter : Performances en vol et observations d'ondes sur le mode sifflement	27
Dazzi P. et al. , Mutual impedance experiments as a diagnostic for magnetized space plasmas	28
De Leon E. et al. , Automatic derivation of the electron density from the WHISPER instrument onboard CLUSTER	29
Henri P. et al. , The Comet Interceptor mission	30
Lamy L. et al. , Observations décimétriques du système solaire à Nançay : point d'étape, soutien sol et résultats récents	31
Le Contel O. et al. , La mission Helioswarm pour l'étude de la turbulence plasma aux échelles fluides et ioniques	32
Lopez Ariste A. , Un grand coronographe au Pic du Midi pour mesurer les champs magnétiques coronaux	33
Louarn P. , Observations et résultats du Proton Alfa Sensor (PAS) de Solar Orbiter	34
Thème 3 : Couplages entre enveloppes de plasma	36
Aizawa S. et al. , Premières observations simultanées d'ions et d'électrons de faible énergie sur Mercure lors du premier survol de BepiColombo	36
Ballerini G. et al. , La discontinuité de la magnétopause : une étude MMS	37
Baraka M. et al. , Study of a dayside magnetopause reconnection event detected by MMS and related to a large-scale solar wind perturbation	38
Boudouma A. et al. , Modélisation numérique des émissions plasma joviennes	39
Cazzola E. et al. , Global 3D Hybrid simulations of the Super-Critical Bow-Shock behavior upon a Quasi-Perpendicular interaction with the Interplanetary Magnetic Field	41
Chaufray J.-Y. et al. , Modélisation du deutérium atomique dans la haute atmosphère de Mars	42
Farges T. et al. , Caractéristiques et variabilités des champs électriques et magnétiques des éclairs typiques et extrêmes (superbolts) mesurés depuis l'espace par les sondes Van Allen	43
Fargette, N. et al. , The preferential orientation of magnetic switchbacks, implications for solar magnetic flux transport	45
Génot V. et al. , Solar Wind Plasma Properties During Ortho-Parker IMF Conditions and Associated Magnetosheath Mirror Instability Response	46
Ghisalberti A. , Magnetopause and bow shock models with machine learning	47
Gourbin P. et al. , Self-consistent modeling of Relativistic Runaway Electron Avalanches using a relativistic electromagnetic Particle-in-Cell method	48
Hadid L. , Escaping planetary ions through Venus magnetosheath along draped magnetic field lines	49
Lamy P. et al. , Connecting coronal 3D electron density from tomographic reconstruction to in-situ measurements from Parker Solar Probe	50

Marchaudon A. et al. , Importance de la composante thermosphérique dans la dynamique du couplage ionosphère-magnétosphère : impact pour la météorologie de l'espace	51
Michotte De Welle B. et al. , Global three-dimensional draping of magnetic field lines in Earth's magnetosheath from in-situ measurements	52
Parenti S. et al. , Validation of a wave heated 3D MHD coronal-wind model using Polarized Brightness and EUV observations	53
Poirier N. et al. , Interface entre la chromosphère et la couronne solaire : modélisation avec une approche 16-moments multi-espèces	54
Thème 4 : Transport d'énergie multi-échelles et turbulence	56
Alexandrova O. et al. , Dissipation range of solar wind turbulence	56
Dahani S. et al. , The Helicity Sign of Flux Transfer Event Flux Ropes and its Relationship to the Guide Field and Hall Physics in Magnetic Reconnection at the Magnetopause	57
Dudok De Wit T. et al. , Langmuir-Slow Extraordinary Mode Magnetic Signature Observations with Parker Solar Probe	58
Faganello M. et al. , Kelvin-Helmholtz instability and magnetic reconnection at the Earth's magnetopause : 3D simulation based on satellite data	59
Froment C. et al. , Survey of whistlers waves parameters in the pristine solar wind from the first PSP orbit : wave amplitude, polarization, and collocation with magnetic dips	60
Kieokaew R. et al. , Energy conversion through various channels in turbulent plasmas induced by the Kelvin-Helmholtz instability at the Earth's magnetopause	61
Le Contel O. et al. , Analyse multi-échelle d'une couche de courant associée à un écoulement rapide pendant un sous-orage détecté par MMS	62
Manzini D. et al. , Localized energy cascade driven by Magnetic Reconnection : a Coarse Graining approach	63
Roudier T. et al. , Mesure des vitesses photosphériques solaires via le suivi de structures cohérentes (granules)	64
Simon P. et al. , A general turbulence exact law for compressible magnetized pressure-anisotropic plasmas	65
Vinogradov A. et al. , PSP observations of the solar wind coherent structures from MHD to sub-ion scales at 0.17 AU	66
Thème 5 : Mécanismes d'accélération des particules et chauffage du plasma	68
Alqeeq S. et al. , A statistical study of dipolarization fronts observed by MMS	68
Berriot E. et al. , Radial evolution of the solar wind	69
Collet B. et al. , Étude des radiosources aurorales de Jupiter grâce à la sonde Juno	70
Colomban L. et al. , What is the role of whistler waves in shaping of the solar wind electron function between 0.17 and 1 AU?	71

Dandouras I. , 20 Years of Cluster Observations of Heavy Ion Outflow, Circulation in the Magnetosphere and Escape : Advances and Open Questions	72
Dudok De Wit T. et al. , Switchbacks dans le vent solaire : quelles contraintes sur leur origine?	73
Finley A. , Stirring the Base of the Solar Wind	74
Krafft C. et al. , Electromagnetic radiation emitted at fundamental and harmonic plasma frequencies by weak electron beams in inhomogeneous solar wind plasmas : 2D PIC simulations	75
Lamy L. et al. , Mesure du diagramme des émissions décimétriques Io-Jupiter : un diagnostic de l'interaction planète-satellite	76
Lavorenti F. et al. , Mercury global full-kinetic plasma simulations in support to BepiColombo	77
Louis C. et al. , Latitudinal beaming of Jupiter's radio emissions from Juno/Waves flux density measurements	78
Mauduit E. et al. , Jupiter fast drifting radio bursts reveal ubiquitous Alfvénic electron acceleration	79
Pellegrin-Frachon T. , 3D MHD simulation of interchange reconnection in a solar coronal pseudo-streamer	81
Pelouze G. et al. , Cut-off of transverse waves through the solar transition region	82
Ripoll J.-F. , Wave-particle interactions in the radiation belts	83
Savoini P. et al. , A 2D Self-consistent Sub-critical shock wave : analysis of the shock front dynamics and its associated ion and electron foreshocks	84
Vilmer N. , Etude statistique du lien entre émissions X et émissions radio de type III des électrons énergétiques solaires	85
Thème 6 : Activité éruptive ou impulsive dans les plasmas	87
Chrysaphi N. et al. , The angular dependence of spectroscopic solar radio measurements using multi-spacecraft observations	87
Dolliou A. et al. , Statistical analysis of small UV brightenings observed with AIA : signature of short time scale coolings	88
Finley A. , LDE3 Weekly Flare Bulletin	89
Jarry M. , Exploiting a catalogue of triangulated shock waves to study	90
Kretzschmar M. et al. , First detection of the magnetic component of a radio wave emitted by the Sun	91
Maksimovic M. , Observations multi-satellites des émissions radio solaires de Type III	92
Musset S. , Multi-spacecraft observations of solar radio emissions in the Solar Orbiter era	93
Pariat E. , Magnetic helicity : marker of solar eruptivity	94
Schmieder B. et al. , Magnetic reconnection leading to a mini flare and a twisted jet observed with IRIS	95

Thème 7 : Relations Soleil-Terre et météorologie de l'espace	97
Bernoux G. et al. , Peut-on prévoir l'activité géomagnétique avec plusieurs jours d'avance en utilisant uniquement des réseaux de neurones pilotés par des images du Soleil?	97
Bosse L. et al. , Polarisation aurorale : observations et modélisation	98
Buchlin E. et al. , Solar data, data products, and tools at MEDOC	99
Dahmen N. et al. , Prototypage d'un outil d'alerte précoce pour la météo spatiale depuis le soleil vers les ceintures de radiation dans le cadre du projet H2020 SafeSpace	100
Ferlin A. et al. , RB-FAN : « Radiation Belt Forecast And Nowcast », un nouvel environnement basé sur le code d'assimilation de données Salammbô	101
Finance A. et al. , The UVSQ- SAT mission dedicated to the observation of the Earth and the Sun	102
Lemorton J. et al. , Prédiction des perturbations ionosphériques sur les signaux GNSS à haute latitude, par approche statistique et apprentissage profond	103
Lilensten J. , E-SWAN, l'organisation de la météorologie de l'espace en Europe	105
Perri B. et al. , Impact of magnetic photospheric observations on the modelling of coronal and heliospheric magnetic structures	106
Réville V. et al. , HelioCast : A white light constrained MHD model for space weather forecast of the heliosphere	107
Programme du colloque	108
Liste des participants	114
Comités d'organisation	121

Thème 1 : Simulations et outils numériques

PHARE : AMR hybrid Particle In Cell

Nicolas Aunai, LPP

Roch Smets (1), Andrea Ciardi (2)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (2) LERMA, Observatoire de Paris, Sorbonne Université, CNRS, CY Cergy Paris Université

Hybrid PIC codes model plasmas with a kinetic formalism for ions and fluid for the electrons. Neglecting electron kinetic scales is a priori an advantage for modeling larger domains and longer times than possible with fully kinetic codes.

However, the ubiquitous formation of sub-ion scale current sheets, that need to be well resolved to reach a correct macroscopic state, and the quadratic dispersion of Hall mediated waves, make large scale hybrid-PIC simulation extremely challenging. In practice, high resolution hybrid codes are used in domains marginally larger than those reached by fully kinetic codes, and large domains are modeled at the price of poor spatial resolutions not able to correctly handle kinetic processes.

A promising approach, so-called adaptive mesh refinement (AMR), consists in adapting the mesh resolution spatially and dynamically to map the critical regions of the solution. This now mainstream method in fluid codes is still poorly used in kinetic particle codes. The project PHARE aims at developing a Hybrid PIC code with AMR to fill the gap between sub-ion scales and global scales. We discuss the first results obtained with this code, made for the community to use, and future development such as the evolution multi-formalisms AMR hierarchies.

Automatic Detection of Martian bow shock crossings using data of the Mars Express mission : A Deep Learning Approach

Menouar Azib, IRAP

Vincent Génot, Philippe Garnier, Benjamin Renard, Alexandre Schulz, Nicolas André,
Christian Jacquy, Myriam Bouchemit

IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS

In this paper, we investigate to automatically detect the Martian bow shock crossings using the data of the Mars Express mission provided by CDPP-AMDA. Using convolutional neural networks on sliding windows and peak detection, we provide an automatic classifier to predict the Martian bow shock crossings. To better understand the datasets available to us, we first performed Principal Component Analysis (PCA). When Mars Express crosses the Martian bow shock the ELS instrument registers a sudden increase in flux of electrons across a wide range of energies thus, the first step was to use the energy spectrogram of electron counts as the only training feature of the network. A published catalog with around 11800 bow shock crossings has been used for labeling the crossings (from Hall et al. 2016 and Sanchez-Cano et al. 2019). The next step is to add other training features like the position of the spacecraft, proton moment, proton density, and proton temperature in order to improve the accuracy of the classifier.

Europa's interaction with the Jovian plasma from hybrid simulation

Claire Baskevitch, LATMOS

Ronan Modolo (1), Baptiste Cecconi (2)

(1) LATMOS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, CNRS, Sorbonne Université (2) LESIA, Observatoire de Paris, CNRS, PSL Research University

Galilean moons are embedded in Jupiter's giant magnetosphere. The Jovian plasma particles interact with the atmosphere of the moons, exchanging momentum and energy, and generate different phenomena such as aurora, electric current, etc.

The exploration of the Galilean moons, and in particular Ganymede and Europa, considered as potential habitats, are listed among the main objectives of the ESA JUper ICy moons Explorer (JUICE) mission. In preparation for future observations, a modelling effort is conducted to describe the Europa moon-magnetosphere system.

We have used the LATMOS Hybrid Simulation (LatHyS) model to characterize the Jovian plasma and magnetic field interaction with the moon and its atmosphere. The model is a hybrid 3D, multi-species and parallel simulation model which is based on a kinetic description of ions and a fluid description of electrons. The model is based on the CAM-CL algorithm and various physical processes has been implemented to describe the solar wind (or a magnetospheric plasma) interaction with Mars, Mercury, Titan, Ganymede, Earth-like body etc. (Matthews, 1994, Modolo et al, 2016, Richer et al, 2012, Modolo et al, 2008, Leclercq et al, 2015, Turc et al, 2015). This simulation model depicts the dynamic and the structure of the ionized environment in the neighborhood of these bodies. Recently, the model has been adapted to Europa-Jupiter interaction. Global simulation results are compared to Galileo observations and will be used to illustrate the conditions that JUICE might encounter during its flybys.

References :

1. Alan P. Matthews, Current Advance Method and Cyclic Leapfrog for 2D Multispecies Hybrid Plasma Simulations, *Journal of Computational Physics*, Volume 112, Issue 1, 1994, Pages 102-116, ISSN 0021-9991, <https://doi.org/10.1006/jcph.1994.1084>.
2. Turc L., Fontaine D., Savoini P., Modolo R., 3D hybrid simulations of the interaction of a magnetic cloud with a bow shock, *JGR*, 2015
3. Richer E, Modolo R, Chanteur GM, Hess S and Leblanc F, A Global Hybrid Model for Mercury's Interaction With the Solar Wind : Case Study of the Dipole Representation, *Journ. Geophys. Res.*, doi :10.1029/2012JA017898, 2012
4. Leclercq L., Modolo R., Leblanc F., Hess S., Mancini M., 3D Magnetospheric parallel hybrid multi-grid method applied to planet-plasma interactions, *Journal of Computational Physics*, 309, pp.295-313, 10.1016/j.jcp.2016.01.005, 2016

5. Modolo R., Hess S., Mancini M., Leblanc F., Chaufray J.-Y., Brain D., Leclercq L., Esteban Hernandez R., Chanteur G., Weill P., Gonzalez-Galindo F. et al., Mars-solar wind interaction : LatHyS, an improved parallel 3-D multispecies hybrid model, *Journal of Geophysical Research : Space Physics*, American Geophysical Union/Wiley, 2016, 121 (7), pp.6378-6399. [10.1002/2015JA022324](https://doi.org/10.1002/2015JA022324), 2016

Simulation de l'interaction entre un vent solaire turbulent et un obstacle

Etienne Behar, Lagrange

Pierre Henri (1)

(1) Lagrange, Observatoire de la Cote d'Azur, CNRS

Menura est un code hybride PIC récemment développé dans le but d'ajouter la nature turbulente du vent solaire dans la description de son interaction avec différent objet du système solaire. Les principales questions portent sur l'éventuelle influence macroscopique de cette turbulence amont sur la magnetosphere de l'objet, et sur les nouveaux phénomènes microscopiques émergeant au sein de cette magnétosphère. Ces premiers résultats nous permettent aussi une première exploration de la manière dont la turbulence est-elle traitée lors du passage de la frontière d'une magnétosphère.

Codes de transfert radiatif hors ETL 1D et 2D pour les structures solaires et stellaires

Martine Chane-Yook, IAS

Frédéric Paletou (2)

(1) IAS, CNRS, Université Paris-Saclay (2) IRAP, Observatoire Midi-Pyrénées, CNES, CNRS, Université de Toulouse

Nous présenterons un ensemble de codes de transfert radiatif hors ETL en géométries 1D et 2D cartésiennes incluant des méthodes numériques désormais numériquement éprouvées. Ils peuvent aider à interpréter des données spatiales solaires et stellaires passées (SOHO), en cours (Hinode, SDO, IRIS) ou futures (Solar Orbiter).

La plupart de ces codes sont maintenant disponibles, avec leur documentation, sur le site MEDOC à l'adresse suivante :

<https://idoc.ias.u-psud.fr/MEDOC/Radiative%20transfer%20codes>

Les codes 1D et 2D utilisent la méthode MALI (Multi-level Accelerated Lambda Iteration). Une version 2D hors-ETL incluant le traitement de l'équilibre d'ionisation de l'hydrogène et le transfert du continu de Lyman est en cours de mise à disposition.

Dyablo-Whole Sun : Un nouveau code de simulation sur grille AMR pour la simulation solaire sur architectures exascale

Maxime Delorme

Allan Sacha BRUN, Arnaud Durocher, Antoine Strugarek

AIM, CEA Paris-Saclay

La simulation numérique est devenue au cours des dernières décennies l'un des piliers de la recherche en physique solaire et en géophysique. La simulation de phénomènes localisés comme l'émergence de flux à la surface du Soleil nécessite désormais l'utilisation de techniques de maillage adaptatif (AMR). L'utilisation d'AMR permet de résoudre des échelles locales plus fines avec une empreinte mémoire moindre mais au prix d'une algorithmique plus complexe et plus coûteuse. Nous présentons le framework dyablo et son code associé Dyablo Whole Sun (DWS). dyablo est une plateforme écrite en C++ permettant d'effectuer des calculs sur grille AMR avec décomposition de domaine par MPI et dont le parallélisme partagé est assuré par la librairie de portage de performance Kokkos. Le portage de performance permet ainsi d'effectuer des calculs sur des architectures hétérogènes (CPU, GPU, ARM) sans portage spécifique. Dyablo expose des interfaces modulables permettant aux utilisateurs de développer des codes à fort degré de parallélisme reposant sur des grilles AMR. DWS est un code de simulation solaire basé sur le framework dyablo et développé dans le cadre de l'ERC Synergy Whole Sun visant à effectuer les premières simulations du Soleil du noyau jusqu'à la couronne. DWS est en cours de développement mais de premiers résultats ont été obtenus dans le cadre de deux benchmarks internationaux de convection de surface, notamment pour simuler la granulation solaire. L'organisation et la coordination de ces benchmarks nous ont permis ainsi de valider les premiers résultats de DWS et de le confronter à des codes bien établis tels que Bifrost, Dispatch ou encore Mancha.

Comparing Switchbacks formation mechanisms using 2.5D and 3D MHD simulations

Bahaeddine Gannouni, IRAP

Victor Réville (1,2), Alexis Rouillard (1), Kévin Dalmasse (1)

(1) IRAP, CNRS, Observatoire Midi-Pyrénées, Université Paul Sabatier - Toulouse III

(2) AIM, CEA/IRFU, CNRS, Université Paris-Saclay, Université Paris Diderot,
Université de Paris

During Parker Solar Probe's (PSP) first encounter with the Sun, the analysis of in situ data revealed that the slow solar wind is continually perturbed by transient Alfvénic structures which display magnetic reversals called switchbacks accompanied by plasma jets observed as velocity spikes.

Theory and observations have suggested that they may originate from interchange reconnection that occurs when coronal magnetic loops reconnect with open magnetic field lines. In this Poster we will cover some potential mechanisms that are responsible for the formation of switchbacks.

Using 2.5-D and 3-D magneto-hydrodynamic (MHD) simulations we will study the effects of flux emergence and surface motions that could trigger coronal jets with magnetic reversals that may survive during their propagation from the low corona to PSP, this research is funded by ERC SLOW SOURCE (DLV 819199).

BibHelioTech

Vincent Génot, IRAP

Camille De Salabert (2), Nicolas Aunai (3), Axel Dablanc (1), Nicolas Dufourg (4),
Williams Exbrayat (5), Sabine Barreaux (2)

- (1) IRAP, CNRS, Observatoire Midi-Pyrénées, Université Paul Sabatier - Toulouse III
(2) Institut de l'information scientifique et technique, CNRS, UAR76 (3) LPP,
Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique,
Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (4) CNES, Toulouse (5) Services
communs Observatoire Midi-Pyrénées, Université Toulouse III, CNES, CNRS

A partir d'un corpus d'articles scientifiques du domaine héliophysique utilisant des données de missions spatiales, nous réaliserons une détection textuelle automatisée (par des méthodes de TDM, text and data mining) sur les événements observés, les satellites/instruments utilisés, les régions spatiales et les processus physiques concernés (cf SPASE data model), afin de relier ces entités avec les publications dont elles sont extraites, dans des catalogues exploitables par les outils d'analyse de données de la discipline (AMDA, SciQLOP). Ce lien fort et systématisé entre données et publications, inexistant à ce jour, augmentera l'expérience d'analyse de données en immergeant le chercheur dans le contexte bibliographique de son cas d'étude, améliorera significativement la reproductibilité des résultats publiés, et facilitera la réutilisation de ces catalogues dans de nouvelles études statistiques et comparatives.

Imagerie de la magnétosphère par rayons X : simulations numériques en soutien à la mission SMILE

Dimitra Koutroumpa, LATMOS

Ronan Modolo (1), Yevhen Tkachenko (2), Hyunju Connor (3), Steve Sembay (4)

(1) LATMOS, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (2) LERMA, Observatoire de Paris, Sorbonne Université, CNRS, CY Cergy Paris Université (3) GSFC Heliophysics Science Division, (4) School of Physics and Astronomy, Leicester

La mission magnétosphérique SMILE, portée par l'ESA et l'Académie des Sciences Chinoise (CAS), a pour but l'étude globale de la dynamique du système vent solaire - magnétosphère terrestre, via l'imagerie de l'émission X par échanges de charge notamment. Nous présentons des simulations numériques développées dans le cadre du Modeling Working Group de la mission (<https://smile.alaska.edu/>). Nous présentons les résultats de simulation de deux approches différentes : premièrement une description monofluide magnétohydrodynamique (MHD) pure, et ensuite une approche particule-test où les trajectoires des ions du vent solaire sont calculées de manière cinétique dans un environnement électromagnétique issu de la simulation MHD. Nous comparons les émissivités et cartes d'intensité dans diverses projections vues de l'orbite de SMILE et nous discutons des différences et la complémentarité des deux approches.

Modeling the variability of Martian O^+ ions escape due to Solar Wind forcing

Ronan Modolo, LATMOS

François Leblanc (1), Jean-Yves Chaufray (1), Norberto Romanelli (2), Eduard Dubinin (3), Vincent Génot (4), Claire Baskevitch (1), David Brain (5), Shannon Curry (6), Robert Lillis (6)

(1) LATMOS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, CNRS (2) NASA Goddard Space Flight Center (3) Max-Planck-Institut (4) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS (5) Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder (6) Space Sciences Laboratory, Berkeley

During the last decade, MAVEN space mission have emphasized a widespread spatial distribution of escaping O^+ ions (Brain et al., 2015; Dong et al., 2015; Curry et al., 2015). Statistical studies have demonstrated that such structure is constant and present an asymmetry with respect to the solar wind convective electric field direction. In the Mars Solar Ecliptic coordinate system, continuous large O^+ ion fluxes have been observed from the Martian wake to the Northward hemisphere. Global hybrid models have been developed since more than fifteen years (Modolo et al., 2005, 2016; Brecht and Ledvina, 2006; Kallio et al., 2006) predicting and reproducing successfully the main characteristics of these escaping ion signatures. To further characterize this heavy-ion escape and its variability due to the solar wind forcing, global hybrid simulations have been performed with different set of upstream solar wind parameters. The impact of the solar wind drivers on the dynamics of O^+ ion fluxes are reported and compared to the statistical ion fluxes maps derived from MAVEN/STATIC observations (Dong et al., 2015).

References :

1. Brain, D. A., McFadden, J. P., Halekas, J. S., Connerney, J. E. P., Bougher, S. W., Curry, S., et al. (2015). The spatial distribution of planetary ion fluxes near Mars observed by MAVEN. *Geophys. Res. Lett.* 42, 9142-9148. doi :10.1002/2015GL065293
2. Dong, Y., Fang, X., Brain, D. A., McFadden, J. P., Halekas, J. S., Connerney, J. E., et al. (2015). Strong plume fluxes at Mars observed by MAVEN : An important planetary ion escape channel. *Geophys. Res. Lett.* 42, 8942-8950. doi :10.1002/2015GL065346
3. Curry, S. M., Luhmann, J. G., Ma, Y. J., Dong, C. F., Brain, D., Leblanc, F., et al. (2015). Response of Mars O^+ pickup ions to the 8 March 2015 ICME : Inferences from MAVEN data-based models. *Geophys. Res. Lett.* 42, 9095-9102. doi :10.1002/2015GL065304
4. Modolo, R., Chanteur, G. M., Dubinin, E., and Matthews, A. P. (2005). Influence of the solar EUV flux on the Martian plasma environment. *Annales Geophysicae* 23, 433-444. doi :10.5194/angeo-23-433-2005

5. Brecht, S. H. and Ledvina, S. A. (2006). The Solar Wind Interaction With the Martian Ionosphere/Atmosphere 126, 15-38. doi :10.1007/s11214-006-9084-z
6. Kallio, E., Fedorov, A., Budnik, E., Sales, T., Janhunen, P., Schmidt, W., et al. (2006). Ion escape at Mars : Comparison of a 3-D hybrid simulation with Mars Express IMA/ASPERA-3 measurements 182, 350-359. doi :10.1016/j.icarus.2005.09.018

CDPP/AMDA, une base de données et un outil d'analyse en ligne pour les données plasma héliosphériques et planétaires

Benjamin Renard, IRAP

Nicolas André (1), Christian Jacquy (1), Vincent Génot (1), Myriam Bouchemit (1),
Alexandre Schulz (1), Elena Budnik (1), Nicolas Dufourg (2), Illya Plotnikov (1),
Baptiste Cecconi (3), Frederic Pitout (1), Benoit Lavraud (4), Andrei Fedorov (1),
Michel Gangloff (1), Nicolas Aunai (5), Alexis Jeandet (5)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS
(2) CNES, Toulouse (3) LESIA, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Observatoire
de Paris, Université Paris Diderot - Paris 7, CNRS (4) Laboratoire d'Astrophysique de
Bordeaux, EPOC, University of Bordeaux, CNRS (5) LPP, Observatoire de Paris,
Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université,
Université Paris-Saclay, CNRS

Le CDPP (Centre de Données de la Physique des Plasmas) développe depuis plusieurs années un service appelé AMDA (Automated MultiDataset Analysis, <http://amda.cdpp.eu>) permettant d'accéder, de visualiser et d'analyser des données plasmas hétérogènes provenant de différentes missions spatiales et de simulations.

La base de données AMDA offre un accès unifié (depuis son interface Web ou depuis le module Python Speasy) à près de 1000 jeux de données et en particulier à ceux fournis par les missions récentes qui mobilisent fortement la communauté (Solar Orbiter, PSP, MMS, BepiColombo, etc.).

Nous présenterons les différentes fonctionnalités intégrées dans l'outil (tracé et téléchargement des données, définition de paramètres dérivés, recherche conditionnelle, accès et manipulation de catalogues et de tables d'événements etc.) qui permettent aux chercheurs et aux étudiants de réaliser des études rapides de manière conviviale et simplifiée.

Nous illustrerons quelques-unes des applications scientifiques possibles avec AMDA, les possibilités en termes d'interopérabilité avec les autres outils de la communauté, ainsi que les futures développements envisagés par le CDPP.

Python tools for CDPP/AMDA and Machine Learning

Alexandre Schulz, IRAP

Benjamin Renard (1), Nicolas André (1), Christian Jacquy (1), Vincent Génot (1),
Myriam Bouchemit (1), Nicolas Dufourg (2), Illya Plotnikov (1), Nicolas Aunai (3),
Alexis Jeandet (3)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS

(2) CNES, Toulouse (3) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres,
Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS

The CDPP offers a collection of data manipulation and visualization tools, most prominent among which is AMDA. A user-friendly web interface allows researchers to explore and exploit a large collection of datasets. Speasy is a Python module aiming to offer a streamlined approach for manipulating data from major data providers, including AMDA and CDAWeb. Proposing a unified access API, Speasy facilitates the access of time-series data.

In recent years a lot of interest has been directed towards applications of machine learning to plasma physics problems. AMDA offers the possibility for the scientific community to view predictions produced by machine learning algorithms. Orchestra is the main component of this pipeline. We will be presenting some works obtained by using these two tools.

Near-Earth space in five and six dimensions : recent results from the Vlasiator model

Lucile Turc, Department of Physics, University of Helsinki

Vlasiator is an open-source hybrid-Vlasov model developed at the University of Helsinki and designed to perform global simulations of the solar wind-magnetosphere interaction at Earth. In the hybrid-Vlasov approach, electrons are a massless charge-neutralising fluid while ions are modelled as velocity distribution functions, governed by Vlasov's equation, thereby enabling a self-consistent description of ion kinetic processes. Vlasiator employs the full strength of the Earth's dipole and thus provides results that are directly comparable with spacecraft observations without additional rescaling. This allows studying ion kinetic processes in their global context, revealing how local processes affect global dynamics and vice-versa. Because of the large computational cost of the hybrid-Vlasov approach, most studies employing Vlasiator have been to date limited to two dimensions in ordinary space. However, recent developments to the code, including the addition of adaptive mesh refinement, are now allowing us to run the model in 6D-3 dimensions in ordinary space and 3 dimensions in velocity space - opening up a whole new realm of investigations. In this presentation, I will review some of the recent studies carried out with Vlasiator, ranging from foreshock processes on the dayside to nightside tail dynamics, and I will discuss the importance of the global view provided by simulations to refine our understanding of near-Earth space dynamics.

Thème 2 : Nouvelles missions et instrumentation (sol et espace)

Un cercle méridien Europe-Afrique pour la surveillance des phénomènes naturels à risque : IMCP-Europe-Afrique

Michel Blanc

IRAP, Observatoire Midi-Pyrénées, Université Toulouse III- Paul Sabatier

Les écosystèmes de notre planète tout comme les activités humaines qu'elle abrite sont menacés en permanence par un spectre large et divers de perturbations naturelles et/ou anthropiques affectant la sécurité des infrastructures au sol, des systèmes spatiaux et des vols spatiaux : activité solaire et les événements qu'elle induit sur la météorologie de l'espace, événements météorologiques extrêmes, réchauffement climatique, séismes, variations séculaires du champ géomagnétique, fluctuations du circuit électrique global...

Surveiller ces perturbations pour mieux comprendre leurs mécanismes afin de mieux les prédire ou d'atténuer leurs effets est l'un des grands défis de la gestion scientifique de notre planète à l'échelle globale pour le XXIème siècle. Au-delà de leur diversité, ces perturbations partagent une caractéristique commune : elles laissent toutes une empreinte caractéristique sur une couche critique de l'environnement terrestre : la basse ionosphère et thermosphère.

L'objectif de l'"International Meridian Circle Program (IMCP)", une proposition de programme de collaboration internationale formulée initialement par l'académie des sciences Chinoise (CAS), est d'utiliser cette couche critique de la haute atmosphère comme un écran sur lequel on détectera et séparera les empreintes caractéristiques de ces différents phénomènes. Pour atteindre cet objectif, il faut :

- Déployer et opérer un système d'observation global qui permette de séparer les variations en latitude magnétique et géographique, en temps local et en longitude, et en temps universel, des différentes perturbations ; cela peut se faire à minima en mettant en réseau des instruments d'observation de la haute atmosphère répartis le long de deux grands cercles méridiens en quadrature : un cercle méridien Asie-Amériques 120°E-60°W, et un cercle méridien Europe-Afrique-Pacifique 30°E-150°W. Nous avons montré dans une publication précédente en quel sens ce dispositif à deux méridiens représente une couverture géographique optimale ;
- Concevoir un système intégré et coordonné d'analyse de l'ensemble des données que ces deux cercles méridiens vont fournir, qui permettra à des équipes internationales d'optimiser l'exploitation scientifique de ce réseau et de faciliter les recherches coopératives et pluridisciplinaires qui l'utiliseront.

Dans cette communication, nous proposerons que la communauté PNST participe à la mise en réseau des équipements d'observation le long d'un cercle méridien Europe-Afrique et au développement d'un système intégré en ligne de recherche internationale coopérative utilisant l'ensemble des données de ce cercle méridien.

Instrumental modeling of Mutual Impedance experiments and validation tests in plasma chamber

Luca Bucciantini, LPC2E

Pierre Henri (1,2), Wattieaux Gaëtan (3), Orelie Randriamboarison (1), Francesco Califano (4)

(1) LPC2E, CNRS, Orleans (2) Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS
(3) Laplace-Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie, Université de Toulouse (4)
Dipartimento di Fisica, Università di Pisa, Pisa

Mutual impedance experiments are in situ space plasma diagnostic techniques for the determination of characteristic plasma parameters, such as the plasma density and electron temperature. These experiments consist of a set of emitting and receiving antennas. The emitting antennas perturb the in situ plasma environment via the emission of successive sinusoidal signal, at fixed amplitude and given frequencies. The receiving antennas measure, at this same frequencies, the electric oscillation amplitudes in the plasma, from which the mutual impedance power spectrum is built. The plasma density and electron temperature are determined from these power spectra, which typically exhibit resonant signatures at the characteristic frequencies of the probed plasma. For this determination process, typical mutual impedance models usually assume (i) linear plasma responses to active electric excitations of mutual impedance instruments, (ii) homogeneous plasma in the surroundings of the emitting electric antennas.

These two assumptions are often broken during practical mutual impedance applications. (i) As mutual impedance instruments probe cold plasma regions (e.g. RPC-MPI probing the cold inner coma of comet CG/67P with the Rosetta mission, RPWI/MIME experiments that will investigate Ganymede ionosphere with the JUICE mission), finite emission amplitude signals might easily exceed the thermal electron energy, resulting in major perturbations of the plasma dielectric, thus perturbing mutual impedance measurements. (ii) Emitting and receiving electric antennas immersed in plasma are always surrounded by local inhomogeneous plasma regions (plasma sheath) which might modify the characteristics of mutual impedance emission signals, therefore perturbing mutual impedance plasma density and electron temperature diagnostic performance.

In this context, we aim at assessing the modifications of mutual impedance diagnostic performance, in the case of (i) significant finite emission amplitudes for energy emissions up to the electron energy of the probed plasma, (ii) inhomogeneous plasmas in the vicinity of the emitting antennas.

For this purpose, we use a numerical 1D-1V full-kinetic electrostatic Vlasov-Poisson model to, first, simulate mutual impedance measurements and, second, assess the mutual impedance diagnostic performance both for (i) strong finite emission amplitudes and (ii) inhomogeneous plasmas.

While the present study is focused on extending the modelling of mutual impedance

measurements, with future investigations we plan to extend our understanding of mutual impedance experiments by focussing on the optimization of mutual impedance experiments. In particular, we will couple numerical Vlasov-Poisson simulations to practical validation tests, performed in a plasma chamber. Promising ongoing work showed the possibility to improve the time resolution of mutual impedance experiments by several folds.

Le récepteur basse fréquence LFR du consortium instrumental RPW de la mission Solar Orbiter : Performances en vol et observations d'ondes sur le mode sifflement

Thomas Chust, LPP

Equipe Lfr (1), Equipe Rpw (2,3,4,5,6,7,8,9)

(1) LPP, CNRS (2) LESIA, Observatoire de Paris, Sorbonne Université, CNRS, (3) LPC2E, Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre, CNES, CNRS, Université d'Orléans (4) Swedish Institute of Space Physics, Uppsala (5) Institute of Atmospheric Physics, Prague (6) Space Sciences Laboratory, Berkeley (7) Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences (8) Dresden University of Technology (9) CNES, Toulouse

Le LPP est directement impliqué dans la mission spatiale Solar Orbiter de l'ESA et de la NASA, en développant et fournissant l'analyseur de bord basse fréquence LFR (Low Frequency Receiver, Lead-CoI : Thomas Chust) qui fait parti du consortium instrumental Radio and Plasma Waves (RPW) conduit par le LESIA (PI : Milan Maksimovic). Solar Orbiter a été lancé le 10 Février 2020 afin d'étudier les propriétés et la dynamique de l'atmosphère externe du Soleil et du vent solaire.

LFR est conçu pour caractériser les champs électriques et magnétiques basse fréquence (≤ 10 kHz) qui se développent, se propagent, interagissent et se dissipent dans le plasma du vent solaire. Combinées aux observations des particules et du champ magnétique DC, les mesures de LFR permettront d'améliorer la compréhension des processus de chauffage et d'accélération à l'oeuvre lors de l'expansion du vent solaire.

Dans cette présentation, nous souhaitons montrer la capacité de LFR à observer et à analyser une variété d'ondes plasma de basse fréquence, en tirant parti d'observations d'ondes sur le mode sifflement réalisées juste après la phase de mise en service de Solar Orbiter près de la Terre. Cela concerne en particulier sa capacité à mesurer le vecteur normal d'onde, la vitesse de phase et le flux de Poynting radial pour déterminer les caractéristiques de propagation des ondes. Plusieurs études de cas d'ondes sur le mode sifflement sont présentées, en utilisant tous les produits de LFR traités numériquement à bord, les formes d'onde, les matrices spectrales et les paramètres de base des ondes. Ici, les ondes sur le mode sifflement sont très bien identifiées et caractérisées, ainsi que le décalage de leur fréquence par effet Doppler, aussi bien par l'analyse au sol des formes d'onde que par l'analyse spectrale à bord. Ces premières observations d'ondes sur le mode sifflement montrent une très bonne cohérence globale des données de LFR, ce qui permet d'espérer que de nouveaux résultats scientifiques sur ces ondes, ainsi que sur d'autres ondes de plasma, pourront prochainement être obtenus par Solar Orbiter dans le vent solaire.

Mutual impedance experiments as a diagnostic for magnetized space plasmas

Pietro Dazzi, LPC2E / LESIA

Pierre Henri (1,3), Francesco Califano (4), Luca Bucciantini (1), Federico Lavorenti (3,4)

- (1) LPC2E, CNRS, Univ. Orléans, CNES, Orléans (2) LESIA, Observatoire de Paris
(3) Laboratoire Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur (4) Dipartimento di Fisica
"E.Fermi", Università di Pisa

Mutual impedance experiments are a type of active, in-situ plasma diagnostic. They have shown their effectiveness by providing measurements of the electron density and temperature onboard Earth ionospheric missions, and later onboard the Rosetta cometary mission. Such instruments measure the mutual electrical impedance between two electric antennas embedded in the plasma to be diagnosed. The mutual impedance is itself a function of the plasma parameters, such as the plasma density and electron temperature. Current state-of-the-art numerical models of the measured mutual impedance provide access to these plasma parameters, under the assumption of an unmagnetized plasma. However, the magnetic field is expected to significantly impact mutual impedance measurements performed in magnetized plasma such as, e.g., in the magnetosphere of Mercury and Ganymede, respectively targeted by the BepiColombo and JUICE missions. The goal of this work is to extend mutual impedance instrumental models in order to take into consideration the effects of the magnetic field present in such magnetized planetary plasmas, to support those exploratory space missions. This is achieved by combining two complementary approaches : instrumental modeling and laboratory experiments. First, we have developed and validated a new numerical model, based on the calculation of the electric potential emitted by a spherical, point-like electric antenna in a magnetized, homogeneous, Maxwellian plasma. This new instrumental model is used to compute synthetic mutual impedance spectra and assess the impact of the electron magnetization on the instrumental response. We discussed plasma density and temperature diagnostics from the analysis of these synthetic mutual impedance spectra. Second, the plasma density diagnostic is used to analyze experimental results obtained in the controlled environment of the LPC2E plasma chamber PEPSO, which experimental setup has been upgraded for this study.

Automatic derivation of the electron density from the WHISPER instrument onboard CLUSTER

Emmanuel De Leon, LPC2E

Xavier Vallières (1), Pierre Henri (1,2), Luca Bucciandini (1), Nicolas Gilet (1),
Jean-Louis Rauch (1)

(1) LPC2E, CNRS, Université Orléans (2) Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur,
Université Côte d'Azur, CNRS

The Waves of High frequency and Sounder for Probing Electron density by Relaxation (WHISPER) instrument, is part of the Wave Experiment Consortium (WEC) of the ESA CLUSTER II mission. WHISPER is designed to measure the electric field fluctuation and derive the electron density, i.e. the plasma density, a key parameter of scientific interest for magnetospheric and near-Earth solar wind studies. The electron density is the WHISPER higher level product and is provided, among other products, to the scientific community through the CLUSTER Science Archive (CSA).

The instrument consists of a receiver, a transmitter, and a wave spectrum analyzer. It delivers both ambient (in natural mode) and active (in sounding mode) electric field spectra. The characteristic signatures of ambient plasma waves or active plasma resonances, combined with the spacecraft position, reveal the different magnetosphere regions. These spectral signatures are used to derive the electron density. Until recently, ad-hoc algorithms have been used to derive the electron density from WHISPER measurements, but at the cost of time-consuming manual steps. These algorithms are dependent on measurements provided by other instruments onboard CLUSTER, thus introducing dependencies and potential delays in the data production.

In this context, the goal of this work is to significantly reduce human intervention by fully automating the WHISPER electron density derivation, exclusively using WHISPER data. For this purpose, we develop a two-step derivation process, based on neural networks : first, the plasma region is identified with a Multi-Layer Perceptron classification algorithm ; second, the electron density is derived using a Recurrent Neuronal Network, adapted to each plasma region. These networks have been trained with WHISPER spectra and electron density previously derived from ad-hoc algorithms. The resulting accuracy is up to 98% in some plasma regions.

This derivation process has been implemented in a production pipeline, now routinely used to deliver WHISPER electron density to the CSA. This new pipeline enables us to divide by 10 the human intervention time. This work provides an operational framework for automated high-level data production of electric field instruments for future space missions.

The Comet Interceptor mission

Pierre Henri, Lagrange / LPC2E

Nicolas André (3)

(1) Lagrange, CNRS, Observatoire de la Cote d'Azur (2) LPC2E, CNRS, (3) IRAP, CNRS, Université Toulouse III - Paul Sabatier, CNES

The Comet Interceptor mission will be the first to visit an as-yet undiscovered, Long Period Comet (LPC) making a flyby of the chosen target when it is on the approach to Earth's orbit. Comet Interceptor is the first ESA fast-class mission, with contributions from JAXA. Comet Interceptor comprises three spacecraft that will perform simultaneous observations from multiple points around the comet, creating the first 3D profile of a cometary induced magnetosphere and ionosphere, as well as the first investigation of a 'dynamically new' object containing unprocessed material surviving from the dawn of the Solar System.

Among the Comet Interceptor payload, the Dust, Fields, Particles (DFP) consortium is made of complementary instruments designed to provide in situ measurements of the charged particles, the electromagnetic field and dust in the ionised environments of the yet-to-be-discovered target comet. Two of those instruments are under French responsibilities, both on board the mother spacecraft of Comet Interceptor.

First, the Low-Energy Electron Spectrometer (LEES) is designed and built by IRAP with contributions from Charles University, Czech Republic. LEES will determine the electron density, temperature and velocity distribution functions (from a few eV up to 1 keV) of the solar wind and cometary plasmas; and measure the properties of negatively charged ions and dust of cometary origin, along the trajectory of Comet Interceptor mother spacecraft.

Second, the COMetary Plasma Light InstruMENT (COMPLIMENT) is Comet Interceptor electric instrument, designed and built by LPC2E, with contributions from BIRA, Belgium, and IRF, Sweden. COMPLIMENT will measure independently the electron and ion densities, the electron temperature, the spacecraft potential, the electric field (1Hz - 3 MHz), as well as the flux of cometary (nano-)dust along the trajectory of Comet Interceptor mother spacecraft.

I will describe the Comet Interceptor mission context and objectives, as well as the complementary French plasma space plasma payloads.

Observations décamétriques du système solaire à Nançay : point d'étape, soutien sol et résultats récents

Laurent Lamy, USN / LESIA / LAM

Philippe Zarka (1,2), Guy Kenfack (1), Cédric Viou(1), Corentin Louis (4), Baptiste Cecconi (1,2), Alan Loh (1,2), Stephane Aicardi (5), Emilie Mauduit (2), Carine Briand (1,2), Nicole Vilmer (1,2), Sophie Masson (1,6), Sophie Musset (7), Eoin Carley (4), Serge Yerin (8), Julien Girard (1,2), Jean-Mathias Griessmeier (1,9)

(1) Unité scientifique de Nançay, CNRS, Observatoire de Paris (2) LESIA, Observatoire de Paris, Université Pierre et Marie Curie, CNRS, Université Paris Diderot (3) LAM, Pythéas, Aix-Marseille Université (4) DIAS (5) Direction informatique de l'Observatoire de Paris, CNRS (6) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (7) HE Space Operations BV for ESA/ESTEC (8) Institut de radioastronomie de l'académie national des sciences de Karkov (9) LPC2E, Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre, CNRS

Des observations décamétriques de Jupiter et du Soleil sont menées avec constance depuis la forêt de Sologne grâce à deux radiotélescopes complémentaires de la radioastronomie de Nançay : le Réseau Décamétrique de Nançay (en cours de rénovation) et NenuFAR (en cours de construction). Cette présentation fera le point sur l'activité de ces deux instruments, sur leur apport à la surveillance au long cours de l'activité solaire et jovienne, sur les observations de soutien sol aux missions d'exploration spatiales en cours en orbite autour de Jupiter (Juno) et du Soleil (Parker Solar Probe et Solar Orbiter) et sur quelques résultats récents.

La mission Helioswarm pour l'étude de la turbulence plasma aux échelles fluides et ioniques

Olivier Le Contel, LPP

Benoit Lavraud (2,3), Alessandro Retino (1), Matthieu Kretzschmar (4), Vincent Génot (3), Olga Alexandrova (5), Malik Mansour (1), Guillaume Janet (4), Andrei Fedorov (3), Fatima Mehrez (1), Carine Amoros (3), Dominique Alison (1), Claire Revillet (4), Rituparna Baruah (3), Sylvain Pledel (1), Laurent Mirioni (1), Clémence Agrapart (4), Gérard Sou (6), Nicolas Geyskens (7)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (2) Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, EPOC, University of Bordeaux (3) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS (4) LPC2E, Université d'Orléans, CNRS (5) LESIA, Observatoire de Paris (6) Laboratoire Génie électrique et électronique de Paris, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CentraleSupélec, CNRS (7) Division Technique de l'INSU, CNRS

La mission Helioswarm a été proposée dans le cadre de l'AO MIDEX 2019 de la NASA et sélectionnée en 2020 pour une phase A compétitive avec 4 autres projets. Elle a été définitivement sélectionnée en février 2022 pour un lancement prévu en 2028. Cette mission a deux objectifs principaux : 1/ Etudier la distribution tridimensionnelle temporelle et spatiale de la turbulence plasma 2/ Déterminer l'influence mutuelle entre les frontières et les structures grandes échelles (ex : éjection de masse coronale, chocs interplanétaire et terrestre, magnétopause, ...) et la turbulence du vent solaire. Elle permettra pour la première fois d'analyser le couplage d'échelles en fournissant des mesures simultanées des structures turbulentes aux échelles fluides et ioniques. Elle est constituée d'une plateforme ("Hub") et de 8 petits satellites ("nodes"). Tous les satellites sont équipés de magnétomètres basse et haute fréquence (du DC à 16Hz) ainsi que d'une coupe de Faraday pour la mesure de la densité et de la vitesse des ions du vent solaire à une résolution de 0.125s. La plateforme inclut également un analyseur électrostatique capable de fournir la fonction de distribution 3D des ions à haute résolution temporelle (0.150s) et angulaire (3°). La contribution française comporte la réalisation des 9 magnétomètres haute fréquence de type "search-coil magnetometer" (SCM), l'analyseur électrostatique (iESA) équipant la plateforme ainsi qu'un support à l'équipe d'analyse de données et de modélisation.

Un grand coronographe au Pic du Midi pour mesurer les champs magnétiques coronaux

Arturo Lopez Ariste

IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS

Un coronographe de 40cm est en construction au Pic du Midi sur la plateforme d'observation CLIMSO. Fourni d'un filtre de Lyot centré sur la raie verte du Fe XIV, il a comme but principal de mesurer les champs magnétiques et les ondes dans les boucles coronaux et ailleurs dans la couronne. Il devrait voir sa première lumière fin 2022.

Observations et résultats du Proton Alfa Sensor (PAS) de Solar Orbiter

Philippe Louarn

IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS

L'instrument PAS de Solar Orbiter vient de cumuler 18 mois d'observations des populations ioniques du vent solaire, y compris un premier passage très récent au périhélie (~ 0.3 a.u). Les caractéristiques principales et les originalités de ces mesures sont présentées. Elles permettent en effet une approche fine de la physique cinétique du vent solaire, de ces perturbations aux différentes échelles, ainsi que d'aborder des aspects plus globaux de son organisation et de sa dynamique. Une revue des premiers résultats et de travaux en cours l'illustrera. Si la première orbite en cours s'effectue nominale, nous pourrons aussi, de manière préliminaire, présenter comment les caractéristiques du vent solaire et sa dynamique évoluent en fonction de la distance au soleil.

Thème 3 : Couplages entre enveloppes de plasma

Premières observations simultanées d'ions et d'électrons de faible énergie sur Mercure lors du premier survol de BepiColombo

Sae Aizawa, IRAP

Yuki Harada (2), Yoshifumi Saito (3), Nicolas André (1), Moa Persson (1), Dominique Delcourt (4), Lina Hadid (4), Markus Fraenz (5), Shoichiro Yokota (6), Andrei Fedorov (1), Emmanuel Penou (1), Alain Barthe (1), Jean André Sauvaud (1), Bruno Katra (4), Shoya Matsuda (7), Go Murakami (3)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS
(2) Faculty of Science, Kyoto (3) Institute of Space and Astronautical Science (4) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (5) Max-Planck-Institut (6) Osaka University (7) Kanazawa University

Le premier survol de Mercure par BepiColombo a été effectué avec succès le 1er octobre 2021. C'est la première fois que l'on observe simultanément des ions et des électrons de faible énergie sur Mercure. Les données de l'expérience sur les particules de plasma de Mercure (MPPE) à bord de Mio/BepiColombo montrent (1) la magnétosphère de Mercure comprimée par rapport à la moyenne des observations de MESSENGER, (2) les mouvements de frontière autour des traversées de la magnétopause, (3) les signatures périodiques dans les spectres d'ions et d'électrons à l'aube et au crépuscule, qui sont très probablement des ondes ULF, et (4) les ions et électrons de haute énergie après l'approche la plus proche, qui indiquent l'injection liée à un sous-orage. La présentation abordera l'analyse détaillée de ces caractéristiques et les comparera aux observations précédentes de MESSENGER et Mariner-10.

La discontinuité de la magnétopause : une étude MMS

Giulio Ballerini, LPP / Dipartimento di Fisica, Università di Pisa

Laurence Rezeau (1), Gérard Belmont (1), Francesco Califano (2)

(1) LPP, Sorbonne Universités, UPMC, CNRS (2) Dipartimento di Fisica, Università di Pisa

La frontière de la magnétopause semble échapper à la classification générale des discontinuités puisqu'elle mélange les caractéristiques des chocs (augmentation de l'amplitude du champ magnétique) et celles typiques des discontinuités rotationnelles (rotation du champ magnétique). Comme le principal enjeu, concernant la magnétopause, est la quantité de matière/impulsion/énergie du vent solaire qui pénètre dans la magnétosphère, la solution simple à ce problème qui consisterait à dire que la discontinuité est strictement tangentielle ($B_n=0$ et $V_n=0$), ne peut certainement pas être valable partout et à tout moment. Nous proposons ici d'étudier la magnétopause comme une discontinuité "quasi-tangentielle", avec la composante normale du champ magnétique B_n petite mais non nulle puisque même de petits écarts par rapport à l'hypothèse standard de zéro B_n peuvent entraîner des changements notables dans les propriétés globales. Dans ce but, nous étudions un grand nombre de traversées de magnétopause provenant de la base de données MMS. Pour chaque cas, notre but est de déterminer quelles sont les caractéristiques les plus importantes (non-planéité, non-stationnarité, effet Hall, anisotropie de pression et agyrotropie) qui permettent à la discontinuité d'échapper à la classification générale, i.e. celles qui changent la forme des lois de conservation sur lesquelles repose la théorie des discontinuités, hors du cas strictement tangentiel. Nous mettrons un accent particulier sur les méthodes raffinées qui peuvent être utilisées pour déterminer les gradients spatiaux à partir de données des quatre satellites et sur la précision qui peut être atteinte par ces méthodes.

Study of a dayside magnetopause reconnection event detected by MMS and related to a large-scale solar wind perturbation

Mohammed Baraka, LPP

Olivier Le Contel (1), Patrick Canu (1), Soboh Alqeeq (1), Mojtaba Akhavan-Tafti (2), Alessandro Retino (1), Thomas Chust (1), Alexandra Alexandrova (1), Dominique Fontaine (1), Emanuele Cazzola (1)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (2) Climate and Space Sciences and Engineering, Ann Arbor

Magnetic reconnection is a fundamental process that is ubiquitous in the universe and allows the conversion of the magnetic field energy into heating and acceleration of plasma. It's also very important as it is responsible for the dominant transport of plasma, momentum, and energy across the magnetopause from the solar wind into the Earth magnetosphere. Coronal Mass Ejections (CMEs) and Corotating Interaction Regions (CIRs) are the primary large-scale propagating structures and important drivers of unusual space weather disturbances causing magnetospheric activity. The present study reports on a magnetic reconnection event detected by the Magnetospheric Multiscale mission (MMS) on 21 October 2015 around 04 :40 UT and related to a large-scale solar wind (SW) perturbation impacting the Earth's magnetopause. Based on OMNI data, the event impacting the Earth's magnetosphere is ahead of weak CIR (SW $\beta \approx 7$ and Alfvénic Mach number ≈ 15) where the density of solar wind is about $\approx 20 \text{ cm}^{-3}$ (compared with average SW density $\approx 3 - 10 \text{ cm}^{-3}$). Furthermore, the magnetosheath (MSH) density measured by MMS just after the crossing of the magnetopause is about $\approx 95 \text{ cm}^{-3}$ (compared with average MSH density $\approx 20 \text{ cm}^{-3}$). Due to the large density gradient, we have started to investigate the possible role of the associated diamagnetic currents. Reconnection signatures such as ion and electron jets, Hall field, and energy conversion are compared with a "classical" reconnection event observed during quiet solar wind conditions.

Modélisation numérique des émissions plasma joviennes

Adam Boudouma, LESIA

Philippe Zarka (1,2), Corentin Louis (3), Carine Briand (1), Masafumi Imai (4)

(1) LESIA, Université Pierre et Marie Curie, Observatoire de Paris, CNRS, Université Paris Diderot (2) Unité Scientifique de la Station de Nançay (USN), Observatoire de Paris, Université d'Orléans, CNRS, Université de recherche Paris Sciences Lettres (PSL) (3) The Dublin Institute for Advanced Studies (DIAS) (4) National Institute of Technology, Niihama College

Deux types d'émissions radio sont générées dans la magnétosphère de Jupiter au-dessous de 40 MHz : les émissions maser-cyclotron et les émissions « plasmas ». Les premières sont produites aux hautes latitudes magnétiques (régions aurorales) par des distributions électroniques hors équilibre, d'énergie typique 1-10 keV, via un mécanisme de conversion directe de l'énergie perpendiculaire des électrons en ondes électromagnétiques.

Les secondes, beaucoup moins étudiées, résultent de la conversion d'ondes électrostatiques à ω_L , ω_{pe} , ω_{UH} ou leurs harmoniques, en ondes électromagnétiques suivant des mécanismes de conversions de modes. Leur production fait intervenir la distribution du plasma dans la magnétosphère interne de Jupiter (alimentée principalement par l'activité volcanique du satellite Io), et ses gradients. Ce sont ces émissions plasmas que nous étudions ici.

Je présenterai d'abord la phénoménologie de ces émissions et leurs distributions en latitude-fréquence, établies à partir des 3 premières années d'observations de Juno le long de son orbite polaire [1]. Puis je décrirai les principaux cadres théoriques de génération des émissions plasmas joviennes [2, 3] sur lesquels j'ai fondé mes modélisations, ainsi que les modèles de densité électronique n_e [4] et de champ magnétique B [5] utilisés. La modélisation des distributions en latitude-fréquence des émissions plasmas est ensuite prédite en fonction de plusieurs paramètres (fréquence d'émission, angle $(B, \nabla n_e)$, $\|\nabla n_e\|$, direction du vecteur d'onde émis) dont nous avons exploré systématiquement les effets. La propagation des ondes radio entre la source et l'observateur est traitée de manière simplifiée (propagation en ligne droite, écrantage de l'émission à ω_{pe}). Enfin la comparaison entre les diagrammes simulés et les observations de Juno est faite par cross-corrélation et par comparaisons booléennes des zones d'occurrence en latitude-fréquence.

Je présenterai et commenterai les résultats obtenus jusqu'ici. Nous avons pu notamment déduire de cette étude que les cadres théoriques décrivant des émissions plasmas à ω_{pe} (comme [2]) prédisent des émissions à des fréquences nettement inférieures à celles observées, tandis que les émissions plasma à $2\omega_{UH}$ [3] permettent d'aboutir à des diagrammes assez similaires à ceux observés.

Références :

1. C. K. Louis, P. Zarka, W. S. Kurth, K. Dabidin, P.-A. Lampson, F. P. Magalhães, A. Boudouma, M. S. Marques, and B. Cecconi. Latitudinal beaming of jupiter's radio emissions from juno/waves flux density measurements. *Journal of Geophysical Research*, 2021
2. D. Jones. Io plasma torus and the source of jovian narrow-band kilometric radiation. *Nature*, 327(6122) :492-495, June 1987
3. S. F. Fung and K. Papadopoulos. The emission of narrow-band Jovian kilometric radiation. *Journal of Geophysical Research*, 92(A8) :8579-8593, Aug. 1987
4. M. Imai. Characteristics of Jovian Low-Frequency Radio Emissions during the Cassini and Voyager Flyby of Jupiter. PhD thesis, 2016
5. J. E. P. Connerney, M. H. Acuña, N. F. Ness, and T. Satoh. New models of jupiter's magnetic field constrained by the io flux tube footprint. *Journal of Geophysical Research : Space Physics*, 103(A6) :11929-11939, 1998

Global 3D Hybrid simulations of the Super-Critical Bow-Shock behavior upon a Quasi-Perpendicular interaction with the Interplanetary Magnetic Field

Emanuele Cazzola, LPP

Dominique Fontaine (1), Philippe Savoini (1)

(1) LPP, CNRS, Univ. Paris Saclay, Sorbonne Université, École Polytechnique

We present an analysis of the terrestrial Bow-Shock behavior in supercritical regime when the interaction with the incoming Solar Wind occurs in a Quasi-Perpendicular configuration with respect to the normal direction at the nose. Past ad-hoc 2D simulations in a Quasi-Perpendicular interaction with planar shock-fronts have revealed the formation of ripples on the shock surface. Several kinetic mechanisms have been found to be a possible source of this rippling, indicating an highly kinetic nature. The presence of such ripples is also confirmed from satellite observations. However, to date there is no analyses for a realistic curved scenario.

From the hybrid simulation of a global 3D terrestrial-like curved Bow-Shock interacting with highly Alfenic Mach number we have found that these ripples indeed appear more like elongated North-South structures extending for the entire Bow-Shock surface and propagating from the Bow-Shock nose outwards following the IMF orientation and directed towards the flanks with a constant velocity. Also, a spectral analysis showed that these structures hold a wavelength spanning between 1 to 20 pristine ion skin depths and beyond, confirming the values observed with different previous simulations and satellite observations.

In particular, an analysis of the ions phase-space along the nose normal direction revealed a clear signature of an ongoing shock-reformation across the Bow-Shock nose. We then believe that shock-reformation is one of the possible kinetic leading mechanisms to these structures : this process causes a recurring Bow-Shock surface back-and-forth movement, as a local oscillation that is later propagated along the Bow-Shock surface as a surface wave.

Modélisation du deutérium atomique dans la haute atmosphère de Mars

Jean-Yves Chaufray, LATMOS

Francisco Gonzalez-Galindo (2), François Leblanc (1), Ronan Modolo (1), Franck Montmessin (1), Margaux Vals (1), Franck Lefèvre (1), Forget Francois (3), Miguel Lopez-Valverde (2)

(1) LATMOS, CNRS, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (2) Instituto de Astrofísica de Andalucía (3) Laboratoire de Météorologie Dynamique, ENS, Polytechnique, Université Pierre et Marie Curie

Alors que sur Terre, l'eau se trouve essentiellement sous forme liquide, sur Mars l'eau est présente uniquement sous forme de glaces et de vapeur. L'observation d'anciens réseaux de vallées fluviales et d'argiles dans les terrains anciens indiquent que de l'eau liquide était présente en abondance de façon stable dans le passé. L'une des énigmes majeures martienne est de comprendre les mécanismes à l'origine de l'évolution d'un Mars primitif riche en eau liquide à la planète actuelle.

Un de ces mécanismes est l'échappement atmosphérique de l'eau sous forme d'hydrogène atomique qui pourrait avoir conduit à appauvrir la planète en eau. L'enrichissement en deutérium (un isotope lourd de l'hydrogène) de l'atmosphère de Mars par rapport à la Terre semble confirmer l'importance de l'échappement atmosphérique. En effet le deutérium étant plus lourd que l'hydrogène, il est plus difficile de le faire s'échapper. L'échappement préférentiel de l'hydrogène par rapport au deutérium est une explication probable de l'enrichissement en deutérium sur Mars et de l'échappement d'une grande quantité d'eau au cours du temps.

Un paramètre important pour caractériser l'enrichissement isotopique d'une atmosphère est le facteur de fractionnement isotopique qui est le rapport entre les taux d'échappement des deux isotopes divisé par le rapport de leur concentration dans l'atmosphère. Ce facteur n'est pas simple à estimer car l'échappement du deutérium peut être produit par différents processus thermiques ou non-thermiques.

A l'aide du modèle de circulation générale martien (GCM) développé au LMD, nous avons maintenant commencé à inclure le deutérium atomique dans la haute atmosphère ainsi que son échappement thermique (échappement de Jeans). Nous présenterons les premiers résultats de ces simulations, une comparaison de l'intensité de l'émission Lyman- obtenue en extrapolant la densité au-dessus de l'exobase avec les observations faites par l'instrument IUVS (mode échelle) de la sonde MAVEN et les travaux en cours et futurs nécessaire pour améliorer le modèle et mieux quantifier le fractionnement isotopique actuel de l'hydrogène en décrivant l'échappement non-thermique du deutérium.

Caractéristiques et variabilités des champs électriques et magnétiques des éclairs typiques et extrêmes (superbolts) mesurés depuis l'espace par les sondes Van Allen

Thomas Farges, CEA

J.-F. Ripoll (1), D. M. Malaspina (2), E. H. Lay (3), G. S. Cunningham (3), G. B. Hospodarsky (4), C. A. Kletzing (4), J. R. Wygant (5)

(1) CEA, DAM, DIF, Arpaion (2) Department of Astrophysical and Planetary Sciences, Boulder (3) Los Alamos National Laboratory (4) Department of Physics and Astronomy, University of Iowa (5) School of Physics and Astronomy, Minneapolis

Les éclairs émettent de puissantes ondes électromagnétiques générées par la foudre. Une partie de cette puissance se propage et s'échappe dans la magnétosphère. Les sondes Van Allen étaient deux satellites identiques, qui ont volé de 2012 à 2019. Leur objectif principal était d'explorer l'environnement de la ceinture de radiation de la Terre. Elles transportaient notamment deux instruments qui mesuraient les champs électriques et magnétiques : EMFISIS [1] et EFW [2]. Dans cette présentation, nous fournissons une analyse statistique des amplitudes des champs électriques et magnétiques des ondes générées par la foudre à très basse fréquence (LGW), basée sur les mesures en mode enquête de ces deux instruments [3, 4]. La durée d'observation est équivalente à 11,5 années effectuées par les deux sondes Van Allen. Nous complétons cette analyse avec les données du World-Wide Lightning Location Network (WWLLN) basé au sol (par exemple [5]) pour explorer les différences entre les mesures satellitaires et les mesures au sol. Nous examinons les principales caractéristiques des distributions d'amplitude des LGW en fonction de la position par rapport au Soleil (heure locale), des lignes de champ magnétique (enveloppe L, L), de la longitude et du temps (mois ou saison). Les statistiques mensuelles et annuelles des amplitudes électriques et magnétiques de LGW seront présentées. Nous discuterons de la contribution des événements extrêmes (c'est-à-dire les superbolts [6]) au bilan énergétique global des LGW [7]. Nous discuterons également des corrélations que nous avons trouvées entre la puissance des LGW et les amplitudes des ondes dans l'espace à diverses longitudes. Nous mettrons ainsi en évidence des différences fondamentales entre les mesures spatiales de la puissance des LGW et l'intense activité de foudre équatoriale de la Terre.

References

1. Kletzing, C. A. et al. The Electric and Magnetic Field Instrument Suite and Integrated Science (EMFISIS) on RBSP. *Space Science Reviews*, 179 :127-181, No-

- vember 2013. doi : 10.1007/s11214-013-9993-6.
2. Wygant, J. R., et al. The Electric Field and Waves Instruments on the Radiation Belt Storm Probes Mission. *Space Science Reviews*, 179 :183-220, November 2013. doi : 10.1007/s11214-013-0013-7.
 3. Ripoll, JF., Farges, T., Malaspina, D.M. et al. Analysis of electric and magnetic lightning - generated wave amplitudes measured by the Van Allen Probes. *Geophys. Res. Lett.*, 47, e2020GL087503, 2020. doi :10.1029/2020GL087503.
 4. Ripoll J-F, Farges T, Malaspina DM, et al. Propagation and Dispersion of Lightning-Generated Whistlers Measured From the Van Allen Probes. *Front. Phys.* 9 :722355, 2021. doi : 10.3389/fphy.2021.722355.
 5. Hutchins, M. L., et al. Far-field power of lightning strokes as measured by the World Wide Lightning Location Network, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 29, 1102-1110, 2012. doi :10.1175/JTECH-D-11-00174.1.
 6. Holzworth, R. H., McCarthy, M. P., Brundell, et al. Global distribution of superbolts. *J. Geophys. Res. : Atmos.* 124, 9996-10,005, 2019. doi : 10.1029/2019JD030975.
 7. Ripoll, JF., Farges, T., Malaspina, D.M. et al. Electromagnetic power of lightning superbolts from Earth to space. *Nat Commun* 12, 3553, 2021. doi. :10.1038/s41467-021-23740-6.

The preferential orientation of magnetic switchbacks, implications for solar magnetic flux transport

Naïs Fargette, IRAP

Benoit Lavraud (1), Alexis Rouillard (1), Victor Reville (1), Stuart Bale (2), Justin Kasper (3)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS
(2) Space Science Laboratory, University of California, Berkeley (3) University of Michigan, Ann Arbor

Context : Magnetic switchbacks in the solar wind are large deflections of the magnetic field vector, often reversing its radial component, and associated with a velocity spike consistent with their Alfvénic nature. The Parker Solar Probe (PSP) mission revealed that they were a dominant feature of the near-Sun solar wind. Where and how they are formed remains unclear and subject to discussion. We investigate the orientation of the magnetic field deflections in switchbacks to determine if they are characterised by a possible preferential orientation.

Method : We compute the deflection angles $\vec{\psi} = [\phi, \theta]^T$ of the magnetic field relative to the theoretical Parker spiral direction for encounters 1 to 9 of the PSP mission. We first characterize the distribution of these deflection angles for calm solar wind intervals, and assess the precision of the Parker model as a function of distance from the Sun. We then assume that the solar wind is composed of two populations, the background calm solar wind and the population of switchbacks, characterized by larger fluctuations. We model the total distribution of deflection angles we observe in the solar wind as a weighed sum of two distinct normal distributions, each corresponding to one of the population. We fit the observed data with our model using a Monte-Carlo Markov Chain algorithm and retrieve the most probable mean vector and covariance matrix coefficients of the two Gaussian functions, as well as the population proportion.

Results : We first confirm that the Parker spiral is a valid model for calm solar wind intervals at PSP distances. We observe that the accuracy of the spiral direction in the ecliptic is a function of radial distance, in a manner that is consistent with PSP being near the solar wind acceleration region. We then find that the fitted switchback population presents a systematic bias in its deflections, with a mean vector consistently shifted towards lower values of ϕ (-5.52° on average) and θ (-2.15° on average) compared to the calm solar wind population. This results holds for all encounters but E6, and regardless of the magnetic field main polarity. This implies a marked preferential orientation of switchbacks in the clockwise direction in the ecliptic plane, and we discuss this result and its implications in the context of the existing switchback formation theories. Finally, we report the observation of a 12-hour patch of switchbacks that systematically deflect in the same direction, so that the magnetic field vector tip within the patch deflects and returns to the Parker spiral within a given plane.

Solar Wind Plasma Properties During Ortho-Parker IMF Conditions and Associated Magnetosheath Mirror Instability Response

Vincent Génot, IRAP

Benoit Lavraud (2,1)

- (1) IRAP, CNRS, Observatoire Midi-Pyrénées, Université Paul Sabatier - Toulouse III
- (2) Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, Université de Bordeaux

The properties of the solar wind fraction that exhibits an Interplanetary Magnetic Field (IMF) orientation orthogonal to the classical Parker spiral (so-called ortho-Parker) are investigated. We make use of a solar wind plasma categorization scheme, using 10 years of OMNI data, and show that the fractions of the different plasma origins (streamer-belt-origin plasma, coronal-hole-origin plasma, sector-reversal-region plasma and ejecta) identified by this scheme are rather constant when expressed as a function of the IMF orientation whereas the Alfvén Mach number significantly depends on this orientation. This has direct implication on the magnetosheath dynamics and, as an example, the stability of the mirror mode in this compressed plasma is studied thanks to Rankine-Hugoniot anisotropic relations. This study sheds light on previously reported, yet unexplained, observations of a larger occurrence of mirror mode in the magnetosheath downstream of ortho-Parker IMF.

Magnetopause and bow shock models with machine learning

Ambre Ghisalberti, LPP

Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique,
Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS

The magnetopause (MP) and the bow shock (BS) are the two boundaries bounding the magnetosheath, the region between the magnetosphere and the solar wind. Their position and shape depend on the upstream solar wind and interplanetary magnetic field conditions.

Predicting their shape and position is the starting point of many subsequent studies of processes controlling the coupling between the Earth's magnetosphere and its interplanetary environment. We now have at our disposal an important amount of data from a multitude of spacecraft missions allowing for good spatial coverage, as well as algorithms based on statistical learning to automatically detect the two boundaries. From the data of 9 satellites over 20 years, we identified around 19000 crossings of the BS and 36000 crossings of the MP. They were used, together with their associated upstream conditions, to train a regression model to predict the shape and position of the boundaries.

Results indicate that the obtained models outperform analytical models without making simplifying assumptions on the geometry and the dependency over control parameters.

Self-consistent modeling of Relativistic Runaway Electron Avalanches using a relativistic electromagnetic Particle-in-Cell method

Pierre Gourbin, LPC2E

Sébastien Celestin (1)

(1) LPC2E, CNRS Orleans, Université d'Orléans

Terrestrial gamma ray flashes (TGFs), which occur during thunderstorms, are very short bursts of gamma rays produced by bremsstrahlung emission from energetic electrons created in Relativistic Runaway Electron Avalanches (RREAs). This phenomenon can only occur under a relatively high electric field, which allows the electrons to accelerate continuously and produce even more secondary high-energy runaway electrons while partially ionizing the air.

How such phenomenon establishes itself within the environment of thunderclouds remains up for debate. In recent years, radio emissions over a wide range of frequencies have been observed in association with TGFs. For example, Energetic In-cloud Pulses (EIPs) [e.g., Cummer et al, GRL, 48, e2021GL093627, 2021], slow LF pulses [e.g., Wada et al., GRL, 49, e2021GL097348, 2022], and VHF emissions [e.g., Lyu et al, GRL, 45, 2097-2105, 2018]. In this work, we developed a collisional Monte Carlo code coupled with an electromagnetic Particle-In-Cell (PIC) model to simulate relativistic runaway electron avalanches and the associated electromagnetic field produced by high- and low-energy particles. In so doing, we obtain self-consistent simulations of RREAs, hence constraining deeper the production context of TGFs. A better understanding of corresponding radio emissions can provide critical information about the mechanisms underlying TGFs.

Escaping planetary ions through Venus magnetosheath along draped magnetic field lines

Lina Hadid, LPP

Dominique Delcourt (2), Msa Team (2)

(1) LPP, CNRS (2) LPC2E, CNRS, Orléans

On August 10, 2021, the Mercury-bound BepiColombo spacecraft flew for the second time by Venus for a Gravity-Assist Maneuver. During this second flyby of Venus, a limited number of instruments were turned on, allowing unique observations of the planet and its environment. Among these instruments, the Mass Spectrum Analyzer (MSA) that is part of the particle analyzer consortium onboard the magnetospheric orbiter (Mio) was able to acquire its first plasma composition measurements in space. As a matter of fact, during a limited time interval upon approach of the planet, substantial ion populations were recorded by MSA, with characteristic energies ranging from about 20 eV up to a few hundreds of eVs. Comparison of the measured Time-Of-Flight spectra with calibration data reveals that these populations are of planetary origin, containing both Oxygen and Carbon ions. The Oxygen observations are to some extent consistent with previous in situ measurements from mass spectrometers onboard Venus Express and Pioneer Venus Orbiter. On the other hand, the MSA data provide the first ever in situ evidences of Carbon ions in the near-Venus environment at about 6 planetary radii. We show that the abundance of C^+ amounts to about 30% of that of O^+ . Furthermore, the fact that photoelectrons are simultaneously observed with the low energy planetary ions indicate a magnetic connection to the dayside ionosphere from which ions are ejected under the effect of the ambipolar electrostatic field.

Connecting coronal 3D electron density from tomographic reconstruction to in-situ measurements from Parker Solar Probe

Philippe Lamy, LATMOS

Julien Wojakc(2)

(1) LATMOS, OVSQ (2) Institut Fresnel, Aix Marseille Université

There are few possibilities to put the in-situ measurements of the coronal electron density such as obtained by the Parker Solar Probe in the context of the 3D configuration of the corona and its structure. One of them consists in using MHD models relying on synoptic maps of the photospheric magnetic field, but their accuracy is subject to questions, especially in the case of complex coronae of the maximum type. The 2D inversion of white-light coronagraphic images requires the simplified assumption of spherical symmetry of the corona which basically washes out the longitudinal variations. We will present preliminary results of a new method which makes use of the 3D time-dependent tomographic reconstruction of the coronal electron density based on accurately corrected and calibrated LASCO-C2 images of the polarized brightness of the corona. It is performed over a sliding window of 14 days (half a Carrington rotation) centered at the times of the PSP perihelion with a time interval of 4 days. The resulting “cubes” of the 3D electron density N_e are visualized from six different vantage points and with movies. The orbit of PSP is projected on a synoptic map of N_e extracted from the cubes at a heliocentric distance of 5.5 Rs; the track extends from Perihelion-5 days to Perihelion+5 days. The electron density at the heliocentric distances of PSP is extrapolated radially from the values at 5.5 Rs using an inverse square law. We will present results from the first five PSP encounters.

Importance de la composante thermosphérique dans la dynamique du couplage ionosphère-magnétosphère : impact pour la météorologie de l'espace

Aurélie Marchaudon

Pierre-Louis Blelly, Simon Thomas, Julian Eisenbeis

IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS

Au travers de simulations d'événements solaires de type High Speed Stream (HSS) ou d'éjection de masse coronale (CME), réalisées avec le modèle IPIM contraint par des entrées électrodynamiques fournies par la chaîne de radar SuperDARN et des précipitations basées sur le modèle OVATION, nous montrerons qu'une modélisation représentative des observations sols, réalisés par des sondeurs de type radar à diffusion incohérente ou ionosonde, nécessite de prendre en compte une réponse thermosphérique qui peut être sur-amplifiée par rapport à l'importance de la perturbation au niveau de la magnétosphère et que cela peut avoir un impact significatif en terme de météorologie de l'espace, ainsi que les derniers événements ayant affectés starlink le démontrent.

Global three-dimensional draping of magnetic field lines in Earth's magnetosheath from in-situ measurements

Bayane Michotte De Welle, LPP

Nicolas Aunai (1), Roch Smets (1), Benoit Lavraud (2), Vincent Génot (3),
Alexis Jeandet (1)

(1) LPP, CNRS (2) Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, EPOC, University of
Bordeaux (3) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire
Midi-Pyrénées, CNRS

Understanding where the magnetic reconnection occurs at the Earth's magnetopause is one of the important remaining questions about this phenomena. Since the last decades various models predicting the position of the X-line have been made. These models largely depend on the orientation of the magnetic field in the magnetosheath close to the magnetopause, such as the Maximum Magnetic Shear model (Trattner et al 2007). Therefore understanding how it is structured as a function of the solar wind and interplanetary magnetic field is of pivotal importance. Machine learning was used to collect around 45 million measurements in the magnetosheath at 5s resolution in all available Cluster, MMS, Double Star, THEMIS dataset, and to build detailed maps of the field structure in that region as a function of the IMF orientation. It allowed us to reconstruct for the first time the three dimensional magnetic field draping in the dayside magnetosheath from in-situ data only. Our results reveal how the frozen-in condition constrains the draping around the magnetopause. A comparison of the draping obtained with in-situ data with the one from a widely used magnetostatic model (Kobel et al 1994) was made. Differences of up to 180° were found for cone angle between 12.5° and 45° , for which the consequences regarding the position of the X-line will be discussed.

Validation of a wave heated 3D MHD coronal-wind model using Polarized Brightness and EUV observations

Susanna Parenti

Victor Réville (2), Allan Sacha Brun (3), Rui F. Pinto (3), Frédéric Auchère (1), Eric Buchlin (1), Barbara Perri (4), Antoine Strugarek (3)

(1) IAS, CNRS, Université Paris-Saclay (2) IRAP, CNRS, Université Toulouse III
(3) CEA, AIM (4) CmPA, KU Leuven

The 3D MHD global modeling is a powerful tool to test all the possible candidate physical processes responsible for the formation and evolution of the corona and heliosphere. To fully understand the possible role of each of these mechanisms, we need a validation process where the output from the simulations is quantitatively compared to the observational data. In this work, we present the results from our validation process applied to the wave turbulence driven 3D MHD corona-wind model WindPredict-AW. At this stage of the model development, we focus the work to the coronal regime in quiescent condition. We analyze three simulations results, which differ by the boundary values. We use the 3D distributions of density and temperature, output from the simulations at the time of around the first Parker Solar Probe perihelion (during minimum of the solar activity), to synthesize both extreme ultraviolet (EUV) and white light polarized (WL pB) images to reproduce the observed solar corona. For these tests, we selected AIA 193 Å, 211 Å and 171 Å EUV emissions, MLSO K-Cor and LASCO C2 pB images obtained the 6 and 7 November 2018. We then make quantitative comparisons of the disk and off limb corona. We show that our model is able to produce synthetic images comparable to those of the observed corona.

Interface entre la chromosphère et la couronne solaire : modélisation avec une approche 16-moments multi-espèces

Nicolas Poirier, IRAP

Michael Lavarra (1), Alexis Rouillard (1), Mikel Indurain (1), Pierre-Louis Blelly (1),
Victor Reville (1), Andrea Verdini (2), Marco Velli (3), Eric Buchlin (4)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS

(2) Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze, Sesto Fiorentino (3)

UCLA Earth, Planetary and Space Sciences (4) IAS, CNRS, Université Paris-Saclay

L'atmosphère solaire peut être divisée en deux grandes régions aux mécaniques bien distinctes. D'une part une chromosphère dont le dynamisme est en grande partie régi par les mouvements du gaz photosphérique et où les collisions, le transfert radiatif et les processus d'ionisations/recombinaisons sont des processus qui structurent ce milieu. D'autre part une couronne bien établie, très ionisée et peu collisionnelle qui répond principalement aux effets du champ magnétique solaire. La région de transition est l'interface entre ces deux milieux, à travers laquelle certains ions lourds peuvent transiter selon leur niveau d'ionisation. Ce transfert peut mener à un enrichissement de la couronne solaire en ions lourds ayant des potentiels d'ionisation primaire peu élevés. Cet effet FIP est prononcé le long des boucles magnétiques mais aussi dans le vent solaire lent où des différences de composition en ions lourds sont mesurées in situ. Nous présentons les derniers résultats d'une approche 16-moments multi-espèces qui vise à coupler les processus physiques susceptibles de réguler le transfert des ions lourds depuis la chromosphère jusqu'à la couronne solaire. Nous montrons notamment que les échanges de matière à travers la région de transition sont fortement conditionnés par le niveau d'ionisation dans la chromosphère et par les processus de chauffage dans la couronne solaire. Ce travail est financé par l'European Research Council pour le projet SLOW_SOURCE - DLV-819189.

Thème 4 : Transport d'énergie multi-échelles et turbulence

Dissipation range of solar wind turbulence

Olga Alexandrova, LESIA

Jessica Martin (1), Vamsee Jagarlamudi (2), Petr Hellinger (3), Milan Maksimovic (1),
Catherine Lacombe (1), Andre Mangeney (1)

(1) LESIA, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université,
Université de Paris, 5 place Jules Janssen, 92195 Meudon, France (2) Johns Hopkins
University Applied Physics Laboratory, Laurel, MD, 20723, USA (3) Astronomical
Institute, CAS, Bocni II/1401, Prague CZ-14100, Czech Republic

Solar wind is an excellent laboratory of a weakly collisional astrophysical plasma ($\ell_{\text{m.f.p.}} \sim 1$ AU), accessible to *in-situ* measurements with various space missions. It is well established that at MHD scales, magnetic fluctuations have a power spectral density, which follows the Kolmogorov scaling $\sim k^{-5/3}$. The inertial range stops at the vicinity of ion characteristic scales (e.g., the ion Larmor radius is $\rho_i \sim 10^2$ km at 1 AU), where turbulence properties are strongly debated.

Here, we focus on fluctuations at scales smaller than ρ_i , the so-called *kinetic plasma turbulence*. At such small scales, one expects to observe the dissipation range of the electromagnetic cascade. Using high resolution magnetic field measurements at 0.3 and 1 AU, we could show that (i) between ion and electron scales, another general power-law is observed $\sim k^{-2.8}$ and (ii) magnetic spectrum has a curvature at electron scales, which is a signature of dissipation. The complete spectrum at kinetic scales can be compared with a function $\sim k^{-8/3} \exp(-ck\rho_e)$, where the constant $c \in [1, 2]$ and ρ_e is the electron Larmor radius. Parker Solar Probe data closer to the Sun (at 0.1-0.17 AU) show a similar dissipation range spectrum with an exponential cut-off at electron scales, indicating the generality of the phenomenon. We discuss the nature of turbulent fluctuations within the dissipation range.

The Helicity Sign of Flux Transfer Event Flux Ropes and its Relationship to the Guide Field and Hall Physics in Magnetic Reconnection at the Magnetopause

Souhail Dahani, IRAP

Rungployphan Kieokaew (1), Vincent Génot (1), Benoit Lavraud (1), Yuxi Chen (2), Bayane Michotte De Welle (3), Nicolas Aunai (3), Gábor Tóth (4), Paul Cassak (5), Naïs Fargette (1), Robert Fear (6), Aurélie Marchaudon (1), Daniel Gershman (7), Barbara Giles (7), Roy Torbert (8), James Burch (9)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS
(2) Princeton Plasma Physics Laboratory (3) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (4) Department of climate and space sciences and Engineering (5) Department of Physics and Astronomy, West Virginia University (6) Department of Physics & Astronomy, University of Southampton (7) NASA Goddard Space Flight Center (8) Space Science Center, University of New Hampshire (9) Southwest Research Institute, Boulder

Flux Transfer Events (FTEs) are transient magnetic flux ropes typically found at the Earth's magnetopause on the dayside. While it is known that FTEs are generated by magnetic reconnection, it remains unclear how the details of magnetic reconnection controls their properties. A recent study showed that the helicity sign of the FTEs positively correlates with the east-west (B_y) component of the Interplanetary Magnetic Field (IMF). With data from the Cluster and Magnetospheric MultiScale missions, we performed a statistical study of 166 quasi force-free FTEs. We focus on their helicity sign and possible correlations with upstream solar wind conditions and local magnetic reconnection properties. Using both in situ data and the Maximum Magnetic Shear model, we find that FTEs whose helicity sign positively correlates with the IMF B_y show moderate magnetic shears while those uncorrelated to the IMF B_y have higher magnetic shears. We propose that for small IMF B_y , which corresponds to high shear and low guide field, the Hall pattern of magnetic reconnection determines the FTE core field and helicity sign. This work highlights a fundamental connection between the kinetic processes at work in magnetic reconnection and the macroscale structure of FTEs.

Langmuir-Slow Extraordinary Mode Magnetic Signature Observations with Parker Solar Probe

Thierry Dudok De Wit, LPC2E

Andrea Larosa (1), Vladimir Krasnoselskikh (1), Oleksiy Agapitov (1,2), Stuart Bale (3), John Bonnell (3), Clara Froment (1), Keith Goetz (4), Jasper Halekas (5), Peter Harvey (3), Matthieu Kretzschmar (1), Robert Macdowall (6), David Malaspina (7), Michel Moncuquet (8), John Niehof (9), Marc Pulupa (10), Claire Revillet (1)

(1) LPC2E, Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre, CNES Paris, CNRS, Université d'Orléans (2) National Taras Shevchenko University of Kiev (3) Space Sciences Laboratory (4) University of Minnesota (5) The University of Iowa (6) NASA/GSFC (7) Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, Boulder (CU/LASP) (8) LESIA, CNRS, Observatoire de Paris, University Pierre et Marie Curie, University Paris Diderot (9) University of New Hampshire (10) Space Sciences Laboratory, University of California Berkeley

Radio emission from interplanetary shocks, planetary foreshocks, and some solar flares occurs in the so-called “plasma emission” framework. The generally accepted scenario begins with electrostatic Langmuir waves that are driven by a suprathermal electron beam on the Landau resonance. These Langmuir waves then mode-convert to freely propagating electromagnetic emissions at the local plasma frequency f_{pe} and/or its harmonic $2f_{pe}$. However, the details of the physics of mode conversion are unclear, and so far the magnetic component of the plasma waves has not been definitively measured. Several spacecraft have measured quasi-monochromatic Langmuir or slow extraordinary modes (sometimes called z-modes) in the solar wind. These coherent waves are expected to have a weak magnetic component, which has never been observed in an unambiguous way. Here we report on the direct measurement of the magnetic signature of these waves using the Search Coil Magnetometer sensor of the Parker Solar Probe/FIELDS instrument. Using simulations of wave propagation in an inhomogeneous plasma, we show that the appearance of the magnetic component of the slow extraordinary mode is highly influenced by the presence of density inhomogeneities that occasionally cause the refractive index to drop to low values where the wave has strong electromagnetic properties.

Kelvin-Helmholtz instability and magnetic reconnection at the Earth's magnetopause : 3D simulation based on satellite data

Matteo Faganello, PIIM

Manuela Sisti (1), Francesco Califano (2), Benoit Lavraud (3)

(1) PIIM, Aix-Marseille Université - AMU, CNRS (2) Physics Department, University of Pisa, Pisa, Italy (3) LAB, Université de Bordeaux , CNRS

A 3D two-fluid simulation using plasma parameters as measured by MMS on September 8th 2015 shows the nonlinear development of the Kelvin-Helmholtz instability at the Earth's magnetopause.

It shows an extremely rich nonlinear dynamics, including the development of a complex magnetic topology, vortex merging and secondary hydrodynamic instabilities driven by large-scale vortices distributed asymmetrically in latitude.

Vortex induced and mid-latitude magnetic reconnection coexist and produce an asymmetric distribution of magnetic reconnection events.

The results in the early nonlinear phase are in good agreement with MMS observations on the same day, in the dayside magnetopause, reporting both equatorial and off-equator reconnection, with a predominance of off-equator events in the southern hemisphere. The late nonlinear phase shows the development of secondary hydrodynamics instabilities in the northern hemisphere and an enhancement of off-equator reconnection there. Since vortices move tailward while evolving, this suggests that a different behavior should be observed at the nightside magnetopause.

Survey of whistlers waves parameters in the pristine solar wind from the first PSP orbit : wave amplitude, polarization, and collocation with magnetic dips

Clara Froment, LPC2E

Oleksiy Agapitov (2), Vladimir Krasnoselskikh (1), Thierry Dudok De Wit (1), Lucas Colomban (1), David Malaspina (3), Andrea Larosa (4), Matthieu Kretzschmar (1), Vamsee Krishna Jagarlamudi (5)

(1) LPC2E, CNRS, Université d'Orléans, CNES (2) Space Sciences Laboratory, Berkeley (3) Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, Boulder, CU/LASP (4) Queen Mary and Westfield College (5) JHU-APL

Whistlers waves are electromagnetic waves that are widely present in the solar wind. These waves are a strong candidate for explaining the scattering of the strahl electrons into the halo population and, thus, for regulating the heat flux in the solar wind. Observations by the Parker Solar Probe (PSP) mission of the solar wind at ~ 35.7 solar radii reveal a significant increase of whistler wave activity (the amplitudes and occurrence rate) in comparison with the observations at 1AU. We present the parameters of whistlers waves in the young solar wind based on the statistical processing of the cross spectra (full spectral matrices) of the magnetic field collected during the first encounter of PSP with the Sun. These data are captured by the 3-components Search-Coil Magnetometer (SCM) and produced by the Digital Fields Board (DFB) that are part of the FIELDS experiment onboard PSP. The SCM provides the cross-spectra measurements in the 20 Hz - 4.5 kHz frequency range covering the full range of whistler waves (0.1-0.9 of the local electron gyrofrequency) at the heliospheric distances from 35 to 59 solar radii. We report on the whistler waves parameters in the young solar wind and present statistics of amplitudes, occurrence rates, and whistler polarization properties compared to the heliospheric distance. It is found in particular that while most of the observed whistlers were quasi-parallel to the background magnetic field (wave normal angle were around 0-30 degrees), a significant part ($\sim 10\%$) of observed waves had oblique ($> 45^\circ$) wave normal angles. Most of these wave packets are collocated with dips in the solar wind magnetic field and local increase of the electron density. We discuss the relationships between the wave normal angle, wave amplitude and the presence of magnetic dips.

Energy conversion through various channels in turbulent plasmas induced by the Kelvin-Helmholtz instability at the Earth's magnetopause

Rungployphan Kieokaew, IRAP

Yan Yang (2), Thanapon Aiamsai (3), Peera Pongkitiwanchakul (4), Theerasarn Pianpanit (5), David Ruffolo, William Matthaeus (2), Benoit Lavraud (6), Souhail Dahani (1), Vincent Génot (1), Daniel Gershman (7), Barbara Giles (7), Roy Torbert (8), Jim Burch (8)

- (1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS
(2) Department of Physics and Astronomy, University of Delaware (3) Department of Physics, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok (4) Department of Applied Radiation and Isotopes, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok
(5) Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok
(6) Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, CNRS, Université de Bordeaux
(7) NASA Goddard Space Flight Center (8) Southwest Research Institute, San Antonio

The FIELDS instrument suite for the Parker Solar Probe mission was launched on August 2018 and will make the first in situ measurements of magnetic and electric fields in the solar corona. We describe the current status of the FIELDS instruments, which have been integrated with the PSP spacecraft. We present representative data from ground testing, and describe the contents and format of the various data products which will be made publicly available to the community by the FIELDS team. We also describe the concept of operations for the FIELDS suite, detailing the planning process which will maximize FIELDS science return from each PSP encounter.

Analyse multi-échelle d'une couche de courant associée à un écoulement rapide pendant un sous-orage détecté par MMS

Olivier Le Contel, LPP

Alessandro Retino (1), Alexandra Alexandrova (1), Soboh Alqeeq (1), Mohammed Baraka (1), Thomas Chust (1), Laurent Mirioni (1), Christian Jacquey (2), Equipe Mms (3)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (2) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS (3) NASA

En juillet 2017, MMS évoluait dans la queue géomagnétique avec un apogée de 25 rayons terrestres et une séparation moyenne entre satellites de 10 km (échelle du rayon de giration des électrons). Le 23 juillet vers 16 :19 TU, MMS située sur le bord externe de la couche de plasma a détecté le déclenchement local d'un sous-orage (AE \sim 400 nT). Un écoulement rapide de plasma vers la Terre a été enregistré pendant environ 1 heure débutant avec un régime quasi-stationnaire et suivi par une série de jets de plasma ("bursty bulk flow"). Dans cette étude, nous présenterons des mesures associées à la détection d'une couche de courant d'échelle ionique au sein de l'écoulement quasistationnaire rapide de plasma. Cette couche de courant apparaît ondulée avec une composante "guide" importante (BM/BL \sim 0.5). Des structures solitaires électrostatiques se propageant dans la direction anti-solaire sont détectées juste après la traversée de l'équateur magnétique et aux bords externes de la couche. Un trou magnétique produit par un vortex électronique également détecté sur le bord externe de la couche est analysé en détail. L'étude de la conversion d'énergie indique que l'énergie dissipée au niveau du vortex électronique (0.15nW/m^3) est trois fois plus importante que celle dissipée à l'équateur magnétique de la couche de courant (0.05nW/m^3). Le rôle possible de ces vortex électroniques dans les processus de conversion d'énergie au sein des écoulements rapides de plasma sera discuté.

Localized energy cascade driven by Magnetic Reconnection : a Coarse Graining approach

Davide Manzini, LPP

Fouad Sahraoui (1), Francesco Califano (2)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (2) Dipartimento di Fisica, Università di Pisa

Magnetic Reconnection (MR) is a fundamental and ubiquitous process in space plasmas allowing the reconfiguration of magnetic field lines, strong particle energization and heating. In this work we employ the Coarse-Graining (CG) approach, a powerful tool that allows studying locally (*in space*) the energy cascade, to underline how MR plays a major role in driving turbulence at sub-ion scales.

The CG quantity $\pi_\ell(\mathbf{x})$ measures the energy transfer rate across scale ℓ at position \mathbf{x} , which is particularly convenient to study localized phenomena giving rise to intense cross-scale energy transfer.

Applications to Hybrid-Vlasov-Maxwell numerical simulations and to *in-situ* satellite observation show an intense energy cascade at scales $\ell \lesssim d_i$ at the reconnecting sites while none to little energy transfer is present at larger scales and at non-reconnecting locations.

This work demonstrates that reconnecting current sheets inject energy directly at scales comparable to d_i , which is then transferred to sub-ion turbulence even in the absence of the MHD inertial range.

Mesure des vitesses photosphériques solaires via le suivi de structures cohérentes (granules)

Thierry Roudier, IRAP

Martine Chane-Yook (2), François Rincon (1), Michel Rieutord (1), Jean-Marie Malherbe (3)

(1) IRAP, CNRS, Observatoire Midi-Pyrénées (2) IAS, CNRS, Université Paris-Saclay
(3) Observatoire de Paris

L'algorithme Coherent Structure Tracking (CST) est un ensemble de codes écrits en IDL et Fortran 90, calculant le champ de vitesse horizontal à la surface du Soleil en utilisant les granules solaires comme traceurs. Le code CST utilise en entrée des images d'intensité HMI/SDO (hmi.Ic_45s), avec un pas temporel de 45s. Chaque enregistrement comprend une liste de mots-clés et une image du Soleil (2D, 4096x4096) au format FITS. Nous utilisons également les Dopplergrammes HMI/SDO (hmi.V_45s), afin de dériver les vitesses sphériques (V_r , V_{θ} , V_{ϕ}) à la surface du Soleil. Les V_x et V_y (en km/s) sont calculées à une cadence de 30 min avec une fenêtre spatiale de 7 pixels, équivalente à 3,5 arcsec, soit 2,5 mégamètres (Mm) à la surface du soleil. Les données HMI/SDO ont le Nord en bas et l'Est à droite de l'image sont tournées afin d'avoir le Nord en haut et l'Est à gauche. Pour lire et traiter les données HMI/SDO, nous utilisons SSWIDL et le compilateur ifort. La partie en Fortran est parallélisée avec OpenMP. Les codes CST sont disponibles sur le site MEDOC :

https://idoc.ias.universite-paris-saclay.fr/MEDOC/CST_codes

L'utilisation des images déconvoluées de la fonction instrumentale de SDO permet d'obtenir des champs de vitesses toutes les 15min avec une résolution spatiale de 1.25 Mm. La partie du code en IDL est en train d'être transcrite en langage python.

A general turbulence exact law for compressible magnetized pressure-anisotropic plasmas

Pauline Simon, LPP

Fouad Sahraoui (1)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS

Since 1940, the Kolmogorov's statistical formalism of exact law that describes incompressible hydrodynamic turbulence through the energy cascade rate, has been extended to compressible magnetized fluid described by isothermal or polytropic closure. Its estimation in the solar wind helped to better understand particle heating in such collisionless media assuming that all the energy is eventually dissipated at the smallest scales by some (kinetic) effects. However, considering an isotropic pressure (with an isothermal or polytropic closure) can be questioned in space plasmas where pressure anisotropy is frequently observed.

We propose a general exact law of Hall-MHD turbulence based on models with a pressure tensor that allows us to study various known equations of state as particular limits, derive a new one corresponding to the CGL closure (i.e., gyrotropic pressure tensor), a model that potentially paves the road to linking the turbulent cascade to plasma instabilities driven by pressure anisotropy. In the incompressible MHD limit we provide a generalization of the so-called Politano & Pouquet law to pressure-anisotropic plasmas.

PSP observations of the solar wind coherent structures from MHD to sub-ion scales at 0.17 AU

Alexander Vinogradov, LESIA

Olga Alexandrova (1), Milan Maksimovic (1), Anton Artemyev (2), Andre Mangeney (1), Alexei Vasiliev (3), Karine Issautier (1), Michel Moncuquet (1), Anatoly Petrukovich (3)

(1) LESIA, Observatoire de Paris, Sorbonne Université, Université Paris Diderot - Paris 7, CNRS (2) University of California, Los Angeles, UCLA (3) Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences

First perihelion Parker Solar Probe magnetic field measurements (MAG and SCM merged data) allow to resolve the fluctuations on a wide range of scales : from MHD to ion plasma scales and smaller. We trace the cascade of the fluctuations and investigate the structures formed. Using the total energy of magnetic fluctuations in time and scales, we show that coherent structures cover all the observed scales. The filling factor of the structures is a few percents. We analyze the magnetic fluctuations at different frequency ranges. We observe the coexistence of events at MHD, ion and sub-ion scales in the form of sharp discontinuities and/or vortex-like events. The approach of selecting structures by total energy alone is not complete, as it can miss structures with change in magnetic field modulus. For completeness, we perform the same analysis on longitudinal magnetic fluctuations.

Thème 5 : Mécanismes d'accélération des particules et chauffage du plasma

A statistical study of dipolarization fronts observed by MMS

Soboh Alqeeq, LPP

O. Le Contel (1), P. Canu (1), A. Retino (1), T. Chust (1), L. Mirioni (1), H. Breuillard (1), A. Alexandrova (1), Y. Khotyaintsev (2), R. Nakamura (3), F. D. Wilder (4), H. Y. Wei (5), D. Fischer (2), R. E. Ergun (4), P.-A. Lindqvist (6), C.T. Russell (5), R. J. Strangeway (5), D. L. Turner (7), I. J. Cohen (8)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (2) Swedish Institute of Space Physics, Uppsala (3) Space Research Institute of Austrian Academy of Sciences. (4) Laboratory of Atmospheric and Space Physics, Colorado (5) Institute of Geophysics and Planetary Physics, Los Angeles (6) Space and Plasma Group, Royal Institute of Technology, Stockholm (7) Aerospace Corporation, El Segundo, California (8) The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel, Maryland

In the present work, we consider 49 dipolarization fronts (DF) detected by the Magnetospheric Multiscale (MMS) mission on 2017, near the Earth's magnetotail equator ($|B_x| < 5\text{nT}$). Criteria for selecting DF using an AIDApv routine are based on difference of maximum and minimum values computed with a 306 s sliding window. They request a B_z increase, an ion velocity increase and a density decrease. This first automatic selection is then adjusted manually with the following criteria : B_z increase larger than 5 nT, ion velocity larger than 150 km/s, density decrease and both ion and electron temperature increases. All these events belong to the most common category (A) defined by Schmid et al., 2015 in term of density decrease and temperature increase at the DF. However, based on a superposed epoch analysis of DF basic properties (magnetic field, density, velocity, ...) we distinguish two subcategories of events depending on the shape of the DF. The first subcategory (55.1%) corresponds to a slow decrease of the magnetic field after the DF and is associated with smaller ion velocity and hotter plasma. The second subcategory (44.9%) has the same time scale for the rising and the falling of the magnetic field (a bump) associated with a decrease of ion and electron pressures and faster velocity as shown in Alqeeq et al. 2021. For both categories we found that ions are mostly decoupled from the magnetic field by the Hall fields. The electron pressure gradient term is also contributing to the ion decoupling and likely responsible for an electron decoupling at DF. We also analyzed the energy conversion process. For the first subcategory we found that the energy in the spacecraft frame is transferred from the electromagnetic field to the plasma ($\mathbf{J}\cdot\mathbf{E}>0$) ahead or at the DF. For the second subcategory, we found the same behavior ahead or at the DF whereas it is the opposite ($\mathbf{J}\cdot\mathbf{E}<0$) behind the front. In the fluid frame, we found that the energy is mostly transferred from the plasma to the electromagnetic field ($\mathbf{J}\cdot\mathbf{E}'<0$) ahead or at the DF for both subcategories but energy dissipation ($\mathbf{J}\cdot\mathbf{E}'>0$) only occurs behind the front for the second subcategory. The possible origin of these two subcategories is discussed.

Radial evolution of the solar wind

Etienne Berriot, LESIA

Olga Alexandrova (1), Pascal Démoulin (1), Milan Maksimovic (1),
Arnaud Zaslavsky (1), Alexander Vinogradov (1)

(1) LESIA, Observatoire de Paris, Université Paris Diderot - Paris 7, Sorbonne
Université

This study focuses on the solar wind evolution with solar distance using in-situ measurements. First, we construct a method which allows us to identify the same plasma parcel on two spacecraft during radial alignments called “plasma line-ups”. Examples of such line-ups have been found for Helios 1 and 2 (Schwartz and Marsch, 1983 ; Schwenn et al., 1981b,a), ACE and Ulysses (D’Amicis et al., 2010), and more recently BepiColombo and Parker Solar Probe (PSP) (Alberti et al., 2022). We apply this method of line-ups on PSP and Solar Orbiter (SolO) data in order to analyze the evolution of the different plasma parameters from PSP to SolO. The main goal is to determine the energy budget during the expansion in order to provide new insights on the long-standing questions regarding the solar wind heating and non-adiabatic expansion.

References

1. T. Alberti, A. Milillo, D. Heyner, L. Z. Hadid, H.-U. Auster, I. Richter, and Y. Narita. The “singular” behavior of the solar wind scaling features during parker solar probe-BepiColombo radial alignment. *The Astrophysical Journal*, 926(2) :174, feb2022. doi : 10.3847/1538-4357/ac478d. URL <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac478d>.
2. R. D’Amicis, R. Bruno, G. Pallochia, B. Bavassano, D. Telloni, V. Carbone, and A. Balogh. RADIAL EVOLUTION OF SOLAR WIND TURBULENCE DURING EARTH AND ULYSSES ALIGNMENT OF 2007 AUGUST. *The Astrophysical Journal*, 717(1) :474-480, jun 2010. doi : 10.1088/0004-637x/717/1/474. URL <https://doi.org/10.1088/0004-637x/717/1/474>.
3. S. J. Schwartz and E. Marsch. The radial evolution of a single solar wind plasma parcel. *Journal of Geophysical Research*, 88 :9919-9932, 1983.
4. R. Schwenn, K. H. Mohlhauser, E. Marsch, and H. Rosenbauer. Two States of the Solar Wind at the Time of Solar Activity Minimum - Part Two - Radial Gradients of Plasma Parameters in Fast and Slow Streams. In *Solar Wind 4*, page 126, Jan. 1981a.
5. R. Schwenn, K. H. Mohlhauser, and H. Rosenbauer. Two States of the Solar Wind at the Time of Solar Activity Minimum - Part One - Boundary Layers Between Fast and Slow Streams. In *Solar Wind 4*, page 118, Jan. 1981b.

Étude des radiosources aurorales de Jupiter grâce à la sonde Juno

Brieuc Collet

Laurent Lamy (1,2), Philippe Zarka (2), Corentin Louis (3)

(1) LAM, Pythéas, Aix-Marseille Université (2) LESIA, Observatoire de Paris, CNRS, PSL Research University (3) DIAS

Les émissions aurorales permettent un diagnostic à distance des magnétosphères planétaires. Ce travail s'intéresse aux émissions radio aurorales produites au-dessus de l'atmosphère de Jupiter le long de tubes de flux magnétiques connectés aux aurores atmosphériques UV.

Les premiers passages de la mission NASA Juno dans les régions d'émission radio ont confirmé que ces émissions sont produites par l'instabilité Maser Cyclotron (IMC) : une instabilité onde-électron produite par des distributions non maxwelliennes d'électrons. La comparaison des données des instruments Waves (radio), JADE-E (spectromètre à électrons) et MAG (magnétomètre) obtenues in situ lors des 9 premiers périodes de Juno m'a permis de montrer que, contrairement au cas de la Terre ou Saturne, les sources radio sont situées à plus basse latitude que les zones d'accélération connectées à l'ovale auroral UV principal (brillant). Les radiosources traversées coïncident avec une population d'électrons moins énergétique colocalisée avec la région d'aurores diffuses (peu intense).

Je me suis également intéressé aux distributions d'électrons mesurées par Juno/JADE-E dans les régions d'émissions radio afin de calculer le taux de croissance des ondes produites par l'IMC. J'ai identifié deux populations d'électrons de quelques keV résonantes par IMC : (1) les distributions électroniques de type cône de perte déjà connues (produites par la perte d'électrons énergétiques dans l'atmosphère) et (2) pour la première fois des distributions de type coquille (faisceaux d'électrons évoluant selon le 1er invariant adiabatique) comparables à celles observées à la Terre ou Saturne.

What is the role of whistler waves in shaping of the solar wind electron function between 0.17 and 1 AU ?

Lucas Colomban, LPC2E

Matthieu Kretzschmar (1), Vladimir Krasnoselskikh (1,2), Clara Froment (1), Milan Maksimovic (3), Yuri Khotyaintsev (4), Daniel Graham (4), Laura Bercic (5), Oleksiy Agapitov (2), Matthieu Berthomier (6)

(1) LPC2E, CNRS, Université d'Orléans (2) Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, CA (3) LESIA, Observatoire de Paris, Sorbonne Université, CNRS (4) Swedish Institute of Space Physics, Uppsala (5) Mullard Space Science Laboratory (6) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS

In the solar wind, the electron distribution function is composed of different population (core, halo, strahl) whose the proportion surprisingly varies as a function of heliocentric distance. Whistler waves, electromagnetic waves around 0.1 fce, are thought to play an important role in shaping the electron velocity distribution function, in particular by diffusing particles from the energetic populations to the less energetic ones. However, there are no clear evidence that whistler waves are sufficiently present nor that the diffusion is effectively at work. To assess the role of whistler waves, we first analyzed the data of the Solar Orbiter and Parker Solar Probe mission between 0.17 and 1 AU to detect and characterize the waves in the plasma frame, as a function of distance and solar wind velocity. Next, we computed the diffusion coefficients (using the quasi-linear theory) for different waves properties, which allows us to determine which parameters are efficient for the scattering. We will present the details of the analysis and the results obtained so far.

20 Years of Cluster Observations of Heavy Ion Outflow, Circulation in the Magnetosphere and Escape : Advances and Open Questions

Iannis Dandouras

IRAP, Observatoire Midi-Pyrénées, Université Paul Sabatier - Toulouse III

Outflow of ions from the terrestrial ionosphere and circulation in the magnetosphere plays an important role in the magnetospheric dynamics, by loading the magnetosphere with heavy atomic and molecular ions. Some of the outflowing ions can be re-injected into the inner magnetosphere, whereas some can completely escape to outer space. Cluster was the first mission in the magnetosphere to involve four spacecraft in a tetrahedral configuration, providing three-dimensional measurements of the space plasma parameters. The observations of the outflowing and escaping ion populations performed by Cluster are reviewed and the most prominent results highlighted. These show the dominance in the magnetotail lobes of cold plasma outflows originating from the polar caps. For the energetic heavy ion outflow the cusps constitute the main source. The dependence of the polar outflow on the solar wind parameters and on the geomagnetic activity has been evaluated for both cold ion populations and energetic heavy ions. For the later, outflow has been observed during all periods but an increase by two orders of magnitude has been shown during extreme space weather conditions. This outflow is adequate to change the composition of the atmosphere over geological time scales. At lower latitudes, the existence of a plasmaspheric wind, providing a continuous leak from plasmasphere, has been demonstrated. The general scheme of the outflowing ions circulation in the magnetosphere or escape, and its dependence on the IMF conditions, has been outlined. However, several questions remain open, waiting a future space mission to address them.

Switchbacks dans le vent solaire : quelles contraintes sur leur origine ?

Thierry Dudok De Wit, LPC2E

Andrea Larosa (1), Vladimir Krasnoselskikh (1), Nina Bizien (1), Clara Froment (1),
Matthieu Kretzschmar (1), Psp équipe Fields (2)

(1) LPC2E, Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre, CNRS (2) Space
Sciences Laboratory

Les observations de Parker Solar Probe dans l'héliosphère ont mis en évidence l'omniprésence de structures magnétiques appelées switchbacks, qui font l'objet de beaucoup d'attention. Ces brutales déflexions du champ magnétique sont particulièrement fréquentes dans le vent lent alfvénique et semblent jouer un rôle structurant important dans la haute couronne. Divers mécanismes ont été proposés pour les expliquer. Nous présentons ici certains des résultats marquants issus de la première analyse statistique détaillée de ces structures. Nous avons en effet développé un outil permettant d'identifier et de caractériser automatiquement les centaines de switchbacks qui sont observés chaque jour. En réalité, il s'en produit de toutes les tailles : certaines entraînent une déflexion angulaire proche de 180° alors que la grande majorité s'accompagne de déflexions nettement plus faibles. Notre étude montre d'abord que toutes ces déflexions, quelle que soit leur taille, sont la manifestation auto-similaire du même processus physique. Leur modulation spatiale liée à l'alternance de cellules de supergranulation [cf. Fargette et al., 2021 ; bale et al., 2021] est en réalité due à une modulation de l'amplitude de la déflexion angulaire, et non pas de leur fréquence, qui reste inchangée. Ce résultat remarquable a des conséquences importantes sur leur origine et plaide en faveur de processus qui se produisent profondément dans la couronne, tels que la reconnection d'interchange.

Stirring the Base of the Solar Wind

Adam Finley, CEA Paris-Saclay

Current models of the solar wind must approximate (or ignore) the small-scale dynamics within the solar atmosphere, however these are likely important in shaping the emerging wave-turbulence spectrum and ultimately heating/accelerating the coronal plasma. In this talk, I will make connections between small-scale vortex motions at the base of the solar wind and the resulting heating/acceleration of coronal plasma. We use the Bifrost RMHD code to produce realistic simulations of the solar atmosphere that facilitate the analysis of spatial and temporal scales which are currently at, or beyond, the limit of modern solar telescopes. The simulation is configured to represent the solar atmosphere in a coronal hole region, from which the fast solar wind emerges. The simulation extends from the upper-convection zone (2.5Mm below the photosphere) to the low-corona (14.5Mm above the photosphere), with a horizontal extent of 24Mm x 24Mm. Photospheric flows are found to efficiently twisted the coronal magnetic field, with Poynting fluxes of up to 2-4kW/m² commonly observed inside the twisted structures. Stronger whirlpool-like flows in the convection, concurrent with magnetic concentrations, launch torsional Alfvén waves up through the magnetic funnel network, which are expected to enhance the turbulent generation of magnetic switchbacks in the solar wind. Temperature and density contrasts form between regions with active stirring motions and those without. Therefore, stirring motions in the low-corona could explain the patchy nature of switchbacks in the solar wind, observed by Parker Solar Probe.

Electromagnetic radiation emitted at fundamental and harmonic plasma frequencies by weak electron beams in inhomogeneous solar wind plasmas : 2D PIC simulations

Catherine Krafft, LPP

Philippe Savoini (1)

(1) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS

Two-dimensional Particle-In-Cell simulations are performed to study the electromagnetic radiation emitted at fundamental and harmonic plasma frequencies by a weak electron beam propagating in a background plasma with random density fluctuations, in solar wind conditions relevant to Type III solar radio bursts. The simulations use a panel of physical and numerical parameters that were not reached in previous works and involve self-consistently varying random plasma density fluctuations in an exceptionally large and well resolved simulation box. The dynamics of the waves, the beam and the inhomogeneous plasma are calculated over several thousands of plasma periods. For relevant comparisons, simulations with and without applied density fluctuations are performed for the same parameters. For the first time, the essential impact of density fluctuations of average levels of a few percent of the background plasma on the physical mechanisms driving the generation of electromagnetic waves is shown. Not only wave nonlinear interactions contribute to the generation of such emissions, but also processes of Langmuir waves' transformations on the density fluctuations.

Mesure du diagramme des émissions décamétriques Io-Jupiter : un diagnostic de l'interaction planète-satellite

Laurent Lamy, LESIA / LAM

Lucas Colombari (3), Philippe Zarka (1), Renée Prangé (1), Manilo Marques (4),
Corentin Louis (5), William Kurth (6), Baptiste Cecconi (1), Julien Girard (1),
Jean-Mathias Griessmeier (3), Serge Yerin (7)

(1) LESIA, Université Pierre et Marie Curie, Observatoire de Paris, CNRS, Université
Paris Diderot (2) LAM, Pythéas, Aix-Marseille Université (3) LPC2E, CNRS,
Université d'Orléans (4) Departamento de Geofísica, Universidade Federal do Rio
Grande do Norte (5) DIAS (6) University of Iowa (7) Institute of Radio Astronomy of
NAS of Ukraine, Kharkiv

We investigate the beaming of 11 Io-Jupiter decametric (Io-DAM) emissions observed by Juno/Waves, the Nançay Decameter Array and NenuFAR. Using an up-to-date magnetic field model and three methods to position the active Io Flux Tube (IFT), we accurately locate the radiosources and determine their emission angle θ from the local magnetic field vector. These methods use (i) updated models of the IFT equatorial lead angle, (ii) ultraviolet (UV) images of Jupiter's aurorae and (iii) multi-point radio measurements. The kinetic energy E of source electrons is then inferred from θ in the framework of the Cyclotron Maser Instability. The precise position of the active IFT achieved from methods (ii,iii) can be used to test the effective torus plasma density. Simultaneous radio/UV observations reveal that multiple Io-DAM arcs are associated with multiple UV spots and provide the first direct evidence of an Io-DAM arc associated with a trans-hemispheric beam UV spot. Multi-point radio observations probe the Io-DAM sources at various altitudes, times and hemispheres. Overall, θ varies as a function of frequency (altitude), by decreasing from 75° - 80° to 70° - 75° over 10-40 MHz with slightly larger values in the northern hemisphere, and independently varies as a function of time (or longitude of Io). Its uncertainty of a few degrees is dominated by the error on the longitude of the active IFT. The inferred values of E also vary as a function of altitude and time. For the 11 investigated cases, they range from 3 to 16 keV, with a 6.6 ± 2.7 keV average.

Mercury global full-kinetic plasma simulations in support to BepiColombo

**Federico Lavorenti, Lagrange / Dipartimento di Fisica "E. Fermi",
Università di Pisa**

Pierre Henri (1,3), Francesco Califano (2), Jan Deca (4), Sae Aizawa (5), André Nicolas (5), Johannes Benkhoff (6)

(1) Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS (2) Dipartimento di Fisica "E. Fermi", Università di Pisa (3) LPC2E, Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre, CNRS, CNES Paris (4) Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder (5) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS (6) ESA - ESTEC (Netherlands)

Mercury is the only telluric planet of the solar system, other than Earth, with an intrinsic magnetic field. Thus, the Hermean surface is shielded from the impinging solar wind via the presence of an "Earth-like" magnetosphere. However, this cavity is twenty times smaller than its alike at the Earth. The relatively small extension of the Hermean magnetosphere enables us to model it using global full-kinetic simulation with the aid of modern supercomputers. Such modeling is crucial to interpret, and prepare, future observations of the ongoing joint ESA-JAXA mission BepiColombo.

The goal of this work is to study the global electron dynamics in the Hermean magnetosphere with particular focus on acceleration processes and particle trapping.

The model used in this work is based on three-dimensional, implicit full-PIC simulations of the interaction between the solar wind and Mercury's dipole magnetic field. This model includes self-consistently plasma processes from the large planetary scale down to the electron kinetic scale. On top of that, we show comparisons between simulation data and in-situ observations by Mariner10 and BepiColombo space missions.

From our simulations we observe accelerated electrons up to tens of keV in the case of southward interplanetary magnetic field (IMF). These electrons are generated by magnetic reconnection in the tail and they are ejected planet-ward in a substorm fashion. These electrons do not form a radiation belt like the one at Earth, but rather remain trapped in the nightside and - eventually - a large fraction of those fall on the planet surface. We suggest that these electrons have been observed by Mariner10/PLS instrument during its first Mercury flyby around and after closest approach. Moreover, our simulations data provide useful insights for the interpretation and planning of ongoing (and future) BepiColombo observations.

Latitudinal beaming of Jupiter's radio emissions from Juno/Waves flux density measurements

Corentin Louis, Dublin Institute for Advanced Studies /LESIA

Philippe Zarka (2), Keshika Dabidin (2), Paul-Alexandre Lampson (2), Fabiola Magalhaes (3), Adam Boudouma (2), Manilo Marques (3), Baptiste Cecconi (2)

(1) Dublin Institute for Advanced Studies (2) LESIA, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres (3) Departamento de Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal

The observations from the Juno spacecraft in polar orbit of Jupiter provide for the first time a complete view of Jupiter's radio emissions from all latitudes. Characterizing the latitudinal distribution of radio emissions' occurrence and intensity is a useful step for elucidating their origin. Here we analyze for that purpose the first 3 years of observations from the Waves experiment on the Juno spacecraft (mid-2016 to mid-2019). Two prerequisites for the construction of the latitudinal distribution of intensities for each Jovian radio component are (i) to work with absolute flux densities, and (ii) to be able to associate each radio measurement with a specific radio component. Accordingly, we develop a method to convert the Juno/Waves data in flux densities and then we build a catalog of all Jovian radio components over the first 3 years of Juno's orbital mission. From these, we derive occurrence and intensity distributions versus observer's latitude and frequency for each component ; these will be the basis for future detailed studies and interpretations of each component's characteristics and origin. First interpretations are proposed for the components produced at the local plasma frequency.

Jupiter fast drifting radio bursts reveal ubiquitous Alfvénic electron acceleration

Emilie Mauduit, LESIA

Philippe Zarka (1,2), Laurent Lamy (1)

(1) LESIA, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, Observatoire de Paris, CNRS, Université Paris VII - Paris Diderot, Université de recherche Paris Sciences Lettres

(2) Unité Scientifique de la Station de Nançay (USN), Observatoire de Paris, Université d'Orléans, CNRS, Université de recherche Paris Sciences Lettres (PSL)

Les émissions radio joviennes sont une signature importante de l'accélération des électrons dans la magnétosphère de Jupiter. Ces électrons peuvent être accélérés par deux mécanismes : les champs électriques parallèles et les sauts de potentiel associés (Louarn et al. 1990), et les ondes d'Alfvén (Ergun et al. 2006, Bagenal et al. 2017). Sur Jupiter, les ondes d'Alfvén sont le mode le plus important impliqué dans l'interaction en champ lointain entre Jupiter et Io (Saur et al. 2004). Par analogie avec la Terre, Ergun et al. (2006) ont suggéré qu'une partie des aurores joviennes pourrait également être due à des électrons accélérés par ondes d'Alfvén. La signature d'une telle accélération n'a été directement observée que pour l'interaction Io-Jupiter, sous la forme de sursauts radio décimétriques dérivant rapidement dans le plan temps-fréquence - les sursauts millisecondes (Hess et al., 2007a). Les observations radio au sol obtenues avec le récepteur Juno-N au Réseau Décimétrique de Nançay, avec une haute résolution temps-fréquence, sont analysées dans ce travail. Nous avons développé une méthode, fondée sur les transformées de Fourier et de Radon, nous permettant de détecter automatiquement les structures fines dérivantes dans des données massives de type spectre dynamique. Nous avons traité et analysé un mois d'observations (avril 2021), totalisant plusieurs téraoctets de données. Nous avons détecté un certain nombre de structures de ce type : une partie d'entre elles est liée aux émissions Io-Jupiter comme prévu, avec des valeurs de dérive cohérentes avec les études précédentes (Hess et al. 2007b) ; mais nous avons également détecté des structures liées à l'interaction Ganymède-Jupiter et aux aurores principales. Les dérives mesurées nous permettent d'estimer l'énergie des électrons et la période des ondes d'Alfvén. Ces résultats démontrent l'existence d'accélération Alfvénique des électrons dans le circuit Ganymède-Jupiter et au-dessus des aurores joviennes, suggérant l'ubiquité de l'accélération par ondes d'Alfvén. Ils ouvrent la possibilité de les étudier à distance en utilisant des observations radio sensibles et à haute résolution temps-fréquence.

Références

1. Louarn, P. et al. : Trapped electrons as a free energy source for the auroral kilometric radiation. 95(A5), 5983-5995 (1990). <https://doi.org/10.1029/JA095iA05p05983>

2. Ergun, et al. : S bursts and the Jupiter ionospheric Alfvén resonator. *Journal of Geophysical Research (Space Physics)* 111(A6), 06212 (2006).
<https://doi.org/10.1029/2005JA011253>
3. Bagenal, F. et al. : Magnetospheric Science Objectives of the Juno Mission. 213(1-4), 219-287 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11214-014-0036-8>
4. Saur, J., Neubauer, F.M., Connerney, J.E.P., Zarka, P., Kivelson, M.G. : Plasma interaction of Io with its plasma torus. In : Bagenal, F., Dowling, T.E., McKinnon, W.B. (eds.) *Jupiter. The Planet, Satellites and Magnetosphere* vol. 1, pp. 537-560 (2004)
5. Hess, S et al. : Io Jupiter interaction, millisecond bursts and field-aligned potentials. 55(1-2), 89-99 (2007). <https://doi.org/10.1016/j.pss.2006.05.016>
6. Hess, S. et al. : Jovian S burst generation by Alfvén waves. *Journal of Geophysical Research (Space Physics)* 112(A11), 11212 (2007). <https://doi.org/10.1029/2006JA012191>

3D MHD simulation of interchange reconnection in a solar coronal pseudo-streamer

Théo Pellegrin-Frachon, LPP

Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique,
Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS

The generation of the slow solar wind is still an open problem of heliophysics. One of the existing theories to explain the observed properties of the slow wind is based on the "interchange reconnection" : plasma elements, confined low in the solar atmosphere in closed magnetic field (both fieldline footpoints rooted on the photosphere), are dynamically released into open field (one fieldline end extending toward the interplanetary medium) thanks to magnetic reconnections between open and closed magnetic fields. However, the dynamics of the open-closed magnetic boundary remains ill-understood.

My objective is to study a specific coronal magnetic topological structure, pseudo-streamer, that can generate slow solar winds. I have performed 3D magnetohydrodynamics (MHD) numerical simulations of the solar corona and inner heliosphere using a MHD code with adaptive mesh refinement to model the dynamics of the open-closed coronal magnetic field around a pseudo-streamer. I have highlighted the existence of a complex dynamic at the pseudo-streamer boundary, with distinct scenarios for opening the magnetic field initially closed in the pseudo-streamer structure, from the classical, one-step interchange reconnection to an alternance of opening and closing reconnections near the frontier of the connectivity domains.

This work provides a look at the precise dynamics that opens magnetic field for injecting some coronal plasma in the interplanetary medium. Further studies would provide observables for this outcoming flow, that can be measured by Solar Orbiter and Parker Solar Probe.

Cut-off of transverse waves through the solar transition region

Gabriel Pelouze, IAS

Tom Van Doorselaere (2), Konstantinos Karamelas (2), Julia M. Riedl (2), Tim Duckenfield (2)

(1) IAS, CNRS, UNiversité Paris-Saclay (2) CmPA, KU Leuven

Transverse oscillations are observed both in coronal loops (as standing waves) and in open magnetic tubes (as propagating waves), with periods ranging from 1 to 10 minutes. These kink waves are interpreted as the result of a continuous photospheric driver at the footpoints of the loops or open magnetic tubes. Numerical simulations suggest that their dissipation in the corona could heat coronal loops through the Kelvin-Helmholtz instability. However, analytical works predict that these waves are subject to a cut-off in the transition region. As a result of this cut-off, only short-period waves ($\lesssim 3$ min) could reach the corona, in apparent contradiction with observations. In order to understand whether the dissipation of kink waves can indeed efficiently heat coronal loops, it is essential to understand how this cut-off affects their propagation into the corona.

Using 3D magnetohydrodynamic simulations, we modelled the propagation of kink waves in a magnetic flux tube. The simulation domain starts in the chromosphere, and extends into the corona through the transition region. By driving kink waves at different frequencies, we showed that they are indeed cut-off in the transition region. We then compared our simulations to several, inconsistent, analytical formulas for the cut-off frequency. This allowed us to identify the formula that yields the best predictions. Furthermore, we show that waves with periods longer than the cut-off can still reach the corona by tunnelling through the transition region. This would explain why such waves are observed in the corona.

Wave-particle interactions in the radiation belts

Jean-Francois Ripoll

CEA, DAM, DIF

In this talk, we first discuss the coupling we observe between the plasma density of the inner magnetosphere and the whistler wave activity, which drastically affects the dynamics of the electron radiation belts. We show the whistler-mode hiss waves, in their variety of forms (e.g. plasmaspheric hiss, low frequency hiss, exohiss, and hiss localized to plasmaspheric plumes.) have their properties strongly coupled with the ambient electron density. Hiss wave power is found to correlate with the radial profile of the dynamically changing plasmasphere. This has significant implications for the way that whistler-mode wave statistics are built and used for the modeling of their consecutive effects on radiation belt electrons for a wide energy range. During substorms, for instance, low energy electron injections from the magnetotail cause complex variations of the electron density and the wave amplitudes, modifying significantly the scattering rates induced by wave-particle interactions. We then present an in-depth study of the radiation belts for various events and focus on the characterization of the tri-dimensional (L, energy, and pitch angle) structure of the radiation belts. We exhibit its main characteristic based on both numerical results and global observations from the NASA Van Allen Probes using the Magnetic Electron and Ion Spectrometer (MagEIS) flux measurements of the radiation belts. Observations are compared with event-driven Fokker-Planck simulations of pitch angle diffusion from wave-particle interactions. The computation of wave-particle interactions fully accounts for the ambient properties, with a high temporal and spatial resolution of the satellite data-driven wave and plasma properties. We compute how fast the slot region forms gradually between the two radiation belts from wave-particle interactions during long and quiet storm recovery, contributing to depopulate the close-Earth magnetosphere of the energetic electrons injected by the storm. These results are expected to have significant implication in our understanding of the role of whistler waves and, more generally, in radiation belt modeling and space weather.

A 2D Self-consistent Sub-critical shock wave : analysis of the shock front dynamics and its associated ion and electron foreshocks

Philippe Savoini, LPP

Bertrand Lembege (2)

(1) LPP, université Sorbonne Université, CNRS (2) LATMOS, CNRS

Previous numerical works on electron/ion foreshocks observed upstream of a curved shock have been already performed within a self-consistent approach based on 2D PIC simulation (Savoini et Lembege, 2010, 2013, 2015), but are restricted to a supercritical regime only. Present two dimensional PIC (Particle in cell) simulations are used in order to analyze the features of a curved shock and associated foreshocks in a subcritical regime.

Special attention is focused on the study of the local distribution functions obtained in both electron and ion foreshocks as well as to their respective spatial extension. Moreover, the shock front shows a different spatial structure and time evolution according to Q_{Bn} angle (where Q_{Bn} is the angle between the local shock normal and the upstream magnetic field). The emission of the dispersive whistler precursor (characteristics of the subcritical regime) has a feedback effect on the backstreaming particles (especially for the electrons).

Then, results allow to clarify the following questions : what is the impact of the sub-critical regime (i) on the persistence of each electron/ion foreshock respectively ?, (ii) in the case the persistence is confirmed, how the location (along the curved front) and the angular direction of each foreshock edge are affected ?, and (iii) on the spatial mapping of upstream local distribution functions ? Preliminary results will be presented and compared with those already obtained for a supercritical shock.

Etude statistique du lien entre émissions X et émissions radio de type III des électrons énergétiques solaires

Nicole Vilmer, LESIA

Tomin James (1)

(1) LESIA, Observatoire de Paris

Les électrons énergétiques produits lors des éruptions solaires sont à l'origine d'émissions X dans la basse couronne (rayonnement de freinage) et d'émissions radio (en particulier sursauts de type III) dans la couronne et le milieu interplanétaire lorsque les électrons se propagent le long de lignes de champ magnétique "ouvertes" (émissions produites par conversion d'ondes de Langmuir en ondes électromagnétiques). Le lien entre émissions X et émissions radio de type III a été étudié depuis plusieurs années. Ce travail est une extension d'une étude publiée dans Reid et Vilmer (2017) et porte sur une étude statistique récente basée sur 12 années d'observations réalisée à partir des observations d'éruptions X par RHESSI et par l'expérience GBM de FERMI combinée aux observations de sursauts radio par les instruments de Nançay (Radiohéliographe, ORFEES et réseau décamétrique DAM), les spectrographes radio PHOENIX du réseau e-CALLISTO et l'expérience WIND/WAVES. La combinaison de ces observations permet d'étudier le lien entre d'une part le nombre et les caractéristiques spectrales des électrons à l'origine des émissions X et d'autre part le flux radio des types III associés observés dans la couronne à différentes fréquences (de 432 à 150 MHz). Nous présenterons les évolutions du degré de corrélation (portant sur plus d'une centaine d'événements) entre le nombre d'électrons à l'origine des émissions X et les flux radio associés à différentes fréquences ainsi que les évolutions des corrélations entre les fréquences de démarrage et de fin des sursauts radio et les caractéristiques des électrons déduits des émissions X. Les résultats de cette étude montrent également qu'une large proportion des émissions radio associées aux événements X les plus intenses sont observées non seulement dans la couronne mais ont également une contre-partie dans le milieu interplanétaire. Ces résultats observationnels seront brièvement discutés dans le cadre des modèles existants de propagation des électrons et de rayonnement des émissions radio de type III.

Thème 6 : *Activité éruptive ou impulsive dans les plasmas*

The angular dependence of spectroscopic solar radio measurements using multi-spacecraft observations

Nicolina Chrysaphi, LESIA

Milan Maksimovic (1)

(1) LESIA, Observatoire de Paris

Injections of non-thermal electrons into the heliosphere often manifest as intense radio emissions, the most common of which are known as Type III solar radio bursts. The emission frequency of solar radio bursts is closely related to the local plasma frequency of the heliosphere, meaning that they can be used to probe the local conditions of the solar corona and interplanetary space. However, observations of these radio emissions do not represent the true nature of the radio sources due to the scattering of radio photons. Such radio-wave scattering is induced by anisotropic density fluctuations in the heliosphere and impacts both the imaging and spectroscopic properties of radio sources in a frequency-dependent manner, where lower frequencies are affected to a larger extent. Using a significant number of multi-spacecraft observations, including from Solar Orbiter and Parker Solar Probe, we investigate the angular dependence of spectroscopic radio observations due to the presence of anisotropic scattering. We present an improved estimation of the spectroscopic properties and probe whether the spacecraft position affects the recorded decay times.

Statistical analysis of small UV brightenings observed with AIA : signature of short time scale coolings

Antoine Dolliou, IAS

Susanna Parenti (1), Frédéric Auchère (1), Karine Bocchialini (1), Gabriel Pelouze (1)

(1) IAS, CNRS, Université Paris-Saclay

In the context of the solar corona heating, we will present our measurements of short time scale cooling of small UV brightenings derived from a multi-wavelength observation with SDO/AIA and SolO/EUI-HRI.

On May 2020, the high resolution UV imager EUI-HRI, onboard Solar Orbiter, made its first observation of the quiet solar corona at the highest resolution (200 km in the corona) and cadence (5 s) up to this day. This observation is of particular interest, because it falls within the context of small scale heating, potentially explaining the temperature of the solar corona in the order of MK (Parker, 1988). During this 5 minutes sequence, 1467 small brightenings of variable sizes (400 to 4000 km) and lifetimes (10 to 200 s) have been detected (Berghmans et al. , 2021); their temperature has been estimated to peak between 1.2 and 1.4 MK.

In order to study the thermodynamics of these events, we measure their time lags between the multichannel light curves of SDO/AIA. These time lags can be a consequence of heating or cooling processes of plasma along the line of sight (Viall & Klimchuk 2011, 2012).

Cross-correlation between two AIA sequences pixel by pixel results in a map of time lags and their associated maximum correlation values. We use couples between 6 EUV channels of AIA to cover a large range of coronal and transition region temperatures, while taking into account the effects of coronal red noise and background variations. We compare the pixel-by pixel distributions of time lags and maximum correlation values between the events and the background in the quiet sun.

As a result, we measure the time lags of these brightenings to be mostly inferior to 12 s, which is the AIA cadence. Moreover, the **positive** asymmetry in the time lag distributions detected for the couples the AIA 193-171 and AIA 211- 171 can be interpreted as a signature of short time scale **cooling**.

As of now, time lags have only been compared with models of nanoflares in large coronal loops (Viall & Klimchuk, 2013). In this context, short time lags are a consequence of nanoflares peaking at transition region temperatures, not coronal temperatures. That being said, this model is adapted for small events in active regions, not in the quiet sun. This is why we are currently investigating time lags from models more consistent with our observations, such as small scale loops or flares.

LDE3 Weekly Flare Bulletin

Adam Finley

CEA Paris-Saclay

To keep researchers up-to-date with the latest solar activity, we maintain a weekly email bulletin that summarises flaring activity on the Sun using observations from GOES and STIX (on board Solar Orbiter). I propose to show the standard bulletin format, and encourage interested researchers to sign-up to the mailing list.

Exploiting a catalogue of triangulated shock waves to study

Manon Jarry, IRAP

Alexis Rouillard (1), Illya Plotnikov (1), Athanasios Kouloumvakos (1)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS

The mechanisms that produce solar energetic particles (SEPs) are still highly debated but coronal shock waves have been proposed as efficient particle accelerators that may be implicated in the production of SEPs. We present the analysis of 40 Coronal Mass Ejections (CMEs) that produced strong pressure waves in the solar corona during their eruption. For each event Kouloumvakos et al. (2019) exploited remote-sensing observations from multiple vantage points to reconstruct their 3-D ellipsoidal shapes. This catalogue of shock waves provides important statistical information on their kinematic evolution that we report in the present paper. In addition, for each event we analyse the relative timing between the solar flare measured in soft X ray, the modelled CME-driven shock and the onset of SEP events. Different SEPs exhibit significant spectral and compositional variability, time permitting we will present preliminary results on the comparison between the composition of SEPs including abundance ratios (such as Fe/O) and the geometry of the shock that typically evolves rapidly along the magnetic field lines connected to the spacecraft recording SEPs.

First detection of the magnetic component of a radio wave emitted by the Sun

Matthieu Kretzschmar, LPC2E

Antonio Vecchio (2), Milan Maksimovic (2), Vladimir Krasnoselskikh (1),
Jan Soucek (3), David Pisa (3), Xavier Bonnin (2), Thierry Dudok De Wit (1),
Stuart Bale (4)

(1) LPC2E, Université d'Orléans, CNRS (2) LESIA, Observatoire de Paris, Université
Paris Diderot - Paris 7, Sorbonne Université, CNRS (3) IAP (4) SSL

On October 28, 2021, a powerful flare occurred on the Sun, which accelerated energetic electrons into interplanetary space. The beam of energetic electrons, interacting with the surrounding plasma as it propagated, produced electromagnetic waves at the local plasma frequency in the kHz - MHz range. This Type III radio burst has been observed by various spacecrafts and on Earth. Onboard the Solar Orbiter spacecraft, the RPW instrument and its search coil magnetometer SCM have measured the magnetic component of the electromagnetic wave at frequencies between 140 kHz and 450 kHz. To our knowledge, this is the first detection in space of the magnetic signature of a radio wave that is not emitted by a planet. These measurements allow to estimate the refractive index of the wave, found close to 1, to identify the wave as an ordinary electromagnetic wave, and to discuss the orientation of the direction of the wave vector.

Observations multi-satellites des émissions radio solaires de Type III

Milan Maksimovic

LESIA, Observatoire de Paris, Université Paris Diderot - Paris 7, Sorbonne Université, CNRS

Nous présenterons les premières observations multi-satellites (dont Solar Orbiter et Parker Solar Probe) des émissions radio solaires de Type III. Nous montrerons comment ces sursauts radio, qui sont produits par des faisceaux d'électrons qui se propagent le long des lignes de champ magnétique ouvertes dans la couronne et le milieu interplanétaire, sont un bon outil pour diagnostiquer les fluctuations de densité dans le milieu interplanétaire.

Multi-spacecraft observations of solar radio emissions in the Solar Orbiter era

Sophie Musset

European Space Research and Technology Centre

Combining observations the two new solar missions, Solar Orbiter and Parker Solar Probe, with measurements from existing spacecraft such as STEREO and Wind, allows for the first time to analyze solar radio emissions measured from four different points of view simultaneously. I will present the first analysis of this kind for five radio bursts observed during the commissioning phase of Solar Orbiter. By comparing the observed properties of these bursts with those predicted by models of radio-wave propagation in the heliospheric plasma, I will show how multi-spacecraft observations of solar radio emission can be used to characterize not only the radio source itself, but also the properties of the plasma in which radio-wave are propagating, in particular, the properties of the density fluctuations of the plasma responsible for radio-wave scattering.

Magnetic helicity : marker of solar eruptivity

Etienne Pariat

LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique,
Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS

Magnetic helicity occupies a peculiar place in plasma physics : despite being one of the few invariant in ideal magnetohydrodynamics (MHD), its actual estimation, in laboratory experiments, observations and even numerical domains, remains arduous. Magnetic helicity is a quantity that is tightly related with the level of entanglement of magnetic field lines in a plasma. Recent developments in the theory of its measurements have nonetheless allowed to open fresh investigation of its properties. They reveal that magnetic helicity could be a key element to understand a central problem of solar physics : the trigger of solar eruptions. Using numerical simulations, a quantity derived from magnetic helicity, the helicity eruptivity index, has been observed to be tightly linked with the eruptivity of the magnetic system of different numerical models of solar active events. Preliminary observational results also shows a close relationship between the activity of solar active center and the helicity eruptivity index.

Magnetic reconnection leading to a mini flare and a twisted jet observed with IRIS

Brigitte Schmieder, LESIA / KU Leuven

Reetika Joshi (2,3), Ramesh Chandra (4), Petr Heinzel (5,6), Guillaume Aulanier (7,2),
Véronique Bommier (1), James Tomin (1), Nicole Vilmer (1)

(1) LESIA, Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, INSU, Observatoire de Paris, Université Paris Diderot - Paris 7, CNRS (2) Rosseland Centre for Solar Physics, University of Oslo, P.O. Box 1029 Blindern, N-0315 Oslo, Norway (3) Institute of Theoretical Astrophysics, University of Oslo, P.O. Box 1029 Blindern, N-0315 Oslo, Norway (4) Department of Physics, DSB Campus, Kumaun University, Nainital - 263 001, India (5) Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences, Fri ova 298, 251 65 Ondrejov, Czech Republic (6) University of Wrocław, Centre of Scientific Excellence - Solar and Stellar Activity, 51-622 Wrocław, Poland (7) LPP, cole Polytechnique, IP Paris, Sorbonne Université, CNRS, Observatoire de Paris, Université PSL, Université Paris Saclay

A spatio-temporal analysis of IRIS spectra of Mg II, C II, and Si IV ions allows us to study the dynamics and the stratification of the flare atmosphere along the line of sight during the magnetic reconnection phase at the jet base in a bald patch region. Strong asymmetric Mg II and C II line profiles with extended blue wings observed at the reconnection site are interpreted by the presence of two chromospheric temperature clouds : one explosive cloud with blueshifts at 290 km/s and one cloud with smaller Doppler shift (around 36 km/s). Simultaneously at the same location a mini flare was observed with strong emission in multi temperatures (AIA), in several spectral IRIS lines (e.g. O IV and Si IV, Mg II), absorption of identified chromospheric lines in Si IV broad, enhancement of the Balmer continuum and X-ray emission by FERMI/GBM. With the standard thick-target flare model we calculate the energy of non thermal electrons observed by FERMI and compare it to the energy radiated by the Balmer continuum emission. We show that the low energy input by non thermal electrons above 20 keV was still efficient to produce the excess of Balmer continuum.

Thème 7 : Relations Soleil-Terre et météorologie de l'espace

Peut-on prévoir l'activité géomagnétique avec plusieurs jours d'avance en utilisant uniquement des réseaux de neurones pilotés par des images du Soleil ?

Guillaume Bernoux, ONERA

Antoine Brunet (1), Eric Buchlin (2), Miho Janvier (2), Angélica Sicard (1)

(1) ONERA/DPHY, Université de Toulouse (2) IAS, CNRS, Université Paris-Saclay

Au cours de la dernière décennie, les méthodes de prévision d'indices géomagnétiques (Kp, Dst, etc.) à partir de paramètres du vent solaire à 1 UA s'appuyant sur des modèles d'apprentissage profond (réseaux de neurones) ont montré leur très grande efficacité, surpassant en termes de précision la plupart des modèles empiriques et physiques. De plus, ces modèles ont récemment montré leur pertinence pour le pilotage de divers modèles magnétosphériques dans des pipelines complexes de météorologie spatiale. Cependant, ces méthodes souffrent encore de nombreuses limitations, dont leur restriction à un horizon de prévision effectif court (souvent jusqu'à environ 6 heures au mieux). Cela n'est pas surprenant, car ces délais sont du même ordre de grandeur que les temps caractéristiques des réactions inhérentes au couplage vent solaire-magnétosphère.

Par conséquent, afin d'augmenter l'horizon de prévision, une solution serait de prendre de l'avance sur la propagation du vent solaire en utilisant des données plus éloignées dans l'espace, comme l'imagerie solaire. Afin de vérifier la pertinence d'une telle approche, nous avons conçu SERENADE, un modèle s'appuyant sur l'apprentissage profond et piloté uniquement par les données d'imagerie fournies par l'instrument Atmospheric Imaging Assembly (AIA) embarqué sur la mission Solar Dynamics Observatory (SDO). SERENADE peut fournir des prévisions probabilistes d'indices géomagnétiques comme Kp jusqu'à quelques jours à l'avance. Nous évaluons le modèle et discutons de ses avantages et inconvénients en nous appuyant sur ces premiers résultats. En particulier, nous le comparons avec quelques modèles de référence et nous analysons les performances de notre modèle en fonction de la phase du cycle solaire. Nous montrons qu'une telle approche est prometteuse, d'autant plus qu'il s'agit seulement d'un premier modèle qui peut être grandement amélioré.

Polarisation aurorale : observations et modelisation

Léo Bosse, Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique

Jean Lilensten (2), Nicolas Gillet (3), Colette Brogniez (4), Olivier Pujol (4), Sylvain Rochat (2), Stéphane Curaba (2), Alain Delboubé (2), Magnar G. Johnsen (5)

(1) Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (2) IPAG, CNES Toulouse, observatoire des sciences de l'univers de Grenoble (3) ISTerre, IFSTTAR, Université de Savoie, PRES Université de Grenoble (4) Laboratoire d'Optique Atmosphérique, CNRS, Université de Lille (5) Tromsø Geophysical Observatory

Nous présenterons ici les avancées effectuées dans l'étude de la polarisation des émissions aurorales au cours des dernières années. Le développement de nouveaux instruments plus sensibles a permis d'observer la polarisation dans quatre longueurs d'ondes visibles, toutes polarisées. Cependant, ces nouvelles mesures questionnent l'origine de cette polarisation. Peut-elle être due à la diffusion dans les basses couches de l'atmosphère de sources de pollution lumineuse ?

Pour répondre à cette question, un modèle de transfert radiatif polarisé (POMEROL) a été développé pour calculer la polarisation mesurée par un instrument virtuel dans un environnement nocturne donné. Ce modèle de diffusion simple recrée les conditions réelles (profils atmosphériques et aérosols, sources lumineuses à géométrie complexe au sol et dans le ciel, obstructions du terrain).

Nous présentons ici les résultats des comparaisons entre les prédictions de POMEROL et les mesures de polarisation effectuées lors des campagnes de terrain en zone aurorale. Ces comparaisons montrent que la pollution lumineuse seule ne permet pas d'expliquer les observations et que trois émissions principales de la haute atmosphère doivent être polarisées, à savoir la raie verte de l'oxygène atomique à 557,7 nm et la bande de N₂⁺ à 391,4 nm (violet) et 427,8 nm (bleu). Cette polarisation est supposée créée directement lors de la désexcitation, en fonction de la direction d'impact privilégiée des électrons.

Nous présentons certaines des potentialités qu'offrent ces mesures dans le cadre de la météorologie spatiale. Celles-ci nécessitent d'affiner l'approche de modélisation préliminaire considérée dans la présente étude. En particulier, cette méthode permettrait de mesurer indirectement les courants ionosphériques en temps réel, ce qui est aujourd'hui difficile et coûteux à réaliser.

Au moyen d'observations multi-instrumentales, d'expériences de laboratoire et de travaux théoriques, nous envisageons désormais le développement de cette technique pour la caractérisation des aérosols de la basse atmosphère, la détection de sources lumineuses faibles, et dans le contexte des relations Soleil Terre, la détermination des courants ionosphériques à toutes les latitudes et leur variabilité en fonction de l'activité géomagnétique avec des applications potentielles en terme de communication HF.

Solar data, data products, and tools at MEDOC

Eric Buchlin, IAS

Stéphane Caminade (1), Frédéric Auchère (1), Susanna Parenti (1), Gabriel Pelouze (1), Barbara Perri (2), Nima Traoré (3), Anthony Gréau (4), Martine Chane-Yook (1), Claude Mercier (1), Marc Dexet (1), Miho Janvier (1), Patrick Boumier (1), Frederic Baudin (1), Karine Bocchialini (1), Frederic Paletou (5), Thierry Roudier (5), Guillaume Aulanier (6), Roland Grappin (6), Filippo Pantellini (7), Hervé Ballans (1), Clément Massias (1), Gilles Poulleau (1), Nicolas Dufourg (8)

(1) IAS, CNRS, Université Paris-Saclay (2) KU Leuven (3) DSI Group, Paris (4) HCube, Paris (5) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, Observatoire Midi-Pyrénées, CNRS (6) LPP, Observatoire de Paris, Université Paris sciences et lettres, Ecole Polytechnique, Sorbonne Université, Université Paris-Saclay, CNRS (7) LESIA, Observatoire de Paris, Université Paris Diderot - Paris 7, Sorbonne Université, CNRS (8) CNES, Toulouse

MEDOC (Multi-Experiment Data and Operation Centre), initially created as a European data and operation centre for the SoHO mission, has grown with data from other solar physics space missions, from STEREO to SDO.

In addition to observational data, MEDOC also provides datasets derived from observations (maps, catalogues...), tools for data analysis and interpretation, and numerical simulation results. This presentation will in particular discuss the new products developed by MEDOC for the ESA Space Weather portal.

MEDOC is also operating the SoHO/GOLF and Solar Orbiter/SPICE instruments and preparing the redistribution of data from the Solar Orbiter remote-sensing instruments. All data are publicly available from web interfaces and from programmatic interfaces (with clients for IDL and Python), allowing classical data analysis as well as automatic queries, data download, and processing to be made on large datasets.

Prototypage d'un outil d'alerte précoce pour la météo spatiale depuis le soleil vers les ceintures de radiation dans le cadre du projet H2020 SafeSpace

Nour Dahmen, ONERA

Equipe Safespace (1)

(1) ONERA, KUL, CNRS, BIRA, SPARC, NKUA, TAS, IAP, H2020

Le projet H2020 SafeSpace vise à améliorer les capacités actuelles de restitution et de prédiction en météo spatiale. Il s'appuie sur la synergie de différents modèles physiques décrivant l'interaction en cascade qui s'établit entre le soleil et la magnétosphère interne, en passant par le milieu interplanétaire. Il aboutira à la mise en place d'une chaîne permettant de décrire la dynamique des ceintures de radiation des électrons avec un pilotage direct par l'activité du soleil à court terme. Cela ouvrira la voie à des horizons de prédictions de 2 à 4 jours, bien meilleurs que ceux obtenus par les outils de prédiction actuels limités à quelques heures. Les résultats de l'outil serviront à alerter les acteurs de l'industrie spatiale sur les événements de météo spatiale dangereux à travers des indicateurs opérationnels dédiés à leurs besoins.

Ce projet de recherche est financé dans le cadre du programme de l'UE Horizon 2020 pour l'innovation et la recherche (No 870437).

RB-FAN : « Radiation Belt Forecast And Nowcast », un nouvel environnement basé sur le code d'assimilation de données Salammbô

Antoine Ferlin, ONERA

Vincent Maget (1), Sébastien Bourdarie (1), Stefaan Poedts (2), Andrey Kochanov (2),
Constantinos Papadimitriou (3), Ingmar Sandberg (3), Edith Botek (4), Viviane
Pierrard (4), Erin De Donder (4), Lenka Zychová (4), Mark Dierckxsens (4), Natalia
Ganushkina (5), Stepan Dubyagin (5), Alexi Glover (6), Ralf Keil (6)

(1) ONERA, Université de Toulouse (2) KU Leuven (3) SPARC (4) Institut
d'Aéronomie Spatiale de Belgique (5) Finnish Meteorological Institute (6) ESA - ESOC
Space Weather Office (OPS-SW)

Dans le cadre du programme ESA Space Situational Awareness (SSA), le projet RB-FAN vise à fournir, en temps quasi-réel, et sur un horizon de 3 jours, l'état des ceintures de radiation terrestres. Ces prévisions seront intégrées au SWE portail de l'ESA (SSA SWE Service Network), dans la domaine « Space Radiation » (R-ESC), sous la forme d'indicateurs dédiés de risques, fonction de l'orbite considérée. Des tracés plus spécifiques (évolutions temporelles de grandeurs physiques) seront aussi proposés.

Le projet rassemble six partenaires (BIRA-IASB, KU-Leuven, FMI, SPARC, A. Kochanov et l'ONERA) et s'attache aussi bien à la conception de l'architecture qu'à la prise en compte des besoins des utilisateurs, que ce soit pour les aspects modélisation/simulations ou pour la partie distribution des produits implémentés et interface homme-machine, via le site web.

L'environnement de simulation RB-FAN est composé de plusieurs modèles chainés via le système Virtual Space Weather Modelling Centre (VSWMC), depuis les modèles EUHFORIA pour le vent solaire à IMPTAM qui modélise la dynamique des particules de basse énergie de la magnétosphère terrestre. Le code Salammbô, qui couvre les ceintures de radiation terrestres, utilise en entrée ces sorties de modèles, à la fois pour les électrons (100 keV - 8 MeV) et les protons (1 - 400 MeV). Un processus d'assimilation de données est également utilisé pour nourrir et corriger la dynamique des ceintures de radiation, via l'utilisation de données mesurées en vol présentes dans les bases de données de l'ONERA (IPODE) ainsi que dans les bases de données de nos partenaires (BIRA-IASB et SPARC). Le site web fournissant les produits et indicateurs de météorologie de l'Espace a été étudié pour les afficher de façon synthétique, sous la forme de feux tricolores, mettant ainsi l'accent sur les événements importants, mais aussi de façon plus détaillée, sous forme de séries temporelles, pour les utilisateurs avertis. Ces derniers pourront par ailleurs définir une orbite spécifique selon leurs besoins, ou définir les seuils d'alarmes des feux tricolores.

Remerciements : Ces travaux sont portés par le programme ESA « Space Situational Awareness », P3-SWE-X (RB-FAN) sous le contrat numéro 4000131381/20/D/CT.

The UVSQ- SAT mission dedicated to the observation of the Earth and the Sun

Adrien Finance, LATMOS / ACRI-ST

Mustapha Meftah (1), Antoine Mangin (2)

(1) LATMOS, CNRS, UVSQ (2) ACRI-ST

The Earth energy imbalance is an essential climate variable and is a metric to quantify climate change. This value can be computed from the difference between the incoming solar radiation and the outgoing reflected and infrared radiation at the top of the atmosphere. The UVSQ-SAT satellite, launched in January 2021, measures those different flux thanks to miniaturized sensors on-board a 1U Cubesat (11.10 cm x 11.10 cm x 11.35 cm). Attitude determination of the satellite is crucial to correct the measured flux from the angle of the sensors to the considered source. Methods were developed to determine the UVSQ-SAT attitude based on the available sensors on-board and models. Deterministic algorithms were implemented based on Kalman filters to correct the signals from noise and apply real time calibration. Moreover, a neural network was validated on-ground and is currently in development in orbit to ensure a better accuracy for attitude determination. Thereby, UVSQ-SAT observations and computations allow to draw terrestrial radiation maps.

Prévision des perturbations ionosphériques sur les signaux GNSS à haute latitude, par approche statistique et apprentissage profond

Joel Lemorton, ONERA

Rémy Arnaud (1,2), Vincent Fabbro (1), Xavier Boulanger (1)

(1) ONERA, DEMR, Université de Toulouse (2) CNES, Toulouse

Les liaisons GNSS à haute latitude peuvent être fortement impactées par des perturbations ionosphériques liées à l'activité solaire. En effet, les éjections de masse coronale à la surface du Soleil propagées jusqu'à la Terre et pénétrant l'ionosphère le long des lignes du champ magnétique terrestre peuvent induire de fortes variations de la densité électronique qui impactent alors les signaux radioélectriques GNSS. Des erreurs de positionnement voire même des décrochages des boucles de phase des récepteurs GNSS peuvent alors apparaître.

La prévision de tels événements est donc particulièrement intéressante pour les utilisateurs de systèmes basés sur le positionnement GNSS. Deux approches différentes ont été développées pour réaliser des prévisions. Tout d'abord, une approche statistique basée sur le modèle HAPEE (High Altitude scintillation Positioning Error Estimator). Ce modèle permet de fournir des indices de scintillation et des prévisions d'erreurs de positionnement GNSS. Il a été initialement élaboré à partir d'une large base de données mesurées en Norvège [Fabbro et al., 2021] et étendu au Groenland en considérant des données du réseau GNET dans le cadre d'une étude ESA. Les données couvrent le cycle solaire 24, et les acquisitions se poursuivent aujourd'hui pour enrichir cette base.

Suite à cela, une étude de faisabilité d'application de méthodes de Deep-Learning, dans ce contexte, a été réalisée. Un nouvel algorithme permettant la prévision de séries temporelles d'indice de scintillation ionosphérique a été développé, basé sur l'utilisation de LSTM (Long Short Term Memory) Neural Networks (NN).. Le modèle proposé ouvre la voie à un nouveau type de service opérationnel fondé sur des méthodes basées sur des données mesurées. Même avec une approche simple reliant le vent solaire, l'heure locale magnétique et l'indice de perturbation ionosphérique ROTI, la méthode LSTM NN est en mesure de décrire et d'apprendre un schéma régulier, ce qui est la force de cette approche [Rémy, 2021].

Des exemples de prévisions obtenues par les différentes techniques seront présentés, et les avantages et limites de chacune discutés.

Remerciements :

Ce travail utilise les données norvégiennes de la NMA (Norwegian Mapping Authority) ainsi que GNET (Greenland GNSS Network) de l'Agence danoise pour l'approvisionnement et l'efficacité des données (SDFE), nous remercions NMA et SDFE qui nous ont donné le droit d'utiliser ces données. Ces travaux sont réalisés en coopération avec NMA.

Références :

[Fabbro et al., 2021] Fabbro V. , Jacobsen K. S., Andalsvik Y. L., Rougerie S. , “GNSS positioning error forecasting in the Arctic : ROTI and Precise Point Positioning error forecasting from solar wind measurements”, J. Space Weather Space Clim. 2021, accepted for publication, doi : 10.1051/swsc/2021024

[Rémy, 2021] Rémy Arnaud, “Ionospheric scintillation forecasting using Deep Learning”, IMT-Atlantique internship at ONERA/PER, September 2021.

E-SWAN, l'organisation de la météorologie de l'espace en Europe

Jean Lilensten

IPAG, CNRS

L'Europe est un acteur majeur en météorologie de l'espace, mais son éclatement la prive du rôle de leader auquel elle devrait prétendre. Après plusieurs actions COST et de nombreuses initiatives pionnières structurantes, elle souffre d'une atomisation qui a été analysée au cours de trois sessions durant trois ESWW successives. Fort de cette analyse, un groupe a décidé de construire une "maison commune" de la météorologie de l'espace en Europe. Il est constitué d'une trentaine de personnes impliquées dans la discipline, chercheurs et industriels, dont une moitié de femmes, et une moitié de jeunes chercheurs (moins de 35 ans). Leurs travaux ont résulté en la publication d'un article programmatique (2020), d'une discussion très ouverte, d'un vote sur la structure (plus de 400 inscrits, 2021), de l'écriture de statuts et de leur dépôt en tant qu'Association Internationale à Buts Non Lucratifs en janvier 2022. L'association qui en résulte, European Space Weather and Space Climate AssociatioN (E-SWAN) a vu le jour début 2022. Elle tiendra sa première Assemblée générale au cours de la ESWW 2022 à Zagreb. Au cours de cette communication, j'en présenterai les buts et moyens, et la façon dont notre communauté scientifique française pourrait s'y impliquer.

Impact of magnetic photospheric observations on the modelling of coronal and heliospheric magnetic structures

Barbara Perri, KU Leuven

Blazej Kuzma (1), Michaela Brchnelova (1), Tinatin Baratashvili (1), Fan Zhang (1), Peter Leitner (2), Andrea Lani (1), Stefaan Poedts (1)

(1) KU Leuven (2) Uni Graz

Space weather requires a fast and accurate modelling of magnetic and flow structures in the heliosphere to anticipate their impact on Earth spatial environment. In particular, it is well known that the position of the current sheet is a crucial information to determine the interaction with the Earth magnetosphere and anticipate ICMEs propagation. Because modelling the entire heliosphere is so challenging, the current approach is to combine coronal and heliospheric models, as is done in the EUHFORIA 2.0 project. This however leads to the open question of the transmission of uncertainties between the models, which is not clearly answered yet. In particular, at the beginning of the chain of modelling lies a crucial choice that is not always obvious : the choice of the input solar observations to provide the magnetic field boundary conditions at the solar surface. To this day, there is a great variety of sources with different treatments, especially at the poles to fill the currently missing observations. The impact of the synoptic map source has started to be discussed for PFSS models, but a clear overview of the consequences for MHD models and their description of the corona and the heliosphere is still missing.

We present here the newly developed MHD coronal model for the EUHFORIA 2.0 project, based on the COOLfluid framework. This model has the advantage of using an implicit solver for speed and an unstructured mesh for accuracy, especially around the polar region. After briefly presenting its benchmarking and validation procedure for its polytropic version, we will use it to explore how various synoptic maps can affect the simulation results. We select the date of 2nd of July 2019 because of the low solar activity and the associated solar eclipse seen on Earth. We use data from all currently available sources (GONG, GONG-ADAPT, WSO, MWO, SOLIS, HMI) and perform the same simulation with the same pre-processing and the same physical parameters, to assess only the impact of the choice of the input synoptic map. We focus on the implications for the magnetic field configuration by comparison with white-light eclipse pictures, for the coronal hole locations by comparison with SDO/AIA and for the position of the HCS at 0.1 AU by comparison with standard WSA models. We demonstrate that even at minimum of activity the input synoptic map has a great influence on the output of coronal models, and that the modelling of the poles is crucial for the shape of the HCS. We finally discuss the future developments of the model such as the inclusion of heating terms to model CIRs.

HelioCast : A white light constrained MHD model for space weather forecast of the heliosphere

Victor Réville, IRAP

Alexis Rouillard (1), Nicolas Poirier (1), Athanasios Kouloumvakos (1), Rui Pinto (2),
Naïs Fargette (1), Mikel Indurain (1)

(1) IRAP, Université Toulouse III - Paul Sabatier, CNRS, CNES, Toulouse

(2) AIM/SAP - CEA Saclay

Space weather operations and predictions rely on fast and inexpensive models of the solar corona derived from remote observations. They are usually based on photospheric measurements of the solar magnetic field. However, a precise description of all coronal physical processes needs a very large amount of computing power, notwithstanding the many uncertainties on solar magnetograms. In recent months, we have developed a new method to derive empirically coronal properties through the identification and the localization of the heliospheric current using white light observations. Wind velocities, magnetic field, and densities are derived at 0.1 AU and then propagated up to 1 AU with a 3D MHD model. In this talk, we present this novel method and its results in nowcasting and forecasting of the solar wind plasma parameters at 1 AU. We compare this novel method with more comprehensive models for the coronal region : Multi-VP, which is a multiple 1D MHD model using a PFSS extrapolation for the magnetic field, and WindPredict-AW, a full 3D MHD model of the corona including the physics of Alfvén waves turbulence and dissipation. Finally, we inject a CME through the three different boundary conditions and compare the propagation and in situ data with in situ measurements.

Programme du colloque

LUNDI 16 MAI

12h30-13h50 : Accueil des participants + pause café

13h50-14h00 : Introduction du colloque (P.-L. Blelly, G. Aulanier)

PNST Thème 6 “Activité éruptive ou impulsive dans les plasmas”

14h00-14h20 : Observations multi-satellites des émissions radio solaires de Type III (M. Maksimovic)

14h20-14h40 : Statistical analysis of small UV brightenings observed with AIA : signature of short time scale coolings (A. Dolliau)

14h40-15h00 : Multi-spacecraft observations of solar radio emissions in the Solar Orbiter era (S. Musset)

15h00-15h20 : Magnetic helicity : marker of solar eruptivity (E. Pariat)

15h20-15h40 : Magnetic reconnection leading to a mini flare and a twisted jet observed with IRIS (B. Schmieder)

15h40-16h40 : Pause café + posters

PNST Thème 5 “Mécanismes d’accélération des particules et chauffage du plasma”

16h40-17h00 : What is the role of whistler waves in shaping of the solar wind electron function between 0.17 and 1 AU? (L. Colombari)

17h00-17h20 : Stirring the Base of the Solar Wind (A. Finley)

17h20-17h40 : 3D MHD simulation of interchange reconnection in a solar coronal pseudo-streamer (T. Pellegrin-Frachon)

17h40-18h00 : A statistical study of dipolarization fronts observed by MMS (S. Alqeeq)

18h00-21h00 : Apéritif régional, dîner sur place

MARDI 17 MAI**PNST Thème 2 “Nouvelles missions et instrumentation (sol et espace)”**

9h00-9h20 : Instrumental modeling of Mutual Impedance experiments and validation tests in plasma chamber (L. Bucciantini)

9h20-9h40 : Mutual impedance experiments as a diagnostic for magnetized space plasmas (P. Dazzi)

9h40-10h00 : The Comet Interceptor mission (P. Henri)

10h00-11h00 : Pause café + posters

PNST Thème 2 “Nouvelles missions et instrumentation” (suite)

11h00-11h20 : Un grand coronographe au Pic du Midi pour mesurer les champs magnétiques coronaux (A. Lopez Ariste)

11h20-11h40 : La mission Helioswarm pour l'étude de la turbulence plasma aux échelles fluides et ioniques (O. Le Contel)

11h40-12h00 : Observations et résultats du Proton Alfa Sensor (PAS) de Solar Orbiter (P. Louarn)

12h00-12h30 : MP60S-1 (présentation de posters, une minute chacun)

12h30-14h00 : Déjeuner sur place

PNST Thème 2 “Nouvelles missions et instrumentation” (suite)

14h00-14h20 : Un cercle méridien Europe-Afrique pour la surveillance des phénomènes naturels à risque : IMCP-Europe-Afrique (M. Blanc)

Thème 3 “Couplages entre enveloppes de plasma”

14h20-14h40 : Self-consistent modeling of Relativistic Runaway Electron Avalanches using a relativistic electromagnetic Particle-in-Cell method (P. Gourbin)

Caractéristiques et variabilités des champs électriques et magnétiques des éclairs typiques et extrêmes (superbolts) mesurés depuis l'espace par les sondes Van Allen (T. Farges)

Importance de la composante thermosphérique dans la dynamique du couplage ionosphère-magnétosphère : impact pour la météorologie de l'espace (A. Marchaudon)

15h20-15h40 : Interface entre la chromosphère et la couronne solaire : modélisation avec une approche 16-moments multi-espèces (N. Poirier)

15h40-16h40 : Pause café + posters

Thème 3 “Couplages entre enveloppes de plasma” (suite)

16h40-17h00 : Validation of a wave heated 3D MHD coronal-wind model using Polarized Brightness and EUV observations (S. Parenti)

17h00-17h20 : The preferential orientation of magnetic switchbacks, implications for solar magnetic flux transport (N. Fargette)

17h20-17h40 : Global 3D Hybrid simulations of the Super-Critical Bow-Shock behavior upon a Quasi-Perpendicular interaction with the Interplanetary Magnetic Field (E. Cazzola)

17h40-18h10 : MP60S-2 (présentation de posters, une minute chacun)

18h10-19h30 : Temps libre

19h30-21h00 : Dîner sur place

MERCREDI 18 MAI

9h00-9h20 : CNES (K. Amsif, M. Kretzschmar)

9h20-9h40 : Météo de l'espace (A. Rouillard)

9h40-10h00 : ANO7-HPC-HPDA (A.-S. Brun)

10h00-11h00 : Pause café + posters

11h00-12h30 : Forum

12h30-14h00 : Déjeuner sur place

Thème 3 “Couplages entre enveloppes de plasma” (suite)

14h00-14h20 : Global three-dimensional draping of magnetic field lines in Earth's magnetosheath from in-situ measurements (B. Michotte de Welle)

14h20-14h40 : Study of a dayside magnetopause reconnection event detected by MMS and related to a large-scale solar wind perturbation (M. Baraka)

14h40-15h00 : La discontinuité de la magnétopause : une étude MMS (G. Ballerini)

15h00-15h20 : Escaping planetary ions through Venus magnetosheath along draped magnetic field lines (L. Hadid)

15h20-15h40 : Premières observations simultanées d'ions et d'électrons de faible énergie sur Mercure lors du premier survol de BepiColombo (S. Aizawa)

15h40-16h40 : *Pause café + posters*

16h40-19h30 : *Temps libre*

19h30-21h00 : *Dîner sur place*

JEUDI 19 MAI

PNST Thème 7 “Météorologie de l’espace”

9h00-9h20 : The UVSQ- SAT mission dedicated to the observation of the Earth and the Sun (A. Finance)

9h20-9h40 : Solar data, data products, and tools at MEDOC (E. Buchlin)

9h40-10h00 : Impact of magnetic photospheric observations on the modelling of coronal and heliospheric magnetic structures (B. Perri)

10h00-11h00 : *Pause café + posters*

PNST Thème 7 “Météorologie de l’espace” (suite)

11h00-11h20 : HelioCast : A white light constrained MHD model for space weather forecast of the heliosphere (V. Réville)

11h20-11h40 : Peut-on prévoir l’activité géomagnétique avec plusieurs jours d’avance en utilisant uniquement des réseaux de neurones pilotés par des images du Soleil ? (G. Bernoux)

11h40-12h00 : Prédiction des perturbations ionosphériques sur les signaux GNSS à haute latitude, par approche statistique et apprentissage profond (J. Lemorton)

12h00-12h30 : Polarisation aurorale : observations et modélisation (L. Bosse)

12h30-14h00 : *Déjeuner sur place*

Thème 4 “Transport d’énergie multi-échelles et turbulence”

14h00-14h20 : Kelvin-Helmholtz instability and magnetic reconnection at the Earth’s magnetopause : 3D simulation based on satellite data (M. Faganello)

14h20-14h40 : The Helicity Sign of Flux Transfer Event Flux Ropes and its Relationship to the Guide Field and Hall Physics in Magnetic Reconnection at the Magnetopause (S. Dahani)

14h40-15h00 : Localized energy cascade driven by Magnetic Reconnection : a Coarse Graining approach (D. Manzini)

15h00-15h20 : PSP observations of the solar wind coherent structures from MHD to sub-ion scales at 0.17 AU (A. Vinogradov)

15h20-15h40 : A general turbulence exact law for compressible magnetized pressure-anisotropic plasmas (P. Simon)

15h40-16h40 : *Pause café + posters*

PNST Thème 1 “Simulations et outils numériques”

16h40-17h00 : PHARE : AMR hybrid Particle In Cell (N. Aunai)

17h00-17h20 : Dyablo-Whole Sun : Un nouveau code de simulation sur grille AMR pour la simulation solaire sur architectures exascale (M. Delorme)

17h20-17h40 : Near-Earth space in five and six dimensions : recent results from the Vlasiator model (L. Turc)

17h40-18h10 : Cut-off of transverse waves through the solar transition region (G. Pelouze)

18h00-19h30 : *Temps libre*

19h30-21h00 : *Dîner de conférence sur place*

VENDREDI 20 MAI

PNST Thème 5 “Mécanismes d’accélération et de chauffage du plasma”

9h00-9h20 : Mesure du diagramme des émissions décamétriques Io-Jupiter : un diagnostic de l’interaction planète-satellite (L. Lamy)

9h20-9h40 : Jupiter fast drifting radio bursts reveal ubiquitous Alfvénic electron acceleration (E. Mauduit)

9h40-10h00 : Wave-particle interactions in the radiation belts (J.-F. Ripoll)

10h00-11h00 : *Pause café + posters*

PNST Thème 5 “Mécanismes d’accélération et de chauffage du plasma” (suite)

11h00-11h20 : Electromagnetic radiation emitted at fundamental and harmonic plasma frequencies by weak electron beams in inhomogeneous solar wind plasmas : 2D PIC simulations (C. Krafft)

11h20-11h40 : Mercury global full-kinetic plasma simulations in support to BepiColombo (F. Lavorenti)

11h40-12h00 : Etude statistique du lien entre émissions X et émissions radio de type III des électrons énergétiques solaires (N. Vilmer)

12h30-13h30 : Déjeuner sur place

13h30 : Départ - Fin du colloque

Liste des participants

AIZAWA	Sae	IRAP
ALEXANDROVA	Olga	LESIA
ALQEEQ	Soboh	LPP
AMORY-MAZAUDIER	Christine	LPP
AMSIF	Kader	CNES
ANDRE	Nicolas	IRAP
AULANIER	Guillaume	LPP
AUNAI	Nicolas	LPP
AZIB	Menouar	IRAP
BALLERINI	Giulio	LPP
BARAKA	Mohammed	LPP
BARTHELEMY	Mathieu	IPAG
BASKEVITCH	Claire	LATMOS
BELMONT	Gérard	LPP
BERNOUX	Guillerme	ONERA
BERRIOT	ETIENNE	LESIA
BIREE	Lionel	SPACEABLE

BLANC	Michel	IRAP
BLELLY	Pierre-Louis	IRAP
BOCCHIALINI	Karine	IAS
BOSSE	Léo	IASB
BOUCHEMIT	Myriam	IRAP
BOUDOUMA	Adam	LESIA
BOURIAT	Simon	IPAG
BRIAND	Carine	LESIA
BRUN	Allan Sacha	Dap-AIM/CEA Paris-Saclay
BUCCIANTINI	Luca	LPC2E
BUCHLIN	Eric	IAS
CAZZOLA	Emanuele	LPP
CECCONI	Baptiste	LESIA
CHANE-YOOK	Martine	IAS
CHAUFRAY	Jean-Yves	LATMOS
CHRYSAPHI	Nicolina	LESIA
CHUST	Thomas	LPP
COLLET	Brieuc	LAM
COLOMBAN	Lucas	LPC2E
DAHANI	Souhail	IRAP
DAHMAN	Isabelle	DGA
DAHMEN	Nour	ONERA

DAME	Luc	LATMOS
DANDOURAS	Iannis	IRAP
DAZZI	Pietro	LPC2E
DE LEON	Emmanuel	LPC2E
DELORME	Maxime	CEA/IRFU/DAP/LDE3
DOLLIUO	Antoine	IAS
DUCHENE	Alexia	LAM
DUDOK DE WIT	Thierry	LPC2E
FAGANELLO	Matteo	PIIM
FARGES	Thomas	CEA, DAM, DIF
FARGETTE	Naïs	IRAP
FAUROBERT	Marianne	Lagrange
FERLIN	Antoine	ONERA/DPHY/ERS
FINANCE	Adrien	LATMOS/ACRI-ST
FINLEY	Adam	CEA Paris-Saclay
FONTAINE	DOMinique	LPP
FROMENT	Clara	LPC2E
GANNOUNI	Bahaeddine	IRAP
GELLY	Bernard	IRL2009
GÉNOT	Vincent	IRAP
GHISALBERTI	Ambre	LPP
GOURBIN	Pierre	LPC2E

GRITON	Léa	LESIA
HADID	Lina	LPP
HENRI	Pierre	Lagrange / LPC2E
JACQUEY	Christian	IRAP
JANVIER	Miho	IAS
JARRY	Manon	IRAP
KEBBATI	Youssef	LPC2E
KIEOKAEW	Rungployphan	IRAP
KOUTCHMY	Serge	IAP
KOUTROUMPA	Dimitra	LATMOS
KRAFT	Catherine	LPP
KRETZSCHMAR	Matthieu	LPC2E
LAMY	Laurent	LESIA/LAM
LAMY	Philippe	LATMOS
LAVORENTI	Frederico	Lagrange
LAVRAUD	Benoît	LAB
LE	Thi Ngoc Khanh	LPP
LE CONTEL	Olivier	LPP
LEBLANC	François	LATMOS
LEMBEGE	Bertrand	LATMOS
LEMORTON	Joel	ONERA
LILENSTEN	Jean	IPAG

LOMAZZI	Paul	IRAP
LOPEZ ARISTE	Arturo	IRAP
LOUARN	Philippe	IRAP
LOUIS	Corentin	DIAS
MAKSIMOVIC	Milan	LESIA
MANZINI	Davide	LPP
MARCHAUDON	Aurélie	IRAP
MASSON	Sophie	LPP
MAUDUIT	Emilie	LESIA
MAZELLE	Christian	IRAP
MICHOTTE DE WELLE	Bayane	LPP
MIRIONI	Laurent	LPP
MODOLO	Ronan	LATMOS
MUSSET	Sophie	ESA/ESTEC
NGUYEN	Gautier	DGA
NORAZ	Quentin	Dap-AIM/CEA Paris-Saclay
PAIPA	David	LESIA
PARENTI	Susanna	IAS
PARIAT	Etienne	LPP
PELLEGRIN-FRACHON	Théo	LPP
PELOUZE	Gabriel	IAS
PERRI	Barbara	KU Leuven

PIEKARSKI	Tom	LPP
PINCON	Jean-Louis	LPC2E
PLOTNIKOV	Illya	IRAP
POIRIER	Nicolas	IRAP
RENARD	Benjamin	IRAP
RETINO	Alessandro	LPP
REVILLE	Victor	IRAP
RIPOLL	Jean-François	CEA
ROBERT	ELisa	IPAG/SpaceAble
ROUDIER	Thierry	IRAP
ROUILLARD	Alexis P.	IRAP
ROZELOT	Jean-Pierre	Grasse campus
SAHRAOUI	Fouad	LPP
SAVOINI	Philippe	LPP
SCHMIEDER	Brigitte	LESIA
SCHULZ	Alexandre	IRAP
SIMON	Pauline	LPP
STEICHEN	Valentin	LATMOS
STRUGAREK	Antoine	AIM
TURC	Lucile	University of Helsinki
VILMER	Nicole	LESIA
VINOGRADOV	Alexander	LESIA

ZAKA Komenan Zacharie LASMES

Comités d'organisation

Comité d'organisation scientifique

ALEXANDROVA Olga (LESIA) : olga.alexandrova_at_obsmpm.fr

AULANIER Guillaume (LPP), Président : guillaume.aulanier_at_lpp.polytechnique.fr

ANDRE Nicolas (IRAP) : nicolas.andre_at_irap.omp.eu

BIGOT Lionel (Lagrange) : lionel.bigot_at_oca.eu

BLELLY Pierre-Louis (IRAP), Directeur : pierre-louis.blelly_at_rap.omp.eu

BUCHLIN Eric (IAS) : eric.buchlin_at_ias.u-psud.fr

CHAUFRAY Jean-Yves (LATMOS) : Jean-Yves.Chaufray_at_latmos.ipsl.fr

FARGES Thomas (CEA) : thomas.farges_at_cea.fr

HADID Lina (LPP) : lina.hadid_at_lpp.polytechnique.fr

HENRI Pierre (LPC2E) : pierre.henri_at_cnrs-orleans.fr

KOUTROUMPA Dimitra (LATMOS) : dimitra.koutroumpa_at_latmos.ipsl.fr

LILENSTEN Jean (IPAG) : jean.lilensten_at_univ-grenoble-alpes.fr

MAGET Vincent (ONERA) : vincent.maget_at_onera.fr

PARIAT Etienne (LESIA) : etienne.pariat_at_obsmpm.fr

PLOTNIKOV Illya (IRAP) : illya.plotnikov_at_irap.omp.eu

SMETS Roch (LPP) : roch.smets_at_lpp.polytechnique.fr

STRUGAREK Antoine (CEA) : antoine.strugarek_at_cea.fr

Comité d'organisation local

BLELLY Pierre-Louis (IRAP) : pierre-louis.blelly_at_irap.omp.eu

AULANIER Guillaume (LPP) : guillaume.aulanier_at_lpp.polytechnique.fr

GRANAT Dolorès (IRAP) : dolores.granat_at_irap.omp.eu

CHANE-YOOK Martine (IAS) : martine.chane-yook_at_ias.u-psud.fr