



Laurence Lavergne, juin 2022

La R&D 2015-2022

Une vingtaine de programmes de R&D menés entre 2015 et 2022, sans compter ceux qui apparaissent en phase A des projets.

Des briques de base
Des prototypes d'instruments
Des cubesats
Des codes et méthodes numériques



Liste de quelques programmes :

SiPM (*K.Lacombe*) : caractérisation de différents SiPM pour le spatial (vide thermique, rayonnement).

Développement d'ASIC de lecture de channeltrons (*K.Wong*) : AMS 0,35µm HVCMOS, technologie ATMX150RHA : chaîne de lecture FE Class-A avec SPI et DAC de contrôle → Proposition sur 3 instruments THOR, IMAP/CSW et LEES/COMET INTERCEPTOR

Développement d'optocoupleurs pour des cartes Haute Tension (*H.C.Séran*) destinés à des applications spatiales → créer des HT variables rapides et précises de grande amplitude (+ 6 kV à -6 kV).

Détecteur silicium à bas seuil (*P.Devoto*) : diminution du seuil de détection en énergie des détecteurs, inter-calibration avec les instruments basse → thèse

Etude de biocapteur (*P.Louarn*) : mise en œuvre de techniques innovantes pour la détection de traces de molécules « complexes » dans des environnements planétaires (techniques utilisées dans les bio-puces) → Biocapteur capable de détecter 10^{-15} mole/mole, intégrable dans un instrument « compact ».

Matériaux composites à basse température (*B.Mot*) → plan « France relance R&D » 2022-2023

Spectromètre de masse à temps de vol (incidence rasante) (*P.Devoto*) : Technique unique : utilisation de MCP en incidence rasante, au lieu de feuille de carbone, compression de données innovante sur FPGA, thèse → Instrument proposé en M4 (NITRO), M5 (ESCAPE) et F (FATE) de l'ESA

AMBRE (*B.Lavraud*) : instrument compact pour mesurer les ions, les électrons et la charge d'un satellite : plusieurs versions de l'instrument, le dernier capable de mesurer alternativement les électrons et les ions, thèse avec un industriel → mesures de plasmas thermiques dans l'environnement proche de la terre.

Imageur de Fresnel (*L.Koechlin*) : une grille de Fresnel légère (3.6 à 4 m de diamètre) fonctionnant dans l'UV remplace un miroir primaire de grande dimension.

Imageur d'électrons à retard de ligne (*N.André*) : pour caractériser les propriétés spatiales d'un faisceau d'électrons émis par un canon à électrons (CALIPSO) ou des surfaces de conversions → spectrométrie de masse nouvelle génération pour les neutres et plasmas.

3UTransat (3U cosmic TRANSient SATellite) (*O.Godet/G.Orttner*) : réalisation de détecteurs X-durs : scintillateurs+SiPM et l'électronique Front End adaptée. Caractérisation et qualification spatiale. → lancer 3 nanosats pour obtenir une surveillance du ciel X-Dur.

MARSU (*J.F.Donati/D.Kouach*) : nanosatellite photométrique 12U dans le proche infrarouge → réaliser un suivi photométrique d'étoiles qui seront observées en parallèle avec SPIRou/SPIP, en mode vélocimétrique.

Outils mathématiques (*H.Carfantan*) et algorithmiques robustes pour la correction d'effets de rayure d'une image : estimation des défauts des détecteurs pour un imageur à balayage (push-broom) → Applicable à la détection d'exoplanètes (thèse).

Langage dédié à la résolution d'équations aux dérivées partielles (*J.Ballot*) → dynamique des fluides astrophysiques, oscillations stellaires.

Code d'évolution stellaire en 2D (*J.Ballot*) : modéliser l'évolution de la rotation (étoile non sphérique, rotation rapide) → application à la dynamique stellaire, exploitation des données PLATO.

Développement d'un algorithme d'apprentissage profond (*P.Petit*) : détermination des paramètres fondamentaux d'étoiles en utilisant plusieurs bases de données

Machine learning (*N.André*) pour la physique des plasmas spatiaux et bases d'apprentissage → plan « France relance R&D » 2022-2023

Les acteurs de la R&D

IT, Ch, EC, CNAP en collaboration avec le CNES, les partenaires institutionnels et des industriels.

Les thématiques scientifiques

- ✓ Environnements planétaires (ionisés et neutres),
- ✓ Astronomie de haute énergie, astronomie multi-messagers,
- ✓ Dynamique magnétosphérique, turbulence des plasmas chauds,
- ✓ Météorologie de l'espace,
- ✓ Imagerie haute résolution et haute dynamique,
- ✓ Polarimétrie (*Système solaire, physique stellaire, exoplanètes, galaxies*),
- ✓ Recherche d'exoplanètes,
- ✓ Méthodes et codes numériques,
- ✓ Astrobiologie.

Les atouts du laboratoire

Des moyens techniques et humains :

- ✓ **Les plateformes** de l'IRAP : salles blanches, plateaux techniques, bancs de calibration plasma CALIPSO, bancs optiques,... engagées dans **PARADISE**
- ✓ Des collaborations efficaces avec d'autres laboratoires (LAAS : plateforme technologique biologique et ASIC, ONERA : irradiation, ...).
- ✓ Un **Pôle Infrastructure et Moyens d'Essais** (PIME) créé en 2020 pour accompagner les projets

Des savoir-faire et des expertises :

Héritage des instruments sur satellites et télescopes (*STEREO, ROSETTA, Mars et Venus express, INTEGRAL, PLANCK, HERSCHEL, MAVEN, BepiC, JUICE, SOLAR ORBITER, NARVAL, ESPADONS...*) :

- ✓ Electronique Front-End, cartes Haute Tension, FPGA, ASIC, traitement du signal,
- ✓ Mécanique, métrologie, technologies spatiales : collage, enrobage, vide, cryogénie,
- ✓ Instrumentation de détecteurs (CdTe, Si, SiPM, MCP, Ge, channeltrons, analyseurs électrostatiques,...), Optique,
- ✓ Commande – contrôle,
- ✓ Spectrométrie de masse,
- ✓ Traitement et analyses d'images,
- ✓ Traitement, analyse et valorisation des données,
- ✓ Codes numériques scientifiques.

Perspectives

- ✓ Fondamental de **poursuivre et renforcer** les programmes de R&D, surtout si le plan de charge est moins contraint,
- ✓ **Préparer les futures instrumentations** (ex : les programmes ESA post 2035),
- ✓ Viser la **miniaturisation** des instruments spatiaux, apprentissage du **new space**, appropriations de **nouvelles technologies**,
- ✓ Inscrire des programmes de R&D dans les **perspectives CNES** à moyen et long terme,
- ✓ Rester **compétitif**, tout en recherchant les **ruptures technologiques**.