

Invitation à la soutenance d'Habilitation à Diriger des Recherches

**MODELISATION ET SIMULATION DES INTERACTIONS PLASMA SURFACE
– APPLICATION A L'ENVIRONNEMENT SPATIAL**

*Numerical modeling and simulation of plasma surface interactions
- Application to the Space environment*

Pierre SARRAILH

Jeudi 20 Février 2025 à 14h00
ONERA – Centre de Toulouse
Auditorium Caroline Aigle

Devant le jury composé de :

Khaled HASSOUNI	LSPM, Université Sorbonne Paris-Nord	Rapporteur
François LEBLANC	LATMOS, Sorbonne Université	Rapporteur
Tiberiu MINEA	LPGP, Université Paris-Saclay	Rapporteur
Marie-Hélène VIGNAL	IMT, Université de Toulouse	Examinatrice
Richard FOURNIER	LAPLACE, Université de Toulouse	Examineur
Laurent GARRIGUES	LAPLACE, Université de Toulouse	Examineur

Résumé

Au cours de la plupart des missions spatiales, les engins spatiaux sont soumis à de nombreuses contraintes liées à l'environnement spatial. En particulier, l'environnement plasma peut conduire à des niveaux élevés de charge électrique en raison des interactions des particules chargées avec les matériaux de surface ou internes. Ces particules proviennent de l'environnement spatial naturel ou bien d'un environnement plasma secondaire (ou induit) lié à des sources de particules telles que les propulseurs plasma ou les émetteurs d'ions. On considère généralement que les électrons et les ions dont l'énergie est comprise entre une fraction d'eV et quelques centaines de keV sont responsables des phénomènes de surface sur un satellite. Ces particules sont collectées sur les surfaces externes créant une détérioration de la propriété électrostatique de l'engin et des dégradations des propriétés des matériaux de surface. Dans des cas extrêmes, ces phénomènes sont susceptibles de mener à des pertes de puissances importantes mettant en péril l'objectif de la mission et à des décharges électrostatiques potentiellement responsables de la perte du satellite. Le dernier événement officiellement recensé est la perte du satellite de télécommunication Boeing Intelsat 29E en 2019

potentiellement attribuée à une décharge électrostatique liée à l'environnement spatial ou à un impact de micrométéorite.

Le sujet de l'environnement chargeant est d'autant plus d'actualité qu'il est un enjeu de la compétitivité européenne et que le spatial est en pleine transformation avec le New Space, l'intégration de la propulsion électrique sur les plateformes qui entraîne une montée en puissance et en tension des panneaux solaires, l'apparition des technologies de panneaux souples, la montée en orbite électrique faisant traverser des environnements plasma diverses, les nouveaux venus avec des concepts mission innovants (servicing, docking, etc.) ou low cost, et les missions scientifiques en environnement extrême (JUICE, missions lunaires, etc.).

Depuis mon arrivée à l'ONERA il y a 15 ans, je me suis consacré à comprendre la physique de ces phénomènes d'interactions plasma avec les engins spatiaux. J'ai ainsi pu proposer de nouvelles modélisations et encadrer des travaux de thèses permettant de mieux prédire la charge électrostatique des satellites, le seuil de déclenchement des décharges électrostatiques, la propagation de ces décharges, la charge interne créée par les électrons de haute énergie, les effets de panaches des propulseurs électriques et l'effet multipactor dans les composants haute fréquence. Les modèles développés ainsi que les nombreux cas de simulations réalisés m'ont permis de développer une expertise dans l'évaluation du risque électrostatique dans le contexte de nombreuses missions spatiales pour le compte de laboratoires académiques, d'agences et d'industriels du spatial.

Au-delà de la modélisation physique, la simulation numérique multi-échelle et le développement du cœur numérique de [SPIS](#) ont constitué une grande partie de mon activité. SPIS n'a pas été qu'un outil de simulation numérique, mais il a constitué un laboratoire d'essais pour diverses tentatives de modélisation et de nouvelles méthodes de résolution numérique allant de méthodes avancées utilisant des pas de temps multiples, de méthodes de backtracking, la méthode patch, le PIC perturbatif, l'utilisation de méta-modèles et le couplage de code. Utilisé dans le cadre d'études, il a permis de simuler de nombreux cas allant de la perturbation des mesures de détecteurs de particules sur Solar Orbiter jusqu'à la simulation du décollage de poussières autour d'un rover lunaire. Open source depuis sa création il y a 25 ans, il s'est imposé comme une référence en Europe et est utilisé dans le monde entier ; son développement et son animation scientifique se font dans le cadre du réseau SPINE (Spacecraft Plasma Interactions Network in Europe) et il a été le moteur de ma participation au laboratoire ONERA [LMA2S](#).

Mots clés

Environnement spatial, Plasma, Décharges électrostatiques, Modélisation, Multi-échelle

Lien visioconférence : <https://rdv.onera.fr/HDRPierreSarrahilh>