

Hubert HALLOIN

Adresse permanente : 140 rue Paul Vaillant Couturier
94140 Alfortville
Tél : 09 50 47 16 50
Mobile : 06 72 69 30 47

Adresse professionnelle : APC – Université Paris Diderot
10 rue Alice Domon et Léonie Duquet
75205 Paris Cedex 13
Tél : +33 1 57 27 60 76
Fax : +33 1 57 27 60 71
E-mail: hubert.halloin@apc.univ-paris-diderot.fr

Date de naissance : 29 Mars 1977
Nationalité : Française

Cursus

- Sept. 2005- Maître de Conférences à l'Université Paris Diderot, au sein du laboratoire APC (AstroParticule et Cosmologie)
- 2004-2005 Post-doctorat au Max Planck Institut für Extraterrestrische Physik (Garching bei München, Allemagne) : participation à l'analyse des données INTEGRAL/SPI (émissions galactiques diffuses).
- Oct. 2004 Obtention du Prix Ozenne 2004 de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles Lettres de Toulouse (travaux de thèse sur le projet CLAIRE : développement de la première lentille gamma spatiale).
- Déc. 2003 Obtention du titre de Docteur de l'Université Paul Sabatier de Toulouse III, mention très honorable. Thèse (« CLAIRE : Premières lumières d'une lentille gamma ») soutenue le 18 décembre 2003 au C.E.S.R (Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements) à Toulouse.
- 2000-2003 Préparation de thèse au Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements (C.E.S.R, Toulouse) sous la direction de M. Peter von Ballmoos, au sein de l'École Doctorale « Sciences de l'Univers, de l'Environnement et de l'Espace » (Université Paul Sabatier)
- Oct. 2000 Obtention du diplôme d'ingénieur de l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace (SUPAERO), spécialisation en imagerie spatiale à Toulouse
- Juin 2000 Obtention du DEA « Astrophysique, Planétologie, Sciences et Techniques Spatiales », mention bien à Toulouse
- 1997-2000 Étudiant à l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace (SUPAERO)

Résumé des principales activités de recherche

Ingénierie système pour LISA

Avec la sélection de LISA comme mission L3 de l'Agence Spatiale Européenne, une intense phase de validation du concept instrumental (Phase A) est en cours. En lien avec la contribution envisagée pour la France (Centre de traitement de données et AIVT), un travail conséquent est en cours pour consolider le modèle de performance, proposer les processus d'AIVT et vérifier la cohérence et l'adéquation scientifique des concepts proposés pour les différents sous-systèmes (Soutien en ingénierie système auprès de l'ESA).

Développement d'un simulateur électro-optique des signaux interférométriques de LISA

En raison du grand nombre de systèmes participant à la mesure interférométrique, une approche 'système' avec la simulation de signaux représentatifs de la mission LISA est nécessaire. L'expérience LOT (LISA On Table) a pour but de mettre en place un banc de tests interférométriques, simulant la propagation des bruits lasers sur 2,5 Mkm. Ce système permet de valider les algorithmes de réduction de bruit (interférométrie retardée notamment) en présence d'un système d'acquisition réaliste.

Facilité de tests pour mesures électroniques à bas bruits, basses fréquences

La caractérisation fine de composants électroniques à basses fréquences (en deçà de quelques mHz) est délicate en raison des variabilités thermiques naturelles à ces fréquences. La qualification de ces composants est cependant nécessaire pour la conception des satellites LISA. L'APC a donc récemment mis en place une salle dédiée à ces mesures, avec des équipements spécifiques (bain thermalisé, cage de Faraday, etc.). Ces équipements de mesure de tension seront complétés par la réalisation d'un système de distribution de fréquences RF ultra-stables, issu de l'implication du laboratoire dans l'EquipEx REFIMEVE+.

Développement de techniques de stabilisation en fréquence laser sur raie moléculaire pour applications spatiales

Le développement d'interféromètres à longue base dans l'espace (tels LISA ou Grace-FO) exige des lasers stabilisés en fréquence. La possibilité d'utiliser une raie moléculaire de l'iode comme référence de fréquence laser pour LISA a été démontré au laboratoire APC en 2010.

Développement d'un système de lecture optique pour sismomètres planétaires

En collaboration avec l'IPGP et dans le cadre du LabEx UnivEarthS, la conception d'un système de lecture interférométrique pour les sismomètres planétaires très large a été engagée. Ces sismomètres partagent avec LISA une même bande de fréquence (et donc des sources de perturbations similaires) et des performances métrologiques proches (de l'ordre du pm/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ou moins). L'objectif de ce projet est d'améliorer la sensibilité des capteurs de déplacement (aujourd'hui des senseurs capacimétriques) d'un facteur 10 à 100, tout en offrant un système moins complexe. Ces travaux ont fait l'objet d'une thèse co-encadrée entre APC et IPGP.

Responsabilités pédagogiques

Depuis mon recrutement à l'Université Paris Diderot, j'ai eu évidemment l'occasion d'enseigner en TP, TD et cours dans différentes matières, telles que physique expérimentale, électronique, physique des lasers, méthodes numériques, encadrement de projets ingénieur, etc.

Parmi ceux-ci, j'ai proposé, mis en place et assuré la responsabilité pédagogique des cours suivant :

Algorithmique et Programmation : L3 Physique - 2008-2009 à 2013-2014

Le but de ce cours est de fournir aux étudiants de méthodes de base de résolution numérique de problèmes physique (équations différentielles, interpolation, intégration, etc.) avec leur implémentation en langage Python.

Mécanique Céleste et orbitographie : M1 USTH – Depuis 2013-2014

Ce cours se déroule à l'Université des Science et Technologie de Hanoï, dans le master SPACE, co-habilité par l'Université Paris Diderot. J'y assure 20h de cours sur les bases de la mécanique céleste et son application à l'orbitographie satellitaire.

Télécommunications spatiales : M2 OSAE – Depuis 2015-2016

L'objectif de ce cours du Master Pro 'Outils et Système de l'Astronomie et de l'Espace' est de donner aux étudiants les bases théoriques et pratiques de conception et de dimensionnement des liaisons radiofréquence entre une station sol et un engin spatial.

Science et systèmes spatiaux : L3 Physique – Depuis 2015-2016

Cet UE libre, ouverte à tous mais principalement destinée aux étudiants en L3 de physique, est un cours d'introduction à l'ingénierie spatiale, passant rapidement en revue les principales technologies, contraintes et méthodes de dimensionnement des systèmes spatiaux. Un focus particulier est mis sur les missions scientifiques.

Co-encadrement de thèses

Stabilisation de fréquence d'un laser Nd:YAG sur une transition de la molécule de di-iodé (I_2) pour la mission spatiale LISA :

La démonstration de la stabilisation en fréquence d'un laser Nd :YAG sur la molécule de diiode a fait l'objet d'une thèse soutenue en décembre 2010 par Mlle Bérengère Argence. J'ai co-encadré ces travaux de thèse effectués sous la direction de M. E. Plagnol (APC).

Développement et exploitation d'un simulateur électro-optique pour le futur détecteur spatial à ondes gravitationnelles eLISA:

Le LOT (LISA On Table) est un dispositif optique et électronique permettant de générer des signaux représentatifs de la mission LISA. La mise en place de ce dispositif et les premières expériences ont été effectuées pendant la thèse de M. Pierre Grüning. Par dérogation (ADT), j'ai été autorisé à diriger cette thèse, soutenue en décembre 2015.

Amélioration et exploitation d'un simulateur électro-optique du détecteur spatial d'ondes gravitationnelles LISA:

Cette thèse est la suite de la précédente, portant sur l'amélioration du système (passage sous vide) et une exploitation scientifique plus poussée. J'ai co-encadré cette thèse, placée sous la direction de M. Matteo Barsuglia (APC). La soutenance a eu lieu en avril 2019.

Instrumentation sismologique spatiale : Fonction de transfert du sismomètre 6 axes InSight et développement d'un capteur de déplacement picométrique par interférométrie :

En 2014, nous avons entamé avec l'Institut de Physique du Globe une activité conjointe de développement d'une nouvelle génération de lecture optique interférométrique pour sismomètre, associé à la modélisation et l'exploitation des résultats du sismomètre (SEIS) de la mission martienne InSight (actuellement sur Mars). Ces travaux ont constitué le sujet de thèse de Mlle Lucile Fayon, thèse dirigée par M. Philippe Lognonné (IPGP, responsable scientifique de SEIS). Les techniques utilisées étant similaires à celles de la mission LISA, je me suis investi dans cet thèse en tant que co-encadrant, avec le développement d'un prototype de capteur à l'APC. Cette thèse a été soutenue en avril 2018.

Simulation and Experimental Characterization of the Scintillation Detector for IGOSat :

IGOSat est le projet nanosatellite étudiant de l'Université Paris Diderot, dont je suis le responsable scientifique (cf. ci-dessous). En partenariat avec l'Université des Sciences et Technologies de Hanoï (USTH), M. Hien Phan a bénéficié d'une bourse du gouvernement vietnamien pour effectuer sa thèse sur le développement de la charge utile 'hautes énergies' du satellite. J'ai assuré le co-encadrement de cette thèse dirigé par M. Philippe Laurent (APC, resp. scientifique de ce détecteur). La soutenance a eu lieu en janvier 2019.

Projet nanosatellite étudiants à l'Université Paris Diderot

En 2012 et dans le cadre du LabEx UnivEarthS, un projet de conception, réalisation, lancement puis exploitation d'un nanosatellite étudiant a été mis en place, principalement porté par les laboratoires APC et IPGP et fortement soutenu par le CNES. L'idée était de bâtir une offre pédagogique originale autour d'un projet fédérateur, motivant et de haut niveau. Je suis le responsable scientifique et principal coordinateur, avec le chef de projet Mme Hana Benhizia, de ce projet à l'Université. Ce projet s'inscrit d'autre part dans le programme CNES JANUS (Jeunes en Apprentissage pour la réalisation de Nanosatellites au sein des Universités et des écoles de l'enseignement Supérieur), qui co-finance son développement.

La plateforme satellite choisie est un cubesat 3 unités (i.e. d'une taille de 10x10x30 cm et une masse totale limitée à 4 kg). Après une première phase d'appel à projets au sein des laboratoires, la charge utile scientifique retenue est en fait double :

- ✓ Détection des gammas et des électrons de haute énergie dans les cornets polaires et l'anomalie de l'Atlantique Sud
- ✓ Mesure du contenu électronique total (TEC) de l'ionosphère par occultation des signaux GPS

L'orbite du satellite devrait donc être (quasi)-polaire à une altitude de l'ordre de 650 km (dépendant des opportunités de lancement). Ces deux objectifs scientifiques permettront à la fois la qualification spatiale de nouveaux types de détecteurs (scintillateur CeBr3 et matrice de lecture à photodiodes à avalanche), l'amélioration des cartographies existantes en rayonnements gamma et TEC et enfin l'étude des corrélations possibles entre l'activité dans les ceintures de radiations (tracées par le flux d'électrons de haute énergie) et le taux d'ionisation de l'ionosphère.

Évidemment, au-delà de l'aspect scientifique, le premier but de ce projet est pédagogique, en formant des étudiants aux techniques spatiales et à la gestion d'un projet global complexe. IGOSat s'inscrit dans les cursus de formation de l'EIDD (École d'Ingénieur Denis Diderot) et accueille de nombreux stagiaires, pour des durées typiques de 3 à 6 mois, principalement de niveau master (M1 ou M2) mais aussi L3 et pré-doctoral. Depuis septembre 2012, environ 270 étudiants ont participé d'une manière ou d'une autre à ce projet, dont 70 en stages. J'ai assuré l'encadrement d'une vingtaine de ces derniers.

Les principales phases de développement d'un projet satellitaire sont respectées (revues de conception et réalisation, modèles d'ingénierie puis de vols, etc.), avec comme objectif d'être prêt au lancement mi-2021. Le projet est actuellement en phase D (implémentation du modèle de qualification).

Autres responsabilités d'enseignement et de recherche

Présent :

- Membre du Conseil Scientifique du programme national GRAM (Gravitation, Référentiels, Astronomie et Métrologie)
- Membre du 'System Engineering Office' de LISA auprès de l'ESA
- Responsable projet LISA auprès de l'IN2P3

2010 – 2016 : Editeur associé dans « Experimental Astronomy » (Springer)

2006 – 2012 : Coordinateur du groupe d'experts thématique 'Astronomie et Astrophysique' à l'Université Paris Diderot

2008 – 2014 : Membre du Conseil de Laboratoire d'APC

Publications

1. Halloin, H., Coisson, P. & Laurent, P. Traquer les aléas de l'ionosphère. *La Recherche* **549**, 68–70 (2019).
2. Bayle, J.-B., Lilley, M., Petiteau, A. & Halloin, H. Effect of filters on the time-delay interferometry residual laser noise for LISA. *Phys. Rev. D* **99**, 084023 (2019).
3. Phan, H., Halloin, H. & Laurent, P. IGOSat - A 3U Cubesat for measuring the radiative/electrons content in low Earth orbit and ionosphere. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* **912**, 389–394 (2018).
4. Laporte, M. *et al.* Status of the LISA On Table experiment: a electro-optical simulator for LISA. *Journal of Physics: Conference Series* **840**, 012014 (2017).
5. Halloin, H. Optimizing orbits for (e)LISA. *Journal of Physics: Conference Series* **840**, 012048 (2017).
6. Amaro-Seoane, P. *et al.* Laser Interferometer Space Antenna. *eprint arXiv* **1702**, arXiv:1702.00786 (2017).
7. Laporte, M., Halloin, H., Bréelle, E., Buy, C. & Grüning, P. Status of the LISA On Table experiment: a electro-optical simulator for LISA. *Journal of Physics: Conference Series* **840**, (2017).
8. Fayon, L., Lognonne, P. & Halloin, H. Design and development of an interferometric readout for planetary seismometers. *American Geophysical Union* **14**, S14C-05 (2016).
9. Grüning, P. *et al.* Status of the eLISA on table (LOT) electro-optical simulator for space based, long arms interferometers. *Experimental Astronomy* **39**, 281 (2015).
10. Grüning, P. *et al.* An electro-optical simulator for eLISA LOT: Lisa On Table. *Journal of Physics: Conference Series* **610**, 012035 (2015).
11. Grüning, P. *et al.* AN ELECTRO-OPTICAL SIMULATOR OF THE SPACE BASED GRAVITATIONAL WAVE DETECTOR ELISA. *International Conference on Space Optics* (2014).
12. Halloin, H., Prat, P. & Brossard, J. Long term characterization of voltage references. *eprint arXiv* **1312**, arXiv:1312.5101 (2013).
13. The LISA Consortium, The Gravitational Universe. *eprint arXiv* **1305**, 5720 (2013).
14. Argence, B. *et al.* Molecular laser stabilization at low frequencies for the LISA mission. *Phys. Rev. D* **81**, 82002 (2010).
15. Turazza, O. *et al.* Lasic -Cavity-enhanced molecular iodine laser frequency stabilization for space projects. *38th COSPAR Scientific Assembly. Held 18-15 July 2010* **38**, 3769 (2010).
16. Petry, D. *et al.*, Soft gamma-ray sources detected by INTEGRAL. *Astronomy and Astrophysics* **507**, 549 (2009).
17. Argence, B., Halloin, H. & de Vismes, E. Overview of the LISA mission and R&D developments at the APC. *SF2A-2009: Proceedings of the Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics* 127 (2009).
18. Wang, W. *et al.* Spectral and intensity variations of Galactic 26Al emission. *Astronomy and Astrophysics* **496**, 713 (2009).
19. Auger, G. *et al.* Lisa amplitude modulation: A study of the angular resolution of LISA for monochromatic gravitational waves. *Journal of Physics: Conference Series* **154**, 2015 (2009).
20. Babak, S. *et al.* Report on the second Mock LISA data challenge. *Classical and Quantum Gravity* **25**, 4037 (2008).
21. Petiteau, A. *et al.* LISACode: A scientific simulator of LISA. *Physical Review D* **77**, 23002 (2008).
22. Arnaud, K. *et al.* Report on the first round of the Mock LISA Data Challenges. *Classical and Quantum Gravity* **24**, 529 (2007).
23. Barrière, N. *et al.* R and D progress on second-generation crystals for Laue lens applications. *Optics for EUV* **6688**, 21 (2007).
24. Wang, W. *et al.* SPI observations of the diffuse 60Fe emission in the Galaxy. *Astronomy and Astrophysics* **469**, 1005 (2007).

25. Barriere, N. *et al.* Erratum to: “MAX: Development of a Laue diffraction lens for nuclear astrophysics”. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A* **572**, 1005 (2007).
26. Wang, W. *et al.* 60/Fe Studies with INTEGRAL’s Spectrometer SPI. *The Obscured Universe. Proceedings of the VI INTEGRAL Workshop. July 2-8* **622**, 77 (2007).
27. Knödlseider, J. *et al.* Imaging The Gamma-Ray Sky with SPI aboard INTEGRAL. *The Obscured Universe. Proceedings of the VI INTEGRAL Workshop. July 2-8* **622**, 13 (2007).
28. Diehl, R. *et al.* 26Al Gamma-Ray Line Observations of the Galaxy. *The Obscured Universe. Proceedings of the VI INTEGRAL Workshop. July 2-8* **622**, 71 (2007).
29. Petiteau, A. *et al.* LISACode: Simulating Lisa. *LASER INTERFEROMETER SPACE ANTENNA: 6th International LISA Symposium. AIP Conference Proceedings* **873**, 633 (2006).
30. Barriere, N. *et al.* MAX: Development of a Laue diffraction lens for nuclear astrophysics. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A* **567**, 333 (2006).
31. Wunderer, C. *et al.* Germanium (Compton) focal plane detectors for gamma-ray lenses. *Space Telescopes and Instrumentation II: Ultraviolet to Gamma Ray. Edited by Turner* **6266**, 66 (2006).
32. Barrière, N. *et al.* Second generation crystals for Laue lens applications. *Space Telescopes and Instrumentation II: Ultraviolet to Gamma Ray. Edited by Turner* **6266**, 70 (2006).
33. Diehl, R. *et al.* 26Al in the inner Galaxy. Large-scale spectral characteristics derived with SPI/INTEGRAL. *Astronomy and Astrophysics* **449**, 1025 (2006).
34. Diehl, R. *et al.* Radioactive 26Al from massive stars in the Galaxy. *Nature* **439**, 45–47 (2006).
35. von Ballmoos, P. *et al.* CLAIRE: First light for a gamma-ray lens. *Experimental Astronomy* **20**, 253 (2005).
36. Strong, A. *et al.* Gamma-ray continuum emission from the inner Galactic region as observed with INTEGRAL/SPI. *Astronomy and Astrophysics* **444**, 495 (2005).
37. Halloin, H. & Bastie, P. Laue diffraction lenses for astrophysics: Theoretical concepts. *Experimental Astronomy* **20**, 151 (2005).
38. Halloin, H. Laue diffraction lenses for astrophysics: From theory to experiments. *Experimental Astronomy* **20**, 171 (2005).
39. Barrière, N. *et al.* MAX, a Laue diffraction lens for nuclear astrophysics. *Experimental Astronomy* **20**, 269 (2005).
40. Abrosimov, N. *et al.* Growth and properties of mosaic single crystals for -ray lens application. *Journal of Crystal Growth* **275**, 495 (2005).
41. von Ballmoos, P. *et al.* CLAIRE’s first light. *New Astronomy Reviews* **48**, 243–249 (2004).
42. Halloin, H. *et al.* Gamma-Ray Astronomy Starts to see CLAIRE: First Light for a Crystal Diffraction Telescope. *5th INTEGRAL Workshop on the INTEGRAL Universe* **552**, 739 (2004).
43. Halloin, H. *et al.* Performance of CLAIRE, the first balloon-borne [gamma]-ray lens telescope. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* **504**, 120–125 (2003).
44. Halloin, H. *et al.* Design and flight performance of a crystal diffraction telescope. *Proceedings of SPIE* **4851**, 895–904 (2003).