

# Simulations de l'environnement de Mercure pour l'analyse des mesures électrons de BepiColombo

Keywords: #Mercure, #BepiColombo, #magnetosphere, #plasma physics, #numerical simulations

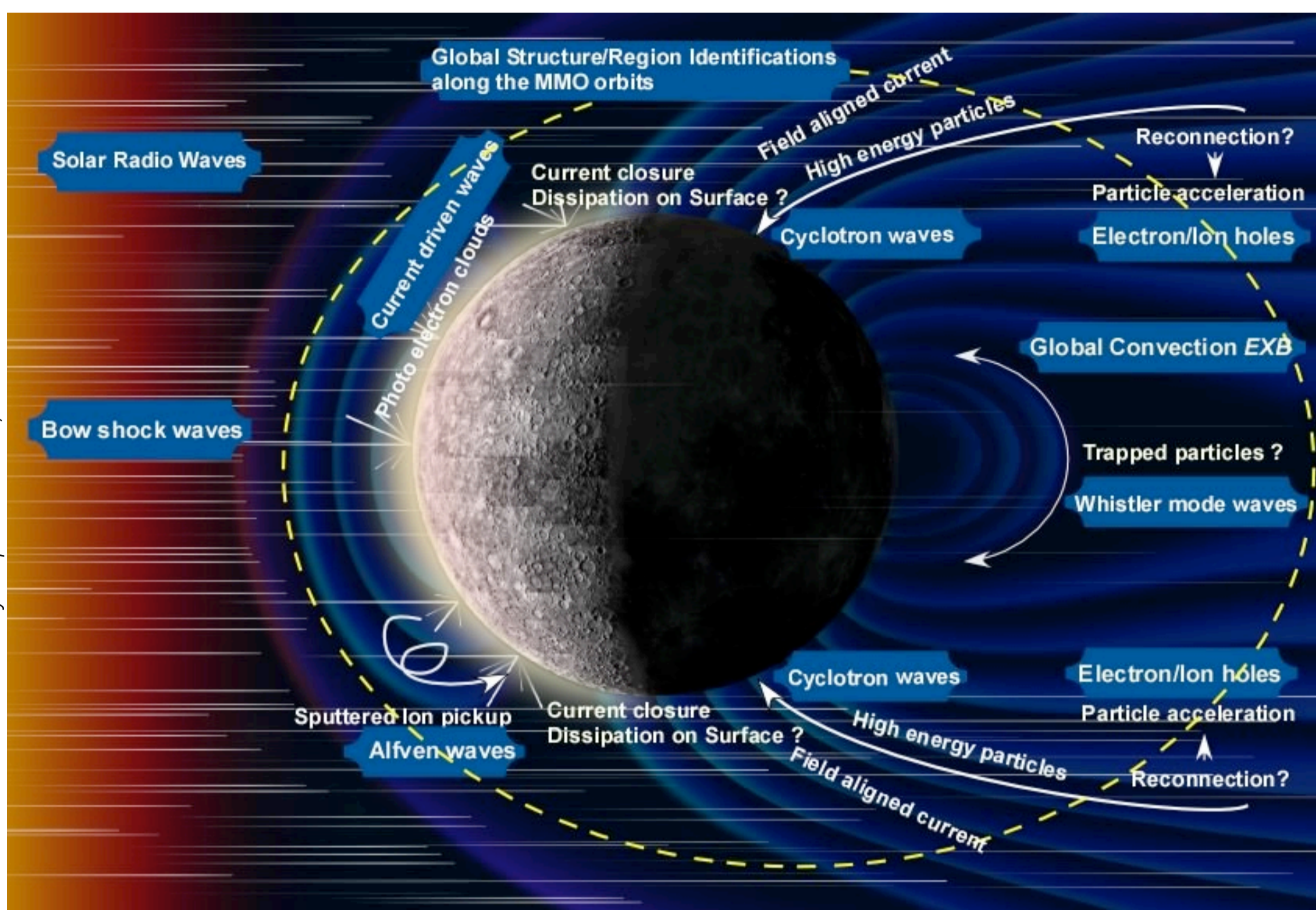


## La magnétosphère de Mercure, laboratoire unique de physique des plasmas et de planétologie

Le champ magnétique intrinsèque de Mercure a été découvert pour la première fois lors du survol de la planète par la sonde Mariner 10 en 1974.

La magnétosphère hermétique, **la seule magnétosphère planétaire à avoir la même échelle de longueur (côté jour) que la planète elle-même**, a été explorée par la mission MESSENGER (Nasa) (voir par exemple Solomon et al. 2018, chapitres 16 et 17) et attend maintenant les deux sondes complémentaires de **BepiColombo** (Esa/Jaxa) pour être explorée avec une **instrumentation plasma** plus complète et des observations coordonnées (Milillo et al. 2020).

La magnétosphère de Mercure est comparable à celle de Ganymède.



from Kasaba et al. Planetary & Space Science, 2010

## Qui suis-je?

Je suis **maîtresse de conférences à Sorbonne Université**, chercheuse à **l'Observatoire de Paris (LESIA)**, au pôle Héliosphère et Plasmas astrophysiques depuis Septembre 2021.

A Sorbonne Université, j'ai créé un atelier de recherche encadré autour de la spirale de Parker et de l'analyse de données spatiales avec AMDA (CDPP) à l'UFR de physique en L1. J'enseigne l'orientation professionnelle en L3, la planétologie en M1 et la physique des plasmas à l'école doctorale ED127.

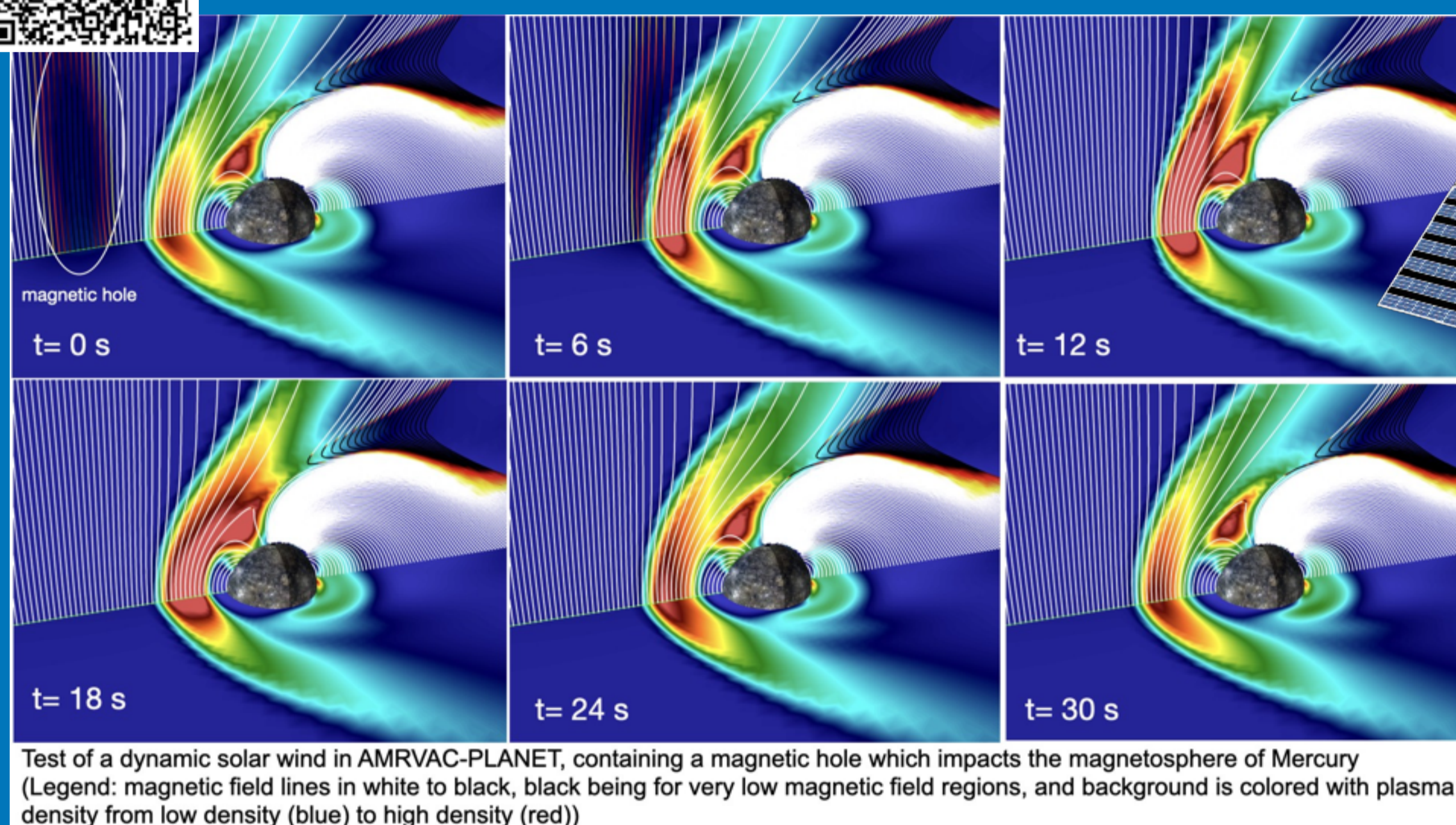
Côté recherche, je travaille sur le développement du code AMRVAC\_PLANET de simulation MHD de magnétosphères planétaires avec Filippo Pantellini, avec qui je co-encadre la thèse d'Ahmed Houeibib. Je suis Co-I de SORBET, l'instrument du LESIA à bord de la sonde japonaise de **BepiColombo** (PI : Karine Issautier) et Co-I du logiciel de bord de la sonde mère (PI : Milan Maksimovic) de **Plasma Observatory** (Phase A de l'ESA, PI : M.F. Marcucci, INAF, et A. Retinò, LPP, France).

En 2024, je suis membre suppléante de la section 34 du CNU, titulaire au conseil scientifique de l'INSU et co-coordinatrice du pôle HPA au LESIA.

## Des simulations...

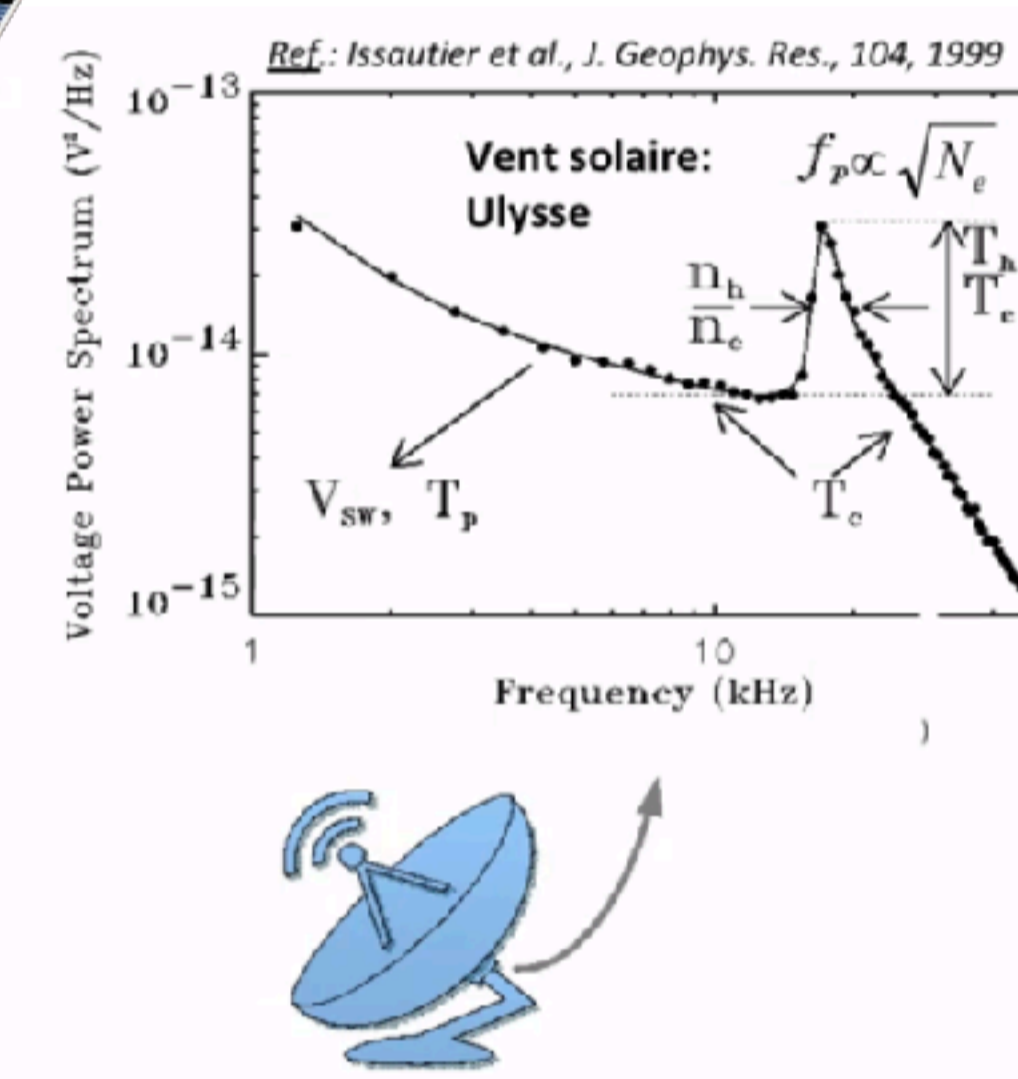
PLANET\_MAG\_AMRVAC (by F. Pantellini) est un code qui simule numériquement l'interaction d'un vent stellaire supersonique avec la magnétosphère d'une planète magnétisée. Le code peut être appliqué au cas d'un vent solaire interagissant avec Mercure, la Terre ou l'une des planètes géantes du système solaire. Le code est flexible et peut être utilisé pour simuler l'interaction d'un **vent stellaire générique** avec la **magnétosphère** d'une **exoplanète** arbitraire.

Ce code a fait partie de l'exercice de comparaison de codes plasma globaux de Mercure : Aizawa et al., PSP, 2021



Test of a dynamic solar wind in AMRVAC-PLANET, containing a magnetic hole which impacts the magnetosphere of Mercury (Legend: magnetic field lines in white to black, black being for very low magnetic field regions, and background is colored with plasma density from low density (blue) to high density (red))

## ... aux données QTN de BepiColombo !



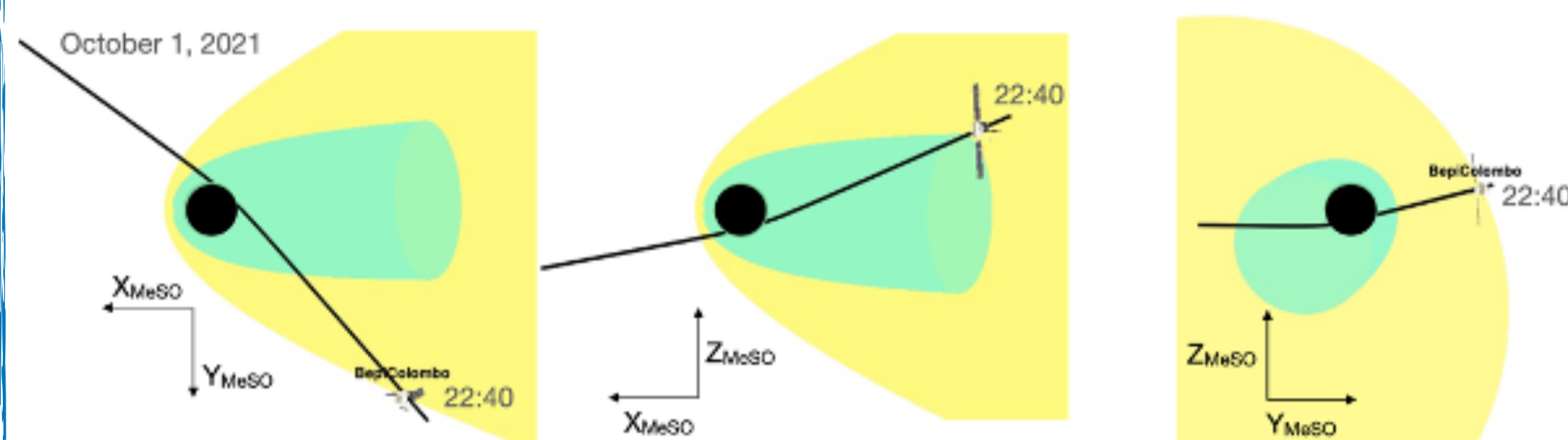
From K. Issautier, séminaire de pôle, 2022

- Pic de résonance proche de la fréquence de plasma locale → **densité précise**
- Forme du pic dépend de la FDU des électrons → **paramètres suprathermiques** + ensemble du spectre → **température**
- Spectre à basse fréquence: contribution des protons décalés Doppler par la vitesse du vent solaire + contribution du bruit d'impact.

Griton et al, A&A, 2023



## Quelques mesures en phase de croisière pour tester la comparaison simulations vs données radio

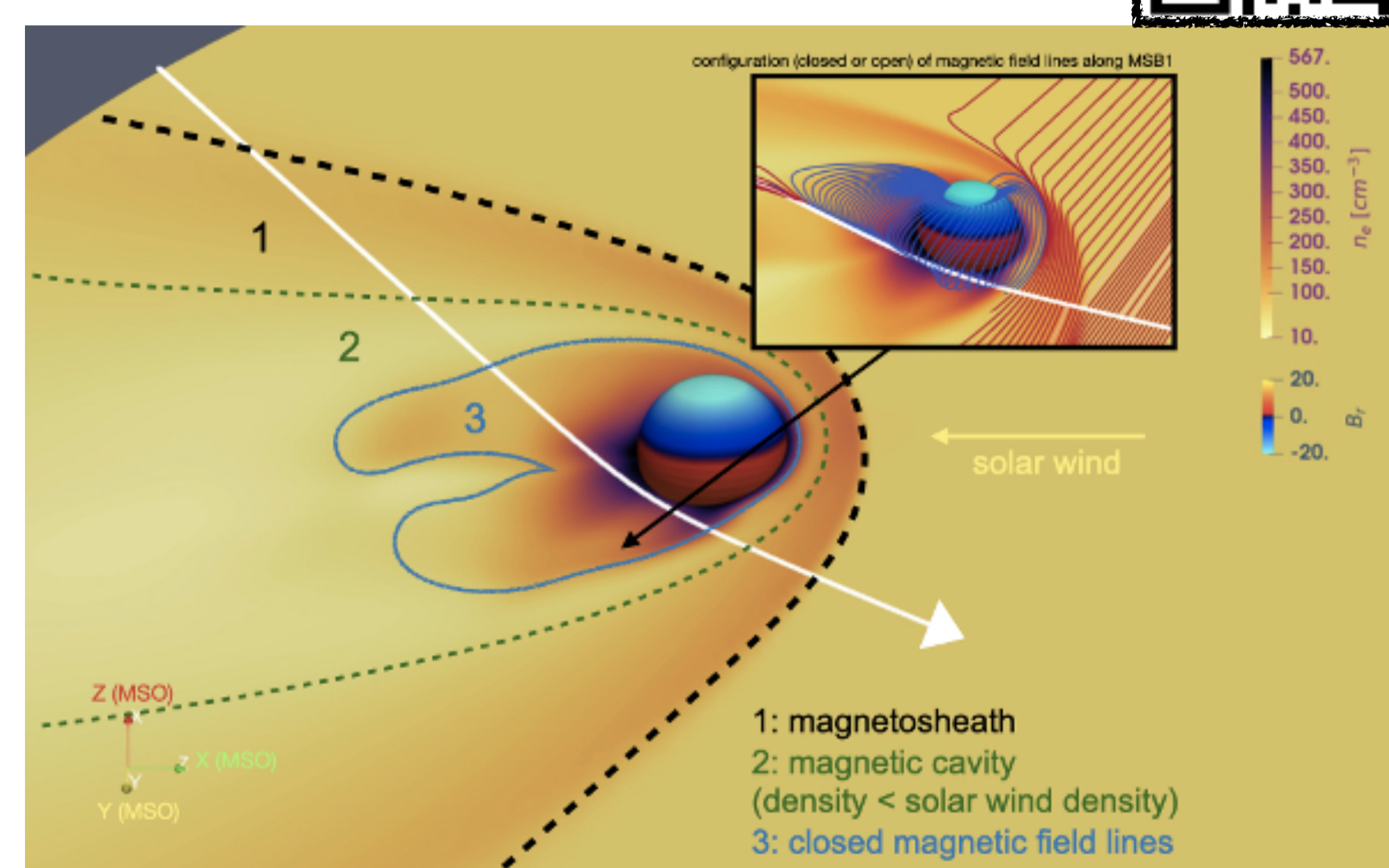
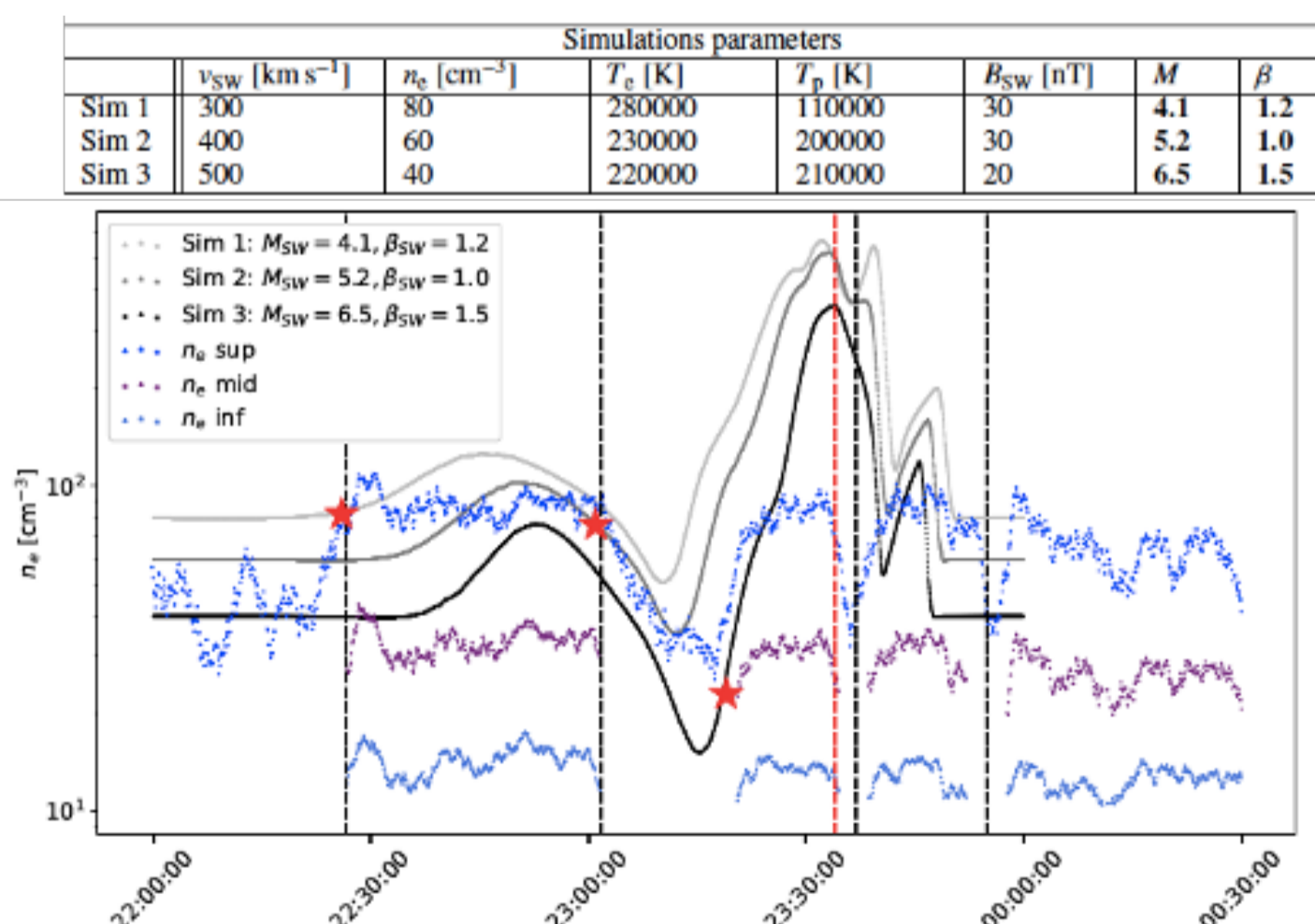


Pour le premier survol de Mercure par BepiColombo (MSB1), avec le récepteur SORBET connecté à l'antenne WPT repliée, nous avons pu, par une méthode simplifiée utilisant les spectres enregistrés par SORBET, encadrer les valeurs possibles de la densité électronique.

Nous fournissons une estimation de la densité à l'intérieur d'une barre d'erreur fiable. Notons que le bruit quasi-thermique des électrons que nous pouvons exploiter est minuscule, à la limite de la sensibilité de Sorbet+préampli, et que la méthode ne peut rendre compte que de **grandes variations de la densité**. Cela est principalement intéressant pour déterminer les limites nettes (baisse et hausse) dans le plasma rencontré le long de l'orbite de BepiColombo.

Nous avons réalisé des simulations MHD 3D avec différentes valeurs pour les nombres de Mach du vent solaire et le plasma  $\beta$  par rapport au profil de la densité d'électrons, et identifier les limites.

Sur la partie entrante du premier survol, une bonne correspondance est trouvée entre les données SORBET et les simulations MHD, révélant la réorganisation rapide de la magnétosphère de Mercure dans un vent solaire variable.



Cette étude met également en évidence le rôle essentiel de la densité électronique dans la détection future des limites de la magnétosphère de Mercure.

## BepiColombo déploie ses deux sondes autour de Mercure fin décembre 2025 ! Be ready!



Collaborations avec les instruments français plasma/ champ magnétique de BepiColombo



2,5 propositions de thèse (en attente de financements ANR JCJC, CNES, IPI, ministère) pour 2024-2027



Collaboration avec l'équipe de Caítriona Jackman au DIAS pour détecter les frontières de la magnétosphère de Mercure avec du machine learning (2 publications en cours de revue)



Collaboration avec W. Exner (ESA research fellow) et Daniel Heyner (PI du magnétomètre européen de BepiColombo, TU Braunschweig) (1 publication en cours de revue)

