

Etude du bruit de fond des spectromètres de particules chargées embarquées sur les sondes planétaires en relation avec les événements solaires

Nicolas ANDRE, IRAP, PEPS (Roche), nicolas.andre@irap.omp.eu, 05 61 55 83 70

Les spectromètres de particules chargées embarquées sur les sondes planétaires contiennent des détecteurs amplificateur de charge électrique (ions, électrons) qui sont également sensibles aux radiations cosmiques (gammas, rayons X, photons ultraviolet).

Lors des tempêtes solaires des éjections de masse coronale (CME) ainsi que des particules solaires énergétiques (SEP) se propagent dans le milieu interplanétaire et impactent les environnements planétaires. Ces événements sont à l'origine d'un bruit de fond voire d'une saturation des détecteurs embarqués sur les instruments spatiaux. Ces signaux parasites peuvent ainsi être repérés et leur étude apporte des informations uniques sur les perturbations du vent solaire, la réponse du milieu planétaire à ces perturbations, ainsi que la sensibilité des détecteurs spatiaux.

L'objectif du stage proposé est d'utiliser les observations des spectromètres embarqués sur les sondes planétaires MESSENGER (étude de Mercure), Venus Express (étude de Vénus), Mars Express et MAVEN (étude de Mars), Rosetta (étude de la comète Churyumov-Gerasimenko), Juno (étude de Jupiter) et Cassini (étude de Saturne) afin dans un premier temps de repérer et de cataloguer les perturbations du vent solaire, puis dans un deuxième temps des les étudier dans un contexte de météorologie spatiale planétaire.

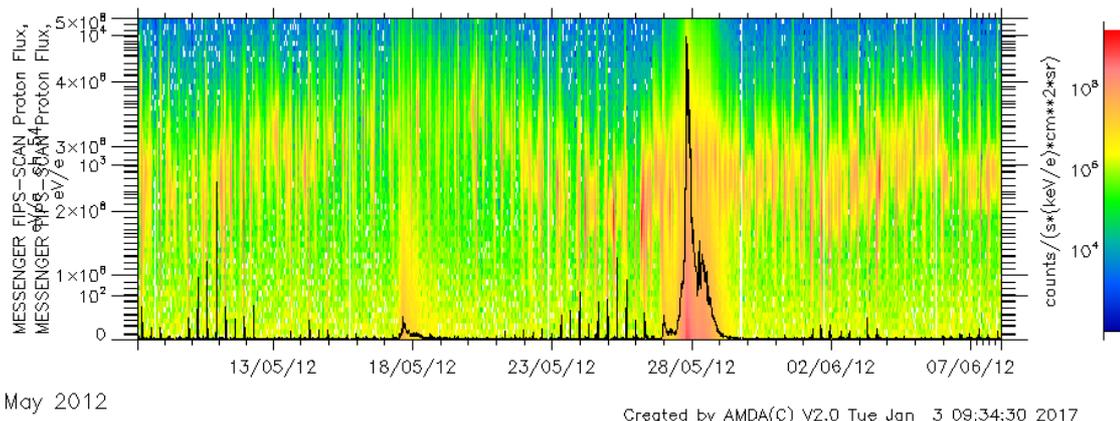


Fig. 1 : Bruit de fond du spectromètre FIPS à bord de la sonde MESSENGER dans l'environnement de Mercure en relation avec des SEPs solaires.

Méthodologie :

- analyse de données observationnelles à l'aide de l'outil AMDA du CDDP (<http://amda.cdpp.eu>)

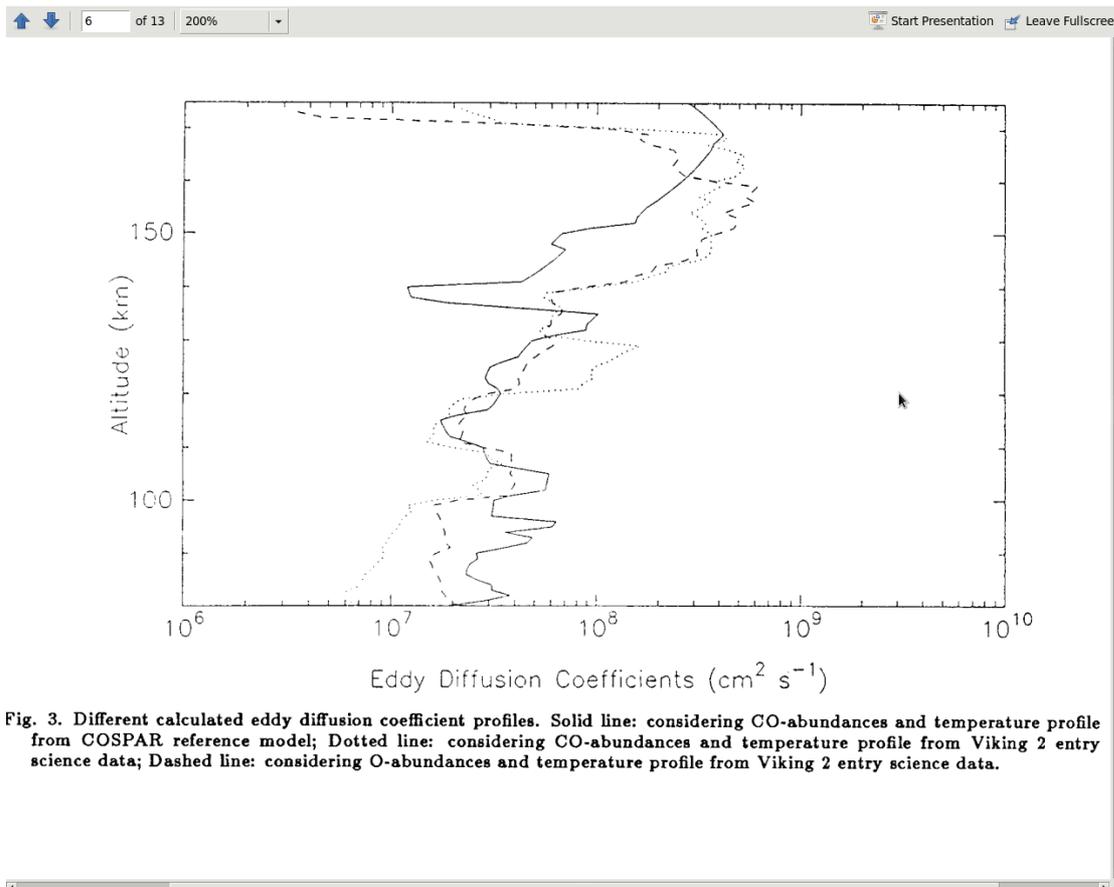
Bibliographie

- Gershman, J., 2015, MESSENGER observations of solar energetic electrons within Mercury's magnetosphere, JGR, doi: 10.1002/2015JA021610

Etude de la diffusion turbulente dans l'atmosphère de Mars

Dominique Toubanc, Groupe PEPS, dominique.toubanc@irap.omp.eu, 05 61 55 85 75

Le transport vertical dans les atmosphères est le résultat de la diffusion turbulente et moléculaire. La connaissance de ces coefficients est primordiale dans l'atmosphère moyenne, ils sont à eux seuls responsables de la composition et de la structure thermique de cette région.



La plupart du temps les profils adoptés sont ad-hoc, parfois les calculs produisent des profils « curieux » comme celui de la figure ci-dessus. Nous proposons d'étudier de manière plus précise la physique sous jacente au coefficient de diffusion turbulente, puis nous essayerons de produire à l'aide d'un code simple de photochimie plusieurs profils pour l'atmosphère de Mars.

Bibliographie

- ❏ Vlasov & Kelley, *Annales Geophysicae*, 33, 857–864, 2015
- ❏ Liu, *GRL* 36, L08806, 2009
- ❏ Rodrigo et al. *Atmosfera*, 3, 31, 1990

Modélisation des ionosphères exoplanétaires

Frédéric Pitout, Irap (GPPS, site Roche) ; frederic.pitout@irap.omp.eu ; 05 61 55 67 02

L'ionosphère est la partie partiellement ionisée des hautes atmosphères planétaires. Elles sont produites essentiellement par photoionisation due au rayonnement ultraviolet extrême (EUV) stellaire et plus localement par précipitation de particules chargées (qui donnent naissance aux aurores polaires). L'équipe « ionosphère » de l'Irap développe depuis de nombreuses années des codes de simulation pour décrire l'ionosphère terrestre. Ces codes ont été plus récemment adaptés à d'autres planètes du système solaire (Vénus, Mars, Jupiter et Saturne). Le but de ce PIR est d'envisager le cas plus général d'une planète extrasolaire.



Fig. 1 : vue d'artiste de HD 189733b et de son atmosphère

Nous proposons dans un premier temps de réfléchir aux paramètres clés qui interviennent dans la formation et la dynamique de l'ionosphère d'une planète, et de procéder à une étude bibliographique sur l'état de l'art en matière d'observation de ces paramètres. Les méthodes classiques de détection des exoplanètes (transit photométriques et vélocimétrie) nous donnent relativement facilement des paramètres physiques comme la taille, la distance à l'étoile et la période de révolution des planètes mais est-ce suffisant ?

Ensuite, pour commencer simplement et préfigurer au cas plus général, nous pourrions considérer la Terre comme une exoplanète : nous ferons varier les paramètres trouvés pour en saisir les influences sur l'état et la dynamique de son ionosphère.

Bibliographie

- ☒ Chadney, J.M., M. Galand, T. T. Koskinen, S. Miller, J. Sanz-Forcada, Y. C. Unruh, R. V. Yelle (2016), EUV-driven ionospheres and electron transport on extrasolar giant planets orbiting active stars, *A&A* 587 A87, doi: 10.1051/0004-6361/201527442
- ☒ Marchaudon, A., and P.-L. Blelly (2015), A new interhemispheric 16-moment model of the plasmasphere-ionosphere system: IPIM, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 120, 5728–5745, doi:10.1002/2015JA021193.

Flèche du temps

Arturo López Ariste, IRAP, PS2E (Belin), Arturo.LopezAriste@irap.omp.eu, 05 61 33 47 16

Les mesures faibles, proposées par Aharonov et autres, tentent d'observer une fonction d'onde quantique sans pour autant provoquer son effondrement dans l'un de ses états propres. Ces mesures ont deux attraits immédiats: Le premier d'ordre pratique: elles permettent une amplification considérable d'un signal donnée. Grâce à de telles amplifications des effets considérés auparavant comme non-observables deviennent mesurables. Le deuxième est que le processus de mesure peut être interprété de deux façons radicalement différentes: Comme le résultat d'une interférence extrêmement subtile, délicate et improbable, ou comme le renversement de la flèche du temps entre deux mesures fortes (celles plus habituelles qui effondrent la fonction d'onde).

Malgré l'audace de la deuxième explication, aucune expérience permet aujourd'hui de la prouver erronée ou correcte.

Dans ce projet nous allons refaire l'expérience de mesure faible de Ritchie et al. (1991) en vraie et dans l'ordinateur et comparer les observations avec les prédictions. Les mesures nous permettront de déterminer l'inclinaison d'un faisceau laser à quelques secondes d'arc de précision à travers de mesures polarimétriques. Dans le processus nous nous demanderons sur la flèche du temps que, dans la table optique sera renversée pendant 1 ns, de croire la deuxième explication.

Le stage demande de petites connaissances en programmation (python de préférence), de connaissances basiques sur la polarisation de la lumière et sur la mécanique quantique et une dose d'audace dans l'esprit.

Bibliographie

- Ritchie, Story, Hulet. "Realization of a Measurement of a Weak Value". *Physical Review Letters* 66, 1107 (1991)
- Aharonov, Albert, Vaidman "How the Result of a Measurement of a Component of the Spin of a Spin-1/2 particle can turn out to be 100". *Physical Review Letters* 60, 1351 (1988)

Etude de la distribution des vitesses à la surface du soleil et des implications dans la diffusion du champ magnétique.

Thierry Roudier, Irap (Toulouse),

thierry.roudier@irap.omp.eu,
05 61 33 28 16

Le Soleil est un système dissipatif hors de l'équilibre, soumis à un flux d'énergie qui provient de son noyau. Les mouvements convectifs qui sont des structures de température et de vitesse montrent une évolution temporelle et spatiale. En conséquence, les structures de la photosphère sont généralement considérées comme la manifestation directe des mouvements turbulent-convectifs du plasma. Ce plasma qui s'écoule dans la photosphère régit les mouvements des éléments magnétiques visibles sur la surface du Soleil. La diffusion de ces éléments magnétiques à la surface est très important pour la compréhension du mécanisme du cycle solaire. Ces éléments magnétiques sont disposés en motifs typiques présentant diverses échelles spatiales. Les magnétogrammes haute résolution de la surface solaire (Figure 1, à droite) révèlent la présence de régions magnétiques de l'ordre de 30 000 km délimitant la supergranulation.

L'objectif du stage est de caractériser la diffusion du champ magnétique en surface par l'étude de la distribution des amplitudes des vitesses de surface (V_{ϕ} , V_{θ}) (Figure 1, à gauche) et de leurs divergences (Figure 1, au centre) en longitude et latitude, et aussi au cours du temps. Une exploration de l'espace des paramètres (fenêtres spatiales et temporelles) pourra aussi être faite. Les données ont été obtenues à partir du satellite HMI/SDO.

Biblio :

van Driel-Gesztelyi, L. Green, Lucie May Living Reviews in Solar Physics, Volume 12, Issue 1, article id. 1, pp. (voir chapitre : 6.1.1 Evolution of the magnetic field)
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F1rsp-2015-1.pdf>

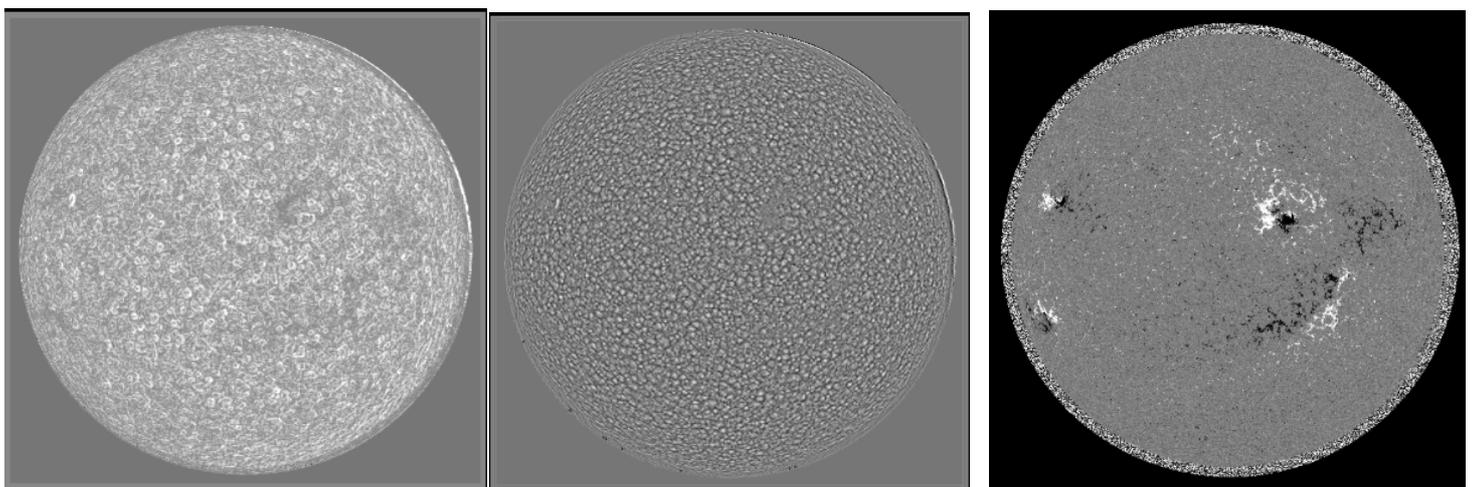


Figure 1 : soleil entier. A gauche, amplitude des vitesses V_{ϕ} et V_{θ} ; au centre divergences, à droite champ magnétique longitudinal.

Minimisation des paramètres physiques de raies en absorption avec Python

Emmanuel Caux, IRAP, MICMAC (Roche), emmanuel.caux@irap.omp.eu, 0561556689

Un problème récurrent en spectroscopie en astrophysique est de modéliser les profils de raies en émission ou en absorption pour déterminer les conditions physiques des milieux astrophysiques émettant ces raies.

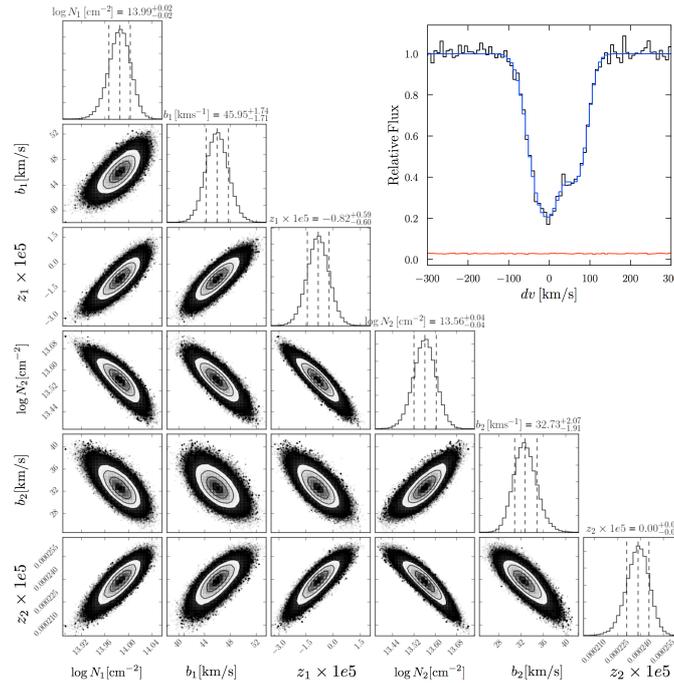


Figure 3. This figure shows the posterior distributions Voigt profile fit of a synthetic spectrum. This shows that a 2-component model is a good fit to the data. Note also the parameters of the two Voigt profiles are correlated.

La Figure ci-dessus (en haut à droite) montre un spectre typique d'absorption (en noir) et le résultat de la modélisation en utilisant le package BayesVP (Liang C.J. & Kravtsov V. 2017, <https://arxiv.org/abs/1710.09852>) qui prend en charge l'adaptation simultanée de plusieurs composants d'absorption dans un espace de paramètres de grande dimension. Le logiciel CASSIS, développé à l'IRAP (<http://www.cassis.irap.omp.eu>) permet aussi de faire cette minimisation avec un script Jython.

Dans un premier temps, le but de ce projet d'initiation à la recherche est de tester ce package BayesVP (les différentes étapes à suivre pour l'utiliser sont décrites dans la publication) sur des données réelles qui seront fournies aux étudiants, et de comparer les résultats à la minimisation obtenue avec CASSIS.

Dans un second temps, il sera demandé d'étendre les possibilités de BayesVP à la minimisation simultanée de raies en absorption en provenance de deux (ou plus) atomes ou molécules différents observés par un même instrument sur une source astrophysique.

Bibliographie

- Liang C.J. & Kravtsov V. “BayesVP, a Bayesian Voigt profile fitting package” 2017, submitted to MNRAS
- CASSIS, <http://www.cassis.irap.omp.eu>

L'origine des halos gamma de haute énergie autour des pulsars

Pierrick MARTIN, IRAP, groupe GAHEC (site Roche)
pierrick.martin@irap.omp.eu, 05 61 55 76 22

Les pulsars produisent naturellement des paires électrons-positrons et semblent en mesure de les accélérer jusqu'à des énergies ultra-relativistes ($\sim 100\text{TeV}$). Ces particules sont libérées dans le milieu interstellaire, contribuent au phénomène qu'on appelle rayonnement cosmique, et engendrent une émission gamma de très haute énergie. La manière dont les particules s'échappent de la source est cependant mal comprise.

Récemment, l'observatoire gamma HAWC a détecté des halos de très grande taille autour de deux pulsars proches. Cette observation permet de mieux comprendre le transport des particules au voisinage de leurs sources. L'objectif du projet est de modéliser les halos gamma observés et de tester plusieurs hypothèses quant au mode de transport.

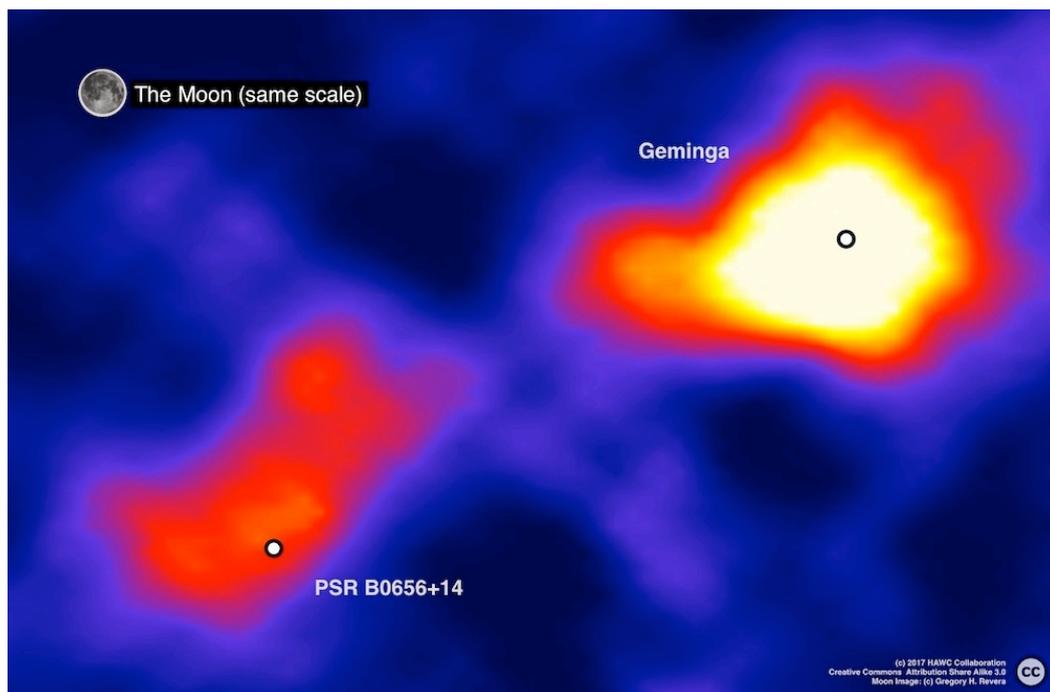


Fig. 1 : Carte du ciel vue par HAWC, dans la région de deux pulsars proches

Bibliographie

- ☒ Abeysekara et al., 2017, Science, Volume 358, Issue 6365, pp. 911-914