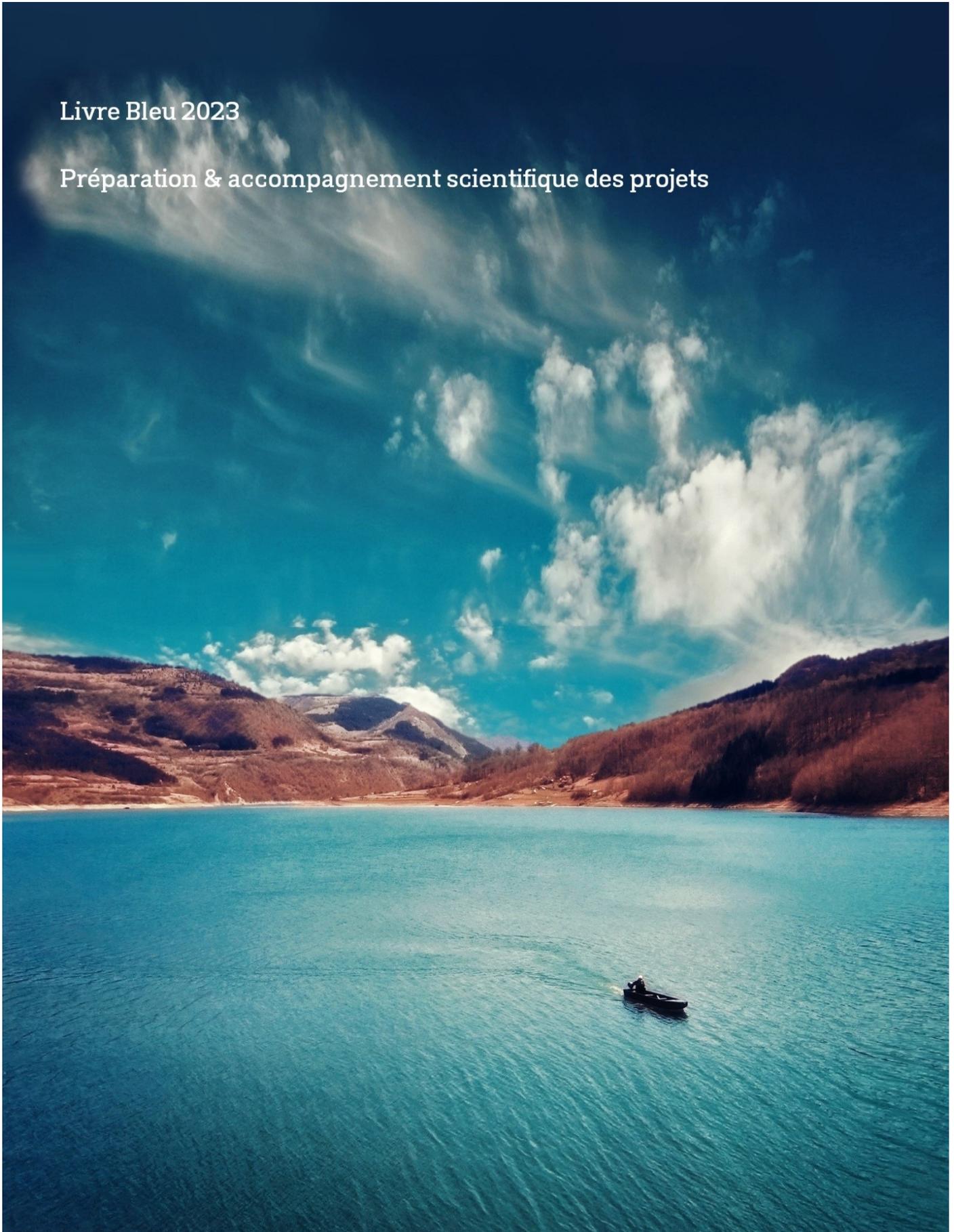


Livre Bleu 2023

Préparation & accompagnement scientifique des projets



# Résumé

Le CNES a, parmi ses missions, de développer et d'orienter les recherches scientifiques et techniques poursuivies dans le domaine des recherches spatiales. Il est notamment chargé de recueillir les informations sur les activités spatiales, de proposer à ses tutelles des programmes dans ce domaine et d'en assurer l'exécution, de suivre la coopération internationale spatiale, d'assurer avec la communauté scientifique les publications des travaux scientifiques.

La stratégie du CNES pour la science est en effet bâtie sur les idées proposées par les chercheurs des laboratoires français. Pour les stimuler et les soutenir, chaque année, le CNES publie un Appel à Propositions de Recherche spatiale (APR) à destination de la communauté scientifique nationale.

**En 2023**, près de 893 activités de recherche ont ainsi été retenues et soutenues dans le cadre de l'APR, pour un montant global de 17,504 M€. Cet effort du CNES est remarquablement démultiplié dans la communauté, puisqu'il a mobilisé un grand nombre de chercheurs, représentant un effort de près de **1285 équivalents temps plein dans 184 laboratoires en France**.

Les résultats scientifiques sont au rendez-vous : 1998 **articles**, mentionnant le support du CNES, ont été publiés dans des revues à comité de lecture.

Dans un contexte spatial plus que jamais tourné vers la coopération internationale, les actions de l'APR 2023 ont alimenté environ 1641 **collaborations** entre des équipes françaises et leurs partenaires de **82 pays** différents, sur les cinq continents.

Ce Livre Bleu 2023 est la quatrième édition. Il représente un bilan synthétique des activités de l'APR, et par la suite il sera désormais édité annuellement. Il a été préparé par les thématiciens du CNES, sur la base des rapports d'activité fournis par les équipes de recherche soutenues par le CNES. Il comprend une description générale commune du fonctionnement du processus de l'APR ainsi qu'un bilan général chiffré des activités 2023, suivis d'une analyse dédiée et de quelques faits marquants pour chacune des thématiques. En annexe figure la liste des projets soutenus en 2023, avec pour chacun un très bref résumé.

## **Les auteurs**

Kader Amsif	Adrien Deschamps	Philippe Maisongrande
Thierry Bret- Dibat	Yannice Faugère	Christian Mustin
Martin Boutelier	Guillemette Gauquelin-Koch	Felix Pérosanz
Aurélien Carbonnière	Olivier La Marle	Francis Rocard
Carole Deniel	Philippe Laudet	Aurélien Sacotte
		Delphine Leroux

Avec le support précieux de Thierry Bret-Dibat, Michèle Dupire, Valérie Meunier et Cécile Vignolles.  
Crédit photo @Studio graphique CNES, 2024-020

# Sommaire

## Table des matières

<b>1. Introduction</b>	<b>5</b>
1.1. Contexte	5
1.2. Bilan 2023	6
<b>2. Astronomie-Astrophysique</b>	<b>7</b>
2.1. Contexte et stratégie	7
2.2. Faits marquants de l'année 2023	8
<b>3. Exobiologie, Exoplanètes et Protection planétaire</b>	<b>10</b>
3.1. Contexte et stratégie	10
3.2. Faits marquants de l'année 2023	11
<b>4. Physique fondamentale</b>	<b>14</b>
4.1. Contexte et stratégie	14
4.2. Faits marquants de l'année 2023	15
<b>5. Soleil – Héliosphère – Magnétosphères</b>	<b>17</b>
5.1. Contexte et stratégie	17
5.2. Faits marquants de l'année 2023	18
<b>6. Système Solaire</b>	<b>20</b>
6.1. Contexte et stratégie	20
6.2. Faits marquants de l'année 2023	21
<b>7. Sciences de la Matière</b>	<b>23</b>
7.1. Contexte et stratégie	23
7.2. Faits marquants de l'année 2023	24
<b>8. Sciences de la Vie</b>	<b>26</b>
8.1. Contexte et stratégie	26
8.2. Faits marquants de l'année 2023	28
<b>9. Atmosphère</b>	<b>33</b>
9.1. Contexte et stratégie	33
9.2. Faits marquants de l'année 2023	34
<b>10. Océan</b>	<b>37</b>
10.1. Contexte et stratégie	37
10.2. Faits marquants de l'année 2023	38

<b>11. Surfaces Continentales .....</b>	<b>40</b>
11.1. Contexte et stratégie .....	40
11.2. Autres Faits marquants de l'année 2023.....	41
<b>12. Terre Solide .....</b>	<b>44</b>
12.1. Contexte et stratégie .....	44
12.2. Faits marquants de l'année 2023 .....	45
<b>ANNEXE : Synthèse des projets .....</b>	<b>49</b>
ASTRONOMIE-ASTROPHYSIQUE.....	50
EXOBILOGIE, EXOPLANETES ET PROTECTION PLANETAIRE .....	56
PHYSIQUE FONDAMENTALE.....	61
SOLEIL – HELIOSPHERE – MAGNETOSPHERES .....	63
SYSTEME SOLAIRE.....	72
SCIENCES DE LA MATIERE .....	81
SCIENCES DE LA VIE.....	85
ATMOSPHERE .....	89
OCEAN.....	95
SURFACES CONTINENTALES.....	102
TERRE SOLIDE.....	109
SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES .....	112

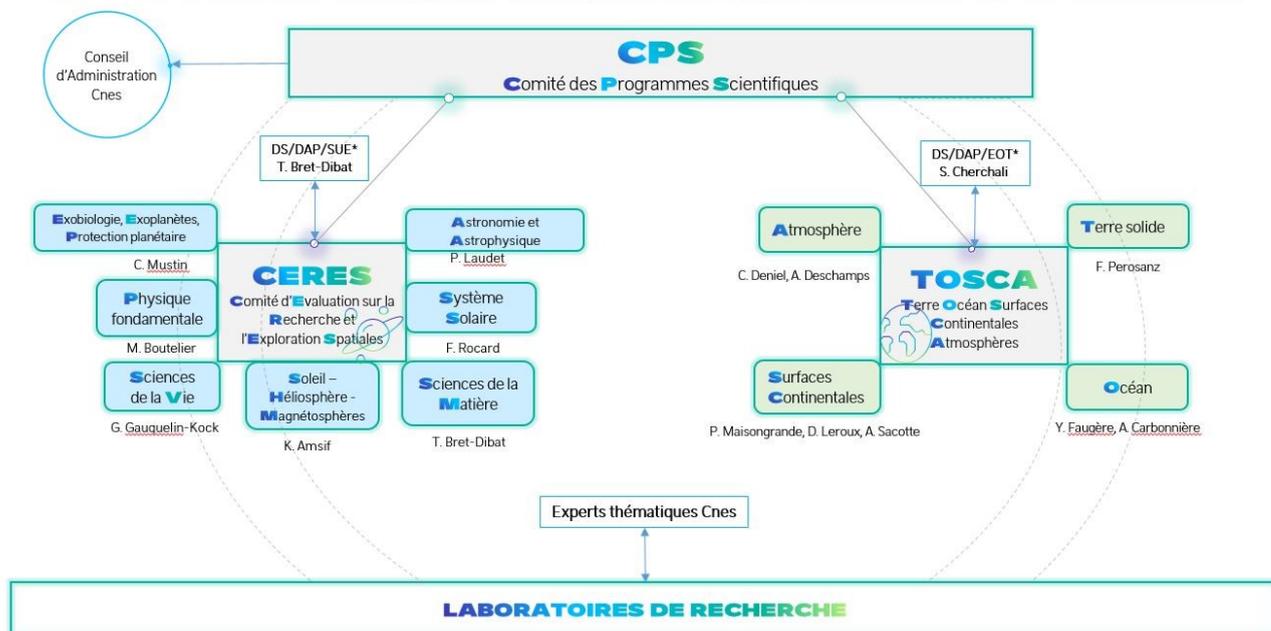
# 1. Introduction

## 1.1. Contexte

Les activités de recherche soutenues dans le cadre de l'APR sont le terrain où naissent et se développent les compétences scientifiques françaises en sciences spatiales, ainsi que les collaborations et projets spatiaux futurs. Elles permettent aussi de préparer au mieux l'exploitation scientifique des missions en développement et de faire rayonner les missions en exploitation.

Les équipes thématiques de la Direction de la Stratégie/Direction Adjointe des Programmes sont en charge d'animer ces activités, et analyser les propositions reçues dans le cadre de l'APR, avec l'aide des groupes thématiques (voir figure ci-dessous).

## LA STRUCTURE CONSULTATIVE DU CNES



\*Direction de la Stratégie/ Direction Adjointe des Programmes / Sciences de l'Univers et Exploration  
\*Direction de la Stratégie/ Direction Adjointe des Programmes/ Etude et Observation de la Terre

En fin d'année, dans le cadre des réunions dédiées qu'ils organisent dans les laboratoires, les thématiciens et les chercheurs dont les propositions ont été retenues font le bilan des résultats obtenus au cours de l'année et des travaux et budgets à mettre en place.

Les propositions de recherche se répartissent en trois grandes catégories :

- **L'accompagnement scientifique des projets décidés, en phase de développement ou d'exploitation (AS)**, concerne par exemple des modélisations, des simulations, des activités de calibration et de validation des produits issus des missions spatiales, l'assimilation avec d'autres données, ou encore le développement et l'entraînement d'algorithmes d'analyse sur des données existantes. L'accompagnement scientifique catalyse l'impact scientifique des missions, notamment en élargissant leur assise au-delà des laboratoires « PI ».

Dans un contexte très international, ce soutien est essentiel pour développer l'expertise des équipes françaises et les aider à jouer un rôle de premier plan dans les résultats futurs de la mission spatiale. Pour les projets en exploitation, il s'agit en outre de stimuler l'exploitation des données de la mission spatiale (réunions de travail, stages, présentation des résultats...). Ce soutien aide notamment les chercheurs à gagner en compétitivité vis-à-vis des appels à projets d'autres agences (H2020, ANR...).

- **Les Contributions d'Opportunité et Scientifiques Invités, et la Valorisation des Données (COSI-VADS).**

Les opérations de type COSI regroupent des contributions à faible coût mais à forte valeur ajoutée à des missions d'autres agences, contributions soit purement scientifiques (expertise scientifique spécifique, modèles théoriques, ...), soit comprenant également une fourniture matérielle limitée. Elles concernent également l'exploitation de

données obtenues avec les grands observatoires spatiaux d'autres agences (« temps ouvert »). Outre une très forte productivité en terme de publications scientifiques, ces projets sont souvent le terreau de collaborations durables et de futures missions avec une bonne visibilité française.

La ligne VADS inclut la contribution du CNES aux centres de données nationaux en charge de fournir les meilleurs services d'accès aux données à la communauté (en dehors des pôles de données thématiques déjà dotés d'un financement spécifique CNES). Cette ligne comprend également un soutien aux Programmes Nationaux et Actions Spécifiques (« PNAS ») du CNRS-INSU, qui structurent et animent l'ensemble de la communauté de recherche en sciences de l'univers et de la Terre française (<http://www.insu.cnrs.fr/node/1672>).

- **Les Etudes Exploratoires (ETEX)** contribuent de façon primordiale à la préparation de l'avenir en sciences spatiales. Il s'agit des activités liées à la genèse et la maturation des idées scientifiques et des collaborations associées. Ces travaux produisent le vivier de nouvelles propositions sur lequel est basé le programme du CNES. Par essence « orphelins » de tout budget dans ces stades très amont, ils concernent typiquement des activités de montage de collaborations scientifiques (ateliers de travail, etc.), des études de phase 0, la réalisation de prototypes, ou encore la participation aux activités de prospective nationales et internationales.

## 1.2. Bilan 2023

Le tableau ci-dessous présente le détail du bilan 2023. On peut noter le grand nombre de scientifiques impliqués.

On note également l'importance des collaborations internationales quel que soit le thème. La quasi-totalité des sciences spatiales est internationale, dans un contexte de très forte émulation mais également d'auto-organisation de la communauté scientifique.

Theme	Actions APR	RH (etpt)	Personnes actives	Publis Revues à comité de lecture	Autre Publis	Collabot. Internat.	Etudes explorat. (k€)	Contributions d'opportunité et valorisation données (k€)	Acc. Scient. Missions en dév. (k€)	Acc. Scient. Missions en exploit. (k€)	Budget (k€)
Astronomie-Astrophysique	94	200	517	401	103	229	156	470	467	835	1 929
Exobiologie, Exoplanètes, Prot. Planétaire	65	98	314	239	127	156	107	163	251	453	973
Physique fondamentale	21	66	152	100	37	37	74	76	157	15	323
Soleil, Héliosphère, Magnétosphères	102	161	564	250	182	250	140	666	140	707	1 652
Système Solaire	109	169	593	321	327	266	162	402	674	712	1 950
Science des Matériaux	38	58	168	79	80	98	117	541	80	285	1 023
Sciences de la Vie	41	71	229	56	60	68	80	645	0	98	823
Atmosphère	105	93	312	81	143	94	306	436	1 116	754	2 611
Océan	117	177	533	187	210	183	171	597	721	996	2 485
Surfaces Continentales	143	138	512	228	202	194	179	1 022	700	825	2 726
Terre Solide	57	54	185	56	118	66	91	379	0	533	1 003
SHS	1	0	1	0	4	0	0	5	0	0	5
<b>Total</b>	<b>893</b>	<b>1 285</b>	<b>4 080</b>	<b>1 998</b>	<b>1 593</b>	<b>1 641</b>	<b>1 582</b>	<b>5 403</b>	<b>4 306</b>	<b>6 213</b>	<b>17 504</b>

## 2. Astronomie-Astrophysique

### 2.1. Contexte et stratégie

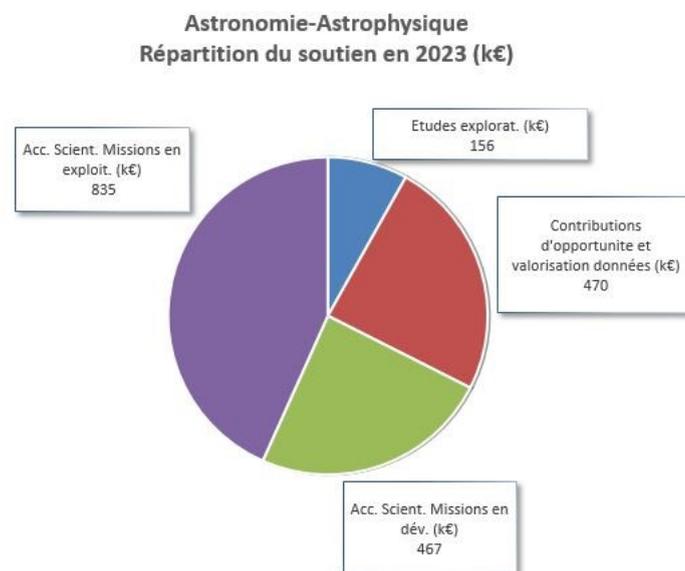
La majeure partie du spectre électromagnétique étant bloquée par l'atmosphère, le spatial est incontournable en astronomie.

Les grandes questions de la discipline (de quoi est constitué l'univers, quelle est son évolution) exigent de gagner plusieurs ordres de grandeur dans les performances instrumentales et d'ouvrir de nouvelles fenêtres d'observations (par exemple, phénomènes transitoires, ondes gravitationnelles, neutrinos...). Très complexes, les missions ne peuvent être implémentées que dans un cadre largement international, en particulier celui de l'ESA. Très spécifiques, les charges utiles doivent en général être conçues, développées et testées dans, et par, les laboratoires d'astrophysique et/ou le CNES.

Grâce au CNES et sa politique de soutien long terme, la France est aujourd'hui présente dans tous les domaines de l'astronomie spatiale (Étoiles, galaxies, cosmologie), et en position de leadership pour certains. L'enjeu de l'APR est d'aider la communauté astrophysique française à développer son expertise scientifique pour être reconnue et bien positionnée pour obtenir accès aux données des missions en vol et à venir, et concevoir les futures missions.

En 2023- 94 **activités** ont été soutenues, pour un montant total de 1.929 M€. Les chercheurs ayant participé à ces activités, ont généré **401 publications** dans des revues à comité de lecture.

S'y ajoute le soutien aux **quatre Programmes Nationaux et aux deux Actions Spécifiques** (PNAS) structurant la thématique (environ 290 k€ annuel).



Plus de la moitié du budget concerne l'**accompagnement scientifique (AS)** des projets Gaia, Euclid, JWST/MIRI, SVOM, Roman, Athena, Fireball, PRIMA, ainsi que l'ensemble des activités d'exploitation d'XMM-Newton. Sur Gaia et JWST, missions très généralistes, ce soutien a permis, en coopération avec les PNs, de soutenir une cinquantaine de projets d'exploitation des données, y compris concernant le système solaire, les exoplanètes ou encore la physique fondamentale. Sur Athena, l'AS a soutenu les travaux de 6 équipes enrichissant et consolidant les objectifs scientifiques de la mission et notamment de l'instrument XIFU de responsabilité CNES, au-delà de l'équipe PI. Ces expertises se sont révélées précieuses pour résoudre les difficultés programmatiques rencontrées par la mission en 2022.

La catégorie **COSI** comprend les projets d'exploitation des données de **Fermi, Integral, Planck<sup>1</sup>, Hubble Space Telescope, Spitzer, Kepler, TESS, AMS, Nicer, eRosita et Swift**. Les 36 actions financées en 2021 et 2022 sont pour la plupart des projets pluri-annuels, engagés avant 2020, certains depuis plus de cinq ans. Les travaux de plusieurs équipes sur l'évolution des galaxies et de la formation d'étoiles avec HST les ont ainsi positionnées dans les programmes d'observations du JWST.

Dans le cadre des contributions d'opportunité financées en 2021-22, ont été soutenues les expériences sous ballon **Fireball et Euso-Ballon**. Ces contributions, au budget modeste, concernent des niches scientifiques et/ou technologiques novatrices. En termes de valorisation (**VADS**), le CNES s'appuie sur une communauté astrophysique très organisée. Outre les PNAS, **Le Centre des Données astronomiques de Strasbourg (CDS)**, une Infrastructure de Recherche (IR), joue un rôle central de pôle de données et de services pour la communauté française et internationale (cf.2.2). L'APR soutient aussi certains évènements fédérateurs ou associations (Ateliers, Ecoles d'été, rencontres de la communauté astrophysique comme la SF2A, IAU, ATPM...).

En ce qui concerne **les études exploratoires**, l'APR a permis de soutenir les travaux scientifiques dans les laboratoires relatifs aux phases 0 en cours, 3UTRANSAT, BISOU et CASSTOR. Il a par ailleurs aidé certaines équipes à entretenir et développer des coopérations potentielles futures, par exemple avec la Chine (télescope Xunthian). Enfin, en complément du support technique apporté par le PASO, les participants aux propositions M7 soumises à l'ESA en 2022 ont également été financés par l'APR.

## 2.2. Faits marquants de l'année 2023

- **Poursuite des observations et troisième catalogue Gaia**

La mission Gaia, lancée en 2013, continue de cartographier la Galaxie et ses environs. Les derniers catalogues EDR3 (décembre 2020) et DR3 (juin 2022) contiennent l'astrométrie et la distance parallactique pour 1,8 milliards d'étoiles, et une détermination de leur mouvement propre, vitesse radiale, et paramètres astrophysiques (température, rayon, métallicité) pour des millions d'entre elles. Le catalogue recense également 6,6 millions de candidats quasars, les positions et orbites de 160 000 objets du système solaire, et bien d'autres données. Les données de Gaia ont déjà apporté une révolution dans plusieurs domaines de l'astrophysique. Plus de 10 000 articles utilisant les données de Gaia ont été publiés depuis son lancement, un record pour une mission spatiale. Les résultats scientifiques obtenus à partir des données Gaia concernent presque tous les domaines de l'astrophysique, et sont trop nombreux et variés pour être repris en détail.

Gaia a révolutionné la connaissance de notre Galaxie et « l'archéologie Galactique » est devenue une discipline à part entière. Ce sont maintenant 10 milliards d'années de son histoire mouvementée et de sa transformation, par accrétions successives et collisions avec d'autres galaxies, qui sont retracées en particulier à partir des positions et des mouvements des amas globulaires, des courants stellaires et des satellites et de l'identification, parmi eux, des vestiges de ces fusions (Figure 2). La DR3 a fourni des contraintes de plus en plus précises sur les distances et les mouvements 3D des étoiles distantes, et donc sur la courbe de rotation et le potentiel gravitationnel qu'on peut en déduire. Certains travaux conduits par des équipes françaises impliquent une révision à la baisse de la quantité de matière sombre à moins de 25 kpc du centre de la Galaxie. Ce résultat est en tension avec d'autres mesures utilisant les amas d'étoiles. Les débats et les études se poursuivent sur ce sujet. Les mesures de Gaia sur les étoiles (position, distance, mouvement, abondances élémentaires) permettent d'en faire une classification précise, avec la détermination de leur luminosité intrinsèque, et la construction de cartographies tri-dimensionnelles des différents types stellaires, ainsi que de l'extinction par le milieu interstellaire sur leur ligne de visée. De nombreuses retombées pour toute la communauté scientifique découlent de ces mesures : milieu interstellaire, évolution galactique, petits corps du système solaire, etc....

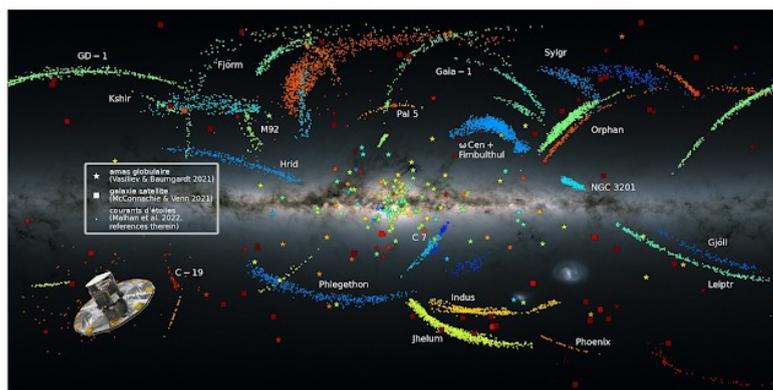


FIGURE 2. COURANTS STELLAIRES IDENTIFIES GRACE A GAIA. LES GALAXIES GROSSISSENT PAR ACCRETION DE PLUS PETITES GALAXIES. L'IMAGE EST CELLE DE NOTRE GALAXIE, LA VOIE LACTEE, ET LES COURANTS STELLAIRES MONTRES EN COULEURS SONT LES TRACES LAISSEES PAR LES TRAJECTOIRES DES PETITES GALAXIES ARRIVEES SUR LE DISQUE DE LA VOIE LACTEE. L'IDENTIFICATION DE CES COURANTS A PU S'EFFECTUER GRACE A L'EXTREME PRECISION DES MESURES DE VITESSE ET DE POSITION DE GAIA. DES EQUIPES FRANÇAISES ONT ETE IMPLIQUEES DANS LA DECOUVERTE D'UNE PARTIE DE CES COURANTS.

- **Les résultats remarquables du télescope JWST et l'instrument MIRI**

Les budgets APR d'accompagnement scientifique pour JWST/MIRI ont soutenu des d'activités variées dans une demi-douzaine de laboratoires. À AIM, à l'IRAP, au LAM, à l'IAS ou encore à l'Observatoire de Strasbourg, ...

Très vite après sa mise en service, le JWST (James Webb Space Telescope) a commencé à produire de nombreux résultats. Les équipes françaises en particulier, très impliquées dans les observations du milieu interstellaire et des disques protostellaires et protoplanétaires, ont mené ou participé à des découvertes à fort impact sur la formation stellaire et sur la chimie menant à la formation de matière organique complexe. Un exemple est la détection du cation  $\text{CH}_3^+$  avec Miri-MRS à la surface d'un disque protoplanétaire autour d'une étoile jeune. Cette espèce, pierre angulaire de la chimie du carbone interstellaire, très réactive, peut déclencher dans les régions irradiées en UV la formation de molécules beaucoup plus complexes à base de carbone. L'observation spectroscopique détaillée de nuages denses permet de suivre l'évolution temporelle des grains. Elle a montré que l'accroissement en taille des grains se produit avant la phase proto-stellaire, ce qui va affecter la compréhension des processus les mettant en jeu : extinction, pénétration des champs de radiation, chimie de surface.

Le JWST, idéalement adapté à l'observation de l'Univers lointain, a déjà fourni de nombreuses observations de galaxies à très grand décalage spectral. Leur détection et le suivi spectroscopique de ces galaxies âgées de 500 millions à un milliard d'années révèlent leurs propriétés en termes de nombre, masse, luminosité et métallicité et nécessitent de nouveaux modèles détaillés de la réionisation.

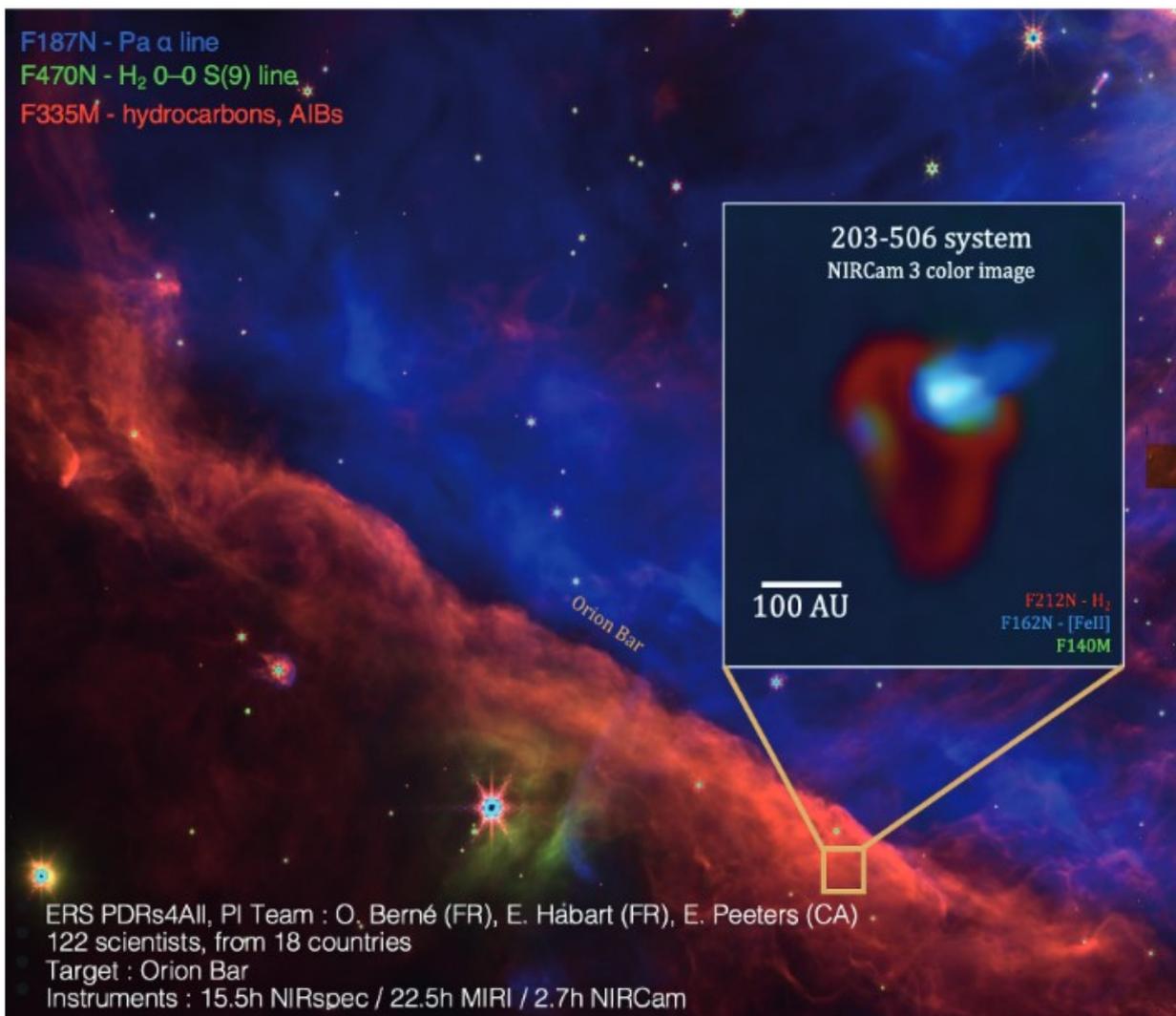


IMAGE JWST NIRCAM DE LA BARRE DE LA NEBULEUSE D'ORION EN TROIS COULEURS. ROUGE, VERT, ET BLEU REVELENT RESPECTIVEMENT LES HYDROCARBURES POLYAROMATIQUES, LE GAZ MOLECULAIRE ET LE GAZ IONISE. LA BARRE, UN MUR DE GAZ DENSE ET DE POUSSIERES, ET LA SURFACE DU NUAGE MOLECULAIRE D'ORION 1 EN ARRIERE-PLAN SONT ECLAIRES PAR UN GROUPE DE JEUNES ETOILES MASSIVES ET CHAUDES, LE TRAPEZE, SITUE EN HAUT A DROITE HORS DE L'IMAGE. ZOOM SUR UN DISQUE PROTOPLANETAIRE PRESENTANT UN PUISSANT FLOT DE PHOTOEVAPORATION, INDUIT PAR LE RAYONNEMENT FUV DU TRAPEZE. VOIR BERNE, O., MARTIN-DRUMEL, MA., SCHROETTER, I. ET AL. NATURE 621, 56-59 (2023) ; HABART, E., PEETERS, E., BERNE, O., ET AL. 2024, ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, 685, A73. (2024)

## 3. Exobiologie, Exoplanètes et Protection planétaire

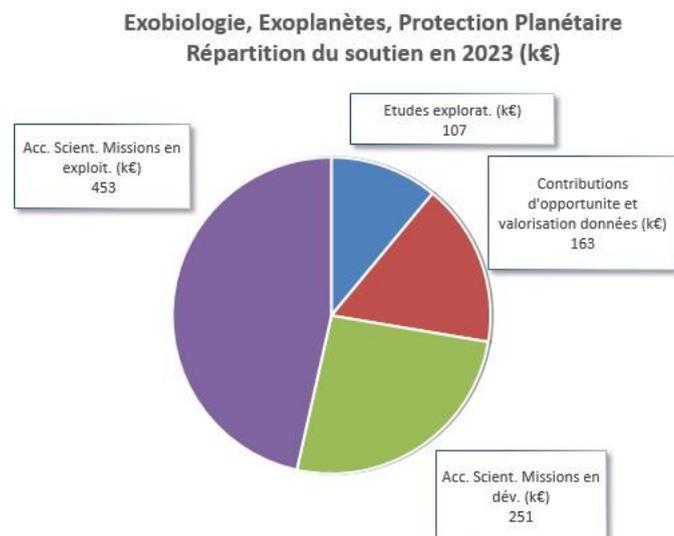
### 3.1. Contexte et stratégie

L'étude par des sondes spatiales ou des télescopes en orbite des corps célestes de notre système solaire ou de la Galaxie nourrit une multitude de champs de recherches très féconds au sein de planétologie, de l'astrophysique ou de l'exobiologie. Aujourd'hui, notamment avec les premières analyses du JWST, l'étude des exoplanètes et de leur atmosphère est devenue l'un des thèmes centraux, structurants et fédérateurs pour la communauté d'astrophysique française. De même, les observations depuis l'orbite et les analyses in situ réalisées par les rovers martiens ont montré que Mars a été habitable et contribuent à poursuivre la recherche de traces d'eau, de matières organiques ou de biomarqueurs. De même, grâce aux découvertes récentes au sein du système solaire de conditions physico-chimiques planétaires très différentes du référentiel terrestre (e.g. lunes glacées), les modèles de formation des exosystèmes et les critères d'habitabilité des exoplanètes sont aujourd'hui revisités.

La communauté scientifique française est fortement impliquée tous les domaines de l'astronomie spatiale et en position de leadership dans des domaines transdisciplinaires soutenus par le budget APR « Exobiologie, Exoplanètes et Protection Planétaire » du CNES autour d'objectifs fondamentaux tels que :

- Inventorier les sources de CHONPS ou de matière organique primitive dans le milieu InterStellaire (MIS) ou les enveloppes planétaires et les processus physico-chimiques associés
- Identifier la diversité des systèmes exoplanétaires et les facteurs déterminants leur évolution grâce à l'observation d'une grande variété d'exoplanètes et exosystèmes
- Caractériser l'habitabilité des corps célestes de notre système solaire et les processus favorables à l'émergence et l'évolution de systèmes vivants.

Comme les années précédentes, le dispositif APR « Exobiologie, Exoplanètes et Protection Planétaire » (E2P2) soutient particulièrement cette communauté dans des domaines transdisciplinaires pour développer son expertise scientifique et proposer des contributions scientifiques et techniques innovantes dans le développement ou l'exploitation des missions spatiales actuelles ou futures.



En exobiologie, la recherche de traces de vie sur Mars demeure une priorité forte, notamment avec la remise à niveau du rover « Rosalind Franklin » de la mission ExoMars 2028, et les activités d'exploration in situ des rovers Curiosity et Perseverance en exploitation depuis 2012 et 2022 respectivement. L'intérêt croissant des scientifiques pour l'exploration à long terme des « mondes océans » ou des lunes glacées des planètes géantes de notre système solaire, ne faiblit pas. Il s'intensifie même avec des études préparatoires à la mission Dragonfly sur Titan (2028-2036) et aux

projets de futures missions vers Europe ou Encelade. En exo-planétologie, l'étude et l'identification des exo-systèmes planétaires mobilisent une communauté de plus en plus importante d'astronomes en France, spécialisés en physique stellaire, planétologie comparée ou chimie atmosphérique. Leurs travaux de recherche s'appuient à la fois sur l'utilisation des très grands instruments d'observation depuis le sol (CHFT, VLT-I, ELT...) et l'exploitation des données fournies par les télescopes spatiaux en exploitation (Kepler, Spitzer, Tess, HST, Cheops et JWST). Cette communauté est aussi fortement impliquée aussi dans la conception et la fourniture d'instruments ou de logiciels pour les missions de l'ESA (Plato et Ariel) ou de la NASA (Roman-ST).

En 2023, une soixantaine de projets ont été soutenus par l'APR E2P2 dans différents domaines disciplinaires et champs d'étude transdisciplinaires répondant aux objectifs énoncés plus haut. Le cadre général du soutien apporté par le CNES demeure la poursuite et l'achèvement du programme (Cosmic Vision), du programme d'exploration E3P de l'ESA et l'accompagnement des missions bilatérales avec la NASA notamment.

Plus des deux tiers du budget dédié à l'APR E2P2 concernent à la fois, l'accompagnement scientifique des missions en exploitation (ExoMars 2016 TGO, Mars2020 et Cheops) et en cours de développement (ExoMars 2028, Plato, Ariel, DragonFly...). Aujourd'hui avec les soutiens pluri-annuels du CNES et des programmes nationaux PNP et PNPS, les équipes françaises sont bien positionnées dans les programmes d'observation du JWST depuis sa mise en service. L'accompagnement scientifique contribue aussi pour une part importante au développement des moyens sols pour l'exploitation des données d'astrométrie des futures missions M3 et M4 de l'ESA, i.e. Plato et Ariel. A cela s'ajoute la préparation de missions en orbite basse sur l'ISS pilotées par l'ESA, avec des dispositifs d'exposition ou d'expérimentation automatisées (IR-Coaster et EXoCube).

Le budget APR soutient également les participations de scientifiques français aux groupes de travail conjoints NASA/ESA pour la préparation des missions de retour d'échantillon ou certaines instances internationales comme le COSPAR et son comité de Protection Planétaire. Leur activité d'expertise est soutenue de manière pluri-annuelle. Le dispositif accompagne également les activités d'animation des communautés scientifiques « Exobio » ou « Exoplanètes » via des contributions à l'organisation de colloques interdisciplinaires, d'ateliers sur une thématique en pointe ou la préparation de mission, d'écoles thématiques destinées aux doctorants, post-doctorants et chercheurs. Ces soutiens ponctuels visent à développer, structurer la communauté scientifique autour de sujet fédérateur et à former les futurs acteurs scientifiques des activités spatiales.

En ce qui concerne les études exploratoires, l'APR a permis de soutenir des niches technologiques novatrices pour la préparation des missions de retour d'échantillons (MSR, MMX) et d'exploration des mondes glacés évoqués plus-haut, et plus particulièrement le développement de filières instrumentales pour la détection et l'identification de composés organiques ou d'édifices moléculaires sophistiqués. Dans ce cadre, des contributions scientifiques en dehors du périmètre des missions spatiales (e.g. synthèses organiques et expérimentations en laboratoire) sont également soutenues. Cet apport technique et scientifique de l'astrochimie de laboratoire est indispensable pour l'interprétation des mesures spectroscopiques du milieu interstellaire (MIS) et d'atmosphères planétaires.

## 3.2. Faits marquants de l'année 2023

L'année 2023 est marquée, d'une part (i) par des avancées constantes dans l'exploration robotique de Mars avec les rovers Curiosity qui arpentent la surface martienne depuis août 2012 et mai 2021 respectivement ; les instruments franco-américain ChemCam, SAM et SuperCam sont particulièrement à l'honneur et d'autre part (ii) par des mesures et détections spectaculaires obtenues par les télescopes spatiaux Cheops et JWST mis en service en décembre 2019 et juin 2022 respectivement.

Pour JWST et pour compléter les faits marquants énoncés dans la partie « Astronomie-Astrophysique » (§2.2), l'identification de  $\text{CH}_3^+$  (cation méthyl) par l'instrument MIRI dans le disque protoplanétaire entourant une jeune étoile constitue aussi une mini-révolution pour l'exobiologie. Cette observation et analyse spectroscopique dans l'infrarouge confirme l'existence longtemps soupçonnée d'une deuxième voie de synthèse de molécules organiques dans le MIS, complémentaire à celle associant la photochimie et la thermophorèse sur des grains glacés. C'est un processus déterminant pour la chimie prébiotique et les possibilités de synthèse de molécules plus compliquées, que l'on retrouve dans les grains cométaires ou astéroïdaux et *pro parte* dans les systèmes vivants terrestres.

- **Cheops : Exoplanète LTT9779b, un miroir dans l'espace**

Le petit télescope Cheops de l'ESA caractérise une « Neptune ultra-chaude » ultra-brillante gravitant autour d'une naine jaune (LTT9779), une étoile de type G comme le Soleil. Initialement identifiée par le télescope spatial Tess et l'instrument Harps@ESO en 2020, cette exoplanète de haute métallicité est plus brillante que Vénus. Les résultats de Cheops montrent qu'elle reflète 80% de la lumière qui lui est transmise par son étoile hôte, sans doute en raison d'une atmosphère riche en nuages métalliques. À titre de comparaison, la Terre ne reflète que 30% de la lumière solaire et Vénus 75%. La planète a un rayon 4,7 fois plus grand que celui de la Terre, elle fait le tour de son étoile en 19 heures et sa température du côté éclairé atteint 2000°C. Pour les astrophysiciens, cette planète ne devrait tout simplement pas exister, du fait de sa taille, sa masse et la proximité avec son étoile. En effet, toutes les planètes découvertes précédemment qui orbitent autour de leur étoile en moins d'une journée sont soit des « Jupiters chauds », autrement dit des géantes gazeuses avec un rayon au moins dix fois plus grand que celui de la Terre, soit des planètes rocheuses inférieures à deux rayons terrestres. La diversité des exoplanètes et leur exotisme parfois extrême, n'ont pas fini de nous surprendre !

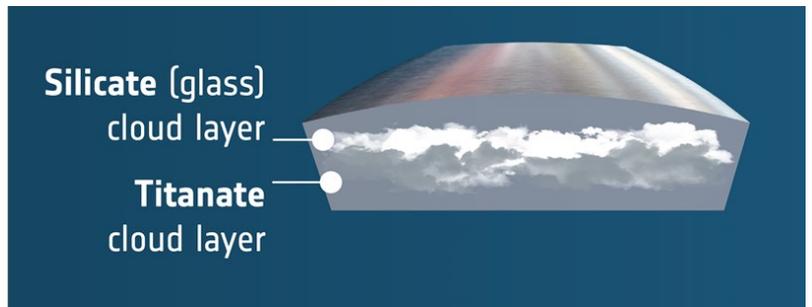


Figure 1 et 2.- L'albédo élevé et la grande réflectivité de la planète LTT9779 b serait due à des nuages métalliques constitués de silicate et de métaux (Ti). Adroite une vision d'artiste de la planète gravitant autour de son étoile hôte LTT9779 ; A gauche figure montrant le modèle atmosphérique explicatif avec des nuages à l'équilibre dans une atmosphère sursaturée en vapeurs de silicate et de métal. (Copyright ESA)

Sources : Hoyer.S et al. (2023) - *The extremely high albedo of LTT 9779 b revealed by CHEOPS : An ultrahot Neptune with a highly metallic atmosphere* *Astronomy & Astrophysics.*, 2023 – DOI : <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202346117>

- **Curiosity : Dépôts de sels sur le Mont Sharp**

Après avoir détecté de faibles quantités de molécules organiques soufrées dans la formation argileuse à la base du mont Sharp, les instruments ChemCam et SAM et le rover Curiosity ont poursuivi leur ascension en traversant la vallée « Glen Torridon » riche en minéraux hydratés et en argiles pour arriver dans des terrains riches en sulfates au faciès particulier. Ces dépôts évaporitiques composés de sels sulfatés formant des motifs hexagonaux sont datés de 3,8 à 3,6 milliards d'années et marquent un changement climatique majeur dans l'histoire de Mars. Leur morphologie et l'épaisseur des dépôts de sels sulfatés observés semble indiquer une transition humide–sec, plutôt cyclique sur des temps longs, voire saisonnière avec des successions de périodes humides et de périodes sèches (Figure 5). Sur Terre, les structures polygonales sont reconnues comme de très bons marqueurs de sols de climats périglaciaires (permafrost sibérien) ou de climats aride (lacs à assèchement saisonnier). Cette alternance régulière et durable pourrait être favorable à une chimie prébiotique et au développement de formes de vie sur Mars. Toutes les mesures réalisées dans des zones bien distinctes par les rovers Curiosity et Perseverance, dont un grand nombre réalisé par les instruments ChemCam et SuperCam, attestent du caractère habitable passé de la surface martienne.

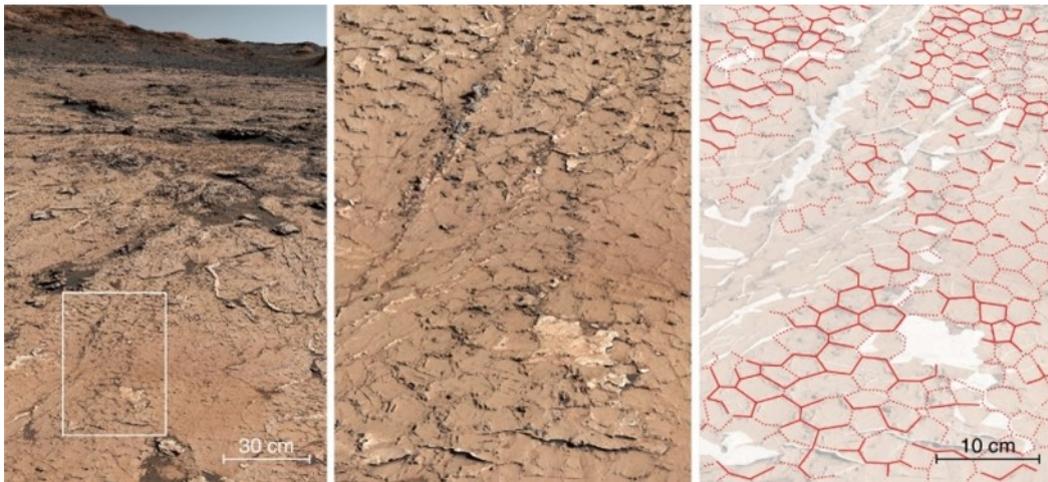


Figure 5 : Dépôts de sels sulfatés martiens formant des motifs hexagonaux dans les roches sédimentaires analysées par Curiosity au 3154<sup>ème</sup> jour de sa progression dans le cratère de Gale. Observés par MastCam et analysés par ChemCam. Crédits : NASA/JPL-Caltech/MSSS/IRAP

Sources : Rapin, W et al. (2023) - Sustained wet-dry cycling on early Mars. *Nature.*, 2023- DOI : <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06220-3>

## 4. Physique fondamentale

### 4.1. Contexte et stratégie

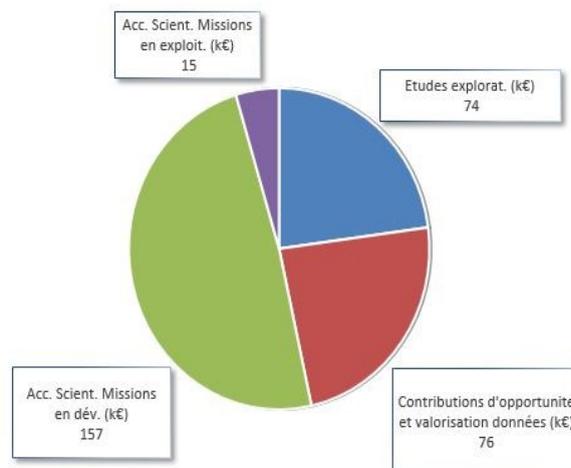
La physique fondamentale s'intéresse aux lois physiques fondamentales qui régissent notre Univers, depuis l'infiniment petit jusqu'à l'infiniment grand. Elle cherche à étudier une physique nouvelle qui interviendrait à la frontière entre la mécanique quantique et la relativité générale, résultant d'une unification non comprise actuellement entre la gravitation et les autres interactions fondamentales qui sont décrites par la théorie quantique des champs. Elle s'interroge également sur la description des constituants fondamentaux de l'Univers à grande échelle (énergie sombre et matière noire), mesurés par les succès du modèle cosmologique  $\Lambda$ -CDM, mais dont la nature est jusqu'à présent inconnue. Dans ce contexte, l'utilisation du spatial pour la physique fondamentale permet en particulier de tester la relativité générale et ses fondements avec la plus grande précision possible. L'espace est un nouveau laboratoire libéré des contraintes liées à l'environnement terrestre. Ce laboratoire, avec les technologies associées, ouvre la voie à de nouvelles découvertes grâce à des expérimentations et des mesures directes, des précisions améliorées et/ou l'exploration de nouveaux territoires.

Au cours des 10 dernières années, la communauté a pu s'investir et exploiter les données scientifiques de missions dédiées à la physique fondamentale, MICROSCOPE pour la mesure du principe d'équivalence et LISA Pathfinder pour la préparation de la mission LISA. Ces deux missions ont permis des résultats très importants sur les grandes questions qui animent la communauté.

La première observation d'une onde gravitationnelle lors de la fusion d'objets compacts en 2015 a été un évènement fondamental pour la communauté. En ouvrant une nouvelle fenêtre sur la physique dans l'environnement des objets compacts, l'observation des ondes gravitationnelles fournit des informations nouvelles, indépendantes et complémentaires des observations électromagnétiques. Grâce au soutien du CNES depuis de nombreuses années, la communauté française est très active et bien positionnée au niveau international sur ce thème avec une participation et un rôle important dans la future mission LISA.

Pour les années 2023, 21 **activités** ont été soutenues pour un montant total de 323 k€. A ces 21 activités s'ajoute le soutien au **programme national GRAM** (Gravitation Référence Astronomie et Métrologie) pour un montant de 40 k€ annuel.

Physique fondamentale  
Répartition du soutien en 2023 (k€)



Sur ces 21 activités, une part importante concerne le soutien aux laboratoires impliqués dans les phases A puis B1 de la mission LISA, traduisant la montée en puissance de la participation française dans la mission. A la veille de l'adoption de la mission, cette participation se consolide autour de 4 éléments :

- maîtrise de la performance de l'instrument et maîtrise d'œuvre des tests de performance du cœur interférométrique et le développement des moyens de test nécessaires pour les réaliser ;
- développement et fourniture d'un moyen sol optique pour la caractérisation et la mesure de la lumière parasite dans le cœur optique de l'instrument ;

- responsabilité du développement du segment sol scientifique DDPC (Distributed Data Processing Center) ;
- participation significative aux activités de simulation et de maîtrise de la performance.

Ce soutien est financé principalement par l'accompagnement scientifique de la mission.

ACES / PHARAO est l'autre projet en cours de développement pour la physique fondamentale. La situation du projet s'est améliorée en 2023 avec la reprise des tests systèmes intégrés. Ces tests impliquent la participation de laboratoires français ayant une expertise reconnue sur le sujet.

Le CNES a également poursuivi son soutien historique à des activités expérimentales et de simulation prospectives, comme l'expérience LOVE de démonstration de transfert de temps en espace libre. Ce soutien est financé par une contribution d'opportunité scientifique invitée. Enfin, le CNES soutient la valorisation des données spatiales des missions planétaires dont l'exploitation des données radio science permet de nourrir le projet INPOP, référence mondiale dans les éphémérides planétaires, et qui permet de conduire des tests de physique fondamentale.

## 4.2. Faits marquants de l'année 2023

### • Lien Optique Via relai Embarqué (LOVE)

Les nouvelles horloges atomiques, avec leur précision extrême, ouvrent la voie à des applications en géodésie et physique fondamentale. Pour cela, il est nécessaire de pouvoir les comparer entre elles. Dans certain cas, il est possible de faire cette comparaison via un lien fibré mais cela limite grandement les possibilités de comparaison. Il est donc nécessaire de développer un moyen de comparaison ultra-performant et sans fibre optique interposée (lien optique en espace libre). Le projet LOVE (Lien Optique Via relai Embarqué) prépare la mise en œuvre d'un tel lien entre deux horloges séparées d'environ 100 km via un relais embarqué sur une plateforme à basse altitude (stratosphérique au maximum). Pour le moyen terme, des applications en géodésie et physique fondamentale ainsi que des possibles dérivés en télécom optique sont envisagées. Sur le plus long terme, ce travail prépare l'extension vers des liens spatiaux.

Le principe de l'expérience est une évolution des travaux initiaux menés au SYRTE et ailleurs, notamment par l'équipe Australienne et la collaboration SYRTE-CNES-UWA plus récemment. Il repose sur la mesure de la phase de la porteuse optique, comme dans les liens fibrés mises en œuvre par le SYRTE (REFIMEVE+) et dans le projet LISA. Le résultat principal attendu est la démonstration d'un lien optique espace-libre avec un bruit inférieur à  $10^{-18}$  après quelques minutes d'intégration. Cet objectif final est prévu d'être atteint en plusieurs étapes. La première étape consistant à réaliser ce lien en vue directe sur courte distance puis via relais prototype au sol a été acquis lors des exercices APR précédents. En 2023, l'équipe a établi une liaison optique via un rétro-rélecteur aérien (ballon captif à 300m d'altitude) permettant des transferts de fréquence avec une stabilité de  $8 \times 10^{-19}$ . L'expérience comprend un terminal sol pour pointer le ballon, compenser la turbulence et mesurer la phase du signal optique. Le segment aéroporté inclut un coin de cube et 4 balises laser pour maintenir l'alignement. Après compensation du bruit de phase, la stabilité obtenue est comparable aux meilleures horloges atomiques (incertitudes relatives de fréquence de  $10^{-18}$ ). Déployée au centre d'opération ballon d'Aire sur Adour, cette expérience est une première étape vers des comparaisons d'horloges point à point sur de courtes distances via un relais à basse altitude, voire sur des centaines de kilomètres via une plateforme stratosphérique à 20 km d'altitude. Facilement déployable et transportable, cette technique permet des mesures de différences de géopotential de l'ordre du centimètre. Utilisant le décalage gravitationnel pour mesurer des différences de potentiel géodésique, elle est compétitive et complémentaire des meilleures techniques de géodésie spatiale disponibles (CHAMP, GRACE, GRACE FO) et pourrait permettre des expériences de physique fondamentale. Ces résultats ont été publiés dans la revue Optical Express [1].

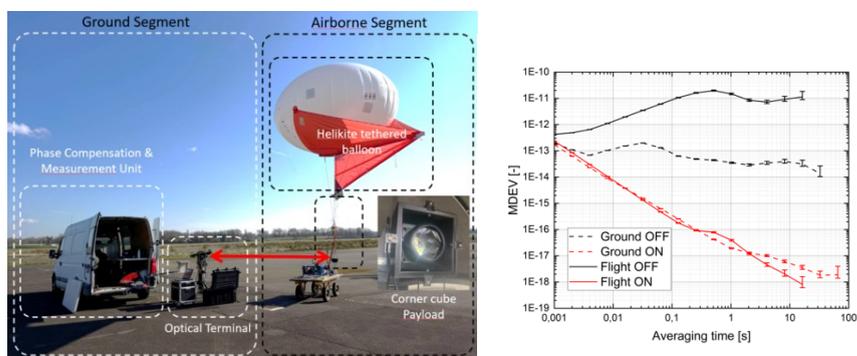


FIGURE 1 : GAUCHE : DISPOSITIF EXPERIMENTAL DEPLOYE AU CENTRE D'OPERATION BALLON D'AIRE SUR ADOUR. L'ENCADRE MONTE LE COIN DE CUBE AVEC LES 4 BALISES LASER PERMETTANT DE MAINTENIR LE TERMINAL OPTIQUE POINTE DANS LA DIRECTION DU COIN DE CUBE. DROITE : EVOLUTION DE LA STABILITE EN FREQUENCE DU LIEN OPTIQUE EN FONCTION DE LA DUREE DE MOYENNAGE AVEC ET SANS COMPENSATION DE LA PHASE. CREDITS SYRTE-CNES

[1]: N. MARON, ET AL., "FREE SPACE OPTICAL LINK TO A TETHERED BALLOON FOR FREQUENCY TRANSFER AND CHRONOMETRIC GEODESY," OPT. EXPRESS, 32, P4267-4276 (2024) DOI :10.1364/OE.511244



# 5. Soleil – Héliosphère – Magnétosphères

## 5.1. Contexte et stratégie

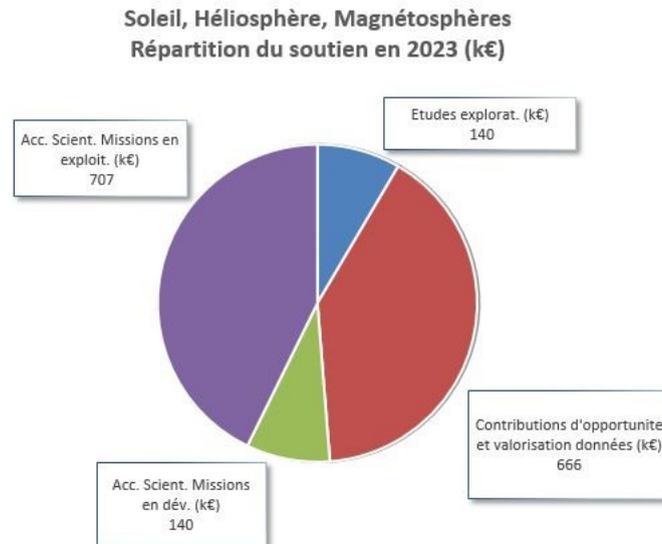
Les grandes questions scientifiques abordées dans le cadre de la thématique Soleil Héliosphère et Magnétosphères (SHM) couvrent l'ensemble des problématiques liées aux relations entre notre étoile et le système solaire. Cela commence par l'étude de la structure interne du Soleil à travers l'observation multi-spectrale, l'hélio-sismologie et la modélisation, par l'étude de l'origine de la couronne solaire, son chauffage et l'accélération du vent et des particules énergétiques solaires lors d'événements énergétiques solaires et enfin par l'étude de la propagation du vent solaire et des mécanismes de chauffage et de dissipation turbulente.

Ces thèmes de recherche amènent une partie de la communauté scientifique à étudier l'interaction du vent solaire et des événements énergétiques solaires avec les magnétosphères intrinsèques ou induites des objets du système solaire, et en tout premier lieu avec la magnétosphère terrestre. Tous les aspects de cette interaction sont abordés, ce qui amène logiquement la communauté SHM à aussi s'impliquer de plus en plus sur les questions de météorologie de l'espace.

Les APR des années 2021 et 2022 reflètent naturellement ce périmètre et tous les sujets associés y sont abordés. De plus, toutes les phases y sont réunies : de la première idée de concept de mission ou d'instrument jusqu'à l'exploitation de données de mission en passant par la réalisation d'instruments et leurs intégrations sur des satellites.

En 2023, **102 activités** ont été soutenues, pour un montant total de près de 1.652 **M€**. Les chercheurs ayant participé à ces activités, ont généré 250 **publications** dans des revues à comité de lecture.

S'y ajoute le soutien au Programme National Soleil-Terre (PNST) structurant la thématique (64 k€/an).



La moitié du budget SHM, pour un budget total de 1643k€ en 2 ans, est dédié à l'**accompagnement scientifique (AS)** des missions en développement telles que, CDPP, JUICE, MEDOC...et en exploitation telles que BEPICOLOMBO, SOLO, CLUSTER, SOHO. L'autre moitié concerne les lignes budgétaires COSI, VADS et ETEX qui permettent de soutenir des projets dans toutes les phases possibles : de la première idée, aux mission d'exploitations réalisées dans le cadre d'un programme multilatéral (en dehors du programme Cosmic Vision). Malheureusement toutes les idées ne peuvent être soutenues, le thématicien et son GT définissent des priorités et des recommandations pour chaque proposition qui sont envoyées à chaque proposant. Un point sur ces propositions est également fait lors de visite du thématicien dans les laboratoires chaque année.

La catégorie **COSI** a permis en de soutenir respectivement des propositions correspondantes pour la plupart à des missions d'opportunités. Toutes les phases sont présentes : des phases 0 telle que NOIRE soutenue par le PASO, jusqu'aux missions d'exploitations telles que **MMS, STEREO, SDO, JUNO, Parker Solar Probe**....

Parker Solar Probe (PSP) est l'exemple type qui n'aurait pas pu voir le jour sans la ligne budgétaire COSI : les magnétomètres SCM montés sur PSP ont pu être réalisés grâce à cette ligne. La phase d'exploitation est elle aussi entièrement financée par la ligne COSI. On peut aussi trouver d'autres exemples du même type de réalisation comme **THEMIS** ou **MMS**.

La ligne **VADS/SHM** permet pour une grosse part de soutenir le Programme National Soleil-Terre PNST. Cette ligne permet aussi de soutenir certaines activités autour de la météorologie de l'espace utilisant des données spatiales pour le développement des modèles numériques.

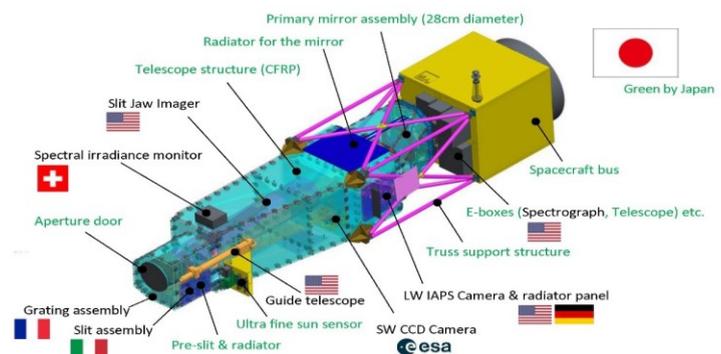
La ligne budgétaire **ETEX** permet de soutenir **les études exploratoires**. Des concepts de nanosatellites, des activités ballons qui étaient en soutien de la mission Taranis, des idées de phase 0 exploratoires. Des nouvelles idées y sont « semées » : **RENSEM** Mission planétaire pour la mesure multipoints autour de Mars, ou **NOIRE** pour l'Etude d'un système de mesure multi-satellite permettant des mesures interférométriques pour la radio astronomie basse fréquence.

## 5.2. Faits marquants de l'année 2023

- **Engagement en phase A sur la mission SOLAR-C :**

La mission SOLAR-C est la prochaine grande mission de physique solaire de l'agence spatiale japonaise JAXA. Elle comprend un seul instrument EUVST, un spectromètre UV monté sur un télescope de 30 cm de diamètre. Ce diamètre inédit permet à la mission une capacité inégalée de cartographie rapide de la surface du soleil : de l'ordre de quelques minutes (contre quelques heures au mieux avec les missions actuelles) avec un gain x10 en spectrométrie UV/EUV.

EUVST atteindra des résolutions spectrale, temporelle et spatiale inégalées à ce jour dans une gamme de raies d'émission couvrant tous les régimes de température présents dans l'atmosphère solaire. Les objectifs de la mission étant de comprendre les mécanismes de transfert d'énergie entre la photosphère et la couronne, et ses conséquences sur la structure et la dynamique de l'atmosphère solaire. Un exemple de ces mécanismes correspond aux Nanoflares qui sont les petites structures à petites échelles mises en évidence récemment par Solar Orbiter qui sont soupçonnés de jouer un rôle majeur dans le chauffage à plusieurs millions de degrés de la couronne solaire.



Le couple IAS / IO a une expertise mondialement reconnue pour la production de miroirs multicouches EUV pour la physique solaire (réalisation de EIT/SOHO, CORONAS-F, EUVI/STEREO, SWAP/Proba2, EU1/Solar Orbiter).

SOLAR-C offre la possibilité d'étendre l'utilisation de ce type de dépôt à des réseaux de diffraction et de maintenir l'expertise technique des équipes en place.

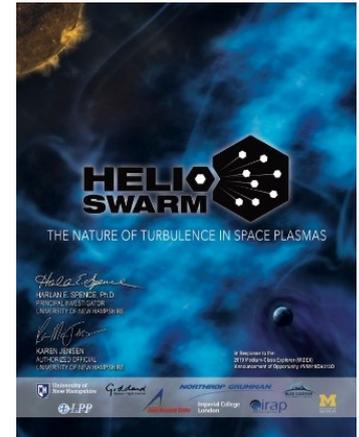
Le CNES est maître d'ouvrage et l'IAS est maître d'œuvre. Au niveau stratégique, il s'agirait de la première coopération française au très réputé programme d'héliophysique spatial japonais. La contribution proposée, bien délimitée mais au cœur de la performance (le domaine de l'UV est très sensible à la qualité optique), donnerait une bonne visibilité aux équipes françaises dans la collaboration.

## Sélection par la NASA de la mission HELIOSWARM pour un lancement en 2028 et engagement du CNES sur la phase B1 du projet

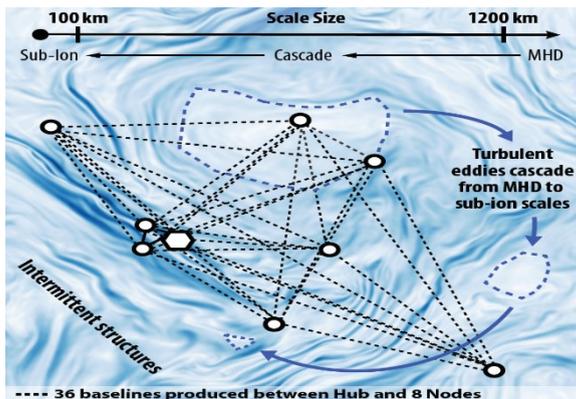
HeliosSwarm a été sélectionné par la NASA le 10/02/2022 avec la mission Muse. L'objectif principal de la mission est l'étude de la turbulence dans le vent solaire libre (non connecté au choc terrestre) en se limitant aux échelles fluide et ionique. Les deux objectifs principaux sont:

1. Etudier la distribution tridimensionnelle temporelle et spatiale de la turbulence dans le vent solaire,
2. Déterminer l'influence mutuelle entre les frontières ou les structures grandes échelles et la turbulence.

Cet axe thématique a été identifié comme étant de plus haute priorité (P0) par le du Séminaire de Prospective SPS 2019.



Le concept de mission comporte une plateforme accompagnée de 8 nanosatellites séparés entre 50 et 3000 km couvrant ainsi les échelles fluides jusqu'à subioniques, tous équipés d'un magnétomètre basse fréquence (FGM), d'une coupe de Faraday (FC) et d'un magnétomètre haute fréquence à induction (« search-coil », SCM).



La plateforme est équipée de la même instrumentation plus un analyseur électrostatique ionique pour la mesure de la fonction de distribution des ions du vent solaire.

Les 9 satellites permettent d'analyser les corrélations entre les mesures effectuées par 36 paires différentes et d'analyser 126 configurations tétraédriques non idéales (contre 6 paires et 1 tétraèdre pour les missions à 4 satellites). Les nanosatellites communiqueront uniquement avec la plateforme qui réceptionnera leurs données et les transmettra au sol

Ils sont tous équipés d'un magnétomètre basse fréquence (FGM), d'une coupe de Faraday (FC) et d'un magnétomètre haute fréquence à induction (« search-coil », SCM). Un analyseur électrostatique iESA pour la mesure de la fonction de distribution des ions et l'étude du chauffage du plasma est intégré uniquement sur la plateforme mère.

L'engagement du CNES porte sur la phase B1 de la contribution française et concerne **les 9 instruments SCM et l'instrument iESA** :

- L'instrument SCM est réalisé et fourni par le Laboratoire de Physique des Plasmas (LPP) et le Laboratoire de Physique et de Chimie de l'Environnement et de l'Espace (LPC2E) et est un héritage de l'instrument SCM développé et testé pour la mission JUICE.
- L'instrument iESA est réalisé et fourni par l'Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie (IRAP) et le Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux (LAB), et est un héritage direct de l'instrument Proton Alpha Sensor (PAS) de la mission Solar Orbiter.

Les travaux de cette FEP portent sur les phases B1 de développement des SCM et iESA. La prochaine étape sera le passage en phase CDE1 vers mi 2025.

## 6. Système Solaire

### 6.1. Contexte et stratégie

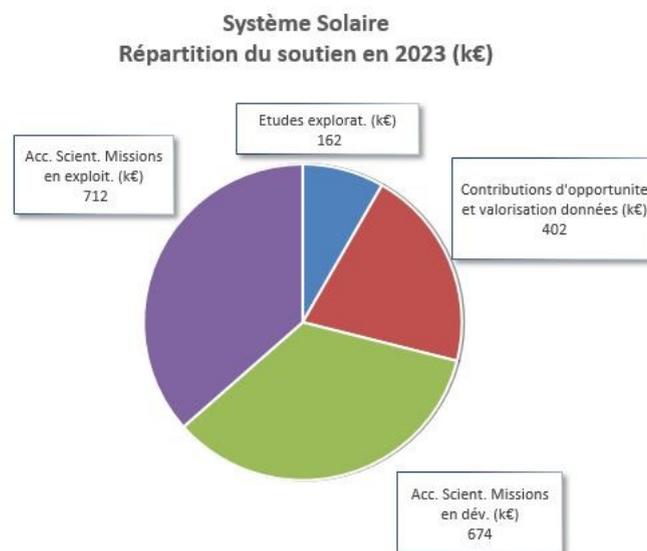
L'exploration du Système solaire a pour objectifs majeurs d'étudier sa formation et son évolution jusqu'à nos jours. Une nébuleuse primordiale s'est effondrée qui a abouti à la formation de petits corps qui ont conservé pour une part leur composition originelle, jusqu'aux mécanismes encore mal compris qui ont permis la formation des planètes qu'elles soient telluriques ou géantes et pour ces dernières qu'elles soient gazeuses (Jupiter et Saturne) ou glacées (Uranus et Neptune).

De plus, partout dans le Système solaire où l'eau liquide existe ou a existé, se pose la question de l'apparition du vivant qui est également un objectif majeur de cette discipline partagée avec la thématique Exobiologie. Cela concerne en premier lieu Mars où la présence d'eau liquide dans le passé est avérée mais cela concerne aussi certaines lunes glacées du Jupiter et Saturne qui possèdent aujourd'hui encore un océan liquide sous une croûte de glace : c'est le cas d'Europe, Ganymède et Callisto autour de Jupiter mais aussi Titan et Encelade autour de Saturne.

En **2023-124 activités** ont été soutenues, pour un montant total de **2,043 M€**. Les chercheurs ayant participé à ces activités, ont généré **321 publications** dans des revues à comité de lecture.

S'y ajoute le soutien aux **Programme National de Planétologie (PNP)** de l'INSU structurant la thématique (**160 k€/an**).

Les 109 activités soutenues sont réparties comme indiqué sur le graphique ci-dessous :



Un peu plus de 37% du budget, 759 k€, concerne **l'accompagnement scientifique (AS)** des projets en **exploitation** : **BepiColombo, Curiosity, Hayabusa-2-Mascot, InSight, Ludeau, Mars Express et Maven** 34 actions. Le soutien scientifique des missions Curiosity, Hayabusa-2-Mascot, InSight, Mars Express et Maven a permis de publier 341 publications à comité de lecture en 2021 & 2022.

36% du budget, 729 k€, concerne **l'accompagnement scientifique (AS)** des projets en **développement** : **Dorn, EnVision, Juice, Ludeau, MMX, PDSPC, PDSSP, Veritas et Viral** pour 45 actions. Sur Juice, le CNES a soutenu les 65 Co-Investigateurs venant de 18 laboratoires qui sont impliqués sur la totalité des 11 instruments de la charge utile scientifique.

La catégorie **COSI** comprend les projets **Chang'e 4, Comet Interceptor, Dawn, Destiny+, Europa Clipper, Hera, Juno, Mars Odyssey, Mars Reconnaissance Orbiter, New Horizons, Osiris Rex et Psyche**. Les 29 actions financées en 2023 sont toutes des projets pluriannuels, engagés avant 2020, certains depuis plus de cinq ans. Au total 110 articles publiés en 2021 & 2022 sur ces missions. Par exemple, le rôle de premier plan tenu par des équipes

françaises sur **OSIRIS-Rex** qui a étudié l'astéroïde Bennu et dont le soutien du CNES a permis de publier 25 articles dont 2 dans la revue Nature et 6 dans la revue Science sur les observations de l'astéroïde.

En termes de valorisation (**VADS**), le CNES s'appuie sur une communauté de planétologues très organisée. Le **PNP** de l'INSU centralise l'essentiel des activités de cette communauté non directement financée par le CNES. Deux équipes sont également soutenues pour participer à l'**IPDA** (InterPlanetary Data Alliance), groupe international chargé de coordonner l'évolution du format PDS des données planétaires.

En ce qui concerne **les études exploratoires**, le CNES a soutenu 17 équipes qui travaillent à la préparation de futures missions pour l'étude d'Uranus, d'Encelade et Titan avec la NASA ou d'instrument comme le CosmOrbitrap.

## 6.2. Faits marquants de l'année 2023

- **Lancement de JUICE**

Le 14 avril 2023, la mission JUICE de l'ESA a été lancée par Ariane 5 depuis le Centre Spatial Guyanais.



*Le lancement de JUICE le 14 avril 2023 par Ariane 5 depuis le CSG.*

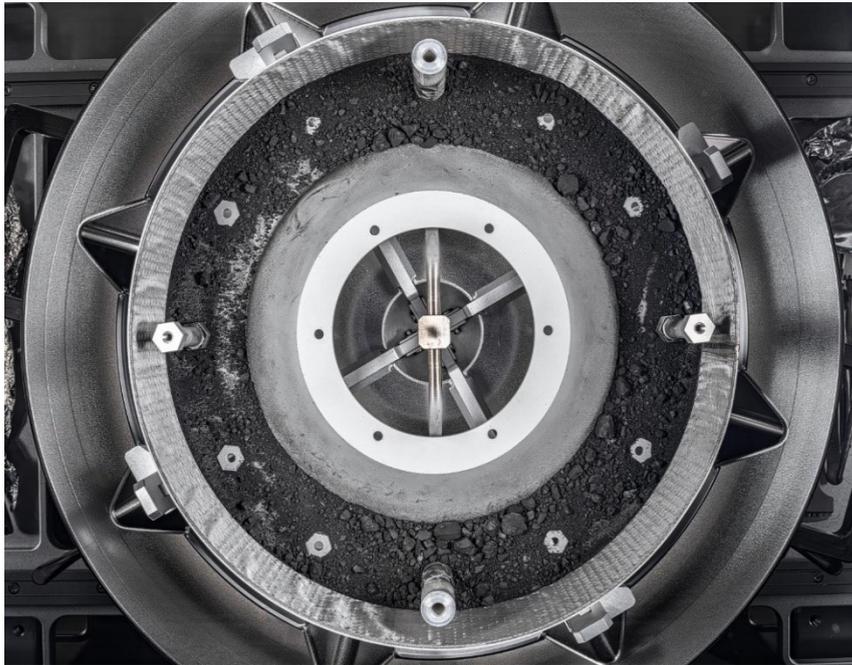
JUICE doit survoler Vénus le 31 août 2025 et arrivera au voisinage de Jupiter en juillet 2031. 28 équipes françaises réparties dans 14 laboratoires sont financées sur l'Accompagnement Scientifique de Juice.

- **Astéroïdes Bennu, retour des échantillons sur Terre**

Le 24 septembre 2023, une capsule détachée de la sonde OSIRIS-Rex a effectué une rentrée atmosphérique à haute vitesse pour atterrir dans le désert de l'UTH (USA). A bord sa précieuse cargaison d'échantillons (120 g) prélevé sur l'astéroïde Bennu 3 ans auparavant. 4 équipes des laboratoires CRPG, IAS, Lagrange et LESIA sont soutenues sur l'APR COSI-VADS pour les observations en vol de Bennu et pour les analyses au sol des échantillons rapportés.



*La capsule de la sonde OSIRIS-Rex après son atterrissage dans le désert de l'Utah. ©NASA*



*Les échantillons de Bennu dans le conteneur qui sera ouvert en janvier 2024. © NASA*

# 7. Sciences de la Matière

## 7.1. Contexte et stratégie

Les sciences de la matière s'intéressent aux propriétés physiques de la matière à des échelles mésoscopiques, c'est-à-dire entre les échelles microscopiques et les échelles macroscopiques. Tandis que ces deux dernières sont relativement bien décrites par la physique quantique et atomique d'une part, et la physique classique d'autre part, les phénomènes d'organisation de la matière aux échelles intermédiaires sont encore mal connus, notamment lors de ses changements d'états (solide, amorphe, liquide, gaz, supercritique ...). Et il faut généralement faire appel à la physique non-linéaire et à la physique statistique des états hors d'équilibre pour modéliser ces phénomènes.

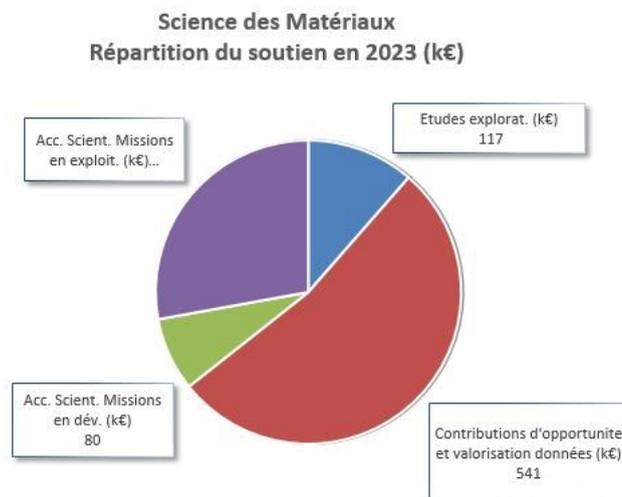
Soumise à la gravité terrestre, la matière s'organise dans un contexte particulier via des mécanismes induits par la pesanteur, tels que la convection, la pression hydrostatique, la sédimentation ou le drainage. Ces derniers masquent, ou modifient fortement, la nature des états de la matière. Pour connaître les propriétés universelles qui régissent les états de la matière, et leurs transformations associées, il est donc nécessaire de s'affranchir de la pesanteur. Le CNES via l'APR, offre aux laboratoires scientifiques la possibilité de réaliser des expériences hors contraintes de gravité et permet ainsi de mettre en évidence des phénomènes inattendus où toutes les propriétés physiques peuvent s'exprimer.

Ces dernières années ont vu des avancées significatives dans la connaissance des propriétés fondamentales de la matière notamment grâce à la maturité acquise pour développer des instruments dédiés aux vols paraboliques et à l'ISS mais aussi par l'utilisation des moyens puissants de simulations numériques utilisant notamment la simulation en champ de phase, les architectures parallèles et les processeurs graphiques.

Des phénomènes nouveaux ont été observés et modélisés grâce à ces nouvelles puissances de calcul. Les propriétés dynamiques et statistiques de l'auto-organisation de la matière sont ainsi mieux comprises, notamment dans l'étude des états supercritiques, de l'évaporation, de la solidification, et de la combustion.

Les scientifiques utilisateurs de la micropesanteur issus de différents laboratoires de physique sont rassemblés au sein d'un Groupement de Recherche du CNRS, le GdR Micropesanteur Fondamentale et Appliquée, qui a fêté ses 30 ans en 2022. Ce GdR compte plus de 150 chercheurs du CNRS, du CEA, de l'INRAE et des Universités. Pour le programme du CNES dans l'ISS, la période écoulée a vu la continuité des expériences de l'instrument DECLIC en coopération avec la NASA et de l'instrument FLUIDICS.

Par ailleurs, en partenariat avec l'ESA, dans le cadre du programme SciSpace, les chercheurs français ont participé activement aux expériences effectuées dans l'ISS ou en fusée sonde, en étant la communauté nationale la plus représentée.



## 7.2. Faits marquants de l'année 2023

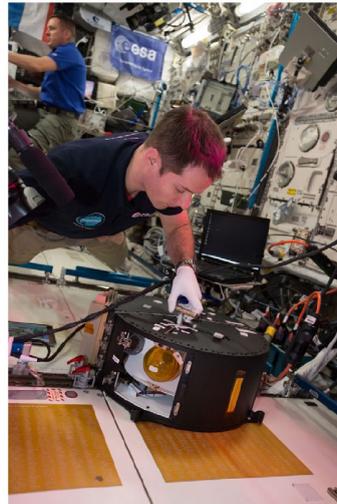
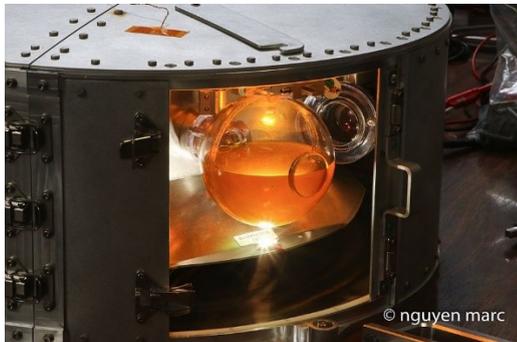
- **FLUIDICS**

L'expérience FLUIDICS a été développée par le CNES dans le cadre de la mission Proxima de Thomas Pesquet à bord de l'ISS. Il s'agit d'une expérience de mécanique des fluides, avec 2 objectifs principaux : l'étude des ballotements des fluides à l'intérieur des satellites pendant qu'ils font des manœuvres et l'étude de ce qu'on appelle les turbulences d'ondes.

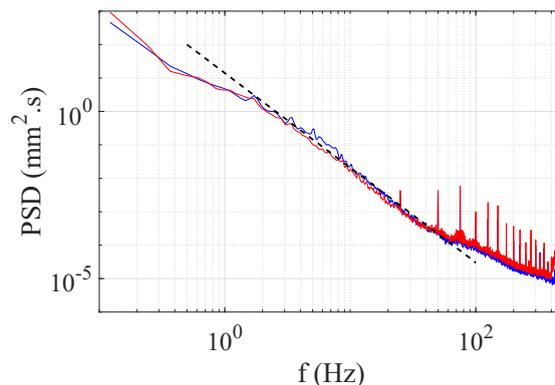
La turbulence d'ondes concerne les propriétés dynamiques et statistiques d'un ensemble d'ondes en interaction non linéaire. Les applications sont diverses et adressent par exemple, les vagues à la surface des océans, les ondes d'Alfvén dans les plasmas astrophysiques ainsi que de nombreux dispositifs expérimentaux dont l'étude a connu un fort développement au cours de ces dix dernières années. L'intérêt de la micropesanteur est de permettre l'étude des ondes capillaires à la surface d'un fluide sans effet parasite des ondes de gravité et également de pouvoir travailler avec une couche de fluide à symétrie sphérique, ce qui permet de s'affranchir des réflexions d'ondes sur des parois latérales toujours présentes au laboratoire. Les expériences qui ont eu lieu en vols paraboliques et à bord de l'ISS avec FLUIDICS ont montré un bon accord avec les prédictions théoriques de la turbulence faible.

L'instrument FLUIDICS a été mis en œuvre de 2017 à 2023 (une panne est survenue alors) par de nombreux astronautes à la suite de Thomas Pesquet.

Le mode de forçage utilisé, vibration en rotation, choisi pour les expériences de ballotement, n'étant pas complètement optimal pour la turbulence d'ondes, le développement d'un nouvel instrument à forçage linéaire est en cours.



*L'instrument FLUIDICS avec sa sphère en rotation contenant le fluide, mis en place par Thomas Pesquet pour une expérience dans l'ISS.*



*Accord entre la simulation et la mesure pour le spectre de puissance des fluctuations de surface*

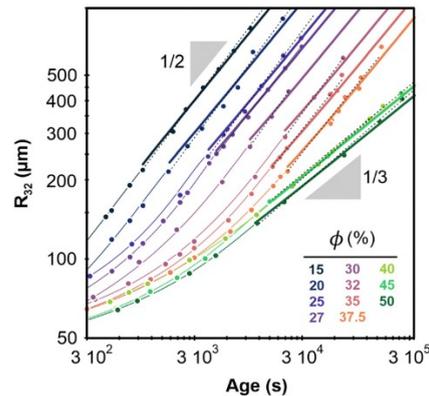
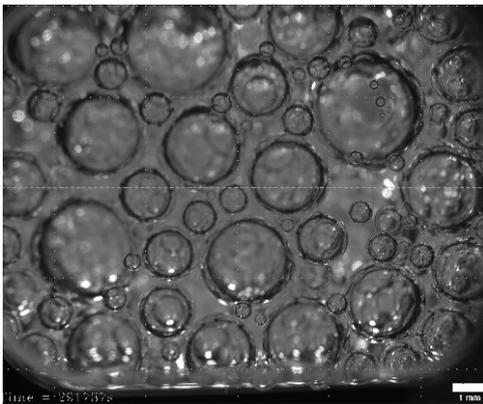
- **Mousses et émulsions**

Les mousses, émulsions, suspensions denses et gels colloïdaux sont des milieux emblématiques de la matière molle. A titre d'illustration, les mousses liquides sont des dispersions de gaz dans une phase aqueuse. Sur Terre, la gravité conduit au drainage rapide de l'eau. Très rapidement, les mousses deviennent sèches avec un fort gradient vertical de densité d'eau. Les expériences en microgravité constituent une opportunité unique d'étudier le comportement des mousses humides, en particulier au voisinage de la transition de blocage (dite de jamming) où la mousse passe d'un comportement solide à celui d'un liquide bulleux concentré.

Au cours des procédés de fabrication de certains matériaux, les mousses passent souvent par un stade proche de la transition de blocage, dont le vieillissement et le comportement mécanique n'ont jamais pu être étudiés sur Terre.

Le projet Foam-C de l'ESA porte sur leur vieillissement dû au murissement (grossissement des bulles induit par le transport de gaz entre elles du fait des différences de pression capillaire). Un nouveau domaine de mousses a été mis en évidence, les bulles s'y agrégeant entre elles sous l'effet d'un phénomène d'adhésion, repoussant alors la transition de blocage.

L'existence de ce nouveau domaine soulève des questions jusqu'ici ignorées, alimentant actuellement des travaux de pointe à l'échelle internationale. Plusieurs articles ont été publiés en 2023, un dans le numéro spécial du CRAS (Compte Rendu Académie des Sciences) pour le GDR MFA, un dans Soft Matter et un dans PNAS.



Transition entre deux régimes de murissement (transport pariétal ou évaporation)

- a) Pas de drainage, le système reste homogène (gauche).
  - b) Le régime  $\frac{1}{2}$  (pariétal) est beaucoup plus robuste que sur terre. Il apparait au-delà du seuil de random close packing ce qui est surprenant.
- $\phi$  Fraction volumique de liquide. (droite)

*Aqueous foams in microgravity, measuring bubble sizes*

Marina Pasquet, Nicolo Galvani, Olivier Pitois, Sylvie Cohen-Addad, Reinhard Höhler, Anthony T. Chieco, Sam Dillavou, Jesse M. Hanlan, Douglas J. Durian, Emmanuelle Rio, Anniina Salonen and Dominique Langevin

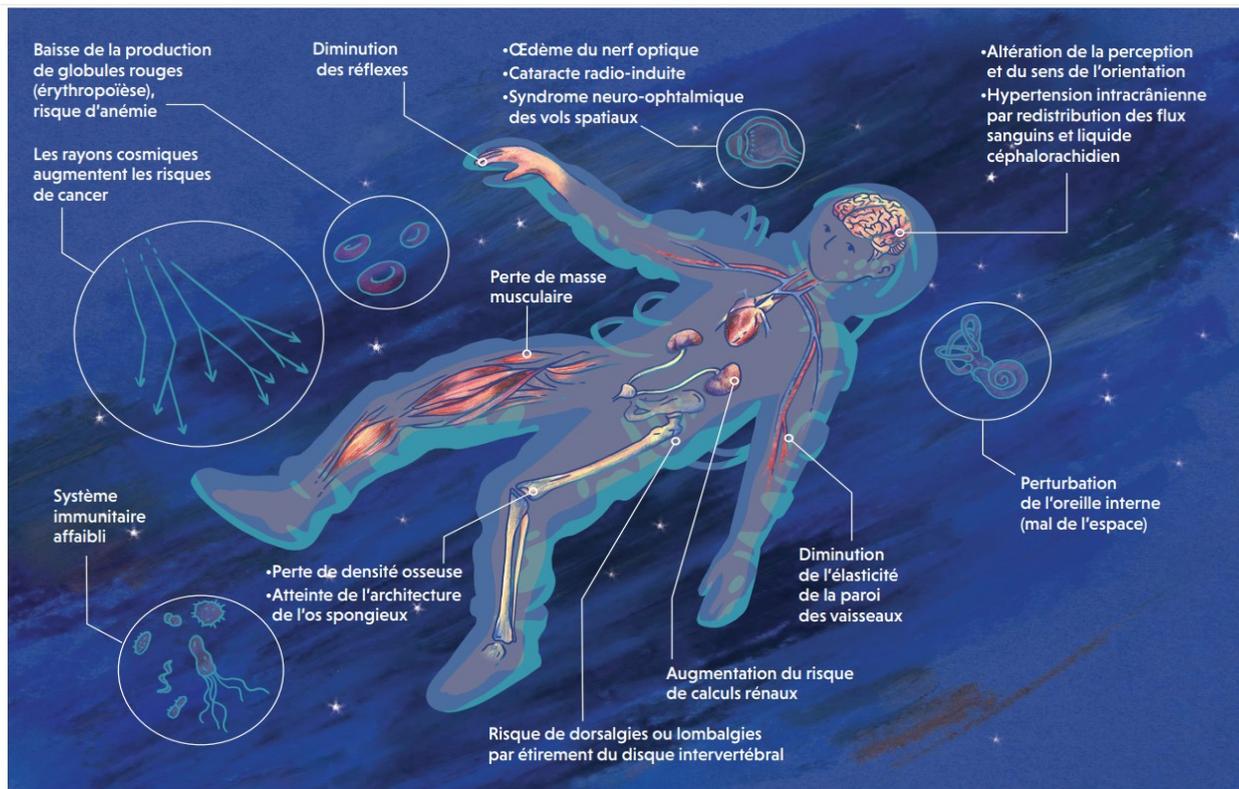
Comptes Rendus. Mécanique, Physical Science in Microgravity within the Thematic Group Fundamental and Applied Microgravity, Volume 351 (2023), pp. 139-161

# 8. Sciences de la Vie

## 8.1. Contexte et stratégie

A l'heure actuelle, les Sciences de la Vie ont pour objectif d'accompagner l'exploration de l'Espace et la présence humaine sur la Lune.

Les recherches menées depuis 50 ans en « orbite basse » nous ont permis d'accumuler de nombreux savoirs sur les modifications physiologiques de l'homme induites par les vols spatiaux. Nous pouvons notamment citer : le déconditionnement cardiovasculaire (avec une hypotension orthostatique au retour du vol), l'atrophie musculaire, la perte osseuse (l'os se déminéralise et se fragilise peu à peu, la réduction des sollicitations fonctionnelles entraîne une déminéralisation osseuse rapide qui aggrave le risque des fractures et la formation de calculs rénaux), la baisse de l'immunité (notamment les modifications de marqueurs spécifiques..... ), le dysfonctionnement métabolique (changement de la composition corporelle), l'altération des fonctions cognitives (dans les jours qui suivent la mise en orbite proprement dite, il est admis que les sujets peuvent se trouver dans un « brouillard spatial cognitif » dont l'intensité dépend des individus mais qui peut plonger les sujets dans des états allant de brèves sensations de mal-être jusqu'à des altérations de la mémoire et de la prise de décision qui sont alors potentiellement handicapantes dans l'exécution des tâches), et plus récemment des problèmes oculaires ont été décrits (l'acuité visuelle baisse vraisemblablement à cause, entre autre, d'une hypertension intracrânienne accompagnant la redistribution des fluides vers la moitié supérieure du corps).



Principales conséquences de l'impesanceur sur l'organisme

La microgravité et le niveau de radiation subis pendant le vol spatial entraînent également des modifications de l'expression des gènes impliqués dans la balance énergétique mitochondriale, les programmes du renouvellement cellulaire, la morphologie et les réponses fonctionnelles des cellules. Si jusqu'à présent, toutes ces altérations étaient en partie réversibles, et bien tolérées par l'organisme, notamment du fait de vol de courte durée (environ 6 mois), il n'en sera pas de même avec les vols vers la Lune et Mars à cause de la durée de vol, du niveau de radiation plus élevé, du délai des contacts permanents avec la Terre, et de l'impossibilité de retour rapide sur Terre en cas d'urgence. Il semble donc indispensable de définir de nouvelles priorités d'études pour la décennie à venir. Si un certain nombre d'entre elles peuvent être communes entre la Lune et Mars, il existe néanmoins des spécificités à chacune d'elle. Par exemple, la médecine préventive et curative sur des aspects tant fonctionnels que psychologiques jouera un rôle majeur (surtout pour Mars). En effet, parmi les spécificités liées à l'exploration planétaire : l'absence de capacité de retour rapide (qui augmente le risque d'avoir des conséquences sur la psychologie et la santé mentale de l'individu), la proposition d'un entraînement personnalisé (participant à maintenir les performances physiques et cognitives), le

développement de capteurs spécifiques placés sur les sujets (permettant d'améliorer le diagnostic) , il est donc nécessaire d'utiliser des moyens de téléopération (tels que l'échographie réduisant ainsi, les délais importants pour la télémédecine lunaire et martienne) .Déjà présent dans l'ISS, l'échographe téléopéré permet depuis le sol à un médecin de téléguider une sonde d'échographie présente dans l'ISS, en intervenant directement auprès de l'astronaute à distance sur la qualité des images recueillies , (améliorant ainsi la performance diagnostic de l'examen). Les questions des radiations (notamment concernant les dommages cellulaires), de l'alternance de 1G, micro G et G partiel, induisant la mise en place d'un déconditionnement rapide, et des conséquences de la vie d'un milieu confiné (l'évolution de pathogènes très rapide, en parallèle à une immunité réduite, modifications cérébrales et musculosquelettiques).

Enfin, l'accompagnement des équipes humaines qui auront comme mission une présence continue sur la Lune ou Mars nécessitera (1) la création d'un environnement de vie comprenant la production sur place d'une nourriture adaptée ( de nombreuses équipes se penchent sur le développement des plantes en gravité nulle ou modifiée, car ,à l'heure actuelle aucun système alimentaire ne répond aux défis en matière de nutrition que ce soit en termes d'acceptabilité, de sécurité et de ressources que posent les missions d'exploration prolongée Des solutions pour garantir un système alimentaire nutritif et adéquat pour des durées prolongées sont nécessaires. Bien que les aliments de longue conservation (aliments lyophilisés, boîtes de conserve) présentent des avantages (facilités de préparation), de nouveaux traitements des aliments et de conditionnement (emballages de températures de stockage restent à évaluer. (2) une capacité à répondre aux dérives de l' environnement sanitaire (le nouveau milieu pouvant contenir des espèces chimiques inductrices d'altération de la santé ) et (3) des conditions de vie permettant un retour sur Terre dans des conditions de santé satisfaisantes Traiter l'ensemble de ces points rend indispensable d'imaginer et tester des contremesures( ce terme définit l'ensemble des actions mises en place pour limiter l'impact physiologiques ou psychologiques d'un vol spatial) pour limiter les effets délétères liés aux changements d'environnement gravitaire et radiatif. .

C'est pourquoi, le CNES met en place une réduction des risques reposant sur 3 piliers : la prévention, les contremesures et l'autonomie à bord.

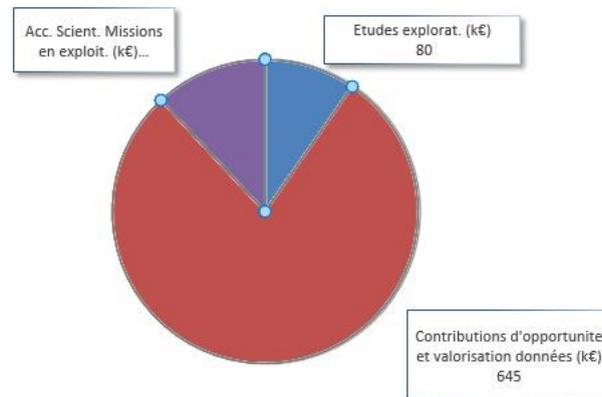
Si la description des effets du vol spatial sur le vivant terrestre a débuté dès le début de la « conquête spatiale », ces recherches progressent grâce au développement de nouvelles technologies applicables en vol mais également grâce aux modèles au sol (bedrest, immersion sèche) permettant l'élaboration et la validation des 'hypothèses construites à partir des expériences en vo et de la modélisation préclinique.

L'immersion sèche reproduit les effets de l'impesanteur en immergeant le sujet (isolé de l'eau par une grande toile imperméable) dans une grande baignoire, cette configuration mime les effets de l'impesanteur en supprimant les points d'appui, afin d'étudier par exemple les nombreux effets musculaires ou cardiaques qui y sont associés. Le bedrest consiste à aliter les sujets la tête de - 6° vers le bas, ce modèle reproduit et modélise les conditionnements plus long que celui du tissu adipeux. Ces deux modèles offrent à l'heure actuelle les seuls modèles d'inactivité au long cours pour tester les effets de la sédentarité sur des sujets sains. Dans ces conditions, les mécanismes délétères de l'inactivité conduisant à un état pathologique peuvent être étudiés. Toutes ces expériences ont des retombées sociales très importantes : de plus en plus de données épidémiologiques, cliniques et expérimentales démontrent l'impact catastrophique de la sédentarité sur le développement de nombreuses maladies chroniques et l'accélération des effets délétères du vieillissement ou encore du handicap moteur : de l'alitement prolongé des patients hospitalisés et enfin des pathologies de l'oreille induites par l'absence de pesanteur.

Les sciences de la vie telles qu'elles sont étudiées et organisées au CNES s'inscrivent parfaitement et sont même pionnières, dans le concept « d'une seule santé » ou « one health » qui étudie l'humain dans son environnement de vie en prenant en compte l'ensemble du monde vivant qui l'entoure.

Les scientifiques utilisateurs de la microgravité sont essentiellement issus des hôpitaux, des unités mixtes Universités-CNRS, -INSERM, CEA et -INRAe. Les scientifiques français participent activement aux programmes des différentes agences spatiales. Les communautés scientifiques des Sciences de la Vie en milieu spatial disposent déjà de moyens spatiaux et terrestres pour effectuer leurs expériences. A l'heure actuelle, la Station Spatiale Internationale (ISS) reste le moyen principal d'expérimentation pour ces disciplines. Elle est le laboratoire de recherche essentiel pour la médecine spatiale. D'autres moyens sont indéniablement nécessaires comme les capsules récupérables, les ballons, les moyens de simulation au sol mis en œuvre dans un cadre national, européen ou international. Enfin, deux plateformes devenues des « Ground Based Facility »de l'ESA (ouvertes à la communauté scientifique *via* un appel à projets ouvert en permanence sur le site de l'ESA) ont été créées : la plateforme GEPAM pour 'Gravitational Experimental Platform for Animal Models' permettant d'exposer des embryons/larves/têtards de 4 espèces d'Amphibiens ou des souris à des changements de gravité et la plateforme MARS SIMULATOR permettant d' exposer des cellules et des plantes à différentes radiations.

## Sciences de la Vie Répartition du soutien en 2023 (k€)



## 8.2. Faits marquants de l'année 2023

- **Adapter les procédures d'urgence terrestre au milieu spatial : l'exemple du massage cardiaque sur mannequin**

En effet, les principales agences spatiales internationales prévoient dans les années à venir des projets spatiaux ambitieux comme le projet ARTEMIS ou la conquête de Mars avec pour particularité des longues durées de mission, inédite jusqu'alors pour des vols habités et exposant à de nouveaux risques. Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de prévoir, codifier et optimiser des protocoles médicaux d'urgence pour palier à toute situation médicale aiguë dans l'environnement difficile et isolé d'un vaisseau spatial (des études d'incubation trachéale ont été réalisées en 2021-2022 au cours de vols paraboliques). Une seconde nécessité est la réalisation d'un massage cardiaque dans l'espace, en situation de microgravité, et soumise à de nombreuses contraintes physiques et logistiques. Sur Terre, les sociétés savantes s'accordent sur le fait que la réanimation cardiopulmonaire (RCP) post-arrêt cardiaque doit être scindée en Basic Life Support, réalisable immédiatement sans matériel, et Advanced Life Support, lors de l'arrivée des secours médicaux. Ainsi, dans un contexte de microgravité les méthodes manuelles, dites d'Evett-Russomano et HandStand représentent le gold standard pour une RCP optimale d'après la Société Européenne de Médecine Aérospatiale et la Société Allemande de Médecine Aérospatiale, la première méthode concernant le Basic Life Support et la seconde l'Advanced Life Support pour des raisons ergonomiques. Cependant ces techniques, certes ajustées aux contraintes de gravité et d'espace d'un vaisseau spatial et ne nécessitant aucun matériel spécifique, n'atteignent pas les objectifs des recommandations de l'ERC (European Resuscitation Council) 2021, « société savante européenne de référence pour la gestion de l'arrêt cardiaque sur Terre. D'autres méthodes manuelles ont récemment été investiguées, avec pour résultat une efficacité toujours sous-optimale en regard des recommandations. L'utilisation d'une machine de massage cardiaque automatisée (automatic chest compression device, ACCD), dont l'efficacité a déjà été rapportée sur Terre en pratique clinique courante (comparable à un massage manuel) ainsi que dans des environnements difficiles comme l'intérieur d'un hélicoptère (efficacité supérieure à un massage manuel, permettrait d'optimiser la qualité de la RCP et de rendre disponible un membre de l'équipage pour gérer d'autres tâches dans ce contexte d'urgence. Une seule étude s'est attachée à évaluer la faisabilité du massage cardiaque automatisé en microgravité. En effet, lors de la réalisation de vols zéro gravité à l'occasion de la 4e campagne Swiss Parabolic Flight Campaign par la fondation Swiss SkyLab, une équipe italienne a mis en évidence que l'ACCD de la marque LUCAS permet d'assurer une RCP efficace et reproductible dans le temps en adéquation avec les recommandations ERC 2021, contrairement à ce que rapporte la littérature pour un massage cardiaque manuel. Cependant, ce travail n'a jamais été reproduit et aucun autre appareil de type ACCD n'a été évalué à ce jour pour en comparer l'efficacité. De plus, aucune étude n'a comparé la méthode Handstand, actuel « gold standard » pour une RCP en microgravité, à un appareil de type ACCD. Equiper un vaisseau spatial d'un ACCD représente une contrainte supplémentaire, en particulier de poids d'équipement, et ne pourra se justifier que s'il existe une preuve expérimentale de son efficacité, en démontrant son réel bénéfice sur la qualité de la RCP. C'est pourquoi, cette nouvelle méthode de massage cardiaque a été évaluée aux cours de campagnes de vols paraboliques en 2023.

De nouvelles études se poursuivent depuis 2023 pour créer un jumeau numérique de l'astronaute et du médecin grâce à de la réalité virtuelle.

- **Les radiations**

Un autre problème des Sciences de la Vie (en dehors des problèmes osseux et de la psychologie) pour l'exploration spatiale est le problème des radiations tant au niveau humain que pour la nourriture spatiale

Différentes équipes subventionnées par le CNES étudient les effets des radiations de la Lune et de Mars sur l'humain et sur les plantes.

- **Chez l'Homme :**

Pour estimer les risques cliniques liés aux radiations ionisantes lors d'un séjour dans l'espace, il est nécessaire de répondre aux questions suivantes :

*Quelle est la nature des radiations spatiales (dose, débit, énergie) qui impactent l'astronaute ?*

Il est important de se focaliser sur l'étude des effets des radiations qui traversent le blindage qui impactent vraiment les astronautes : les blindages Pb /Al ne protègent pas forcément en totalité car ils peuvent émettre des particules secondaires, paradoxalement les régolithes protégeraient mieux car ils émettent moins de particules secondaires.

Il a été démontré que l'irradiation spatiale se résume à une pluie aléatoire de particules de faibles énergies (protons, électrons, neutrons, éventuellement ions métalliques) dans un bain de rayonnement gamma de forte énergie et de débit faible mais continu correspondant à 2 fois la radioactivité naturelle la plus élevée sur Terre soit 146 mSv/an. Cette irradiation continue à faible débit s'apparente à un stress oxydatif constant et de faible ampleur qui va agresser tous les organismes vivants. Un autre volet ou source de radiations est celui représenté par la stratosphère, point particulier, très peu traité par les radiobiologistes alors que cette zone représente un intérêt spatial et militaire important. Tous ces résultats ont été obtenus grâce aux expériences ballons (2021-2022 -2023) du CNES.

*Quels sont les tissus à risques ?*

La pluie aléatoire de particules de faible énergie dépose toute son énergie en surface (d'où tissus d'intérêt tels que l'œil, la peau principalement) alors que le bain de rayonnement de haute énergie concerne les tissus profonds répondant aux faibles débits de dose (système cardiovasculaire et os). La difficulté de cette question réside dans la mise en culture de ces tissus humains particuliers, notamment l'os et le cristallin. Cependant, les données obtenues sur des types cellulaires en culture permettent désormais de considérer l'os comme un tissu plus radiosensible qu'attendu et surtout plus radiosensible à faible dose. En ce qui concerne le cristallin, le vieillissement lié à un stress oxydatif constant aboutit à un risque accru de cataracte.

Parce que la très grande majorité des laboratoires ne travaillent pas avec des cellules humaines et encore moins avec les tissus évoqués, ce qui soulève la question de l'extrapolation des données obtenues à la réponse humaine des tissus humains aux radiations spatiales (culture 2D, 3D) il a donc été primordial de poursuivre ces recherches en 2023 en se focalisant sur des systèmes en culture (culture 2D, 3D organoïdes) d'origine humaine et provenant des tissus cibles. '

*Quelles sont les contremesures ?*

Comme pour les autres systèmes physiologiques, nous essayons de trouver des contremesures pour éviter les cassures de l'ADN qui sont provoquées par l'irradiation et représentent un danger important de dérive (perte de fonction, mort cellulaire, dérive cancéreuse). Jusqu'à présent, toutes les drogues moléculaires radioprotectrices étaient basées sur l'anti-oxydation, permettant de réduire la production des espèces oxygénées radicalaires de la radiolyse de l'eau et donc le nombre de cassures de l'ADN. Le laboratoire de Lyon a pu développer en 2023 de nouveaux agents de radioprotection basé sur le principe de pro-épiskévie (stimulation de la réparation de l'ADN et du transit d'ATM) plutôt que de l'anti-oxydation. Ces nouveaux agents pharmacologiques pourraient représenter un composant de contremesures médicamenteuses à ajouter à un cocktail.

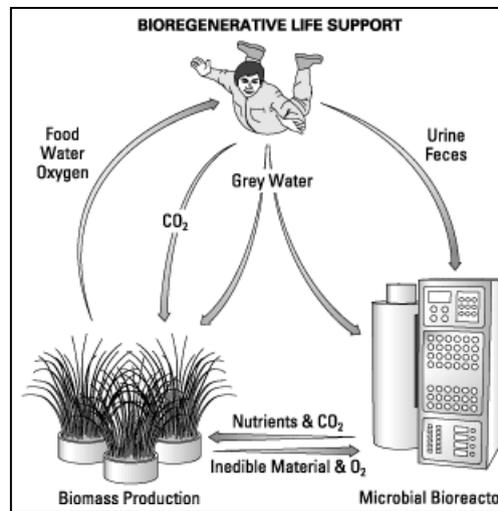
- **Sur la plante :**

Dans le cadre de la conquête spatiale vers Mars, l'Homme a entrepris de développer des systèmes de support de vie adaptés à des séjours de longue durée dans l'Espace. En outre, la distance séparant Mars de la Terre (80 millions de km au minimum) rend impossible toute éventualité de ravitaillement.

Pour cette conquête, chaque membre d'équipage aura besoin au quotidien d'environ 1 kg de nourriture, 3 kg d'eau et 1 kg d'oxygène ce qui représente entre 3,2 tonnes et 4,5 tonnes embarquées par personne, soit une charge moyenne de 25 tonnes à transporter pour un équipage de 6 personnes.

Afin de réduire au maximum la masse embarquée, il est impératif de développer des systèmes de support vie dans lesquels les plantes constituent un élément essentiel pour fournir à l'équipage eau, oxygène et nutrition. Les plantes assurent également le recyclage des déchets organiques produits par l'équipage. Elles ont également un impact

psychologique non négligeable sur l'équipage, (la plante évoluant dans le temps, cela représentera une source d'intérêt rappelant la Terre à l'équipage)

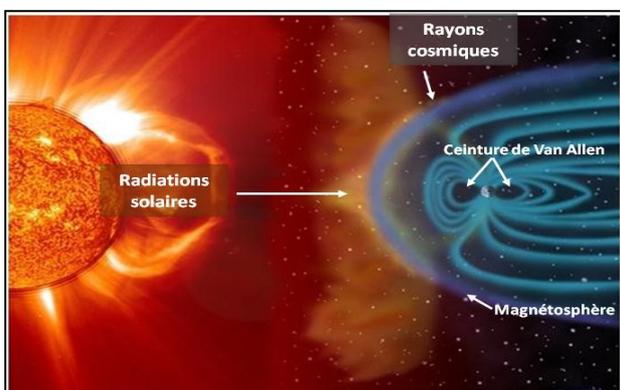


*Schéma simplifié du principe de fonctionnement d'un support vie*

Puisque l'efficacité d'un tel dispositif repose, en grande partie, sur les plantes, il est primordial d'étudier leur développement dans l'environnement spatial et notamment l'effet des radiations sur celles-ci.

Jusqu'à présent, les études menées ont essentiellement porté sur l'action de la microgravité sur le développement et la croissance des plantes. Elles ont montré que les plantes supérieures pouvaient germer, croître et se développer dans l'espace et que les individus obtenus présentaient les caractéristiques similaires à celles des plantes ayant poussées sur Terre.

Il est actuellement admis que les radiations dues aux rayonnements cosmiques constituent un facteur environnemental majeur à considérer lors des missions spatiales. Les radiations présentes dans l'espace proviennent des ceintures de Van Allen, du Soleil et des rayons cosmiques. Elles se composent d'électrons, de protons et de noyaux lourds, ainsi que de rayons  $\alpha$  et  $\beta$  pour les radiations cosmiques et de rayons  $\gamma$  et X pour les radiations solaires. Ces rayonnements causent des dommages cellulaires pouvant être létaux ou affectant la physiologie des tissus et des organes à différents niveaux. Et pourtant, la recherche de l'impact des radiations cosmiques sur les cellules végétales a, jusqu'à présent, été négligée et il existe très peu de données sur ce domaine. Pourtant, dans le contexte de l'utilisation des plantes en tant que support de vie dans les vols spatiaux habités de longue durée, il est primordial de savoir quel sera leur comportement à l'échelle d'un cycle de vie et pendant plusieurs générations pour la réussite d'une telle mission.



*Sources des radiations cosmiques (les ceintures de Van Allen, les radiations solaires et les rayons cosmiques)*

Dans l'espace, les organismes vivants sont soumis à deux types d'exposition dont les conséquences diffèrent. On distingue l'exposition à des doses élevées de radiations qui sont le plus souvent létales. Du fait de leur dangerosité immédiate, elles ont été très tôt identifiées et elles sont prises en compte lors de la construction des vaisseaux et de l'ISS qui sont dotés de boucliers de protection. En revanche, l'exposition à des doses plus faibles de radiations plus pénétrantes qui ne sont pas stoppées par les boucliers de protection, induit un état de stress des organismes (comme indiqué précédemment pour l'Homme) exposés qui passe inaperçu sur le moment mais qui, en raison d'un effet cumulatif, représente un risque à plus long terme. C'est ce deuxième cas qui est le plus inquiétant car cette toxicité est importante et pourrait causer l'échec des missions sur Mars.

Les plantes ainsi stressées produisent des substances de protection telles que des polyphénols et des alcaloïdes. Si ces métabolites secondaires sont bénéfiques pour la santé humaine (protection contre le stress oxydatif), accumulés en grande quantité ils pourraient s'avérer toxiques.

Pour reproduire les conditions spatiales du voyage vers la Lune, les plantes sont irradiées par des rayons  $\gamma$  produits par une source de nitrate de thorium au GSBMS de Toulouse dans un dispositif appelé MarSimulator. Les doses de radiations sont de 0,33 mGy/jour, ce qui correspond à celles mesurées dans l'orbite géostationnaire (dans laquelle se situe l'ISS) et sur la Lune (Maalouf et al., 2011). Nous étudions les effets du rayonnement sur le développement des plantes en 1g et en micropesanteur ( $\mu$ g) simulée. Le dispositif expérimental qui permet de combiner les deux facteurs, radiations et micropesanteur, est appelé MarSimulateur.

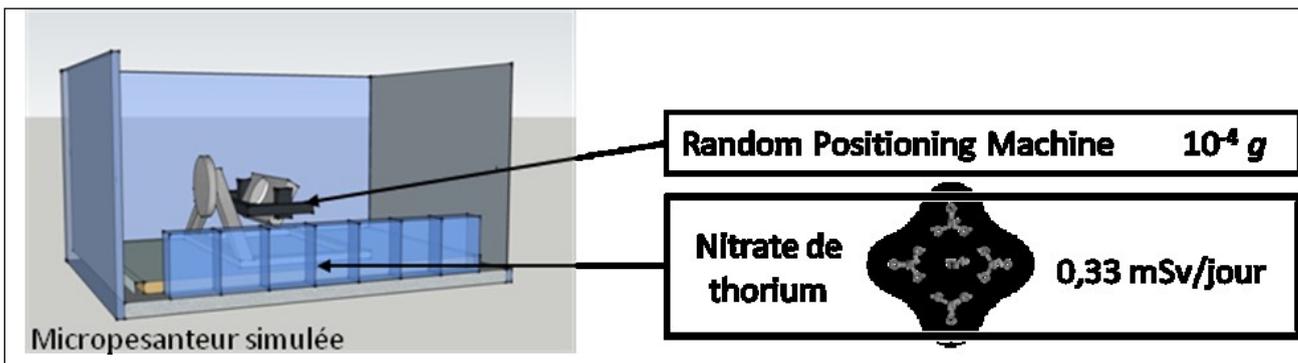


Schéma du MarSimulateur. Le RPM (Random Positioning Machine) permet de simuler  $10^{-4}g$  et le nitrate de thorium permet une irradiation de 0,33 mGy/jour mimant ainsi le taux de radiation perçue dans l'ISS

Ces études permettent d'étudier : le stress oxydatif, les dommages de l'ADN (cassures double brin), le cycle cellulaire, les études phénotypiques, les métabolites secondaires et l'étude transcriptomique. De plus des études sont également effectuées sur l'impact des radiations sur plusieurs générations. Ces études ont été menées au cours de l'année 2023.

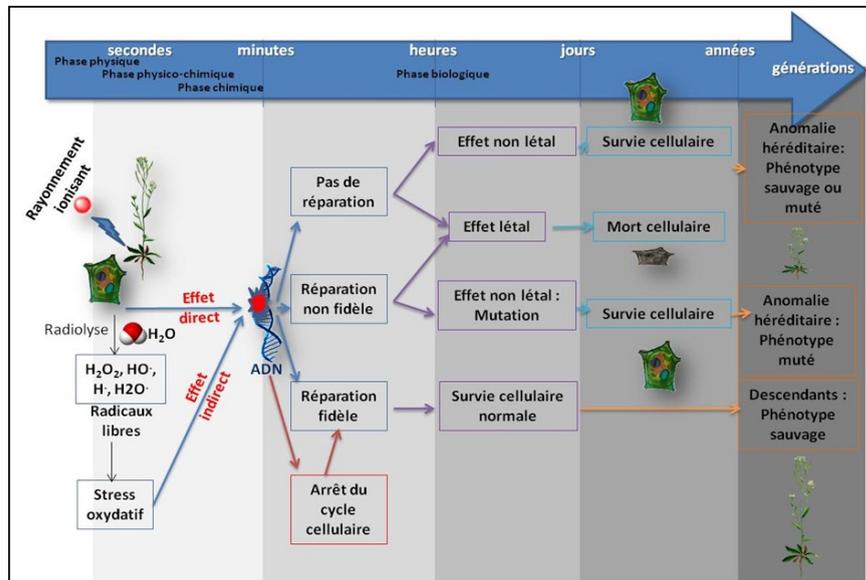


Schéma décrivant les effets des radiations sur les végétaux en fonction de la durée d'exposition. Cela représente également le schéma expérimental à développer pour comprendre l'ensemble des mécanismes adaptatifs des plantes qui seront mis en jeu lors du vol spécial.

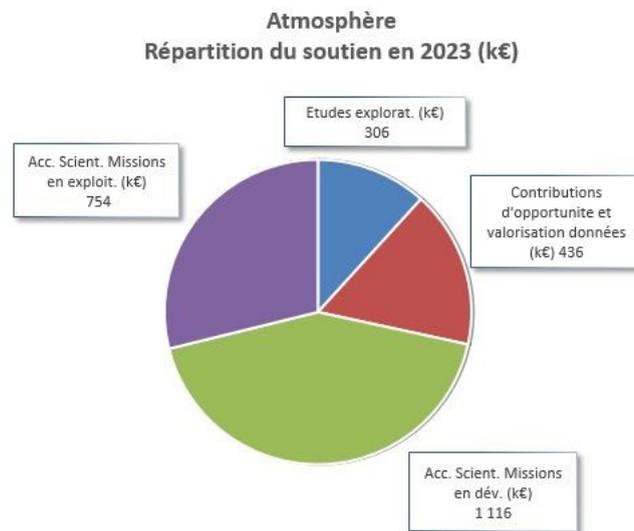
- L'ensemble des résultats obtenus depuis 2021 laissent supposer que, comme tout être vivant, les plantes sont sensibles aux radiations cosmiques. Les plantes irradiées pourraient alors perdre certaines fonctions physiologiques et ne plus assurer leur rôle dans les systèmes de support de vie, voire même devenir impropres à la consommation par suraccumulation de métabolites secondaires toxiques. De nouvelles plantes ont été testées en 2023 et notamment la tomate. Les effets physiologiques de la microgravité sur l'organisme :

En 2023, les études sur l'Homme en situation de simulation de microgravité (bedrest, immersion sèche) ont permis de tester des contre-mesures pour étudier leur efficacité sur l'organisme humain (cœur, os, muscles, métabolisme, immunité).

En parallèle, des études dans la Station Spatiale Internationale sont également menées pour tester l'effet d'un vol de 6 mois sur le système cardiaque et l'os.

## 9. Atmosphère

### 9.1. Contexte et stratégie



La communauté Atmosphère française utilisant le spatial se structure autour de 2 axes forts :

- Compréhension et modélisation des phénomènes dynamiques et physiques en lien notamment avec l'amélioration des modèles de prévision et les recherches sur le climat ;
- Composition atmosphérique associée notamment à la problématique de la pollution et qualité de l'air et des gaz à effet de serre en lien avec les études sur le changement climatique.

L'expertise de nos laboratoires s'est largement développée autour des filières instrumentales polarimètres, lidars et radiomètres micro-ondes sur la thématique aérosols, nuages et précipitations (avec les missions Parosol, Calipso, Cloudsat, Megha-Tropiques) et spectrométrie infrarouge pour la composition en gaz (IASI). De nouvelles missions spatiales assureront une continuité et un élargissement de l'expertise technique et des thèmes de recherche sur ces filières instrumentales historiques : lidars des missions Aeolus et Aeolus-2 (vents), Merlin (méthane), Earthcare et AOS (nuages et aérosols), polarimètre 3MI et spectromètres couvrant d'autres gammes ou mieux résolus tels que Microcarb dans le proche infrarouge pour la mesure du CO<sub>2</sub> et IASI-NG avec une résolution spectrale et radiométrique améliorée d'un facteur 2.

Les moyens avion (SAFIRE) et ballons (notamment le projet Stratéole2) sont largement utilisés en complément des données satellites et sol et des modèles (météo, climat, qualité de l'air) dans une nécessaire approche intégrée, qui s'appuie sur le pôle national de données et services pour l'atmosphère Aéris.

L'observatoire international A-Train, et notamment ses composantes Parosol, Calipso et Cloudsat, a constitué un élément clef de la constitution d'une communauté française large et rayonnante qui mène depuis le début des années 2000 des travaux de tout premier plan, reconnus au niveau international. Ses objectifs : mieux comprendre les propriétés et la distribution 3D à l'échelle globale des nuages et des aérosols, et leur impact sur le bilan radiatif et les grands cycles du système Terre, tels que les cycles de l'eau et de l'énergie. La mission Calipso, en orbite entre 2006 et 2023, a ainsi été présentée comme une « vigie du climat » dans un récent rapport du Groupe d'Experts Intergouvernementaux sur le Climat (GIEC). Les missions lidar de l'ESA Aeolus et EarthCare, ainsi que le projet de mission CNES – NASA - JAXA AOS, devraient permettre d'étendre sur plusieurs décennies la série climatique nuages et aérosols initiée avec Calipso, et par suite de réduire significativement les incertitudes des projections climatiques à horizon 2100.

Les nuages et les aérosols sont aussi étudiés par des instruments passifs, en complément des instruments actifs (radar / lidar). On peut ainsi citer les travaux menés sur l'exploitation des données du sondeur infra-rouge IASI et sur le polarimètre POLDER. Ces deux instruments seront prolongés dans le cadre de la prochaine génération de satellites à orbite polaire opérationnels d'EUMETSAT (METOP-SG, 2025-) par IASI-NG et 3MI, respectivement. Le CNES soutient activement la préparation de l'arrivée de ces instruments novateurs.

Les nuages précipitants sont étudiés sous plusieurs angles notamment dans le cadre du Groupe De Recherche Megha-Tropiques, du consortium de laboratoires constitué sur la thématique de l'électricité atmosphérique, et du projet de

mission C3IEL (observation décimétrique des nuages et de leur environnement à partir d'un train de nanosats). Cette thématique est également au coeur du projet C2OMODO, qui constitue la contribution instrumentale française à l'observatoire spatial AOS.

Grâce au soutien du CNES, l'expertise développée par les laboratoires français autour des 3 instruments IASI depuis plus de 20 ans pour l'étude des gaz et des particules s'étend maintenant de la mise au point de codes de transfert radiatif dédiés, avec les algorithmes d'inversion, à restituer les concentrations, à l'assimilation des observations dans les modèles atmosphériques, en passant par la validation des mesures. Ces études visent à étudier les variabilités des gaz à différentes échelles spatiales (locale, régionale, globale) et temporelles (journalière, saisonnière, annuelle). En particulier, elles visent à caractériser les sources d'émission/améliorer les inventaires, et suivre les variations à court terme (pollution) et à long terme (climat). Certains des produits sont d'ailleurs utilisés désormais dans les services opérationnels de Copernicus et permettent de suivre plus de la moitié des 50 variables climatiques essentielles identifiées par le programme mondial sur le Climat. Ce succès a contribué à la décision du CNES de continuer avec le développement des instruments IASI NG.

Quantifier et localiser les flux de surface des gaz à effet de Serre représente un enjeu majeur pour mieux comprendre le cycle du carbone, élément clé du climat. L'expertise de la communauté française se situe au premier plan en matière de modélisation, assimilation et inversion des flux. Désormais, elle se développe aussi autour de la technique de mesure spatiale et d'algorithmie associée avec les missions MERLIN et MicroCarb du CNES ainsi que GOSAT et OCO de JAXA et NASA. Cela sera précieux pour traiter les données de la mission Copernicus CO2M attendue pour 2026. De nombreuses actions ont ainsi été soutenues ces dernières années en spectroscopie des molécules de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>, transfert radiatif dans le proche infra-rouge, adaptation des modèles de chimie-transport, préparation à la calibration et validation. Cette montée en puissance s'inscrit dans un contexte européen très porteur et concurrentiel avec notamment Sentinelle 5P et la préparation de la sentinelle CO2 et la préparation des minicapteurs à bord de constellations. Le soutien du CNES est donc un élément stratégique pour soutenir la communauté dans cette dynamique.

## 9.2. Faits marquants de l'année 2023

- La préparation de l'arrivée des données de IRS sur MTG (LATMOS).

Le projet CATIE soutenu dans le cadre APR du CNES vise à préparer les futures observations de l'instrument satellitaire IRS (InfraRed Sounder) qui sera lancé à bord du satellite MTG (Meteosat Third Generation) à l'été 2025 en orbite géostationnaire avec une bonne résolution temporelle (mesures toutes les 30 - 45 minutes au-dessus de l'Europe) et spatiale (pixel 4km x 4km). Ce projet vise à effectuer des tests de sensibilité sur les capacités de la future mission IRS-MTG à mesurer:

- Les variabilités spatio-temporelles (diurnes notamment) d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) aux échelles régionale (au-dessus de l'Europe) et locale,
- La température de surface/de l'air et notamment les îlots de chaleur urbains.

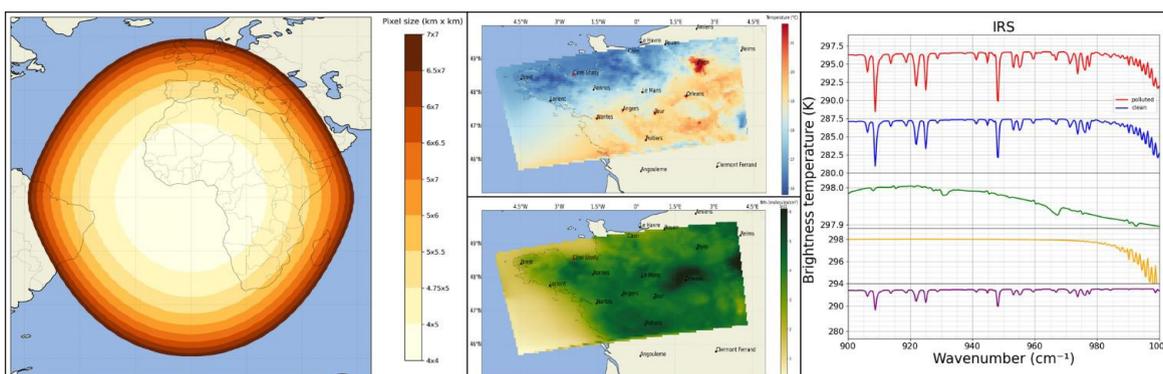
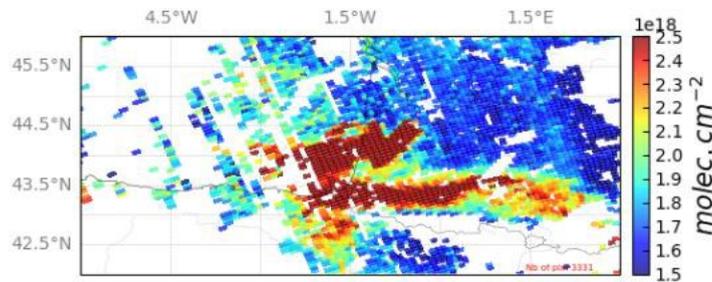


Figure 1. Gauche : résultats des tailles de pixels d'IRS-MTG en fonction de la longitude et de la latitude issus du travail d'orbitologie du satellite géostationnaire. Milieu : simulations issues du modèle CHIMERE en termes de températures à 2 m (haut) et de colonnes totales de NH<sub>3</sub> (bas) pour le mois de juillet 2016 extrapolées sur la grille (réelle résolution spatiale) d'IRS-MTG. Droite : spectres synthétiques d'IRS-MTG obtenus depuis la simulation CHIMERE en utilisant le code de transfert radiatif 4A/OP, pour un cas pollué (rouge) et un cas « propre » (bleu), avec les différents composés atmosphériques absorbant dans cette gamme spectrale. (Courtesy, Camille Viatte, LATMOS)

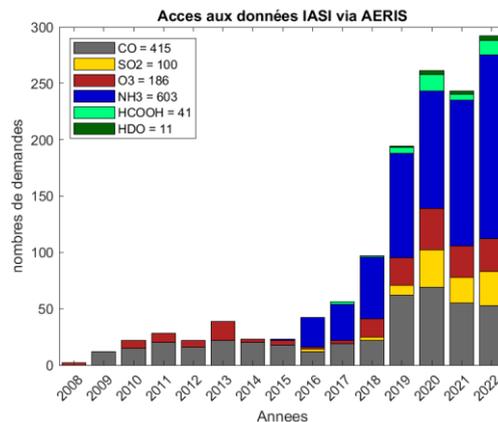
- Emissions des feux de 2022 en France avec Sentinel 5P (ARGOS, LISA-LSCE)

L'étude porte en partie sur la quantification des émissions des feux les plus importants de l'été 2022 en France, à Landiras et La Teste-de-Buch dans les Landes, grâce à i) la couverture spatiale et à la haute résolution des observations TROPOMI, qui a révolutionné le suivi de la composition chimique de l'atmosphère et ii) une méthode de calcul de flux à travers une section transverse de panache observé, la méthode dite de « cross-section ».

Après l'analyse de plusieurs panaches liés aux feux, celui de CO du 15 juillet 2022 (Figure 1) a été retenu pour commencer l'estimation des émissions car cette image présente le plus d'observations avec une bonne résolution et ce panache est le plus étendu. Une première estimation des émissions de CO dues aux feux des Landes a été réalisée avec 921 t/h de CO le 15 juillet 2022. Cette valeur concernant les feux des Landes seulement est plus élevée que celle donnée par EFFIS (European Forest Fire Information System) pour l'ensemble du territoire national et plus faible que le flux de CO calculé à partir des données GFAS (CAMS Global Fire Assimilation System). En ordre de grandeur, le flux calculé par cross-section est plus proche du flux GFAS.



Colonnes totales de CO TROPOMI du 15 juillet 2022 à 11h53 UTC sur le domaine des Landes. Les cercles rouges marquent les deux principaux feux de la région, La Teste-de-Buch à l'ouest et Landiras à l'est. (Courtesy Isabelle Pison, LSCE)



- Etude du rôle des nuages dans les rétroactions climatiques

Dans le cadre de l'étude des changements climatiques, l'utilisation des données satellites permet de mieux comprendre le rôle que les nuages jouent dans les rétroactions climatiques, leur couplage avec leur environnement et la façon dont les modèles simulent leurs propriétés.

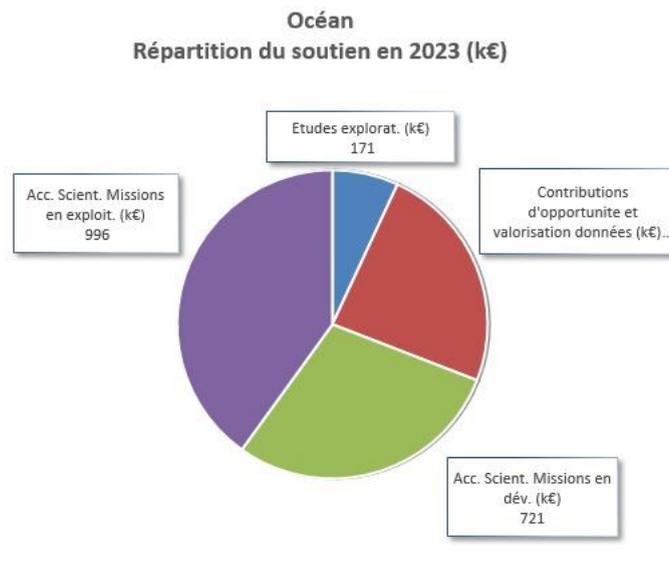
Depuis plusieurs années il a été progressivement montré que pour les questions de changements climatiques il fallait aller au-delà d'une évaluation climatologique des propriétés nuageuses, qu'il était nécessaire de comprendre comment les propriétés nuageuses dépendaient de leur environnement, de comprendre quels sont les processus qui influencent le plus les propriétés nuageuses. Par exemple, le programme mondial de recherche sur le climat (World Climate Research Programme, WCRP) a lancé un grand défi "Clouds, Circulation and Climate Sensitivity" qui vise à encourager les études entre la circulation atmosphérique, les propriétés des nuages et la rétroaction des nuages lors d'un changement climatique. On passe ainsi d'une vision « statique » des nuages (climatologie) à une vision beaucoup plus dynamique, d'interaction entre les nuages et d'autres grandeurs, de lien entre les phénomènes locaux ou rapides et les échelles globales ou climatiques. Ces questions sont également portées par le projet CFMIP (Cloud Feedback Model Intercomparison Project, Webb et al., 2017), également du WCRP, qui a été endossé par le projet plus général CMIP (Coupled Model Intercomparison Project) dans le cadre de sa 6e phase. Ces projets ont notamment permis

d'alimenter le 6e rapport du GIEC. Les observations CALIPSO et des réanalyses ont permis par exemple de confirmer l'hypothèse d'un effet d'iris de stabilité aux échelles de temps interannuelles et des mécanismes sous-jacents. Nous avons également montré que les éruptions volcaniques influençaient également les nuages d'enclumes via le même mécanisme. La rétroaction des nuages d'enclume est donc mieux comprise, et cette étude a permis de montrer que le changement de fraction avait un effet négligeable et que l'attention devait maintenant se porter sur le changement éventuel de l'albédo de ces nuages.

## 10. Océan

### 10.1. Contexte et stratégie

En 2023, 117 **activités** ont été soutenues, pour un montant total de 2.485 M€. Les chercheurs ont participé à ces activités dans le cadre de très nombreuses coopérations internationales. Ces travaux ont donné lieu à 187 **publications** dans des revues à comité de lecture.



L'accompagnement des missions scientifiques en exploitation (SARAL/Altika, Jason3), largement mutualisé dans le plan altimétrie augmenté de la contribution de SMOS volet océan et de celle de CFOSAT (lancée en 2018), finance un peu moins de la moitié des propositions. Le quart des propositions est assuré par le budget accompagnant les missions en développement (Sentinel-3 C-D, SWOT) avec un budget en augmentation par rapport à 2019-2020 liée à la montée en puissance en vue du lancement SWOT, qui a eu lieu fin décembre 2022. La valorisation de la donnée avec des recherches multi-paramètres est toujours en avec plus d'un quart des propositions. Enfin les études exploratoires représentent encore un peu moins de 10% du budget global), avec le support aux concepts de:

- mission courant STREAM puis ODYSEA,
- missions hyperspectrales pour cartographier la composition de l'eau, la bathymétrie..,
- mission HCPM CIMR pour les aspects sea-ice et océan

Les activités en océanographie sont très structurées par les « science team internationales » sélectionnées par le CNES et ses partenaires en réponse aux appels d'offres. L'avancement annuel des projets est réalisé lors des réunions annuelles de ces science teams.

Pour la période 2022-2023 : 3 sciences team océan sont actives : celle de CFOSAT qui a été créée en 2018 par le CNES et CNSA, celles de l'OSTST et de SWOT toutes les deux renouvelées en 2020 par deux AO TOSCA distincts en parallèle des calls ROSES lancés par la NASA. Pour ces 3 AOs internationaux, le CNES s'appuie sur son comité scientifique TOSCA qui sélectionne les projets français et internationaux hors US (pour OSTST et SWOT) et hors Chine (pour CFOSAT).

Le seul thème échappant à cette organisation est celui de la biologie marine. Faute de programme structurant national fort (en particulier suite à l'échec du projet OCAP) le CNES accompagne les équipes françaises expertes en algorithmie ou mesures in-situ à se placer au niveau européen ou international (IOCCG).

Les activités couvertes par le pôle ODATIS, notamment la collecte et le traitement de données des services d'observation, sont incluses dans le plan altimétrie. La convention ODATIS a été signée le 16 décembre 2021 entre le CNES, l'IFREMER, le CNRS, l'IRD et SHOM.

## 10.2. Faits marquants de l'année 2023

### • La revolution SWOT

Mission d'océanographie et d'hydrologie, SWOT (*Surface Water and Ocean Topography*) a révélé ses premières images de topographie des eaux de surface en mars 2023, avec des résultats au-delà de nos espérances ! Plus précis que les autres satellites altimétriques grâce à l'innovant altimètre français KaRin, SWOT nous montre les structures fines de l'océan de quelques km seulement et mesure des rivières de largeur bien inférieure aux 100 mètres initialement spécifiés. Il nous surprend également par sa capacité à mesurer les hauteurs d'eau dans les zones complexes, les zones côtières et les estuaires, ainsi que sur les pôles. Avec de telles performances, son potentiel applicatif est phénoménal, tant pour comprendre le rôle de l'océan dans le changement climatique que pour recenser et gérer les ressources en eau de toute la planète.

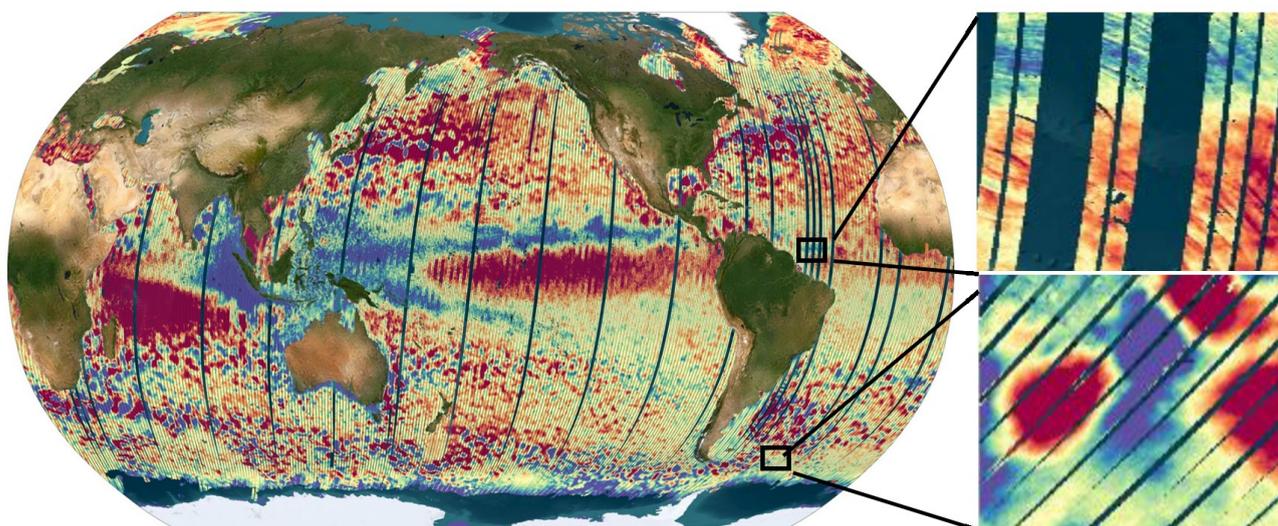


Figure 1 : Anomalie du niveau de la mer mesurée par SWOT en novembre 2023 (panneau de gauche) montrant diverses caractéristiques océanographiques allant des grandes échelles (El Nino, dipôle de l'océan Indien) aux signaux à méso-échelle dans les courants de la frontière occidentale ou le courant circumpolaire (panneau inférieur droit), et même des caractéristiques plus petites révélées par SWOT comme les ondes solitaires internes dans le plateau de l'Amazonie (panneau supérieur droit).

### • 5 ans de mesures pour CFOSAT

CFOSAT (China France Oceanography Satellite) est une mission innovante des agences spatiales chinoise et française (CNSA, CNES), lancée le 29 octobre 2018, transportant deux instruments actifs en bande Ku, SWIM mesurant la direction des vagues à la surface des océans, et SCAT mesurant les vecteurs de vent. En 2023, CFOSat a terminé ses cinq années d'exploitation. Au cours de cette période, CFOSAT a contribué à l'observation des champs de vent de surface à l'échelle mondiale, parallèlement aux missions de diffusion existantes (par exemple ASCAT sur METOP, SCAT sur HY-2A, HY-2B et HY2C), et à la mesure de la hauteur significative des vagues, parallèlement à d'autres missions altimétriques (comme Jason-3, Altika, Sentinel 3a, 3b, 6-MF, la série HY-2). Mais par rapport aux missions satellitaires existantes, la particularité de CFOSAT est qu'il fournit des champs de vecteurs de vent de surface continus et co-localisés et des spectres directionnels de vagues océaniques pour des longueurs d'onde de l'ordre de [30-500] mètres. L'instrument SWIM fournit en effet les propriétés des vagues non seulement pour les longues houles, mais aussi pour les vagues de vent et les conditions de mer mixte, ce qui rend CFOSAT très complémentaire des missions SAR (comme Sentinel-1).

L'équipe scientifique de CFOSAT, renouvelée en 2023, a été très active pour exploiter ces capacités uniques, produisant de nombreux résultats et publications scientifiques. Des avancées particulières ont été réalisées sur divers sujets liés à la compréhension du champ de vagues, à l'analyse vent-vague, au couplage vagues/océan, à la dérive de Stokes, à la glace de mer.... Outre les résultats scientifiques de haut niveau obtenus ces dernières années, l'une des grandes réussites de la mission est l'impact positif de l'assimilation de ses mesures de vagues, SWH et spectres de vagues, dans les modèles numériques de vagues (Fig2)

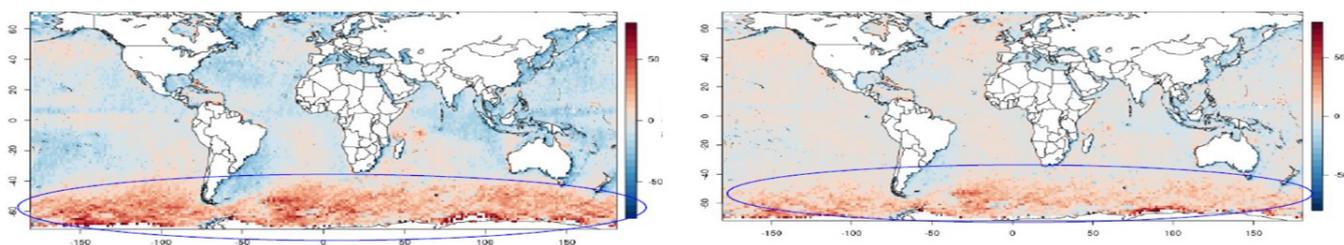


Figure 2 : Illustration des bénéfices de l'assimilation des SWH et des spectres de vagues de CFOSAT avec des impacts particulièrement forts sur la zone circumpolaire. Biais SWH entre le modèle et les observations (cm) sans l'assimilation CFOSAT (panneau de gauche), avec l'assimilation CFOSAT (panneau de droite).

## • Des études sur la dynamique biogéochimique du milieu côtier prometteuses...

Les zones côtières jouent un rôle primordial dans les cycles biogéochimiques océaniques et sont soumises, notamment de par leur position d'interface entre les écosystèmes continentaux et océaniques, à une forte variabilité spatiale et temporelle à laquelle viennent se surimposer des variations liées à l'impact des changements environnementaux qu'ils soient d'origine naturelle et/ou anthropique.

L'identification de l'impact des changements environnementaux sur les propriétés biogéochimiques des zones côtières représente par conséquent une thématique scientifique majeure qui s'inscrit notamment dans un contexte de mise en place, à l'échelle européenne, de politiques environnementales de suivi de la qualité de ces masses d'eau particulièrement vulnérables (Directive Cadre sur l'Eau DCE, Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, DCSMM).

Il est alors pertinent de mettre à profit la complémentarité des données in situ issues des réseaux nationaux d'observation et celles dérivées des développements engagés par les différents acteurs de la thématique couleur de l'eau en côtier à l'échelle nationale pour apporter des éléments permettant de répondre à des questions générales concernant l'évolution à long-terme des caractéristiques biogéochimiques des écosystèmes côtiers en réponse aux variations des conditions environnementales et de comprendre la réponse de ces écosystèmes face à l'impact d'événements climatiques extrêmes.

Les actions de recherche se focalisent donc sur la description des variations de paramètres biogéochimiques clés (Chla/Fluo, MES/turbidité, POC) puis sur la définition de méthodologies pour optimiser les informations fournies par les données terrain et satellites. Cette combinaison permet en effet de mieux étudier les flux sédimentaires le long du continuum terre-mer, la dynamique et le déterminisme des blooms phytoplanctoniques saisonniers ou inhabituels (Harmful Algal Blooms : HABs) et la dynamique du stock de carbone particulaire en prenant en compte les sources d'origine terrigène ou marine.

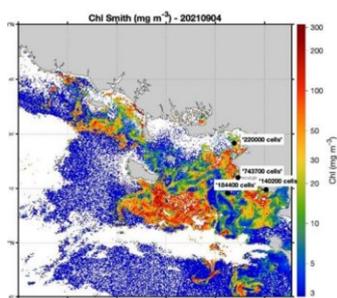
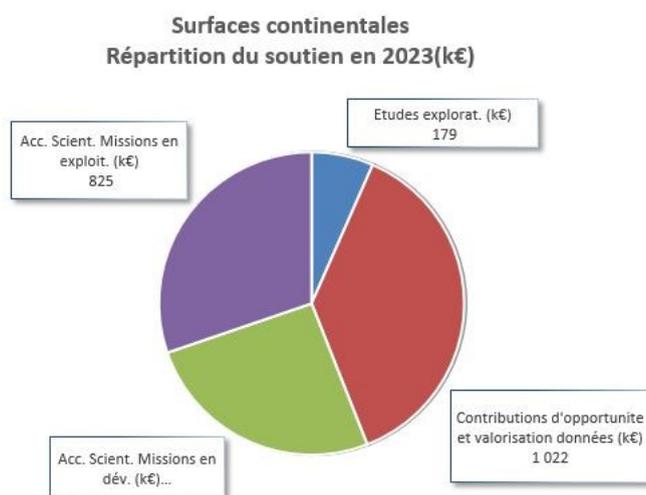


Figure : Concentration en chlorophylle-a estimée à l'aide d'un algorithme spécifique aux blooms massifs de Dinoflagellés (Smith et al., 2018). Cette image S3 a été acquise au moment de l'apogée du bloom de *Lingulodinium polyedra* ayant affecté la Bretagne Sud / Les Pays de Loire en août – septembre 2021. L'abondance en *L. polyedra* (nombre de cellules / L), mesurée à plusieurs endroits le même jour par IFREMER, est indiquée sur la carte.

# 11. Surfaces Continentales

## 11.1. Contexte et stratégie

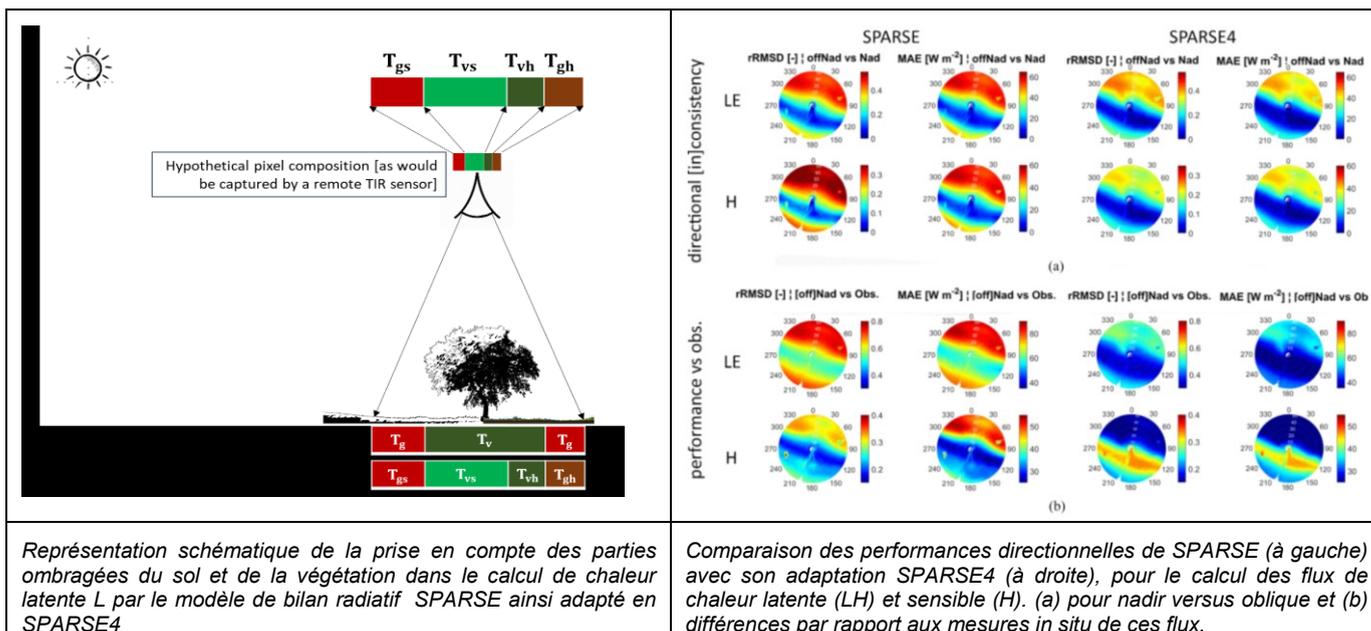
La thématique Surfaces continentales (SC) est structurée selon les principaux objets géographiques qui la constituent, à savoir principalement les systèmes forestiers et agricoles, les zones en eau, les villes, le littoral, les zones arides, la montagne et les Surfaces Continentales polaires. Chacun de ces objets est concerné par plusieurs thèmes transverses comme les cycles de l'eau, de l'énergie, du carbone et d'autres éléments chimiques (méthane, azote...). Les autres grands thèmes transverses concernant les surfaces continentales sont la biodiversité et la santé des populations végétales et animales. Ainsi représentés, les divers compartiments rattachés aux Surfaces Continentales peuvent être considérés et étudiés sous l'angle de leur sensibilité et de leur interaction avec le changement climatique.



Chaque année, la composante Surfaces Continentales du TOSCA soutient entre 50 et 60 projets (représentant près de **300 actions de recherche** sur 2023), pour un montant total de **5,6 M€**. S'y ajoute un soutien de 90 k€ à destination des **Programmes Nationaux PNTS et EC2CO** qui structurent également la thématique. Les chercheurs impliqués dans ces activités ont généré **404 publications** dans des revues à comité de lecture. La période 2021-2022 présente un volume d'activité stable qui confirme l'intérêt de la communauté scientifique SC pour le Spatial. Dans leur grande majorité, les projets aval lancés après 2020 (SCO, SWOT AVAL ; Ambition AVAL, BASS, ...) sont basés sur des méthodologies issues de l'APR.

Comme en attestent les chiffres du bilan 2023, notamment en nombre de collaborations internationales et de publications, l'APR Surfaces Continentales utilise très efficacement ses ressources. Cet effet de levier résulte en grande partie du caractère structurant des missions spatiales en préparation SWOT (CNES/NASA, lancé avec succès fin 2022) et TRISHNA (CNES/ISRO, lancement prévu en 2027), dont nous soutenons les activités scientifiques préparatoires lors des phases B/C/D.

A titre d'exemple l'étude de Mwangi et al. (2023) confirme le progrès important dans l'indispensable compréhension des propriétés directionnelles des températures de surfaces pour étudier et quantifier l'évapotranspiration des cultures à partir de leur bilan radiatif.



Parmi les satellites en exploitation, les Sentinel-1,-2 et -3 du programme Copernicus sont toujours très utilisés par les projets. Les Earth Explorers ne sont pas en reste avec la mission SMOS qui, à elle seule, compte chaque année près de 100 publications dans des revues internationales de rang A dont la moitié concernent les surfaces continentales.

On retrouve ces différents sujets dans les Centres d'Expertises Scientifiques (CES) de Theia (<http://www.theia-land.fr/>), le pôle thématique Surfaces Continentales de l'Infrastructure de Recherche Dataterra de l'INSU. Theia est une vitrine nationale qui met à disposition des acteurs publics & privés des données et des produits à valeur ajoutée issus de l'observation de la terre par les satellites. Ces produits sont élaborés au sein des différents CES qui contribuent à l'animation scientifique au sein de la communauté, à la mutualisation des données, produits et méthodes, et qui rendent visibles les réalisations françaises à l'échelle internationale. En complément des CES, certains produits traitant de la santé, du littoral et de l'urbain ont fait l'objet de projets Aval dans le cadre du SCO ainsi que du programme Ambition aval. Après un AMI en 2022, ce dernier a notamment recueilli 8 projets dont 5 impliquent TRISHNA et son utilisation au service de l'agriculture, du confort thermique urbain et de la gestion des incendies. L'ensemble de ces projets utilisent des méthodologies arrivées à maturité via des études TOSCA préalables. Comme ce fut le cas à partir des activités et résultats du CES Neige ou encore Niveau des Lacs et des Rivières, certains de ces services pourront être implémentés dans les *Copernicus Land Services*.

Autre composante du pôle surfaces continentales, le réseau d'Animations Régionales Thématiques THEIA (ART), au sein desquelles se rencontrent dans chaque région, les acteurs des CES et les usagers potentiels (publics et privés) des produits et services issus du spatial. L'IRD, le CIRAD et le CNES sont associés pour proposer un réseau de centres d'Animation Régionale THEIA dédié aux pays du Sud (GEODEV) pour accompagner les acteurs dans la maîtrise des données d'observation de la Terre afin de mieux comprendre et gouverner leur territoire, et ainsi mieux répondre aux enjeux majeurs de suivi de l'environnement dans la ceinture intertropicale. Le site web de ressources autour des produits et services issus de l'observation de la Terre (<https://theia-land.art-geodev.fr/>), la lettre d'information et le montage de projets en partenariat sont les principales actions de GEODEV.

## 11.2. Autres Faits marquants de l'année 2023

- Atlas des tendances de stockage des 1972 plus grands lacs mondiaux sur la période 1992-2020

A partir de 3 décennies de données Altimétriques et météorologiques mondiales. Des chercheurs français soutenus par le TOSCA dans le cadre du programme SWOT ont publié avec Yao et al. 2023, le premier atlas de tendances observées sur le stockage des 1972 plus grands lacs mondiaux. L'étude a mis en évidence une diminution statistiquement significative du niveau de stockage de plus de 50% des lacs naturels et artificiels. Cette diminution intervient principalement dans les zones climatiques arides tandis que les lacs soumis à des climats plus humides présentent des tendances positives. Les mesures altimétriques utilisées pour cette étude sont accessibles sur le portail hydrowebnext lancé fin 2023 <https://www.theia-land.fr/blog/product/hydroweb-next/>

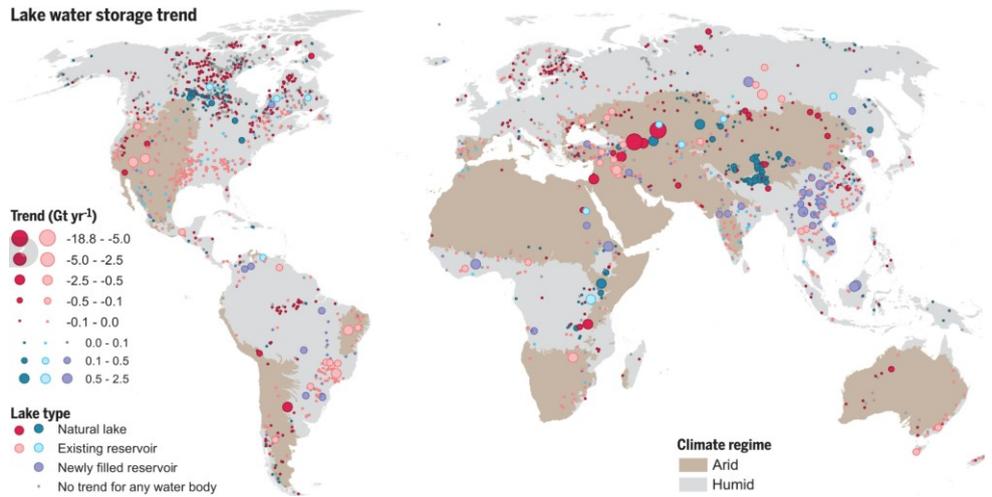


Figure extraite de Yao et al., 2023. Tendances du stockage dans les grands lacs mondiaux d'octobre 1992 à septembre 2020 pour 1058 lacs naturels (points rouge foncé et bleu foncé) et 922 réservoirs (points rouge clair et bleu clair). Les réservoirs récemment remplis après 1992 sont indiqués par des points violet clair. Tous les points colorés indiquent des tendances statistiquement significatives ( $p < 0,1$ ), tandis que les tendances non significatives sont représentées par des points gris.

- **L' IA appliquée aux données optiques de Sentinel2 et du LIDAR GEDI pour cartographier la hauteur des forêts françaises à 10 mètres de résolution**

L'étude de Schwartz et al. (2023) propose une carte nationale innovante de la hauteur des arbres à la résolution des données sentinel1&2 utilisées. Le modèle d'apprentissage profond mise en œuvre a été entraîné sur des données du LIDAR GEDI. La méthode FORMS-H (Forest Multiple Source Height) offre une précision élevée ( $\approx 2$  m) et robuste à l'échelle régionale. Elle permet une estimation renouvelée du volume de bois et de la biomasse forestière, avec un potentiel important pour une gestion sylvicole durable et un suivi du piégeage de carbone dans la biomasse forestière aérienne française.

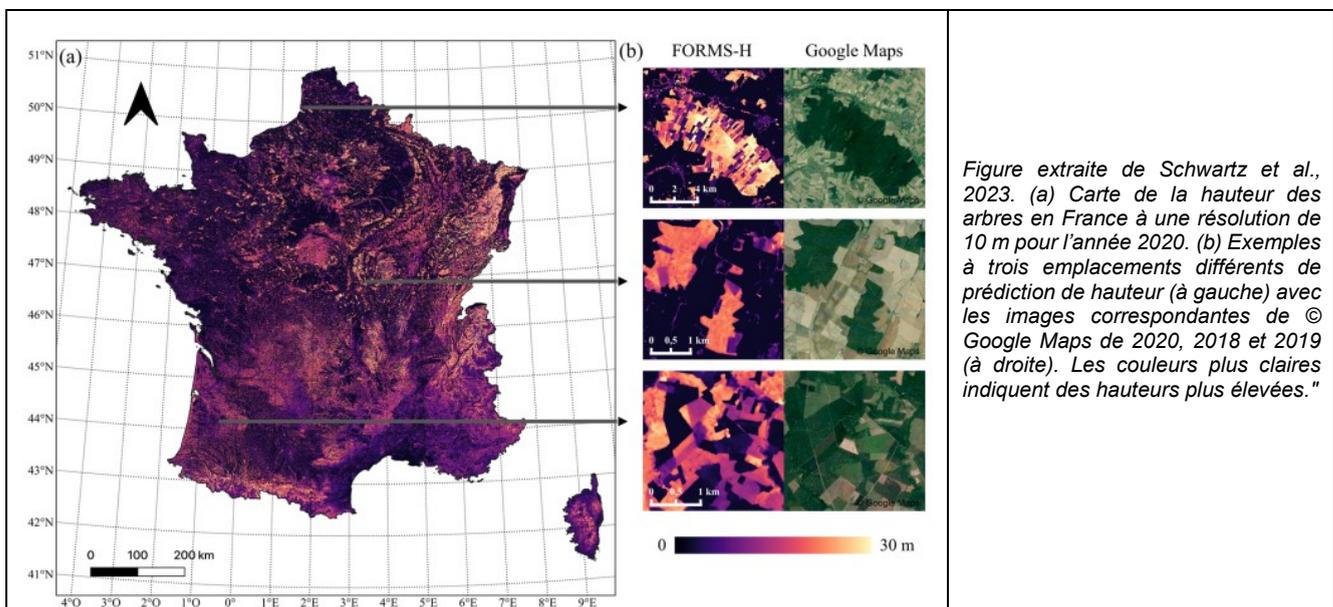


Figure extraite de Schwartz et al., 2023. (a) Carte de la hauteur des arbres en France à une résolution de 10 m pour l'année 2020. (b) Exemples à trois emplacements différents de prédiction de hauteur (à gauche) avec les images correspondantes de © Google Maps de 2020, 2018 et 2019 (à droite). Les couleurs plus claires indiquent des hauteurs plus élevées."

Sources :

- S. Mwangi et al., "Observation and Assessment of Model Retrievals of Surface Exchange Components Over a Row Canopy Using Directional Thermal Data," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 16, pp. 7343-7356, 2023, doi: 10.1109/JSTARS.2023.3297709. keywords: {Temperature measurement;Land surface;Soil;Temperature sensors;Land surface temperature;Instruments;Vegetation mapping;Evapotranspiration (ET);surface energy balance (SEB);temperature inversion;thermal radiation directionality (TRD);vineyard},

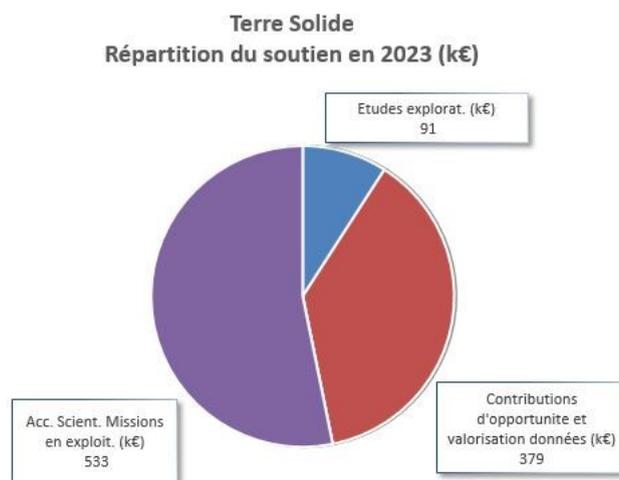
- Schwartz et al. 2023. FORMS: Forest Multiple Source height, wood volume, and biomass maps in France at 10 to 30 m resolution based on Sentinel-1, Sentinel-2, and Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) data with a deep learning approach. *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 4927–4945, <https://doi.org/10.5194/essd-15-4927-2023>, 2023
- Yao *et al.* Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science* **380**,743-749(2023).DOI:[10.1126/science.abo2812](https://doi.org/10.1126/science.abo2812)

## 12. Terre Solide

### 12.1. Contexte et stratégie

Basée sur des sciences fondamentales, la thématique “Terre solide” a pour objectif l’étude de notre planète, i.e. sa formation et son évolution, sa composition, sa dynamique interne et les couplages avec les enveloppes externes que sont les surfaces continentales, les océans et l’atmosphère. Parallèlement à ces objectifs scientifiques, les changements globaux, et l’augmentation et la densification des populations requièrent que la communauté “Terre solide” réponde à plusieurs enjeux sociétaux, notamment sur les besoins énergétiques (hydrocarbures, géothermie), les ressources en minerais (construction, batterie, high-tech), les ressources en eau, et les risques naturels (glissement gravitaire, séisme, tsunami, volcan).

Dans ce contexte, les observations spatiales sont incontournables. Leur caractère global, homogène et de haute précision permet de compléter les mesures au sol en documentant des zones difficiles d’accès, voire inaccessibles. De plus, elles fournissent un suivi temporel continu et fréquent avec pour certaines observations des archives couvrant plusieurs décennies. L’enjeu de l’APR du CNES pour la communauté scientifique Terre Solide est principalement dédié au développement de son expertise scientifique pour exploiter au mieux les données disponibles et préparer l’avenir. Dans le domaine des sciences de la Terre Solide, les années 2021 et 2022 ont été riches en résultats, malgré une situation difficile, liée à la crise sanitaire. Grâce à l’APR du CNES et sa politique de soutien long terme, la communauté Terre Solide est présente à l’échelle nationale, européenne et internationale, et est en position de leadership sur une des missions de Earth’s Explorer, Swarm. Le pôle ForM@Ter vise à fournir à la communauté scientifique l’accès à des services et des outils performants pour accéder, traiter et analyser les données satellitaires et in-situ, ainsi que des produits dérivés sur la Terre solide et la Géodésie. D’une manière plus générale, ForM@Ter contribue à une structuration de la communauté Terre Solide au niveau national, nécessaire pour faire face aux nouveaux défis et aux changements rapides du traitement scientifique des données spatiales.

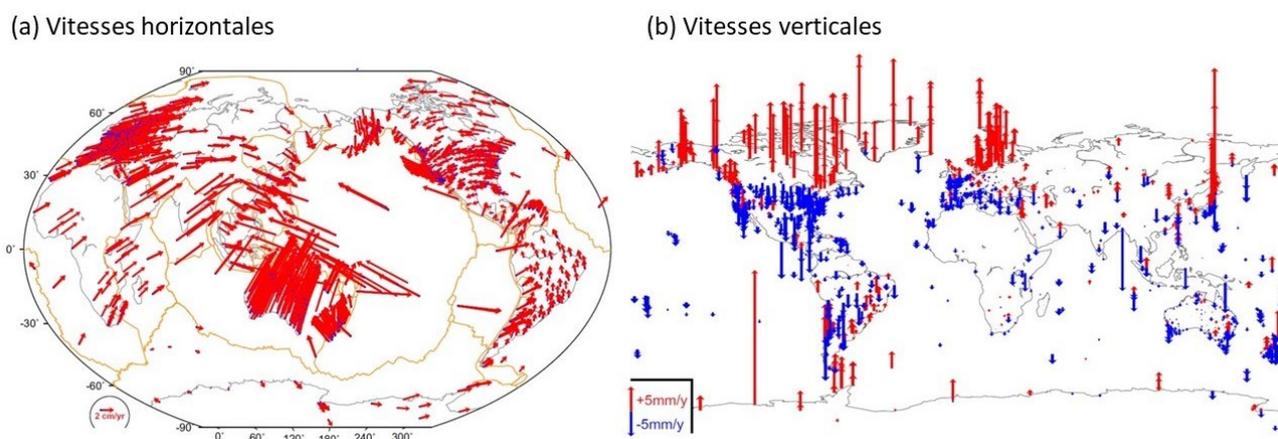


En 2023, 57 activités ont été soutenues. Le nombre de projets déposés pendant les dernières années reste stable, notamment en raison de la volonté du groupe Terre Solide de favoriser le rapprochement entre petits projets. Le nombre de projets en imagerie, au sens large (incluant l’utilisation des MNT, de l’interférométrie radar et la corrélation d’images) est toujours en forte progression, un signe du dynamisme de cette communauté. Le rôle de pôle Form@Ter de fédérer la communauté autour le partage des données et services est aussi clairement aperçu via les projets de l’année. Des chercheurs, post-docs et étudiants ont participé aux activités Terre Solide, qui ont fait l’objet de 56 dans des revues à comité de lecture, 118 et un nombre important de collaborations internationales. La plupart des activités dans le domaine Terre Solide a été tournée vers l’accompagnement scientifique, avec des résultats notables, dont quatre sont présentés par la suite.

## 12.2. Faits marquants de l'année 2023

- **Nouveau référentiel international**

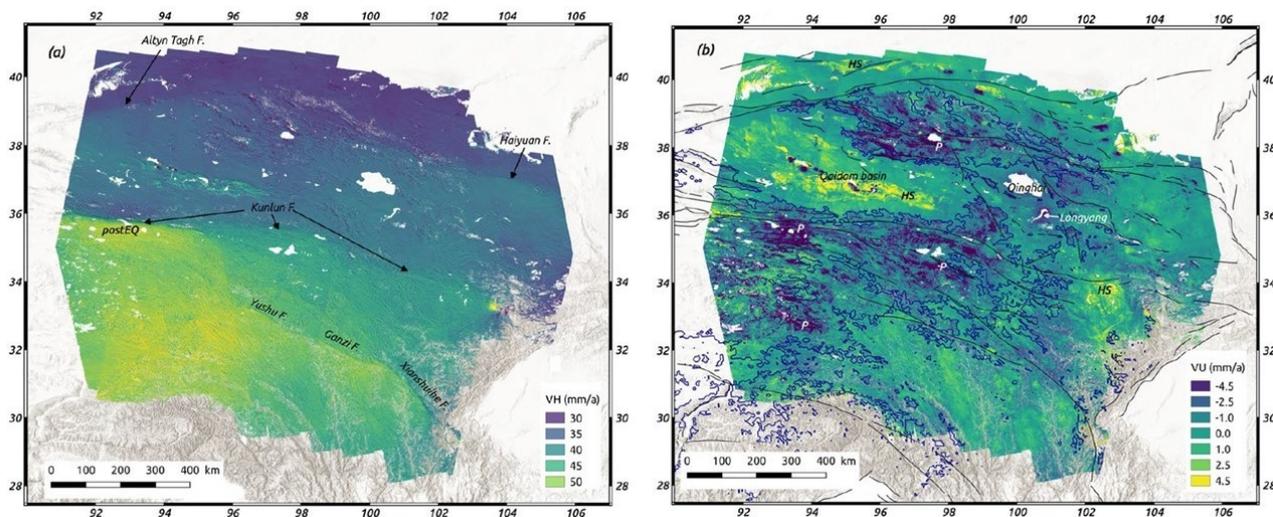
Pour décrire et modéliser le fonctionnement de notre planète, il est indispensable de définir un système de référence terrestre. Les campagnes de réanalyse des mesures de géodésie spatiale ont mobilisé des dizaines d'équipes dans le monde et ont abouti à l'ITRF2020 (International Terrestrial Reference Frame, 2020 realization), qui est la réalisation la plus performante à ce jour en termes de couverture, de densité, de précision et de stabilité. Les équipes françaises ont joué un rôle majeur, en traitant l'ensemble des données des quatre techniques, qui couvrent des périodes de 28 ans (DORIS), 27 ans (GNSS), 41 ans (VLBI) et 38 ans (SLR), et en pilotant l'ITRF2020. Cette nouvelle version (Fig. XX) apporte des améliorations significatives, en intégrant les mouvements non-linéaires des stations liés aux variations saisonnières et aux déformations post-sismiques. La précision de l'origine long-terme de l'ITRF2020 et son évolution temporelle sont évaluées respectivement à 5 mm et 0,5 mm/an, comparables au précédent ITRF mais en étant plus robuste et précis car intégrant plus de sites sur une période de temps plus longue.



**Fig. 1. Référentiel terrestre international.** Vitesses horizontales (a) et verticales (b) des sites de l'ITRF2020 ayant une erreur formelle inférieure à 1 mm/an. © Altamimi et al. (2023).

- **Amélioration du suivi et de la compréhension des événements extrêmes**

On observe une évolution dans l'étude des événements extrêmes. Si les approches classiques ont montré leur efficacité pour caractériser rapidement des séismes de nouvelles études se focalisent sur la déformation avant et après ces événements extrêmes. L'utilisation conjointe de mesures InSAR Sentinel-1 et GNSS a permis d'améliorer la compréhension des séismes lents et la répartition des hétérogénéités frictionnelles le long des zones de subduction. En domaine continental, à l'échelle de l'arc Alpin, les mesures InSAR suggèrent une vitesse de surrection pouvant atteindre localement plusieurs mm/an. La mise en place du service FLATSIM a permis d'obtenir des séries temporelles de déplacement, sur de larges zones géographiques pouvant dépasser le million de km<sup>2</sup>. À l'échelle de l'Est-Tibet (Fig. XX), le champ de vitesse horizontale apparaît comme largement dominé par le signal inter- et post-sismique le long de grandes failles décrochantes, alors que le champ vertical est principalement affecté par des processus de surface liés à la dégradation du pergélisol et aux fluctuations hydrologiques interannuelles.



**Fig. 2. Déplacement sur l'ensemble de l'Est-Tibet.** Champs de vitesse de déplacement horizontal (à gauche) et vertical (à droite) obtenu par l'analyse massive de séries temporelles InSAR **Sentinel-1** générées par le service FLATSIM. © Lemrabet et al. (2023).

- **Dynamique de la Terre interne**

Depuis 2019, une coordination nationale sans précédent des études concernant le champ magnétique terrestre a été rendue possible grâce à la mission européenne Swarm. La France, via l'Institut de Physique du Globe de Paris et le soutien du CNES, a tenu un rôle majeur dans la préparation et l'exploitation scientifique de cette mission. Parmi les innovations conceptuelles et méthodologiques, il convient de mentionner l'émergence d'algorithmes opérationnels d'assimilation de données géomagnétiques. Cette discipline au carrefour de la mesure brute, de la physique théorique, de la simulation géodynamo, de la modélisation des champs magnétiques internes requiert des mises en œuvre théoriques et numériques lourdes. Ces retombées scientifiques sont de premier ordre car elles ouvrent la voie à des descriptions spatio-temporelles du champ magnétique fines et robustes et stimulent la recherche en modélisation numérique de la dynamo terrestre pour laquelle les équipes françaises ont acquis une notoriété mondiale.

Dans le même temps, des développements méthodologiques ont été mis en œuvre pour extraire le signal d'intérêt dans les données de gravimétrie et gradiométrie spatiales, qui sont par nature intégratives et bruitées. Cette étape est cruciale pour l'étude de la Terre solide, car les signaux sont de petite amplitude par rapport à ceux issus du système climatique. La démarche utilisée est basée sur le développement de méthodes d'analyse des modèles de champ de gravité issus des missions GRACE(-FO) et GOCE, sur l'estimation précise des corrections appliquées (retrait de sources modélisées connues), et la combinaison de ces données avec d'autres observables géodésiques (InSAR, altimétrie, GNSS) et géophysiques (sismologie, magnétisme et gravimétrie au sol). Plusieurs algorithmes ont été développés par la communauté française avec le soutien du CNES. Ils permettent la modélisation gravimétrique directe des données spatiales à partir d'une distribution de masse hétérogène et de géométrie quelconque, et des inversions conjointes combinant gravimétrie et gradiométrie spatiale, gravimétrie au sol et sismologie.

Complémentaires des mesures sismologiques, les observations spatiales magnétiques et gravimétriques permettent de mieux imaginer l'intérieur de la Terre et ainsi mieux contraindre sa dynamique.

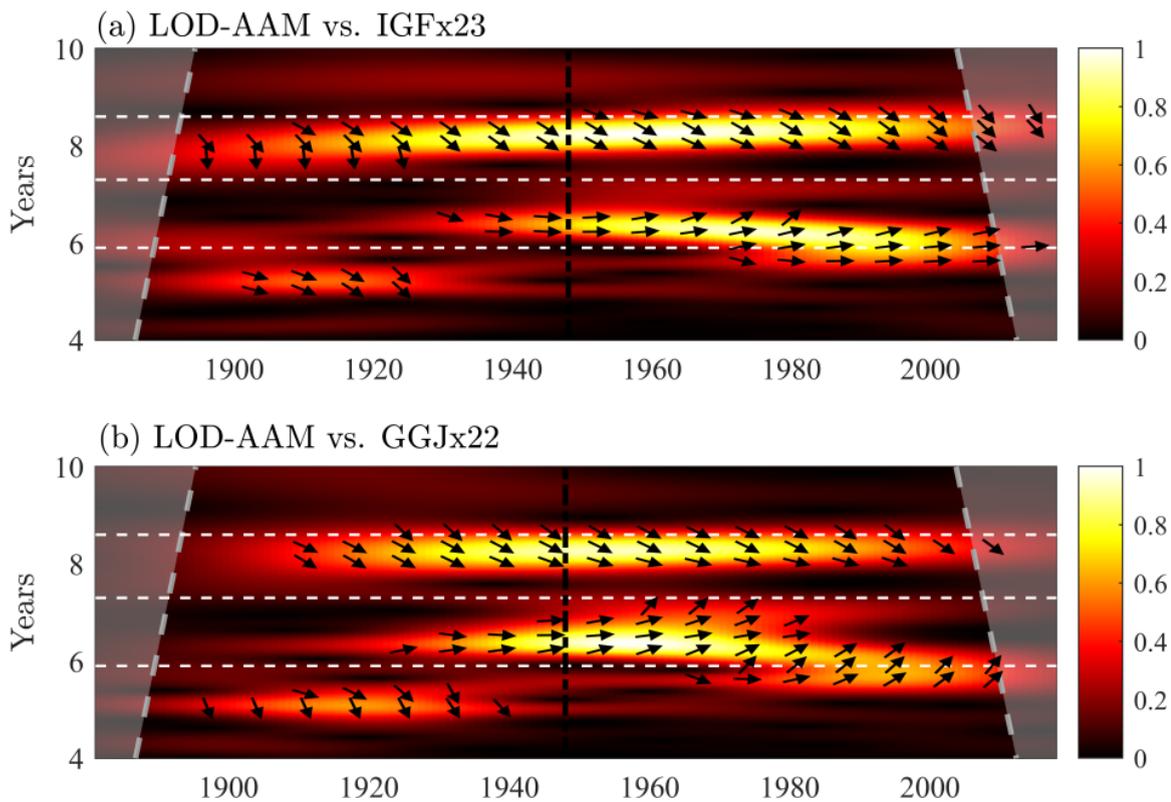


Figure 3. Analyse en ondelette de la durée du jour (LOD) entre 1880 et 2022

La figure 3 montre la cohérence des ondelettes et diagrammes de phase entre les variations observées et prédites de la durée du jour (LOD) entre 1880 et 2022, pour les modèles d'écoulement IGFx2 (a) et GGJx22 (b), dans l'intervalle de temps [4,10] ans. L'AAM a été corrigée après 1948 seulement (ligne verticale en pointillés noirs) en utilisant le modèle NCEP. Les lignes horizontales en pointillés correspondent aux périodes de 5.9, 7.3 et 8.5 ans et les courbes de niveau correspondent aux niveaux de confiance de 95 %. Ces signaux interannuels sont cohérents avec les modèles d'écoulements dans le noyau, reconstruits à partir des variations du champ magnétique. L'origine de ces signaux pourrait être un échange de moment angulaire entre le noyau et le manteau porté par des ondes de torsion à 6 ans ou quasi-géostrophiques magnéto-Coriolis à 8.5 ans.

- **Imagerie géophysique multi-échelles des édifices volcaniques :**

L'analyse de l'aimantation en temps quasi réel peut fournir des informations importantes pour l'imagerie des systèmes volcaniques et leur évolution spatio-temporelle. Ce type d'observation est aujourd'hui possible grâce aux drones. Cette étude se concentre sur la contribution des signaux magnétiques volcaniques provenant des répétitions des mesures magnétiques au sol pour étudier l'évolution des structures actives du volcan Piton de la Fournaise de 2017 à 2020.

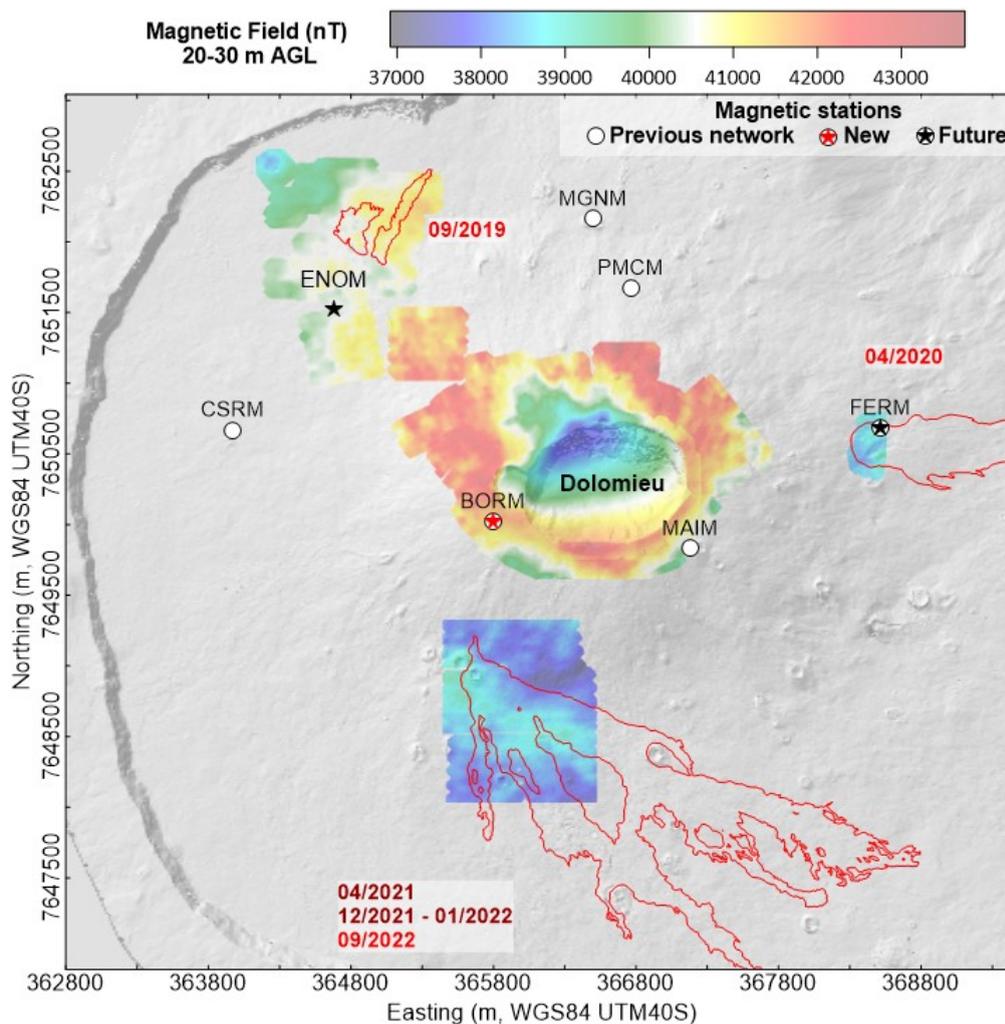


Figure 4 Apports des mesures aéroportées par drones aux imageurs satellitaires et inter-validation (Gailler et al. 2023)

Les signaux volcano-magnétiques révèlent une évolution rapide de la structure interne du Piton de la Fournaise. Cette étude confirme que la détection d'anomalies de résistivité et de magnétisation, et la quantification de leur évolution spatio-temporelle, peuvent constituer des outils puissants pour l'imagerie des systèmes volcaniques à différentes échelles et pour l'alerte des risques associés. Elle souligne également la nécessité d'une surveillance en 4D des édifices volcaniques à l'aide de cette méthode afin d'obtenir une plus grande précision, une question importante qui est désormais rendue possible par l'utilisation de mesures effectuées à l'aide de drones.

Sources :

Gailler, L., Philippe Labazuy, Quentin Dumont, Jean-luc Froger, Aline Peltier, et al.. *Volcano-Magnetic Signal Reveals Rapid Evolution of the Inner Structure of Piton de la Fournaise*. *Journal of Geophysical Research : Solid Earth*, 2023, 128 (1), pp.e2022JB025290. (10.1029/2022JB025290). (hal-04125152)

Lemrabet, L., Doin, M.-P., Lasserre, C., & Durand, P. (2023). *Referencing of continental-scale InSAR-derived velocity fields: Case study of the eastern Tibetan Plateau*. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 128, e2022JB026251. <https://doi.org/10.1029/2022JB026251>

Rosat, S., N. Gillet, *Intracadal variations in length of day: Coherence with models of the Earth's core dynamics*, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Volume 341, 2023, 107053 ISSN 0031-9201, <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2023.107053>

## **ANNEXE : Synthèse des projets**

## ASTRONOMIE-ASTROPHYSIQUE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

<p>L'école d'astrophysique « Transient Universe 2023 » est une école internationale qui s'est adressée aux étudiants et jeunes chercheurs qui s'intéressent à l'étude du ciel transitoire sur tout le domaine spectral (de la radio aux rayons gamma) et également multi-messagers (neutrinos et ondes gravitationnelles).</p> <p>Ref : <b>8206</b> Thème : AA Action : Ecole thématique Univers transitoire Porteur : GOTZ Diego Labo : AIM</p>
<p>H2020-RISE CMB-INFLATE : le projet a pour objectif le développement de modélisation instrumentale et de méthodes d'analyses de données pour la mesure précise des modes B aux grandes échelles angulaires (missions satellites). Financement de voyages de plus d'un mois vers des instituts au Japon : Tokyo-IPMU, U. Okayama, KEK-QUP, U. Nagoya ; aux USA : U. Berkeley et au Canada : U. Toronto. Le budget total est de 450k€ pour la France (CNRS et UPC).</p> <p>Ref : <b>8207</b> Thème : AA Action : LiteBIRD Porteur : PIAT Michel Labo : APC</p>
<p>Ce programme de recherche étudie les phénomènes de haute énergie dans la région du centre galactique (CG) et notamment l'activité X et gamma présente et passée du trou noir super-massif central, Sgr A*, à partir d'observations XMM-Newton, mais aussi Chandra, Nu-STAR, INTEGRAL et HESS, de la région.</p> <p>Ref : <b>8209</b> Thème : AA Action : XMM Porteur : GOLDWURM Andrea Labo : APC</p>
<p>Le projet s'inscrit dans le cadre du programme multi-messager de l'observatoire spatial à haute énergie INTEGRAL. L'équipe de l'APC intervient activement dans le suivi des contreparties électromagnétiques aux ondes gravitationnelles détectées par LIGO/Virgo, dans la recherche de contreparties électromagnétiques aux neutrinos de haute énergie ainsi qu'à la recherche de contreparties multi-longueurs d'onde aux Fast Radio Bursts (FRB) et à l'étude des processus d'accrétion-éjection dans les binaires X et les AGN</p> <p>Ref : <b>8212</b> Thème : AA Action : Integral Porteur : COLEIRO Alexis Labo : APC</p>
<p>Le lancement de SVOM est prévu pour avril 2024. Les pipelines scientifiques sont en phase continues de développement et sont testés lors de « Data Challenge ». La préparation scientifique de la mission pour le programme général et les ToO pour la première année est en phase de définition.</p> <p>Ref : <b>8213</b> Thème : AA Action : Svom Porteur : LACHAUD Cyril Labo : APC</p>
<p>Le but de MINE est, depuis sa mise en place, avant le lancement en 2002 du satellite de haute énergie INTEGRAL (ESA), d'organiser des campagnes d'observations multi-longueur d'onde, des rayons X à la radio, en passant par le visible et l'infrarouge, et de les exploiter afin d'identifier la nature, et d'étudier les nouvelles sources détectées par INTEGRAL. Projet couronné de succès, avec des propositions acceptées sur différents observatoires/satellites de premier plan, dont principalement le VLT à l'ESO.</p> <p>Ref : <b>8214</b> Thème : AA Action : Integral-Mine Porteur : CHATY Sylvain Labo : APC</p>
<p>L'APC participe à New Athena, la mission spatiale L2 de l'ESA dédiée à la thématique de l'Univers Chaud et Énergétique pour la mise en orbite d'un observatoire d'astronomie X en 2037, avec le développement du sous-système d'électronique de proximité chaude WFEE de l'X-IFU et une contribution à l'X-ISC du segment sol scientifique.</p> <p>Ref : <b>8215</b> Thème : AA Action : Athena Porteur : GOLDWURM Andrea Labo : APC</p>
<p>Euclid est une mission spatiale dédiée à l'étude de l'énergie noire, qui a été lancée le 1er juillet 2023 de Cap Canaveral pour une durée de 6 ans. Les deux sondes primaires sont le clustering des galaxies et le cisaillement gravitationnel, en plus de nombreuses autres sondes cosmologiques (legacy science).</p> <p>Ref : <b>8216</b> Thème : AA Action : Euclid Porteur : ESCOFFIER Stéphanie Labo : CPPM</p>
<p>Les données de Gaia, Pierre angulaire de l'ESA, sont traitées par le Consortium DPAC dans lequel l'Observatoire de Paris a de nombreuses responsabilités. Des résultats remarquables ont été obtenus à la suite de chaque publication du Catalogue, en particulier la dernière en date, DR3, mi 2022.</p> <p>Ref : <b>8217</b> Thème : AA Action : Gaia Porteur : ARENOU François Labo : GEPI</p>
<p>SVOM est un satellite dont la mission principale est la détection et le suivi des GRBs. Le GEPI est impliquée à plusieurs titres dans la préparation de SVOM. Le Co-I SVOM du GEPI est très engagé dans la préparation scientifique du core programme et du suivi au sol de SVOM et fait partie du Joint Science Operations Group (JSOG) de SVOM</p> <p>Ref : <b>8218</b> Thème : AA Action : Svom Porteur : VERGANI Susanna Labo : GEPI</p>

LiteBIRD vise la détection et la mesure des modes « B » de polarisation du CMB, qui seraient la signature d'une phase d'inflation primordiale de l'Univers. LBSims (SpringBIRD) prépare la mise en place des simulations numériques nécessaires à l'analyse optimale de ces données.

Ref : **8219** Thème : AA Action : LiteBIRD - LBSims Porteur : HIVON Eric Labo : IAP

Euclid est une mission spatiale de l'ESA pour l'exploration principalement de l'équation d'état de l'énergie noire et de la physique de l'univers primordial. Elle a été lancée en juillet 2023.

Ref : **8220** Thème : AA Action : Euclid Porteur : LAVAUX Guilhem Labo : IAP

Euclid est une mission de l'ESA visant à déterminer la nature de l'énergie sombre. Le satellite a été lancé puis transféré en L2 en juillet 2023. L'EC a construit les instruments VIS et NISP ; il a la charge de produire et délivrer les données puis les tous premiers résultats scientifiques.

Ref : **8221** Thème : AA Action : Euclid - ECL Porteur : MELLIER Yannick Labo : IAP

Le rôle des galaxies dans la réionisation de l'Univers reste encore incertain. Pour y remédier, il nous faut déterminer la densité des galaxies naines durant cette période, leur émission ionisante, ainsi que la fraction d'échappement de ce rayonnement.

Ref : **8222** Thème : AA Action : JWST Porteur : ATEK Hakim Labo : IAP

Analyse des données Planck et valorisation de celles-ci auprès des observations CMB sol (en particulier SPT, ACT et préparation CMB-S4). Préparation de la mission LiteBIRD.

Ref : **8223** Thème : AA Action : Bplus Porteur : BENABED karim Labo : IAP

Nos programmes GLIMPSE et UNCOVER combinent l'effet lentille gravitationnelle forte avec les observations les plus profondes du télescope spatial James Webb (JWST) afin de comprendre les conditions de formation des premières galaxies et leur contribution à la réionisation de l'Univers.

Ref : **8225** Thème : AA Action : HST Porteur : ATEK Hakim Labo : IAP

LiteBIRD est une mission spatiale sous responsabilité JAXA pour l'observation des modes B de polarisation du Fond Diffus Cosmologique (FDC). Son lancement est prévu pour 2029. La France est fortement impliquée (phase A CNES) dans l'instrument MHFT sous responsabilité CNES.

Ref : **8226** Thème : AA Action : LiteBIRD Porteur : GRAIN Julien Labo : IAS

XMM nous permet de sonder le gaz chaud dans les amas de galaxies, et d'avoir accès à ses profils de température et de densité. De là on peut en déduire la masse, et élaborer des relations d'échelles entre la masse et des grandeurs observables (émission X, flux SZ, nombre de galaxies optiques).

Ref : **8228** Thème : AA Action : XMM-XLSS Porteur : DOUSPIS Marian Labo : IAS

Phase 0 d'étude pour un nouveau projet ballon afin d'effectuer la première mesure des distorsions spectrales du fond diffus cosmologique et de servir de précurseur pour une future mission spatiale.

Ref : **8229** Thème : AA Action : Bisou Porteur : MAFFEI Bruno Labo : IAS

Lancement du JWST en décembre 2021. Premières données scientifiques transmises à partir de juillet 2022.

Ref : **8230** Thème : AA Action : JWST Porteur : ABERGEL alain Labo : IAS

Euclid est un grand relevé de galaxies avec comme objectifs scientifiques principaux la recherche de l'énergie noire, de la matière noire et de la gravité modifiée. Le satellite a été lancé avec succès en juillet 2023.

Ref : **8231** Thème : AA Action : Euclid Porteur : AGHANIM Nabila Labo : IAS

Reunions du groupe thématique du CNES A&A

Ref : **8232** Thème : AA Action : gtaa Porteur : MAFFEI Bruno Labo : IAS

Athena est le prochain observatoire en rayons X de l'ESA (2038). Jugé trop cher par l'ESA en 2022, le projet a été reconfiguré en 2022/23, et s'est qualifié comme mission « flagship » le 6/10/23. Le SPC de l'ESA a donné son feu vert début novembre 2023 pour la reprise des activités industrielles.

Ref : **8233** Thème : AA Action : Athena Porteur : LANGER Mathieu Labo : IAS

<p>COMCUBE est un projet de constellation de CubeSat pour la polarimétrie des sursauts gamma et l'astronomie multi-longueurs d'onde et multi-messagers. Un modèle réduit de l'instrument est qualifié dans l'environnement du proche espace en ballon stratosphérique ouvert (BSO).</p> <p>Ref : <b>8234</b> Thème : AA Action : ComCube Ballon Porteur : TATISCHEFF Vincent Labo : IJCLAB</p>
<p>LiteBIRD est une mission spatiale pour étudier l'Univers primordial à travers la mesure de la polarisation du fond diffus cosmologique. La mission est portée par la JAXA et en phase A au CNES pour la responsabilité des télescopes à moyenne et haute fréquences (MFT and HFT).</p> <p>Ref : <b>8235</b> Thème : AA Action : LiteBIRD Porteur : TRISTRAM Matthieu Labo : IJCLAB</p>
<p>La mission SVOM a continué son développement autour des différents instruments du secteur spatial, sur les instruments au sol et la mise en place du système d'analyse des données au sol.</p> <p>Ref : <b>8236</b> Thème : AA Action : Svom Porteur : LEROY Nicolas Labo : IJCLAB</p>
<p>La SF2A est une société savante regroupant les astronomes et astrophysiciens professionnels français. Elle organise annuellement une semaine de rencontre de la communauté, soutenue dans cette action par l'INSU, le CNES et le CEA.</p> <p>Ref : <b>8237</b> Thème : AA Action : SF2A Porteur : BAILLIE Kevin Labo : IMCCE</p>
<p>L'objectif de l'école EES 2023 était de faire le point sur les nouvelles données Gaia DR3, comment les utiliser et comment elles améliorent nos connaissances en physique stellaire.</p> <p>Ref : <b>8238</b> Thème : AA Action : Ecole Evry Schatzmann Porteur : BABUSIAUX Carine Labo : IPAG</p>
<p>Maximiser le retour scientifique des observations du ciel à haute énergie en étudiant les sources détectées, les processus à l'origine de leur émission et l'influence de l'activité de ces sources sur leur environnement, via le rayonnement et les éjections associées aux phénomènes d'accrétion.</p> <p>Ref : <b>8239</b> Thème : AA Action : XMM Porteur : CLAVEL Maïca Labo : IPAG</p>
<p>Dans le contexte du JWST, le projet LAIBrary va fournir une librairie de spectres synthétiques des bandes aromatiques infrarouges. La génération de ces spectres nécessite des données moléculaires. Il est prévu de diffuser les données via des bases publiques.</p> <p>Ref : <b>8240</b> Thème : AA Action : LAIBrary Porteur : JOBLIN Christine Labo : IRAP</p>
<p>Cette action vise à soutenir l'exploitation scientifique des données provenant des missions spatiales KEPLER, K2, et TESS. Cela concerne en particulier l'astérosismologie des étoiles compactes évoluées, géantes rouges et sous-géantes, et Delta Scuti / Gamma Dor. Les activités vont de l'analyse des données au développement de modèles pour les interpréter.</p> <p>Ref : <b>8241</b> Thème : AA Action : Kepler - Tess Porteur : CHARPINET Stephane Labo : IRAP</p>
<p>Les observations de la mission NICER nous permettent d'étudier les étoiles à neutrons, et en particulier de mesurer leurs masses et rayons afin de déterminer la nature de la matière dense et froide, et ainsi compléter notre compréhension de la matière baryonique dans l'Univers.</p> <p>Ref : <b>8243</b> Thème : AA Action : Nicer Porteur : GUILLOT Sebastien Labo : IRAP</p>
<p>SVOM est une mission d'exploration du ciel transitoire, réalisée pour l'essentiel en collaboration franco-chinoise. SVOM représente un nouvel outil extrêmement puissant pour l'exploration multi-messagère du ciel (photons + neutrinos + ondes gravitationnelles + rayons cosmiques). SVOM sera lancé en 2024.</p> <p>Ref : <b>8244</b> Thème : AA Action : Svom Porteur : ATTEIA Jean-Luc Labo : IRAP</p>
<p>La mission Juno est en orbite autour de Jupiter depuis le 5 juillet 2016 et a été prolongée jusque 2025. Ses buts principaux sont de déterminer la structure interne et la composition de la planète, la structure de son champ magnétique ainsi que la dynamique de ses vents.</p> <p>Ref : <b>8245</b> Thème : AA Action : LiteBIRD Porteur : CARRY Benoit Labo : IRAP</p>
<p>Pilot est une expérience sous ballon stratosphérique visant à mesurer de façon précise la polarisation de l'émission des poussières interstellaire dans l'IR lointain</p> <p>Ref : <b>8246</b> Thème : AA Action : Pilot Porteur : BERNARD Jean-Philippe Labo : IRAP</p>
<p>La mission germano-russe SRG est en orbite depuis septembre 2019 au point L2. Nous participons au consortium allemand eROSITA en tant que « member at large », apportant notre contribution à l'exploitation scientifique d'une moitié du ciel cartographié en rayons X.</p> <p>Ref : <b>8247</b> Thème : AA Action : eRosita Porteur : CLERC Nicolas Labo : IRAP</p>

Notre programme CHEX-MATE « Witnessing the culmination of structure formation in the Universe » est basé sur un programme de classe Heritage d'observation XMM-Newton de 3 mega-secondes. Il a pour but d'observer le point culminant de la formation des structures.

Ref : **8248** Thème : AA Action : XMM Heritage Porteur : POINTECOUTEAU Etienne Labo : IRAP

L'objectif de l'expérience COSI SMEX, qui sera lancée en orbite basse en avril 2027, est l'observation du ciel en gamma dans le domaine 0.2-5 MeV, pour étudier : l'origine des positrons galactiques, la nucléosynthèse stellaire et la physique des objets compacts.

Ref : **8249** Thème : AA Action : Cosi Porteur : JEAN Pierre Labo : IRAP

La préparation scientifique au niveau des SWG et des IST a connu une montée en puissance au cours des deux dernières années.

Ref : **8250** Thème : AA Action : Euclid Porteur : BLANCHARD Alain Labo : IRAP

En 12 ans, le Fermi Large Area Telescope a opéré une véritable révolution en astrophysique des hautes énergies. L'instrument a révélé la richesse et la diversité du ciel gamma, et il nous a donné à voir des phénomènes totalement inattendus.

Ref : **8251** Thème : AA Action : Fermi-LAT Porteur : MARTIN Pierrick Labo : IRAP

Integral est une mission de l'ESA lancée en 2002. SPI est l'un des deux instruments majeurs d'Integral ; c'est un spectromètre basé sur 19 détecteurs en germanium haute pureté refroidis à 80K.

Ref : **8252** Thème : AA Action : Integral SPI Porteur : ROQUES Jean-Pierre Labo : IRAP

Le projet concerne la mission JWST, en particulier un programme d'observation accepté en « early release science » avec P1ship Français (IRAP et IAS) intitulé « PDRs4All ».

Ref : **8253** Thème : AA Action : JWST Porteur : BERNE Olivier Labo : IRAP

Mission proposée dans le cadre de l'étude de phase A de la mission M7 de l'ESA pour investiguer l'Univers profond en utilisant comme sondes les sursauts gamma cosmiques ainsi de surveiller le ciel transitoire en rayons X et gamma.

Ref : **8254** Thème : AA Action : Theseus Porteur : WEBB Natalie Labo : IRAP

Nous gouvernons l'XMM-Newton Survey Science Centre, le consortium responsable pour le développement des logiciels pour le traitement et l'analyse des données d'XMM-Newton et la production des catalogues et l'identification des sources détectées.

Ref : **8256** Thème : AA Action : XMM-SSC Porteur : WEBB Natalie Labo : IRAP

Mission d'astrométrie spatiale en mode relevé et balayage continu sur au moins 5 ans. Détermination des parallaxes et mouvement propres pour au moins un milliard de sources. Observations complémentaires en photométrie, spectro-photométrie et spectroscopie à moyenne résolution.

Ref : **8259** Thème : AA Action : Gaia Porteur : MIGNARD Francois Labo : LAGRANGE

Suivi optique des événements observés par SVOM. Description scientifique des sources de rayons gamma et de rayons X observées.

Ref : **8261** Thème : AA Action : Svom Porteur : CHRISTENSEN Nelson Labo : LAGRANGE

En novembre 2022, l'ESA a présélectionné plusieurs missions pour une Phase 0 dans le cadre son appel M7. Theseus est l'une de ces missions et sa Phase 0 s'est déroulée au cours de l'année 2023. En novembre 2023, l'ESA a finalement décidé de sélectionner, avec deux autres missions, Theseus pour une Phase A.

Ref : **8263** Thème : AA Action : Theseus Porteur : BASA Stephane Labo : LAM

COSMOS est un champ de référence de 2 deg<sup>2</sup> observé avec les plus grands télescopes spatiaux (HST, puis Spitzer, Chandra, Herschel, puis JWST et maintenant Euclid) et au sol (VLT, VISTA, SUBARU, ALMA, ...). Nous complétons ces données par des observations HST profondes d'amas de galaxies lentille (programmes Frontier Fields et BUFFALO). Nous utilisons ces données pour étudier l'évolution des galaxies (utilisation des amas en tant que télescopes gravitationnels), ainsi que la distribution de matière noire dans les amas de galaxies. APR ID 8273 GTO-MIRI Ce rapport concerne également les études sur le GTO-MIRI. Avec un des 4 co-I France du team MIRI, le LAM contribue fortement à la définition et à l'exécution du GTO MIRI "high-z" (noté HZ par la suite) identifié dans le temps garanti.

Ref : **8264** Thème : AA Action : Cosmos Porteur : ILBERT Olivier Labo : LAM

La mission SVOM s'inscrit dans le cadre de la collaboration sino-française initiée entre l'Agence Spatiale Chinoise, CNSA, l'Académie des Sciences de Chine, CAS, et le CNES. Le projet est désormais très avancé et le lancement du satellite est prévu pour le printemps 2024.

Ref : **8265** Thème : AA Action : Svom Porteur : BASA Stephane Labo : LAM

Le réseau de recherche international NECO pour l'astrophysique extragalactique et la cosmologie bénéficie du contexte favorable avec le lancement du JWST, et celui de Euclid. La formation des jeunes à la science et aux méthodes adaptées à ces projets est fondamentale.

Ref : **8266** Thème : AA Action : NECO Porteur : BURGARELLA Denis Labo : LAM

ULLYSES est un Legacy Program sélectionné mi-2019. ULLYSES a utilisé plus de 950 orbites du HST, ce qui en fait le plus gros programme jamais mis en oeuvre dans l'UV : <https://ullyses.stsci.edu>

Ref : **8268** Thème : AA Action : Ulyses Porteur : BOURET jean-claude Labo : LAM

Le code CIGALE permet de réaliser des ajustements d'énergie spectrales (SEDs) de galaxies, et à partir de ces ajustements, de faire des prédictions. La variété des modules CIGALE, la facilité d'utilisation et la vitesse de calcul sont des éléments très attractifs pour produire des simulations réalistes.

Ref : **8269** Thème : AA Action : SPOPS Porteur : BURGARELLA Denis Labo : LAM

Principale mission spatiale cosmologique de l'ESA dans le but de contraindre l'énergie et la matière sombres par une cartographie du ciel lointain afin de mesurer les effets de weak lensing et de clustering des galaxies. Énorme science additionnelle (évolution des galaxies, amas...)

Ref : **8270** Thème : AA Action : Euclid Porteur : GAVAZZI Raphael Labo : LAM

Le concept de spectropolarimètre UV POLLUX a été étudié dans le cadre du projet de mission Flagship LUVOIR proposé à la NASA pour le Decadal Survey 2020. Nous reprenons l'étude (technique et scientifique) dans le contexte de HWO

Ref : **8274** Thème : AA Action : Pollux Porteur : BOURET jean-claude Labo : LAM

Expérience ballon stratosphérique pour un vol de longue durée (entre 3 semaines et 2 mois) pour des observations spectroscopiques dans le domaine THz autour de la raie de NII à 1,46 THz et entre 2,46 et 2,67 THz, où plusieurs raies intéressantes sont observables (NII, OH, HF, CO, HD).

Ref : **8275** Thème : AA Action : Asthros Porteur : PAGANI laurent Labo : LERMA

After the Astro 2020 Decadal Review NASA has published a call for a Probe Mission (between Large and Medium) for a far-IR or X-ray mission to be launched in 2032. The Far-IR Spectroscopy Space Telescope, P.I. Asantha Cooray, has been prepared for this probe call.

Ref : **8276** Thème : AA Action : Firsst Porteur : WIEDNER Martina Labo : LERMA

A l'automne 2022, l'ESA a changé la procédure de sélection des projets postulant à l'appel M7. HAYDN faisait partie des missions préselectionnées pour une étude de Phase 0. Une étude a été menée au CDF de l'ESTEC d'avril à juin 2024.

Ref : **8277** Thème : AA Action : Haydn Porteur : MOSSER Benoit Labo : LESIA

CASSTOR est un nanosatellite 16U pour la démonstration en vol de la spectropolarimétrie UV. Une validation et des tests sur banc au sol du modèle d'ingénierie du spectropolarimètre de CASSTOR est nécessaire pour vérifier la précision de mesure du prototype de polarimètre dans l'UV et en environnement représentatif.

Ref : **8278** Thème : AA Action : Casstor Porteur : NEINER Coralie Labo : LESIA

Le Fermi-LAT continue à prendre des données avec d'excellentes performances. Le Senior Review Committee de la NASA a recommandé en 2022 la prolongation de la mission pour une durée de 3 ans supplémentaires. Une augmentation bénéfique de l'altitude du satellite est à l'étude.

Ref : **8279** Thème : AA Action : Fermi Porteur : LOTT Benoit Labo : LLR

Le satellite Fermi de la NASA est en orbite depuis juin 2008. Son instrument principal, le LAT, détecte de nombreux pulsars dans le domaine du GeV. Nous conduisons des observations radio de pulsars à Nançay, en soutien des observations du LAT.

Ref : **8280** Thème : AA Action : Fermi Porteur : GUILLEMOT Lucas Labo : LPC2E

La détection de l'empreinte des ondes gravitationnelles primordiales sur la polarisation du CMB est l'objectif phare de la mission spatiale LiteBIRD. Pour atteindre cet objectif, les angles de polarisation devront être mesurés avec une précision absolue de 5' mais aucune source micro-onde polarisée dans le ciel n'est connue avec cette précision.

Ref : **8281** Thème : AA Action : CosmoCal Porteur : BOULANGER Francois Labo : LPENS

La mission Euclid est désormais opérationnelle et le Consortium scientifique s'apprête à débiter les analyses scientifiques de la première vague de données. Dans ce cadre, les activités au sein des différents groupes de travail se sont intensifiées.  
Ref : **8282** Thème : AA Action : Euclid Porteur : CORASANITI Pier Stefano Labo : LUTH

Le projet SIMBAD-ESPACE garantit et pérennise la pertinence des services de référence du CDS vis à vis des données issues de moyens spatiaux.  
Ref : **8283** Thème : AA Action : CDS Porteur : ALLEN Mark Labo : ObAS

Les thématiques de recherche sur les galaxies proches et leurs populations d'amas ont été jusqu'à présent peu étudiées dans le cadre de la science legacy de la mission Euclid. Pourtant le sondage pourrait fournir des données particulièrement riches et uniques pour leur étude.  
Ref : **8284** Thème : AA Action : Euclid Porteur : DUC Pierre-Alain Labo : ObAS

Le Survey Science Centre du satellite XMM-Newton a pour objectif de maximiser le retour scientifique de cet observatoire spatial X (0.2-12 keV) en analysant de manière exhaustive le contenu des champs de vue des instruments, fournissant des logiciels, produits calibrés et catalogues de sources à destination de la communauté internationale.  
Ref : **8285** Thème : AA Action : XMM-SSC Porteur : MICHEL Laurent Labo : ObAS

Participation à la collaboration XMM/SSC et analyse scientifique des données XMM, s'appuyant en particulier sur les Large Programs  
Ref : **8456** Thème : AA Action : XMM Porteur : BALLETT Jean Labo : AIM

The XMM Heritage Programme is an ambitious 3 year, 3 megasecond international project with more than 80 co-Is, which aims to obtain a clear vision of the local galaxy cluster population and in the high mass regime. An extensive multi-wavelength follow-up programme is underway.  
Ref : **8457** Thème : AA Action : XMM-HERITAGE Porteur : PRATT Gabriel Labo : AIM

Nous analysons les données du relevé S4G des galaxies proches, ceux de GAIA pour notre Galaxie et ceux de JWST pour les galaxies distantes. Nous les comparons à nos simulations N-corps- hydrodynamiques, afin de suivre l'évolution des galaxies et la distribution de leur matière noire.  
Ref : **8458** Thème : AA Action : S4G Porteur : ATHANASSOULAS Evangelie Labo : LAM

Préparation de l'analyse cosmologique d'Euclid. Pipeline nx2pts harmonique.  
Ref : **8459** Thème : AA Action : Euclid Porteur : BENABED Karim Labo : IAP

Les résultats d'Herschel et de Planck ont montré que les filaments interstellaires représentent les conditions initiales de la formation des étoiles dans les nuages moléculaires. Les propriétés physiques des filaments à des distances > 1 kpc dans le disque Galactique demeurent cependant mal connues.  
Ref : **8467** Thème : AA Action : JWST-MIRI Porteur : ANDRE Philippe Labo : AIM

Développer de nouveaux moyens de surveillance du ciel à haute énergie à partir d'une constellation de nanosatellites. Réalisation d'un système démonstrateur basé sur 3 nanosatellites identiques, destiné à voler pendant le run O5 des détecteurs d'ondes gravitationnelles (horizon mi-2027).  
Ref : **8482** Thème : AA Action : 3UTransat Porteur : GODET Olivier Labo : IRAP

## EXOBIOLOGIE, EXOPLANETES ET PROTECTION PLANETAIRE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

<p>Le projet Mars-GéoPal a pour objectif de préparer la coordination entre les instruments de la charge utile de la mission ExoMars et d'identifier des biosignatures détectables associées à de possible traces de vie martiennes au travers l'étude de roches et de sédiments analogues, naturels ou artificiels                  Ref : <b>8393</b> Thème : Exo Action : GEOMICROPAL Porteur : FOUCHER Frederic Labo : CBM</p>
<p>ExoMars TGO a eu ses premières données au printemps 2018. Après une année à calibrer les données NOMAD-LNO, nous avons analysé les données sur plusieurs sujets. Les données NOMAD-SO ont fait l'objet de plusieurs publications.                  Ref : <b>8394</b> Thème : Exo Action : TGO NOMAD-ACS Porteur : SCHMIDT Frédéric Labo : GEOPS</p>
<p>Cheops est une mission de classe S de l'ESA qui a été lancée le 18 décembre 2019. Depuis mars 2020, le fonctionnement de la mission est nominal avec la collecte d'un très grand nombre d'observations dans le cadre du programme GO et GTO. La mission nominale s'est achevée le 31 août 2023. La mission a été prolongée par l'ESA jusqu'en 2029 (avec un point d'étape en 2026). La mission étendue a commencé le 1er septembre 2023.                  Ref : <b>8395</b> Thème : Exo Action : CHEOPS Porteur : LECAVELIER DES ETANGS Alain Labo : IAP</p>
<p>Depuis 2001 les observatoires spatiaux sont utilisés pour caractériser les atmosphères des exoplanètes. Ces observations ont conduit à la découverte l'évaporation Jupiters et des Neptuneschauds. En parallèle les observations HST des exocomètes se poursuivent avec des programmes en Cycle 30 (2023) et Cycle 31 (2024).                  Ref : <b>8396</b> Thème : Exo Action : Hubble Porteur : LECAVELIER DES ETANGS Alain Labo : IAP</p>
<p>Les suivis de CoRoT et de Kepler/K2 se poursuivent mais leurs plus grandes parties sont terminées. L'essentiel du suivi actuel concerne celui du satellite TESS, auquel nous contribuons. La mission PLATO poursuit sa préparation notamment par le biais de réunions.                  Ref : <b>8397</b> Thème : Exo Action : Exoplanetes Porteur : HEBRARD Guillaume Labo : IAP</p>
<p>Le travail s'inscrit dans le cadre de la préparation scientifique de la mission ARIEL et plus particulièrement de la contribution française à la mission (instrument AIRS). La PDR de AIRS a été passée avec succès début 2023, le projet entre en phase C et les choix scientifiques et technologiques doivent être figés.                  Ref : <b>8399</b> Thème : Exo Action : ARIEL Porteur : OLLIVIER Marc Labo : IAS</p>
<p>Le projet porté par M-Ch. Maurel (ISYEB) a pour but la détection de molécules d'intérêt biologique dans les poussières collectées par l'expérience Tanpopo (EF-JEM, sur l'ISS). Notre participation apporte un support d'expertise pour l'analyse de matière extraterrestre.                  Ref : <b>8401</b> Thème : Exo Action : Detection of Biological Bricks in Space Porteur : BAKLOUTI Donia Labo : IAS</p>
<p>Les argiles ciblés dans le cadre de l'exploration martienne pourraient jouer le rôle de nanoréacteur permettant à la fois la synthèse de molécules, leur protection voire leur polymérisation. Pour la préparation des missions, des analogues (smectites Fe-Mg synthétisées en présence de molécules organiques), sont caractérisés et évalués.                  Ref : <b>8402</b> Thème : Exo Action : Synthèses Organo-Minérale Originelles Modèles Porteur : GEFFROY Claude Labo : IC2MP</p>
<p>Nous menons des recherches sur les processus géologiques et atmosphériques de la planète Mars notamment grâce aux données acquises par l'imageur CaSSIS (Colour and Stereo Surface Imaging System) de la mission ExoMars Trace Gas Orbiter de l'ESA.                  Ref : <b>8403</b> Thème : Exo Action : CaSSIS ExoMars Porteur : DOUTE Sylvain Labo : IPAG</p>
<p>Le projet Theia est un télescope qui vise à détecter des exoplanètes de masse terrestre autour des étoiles voisines par astrométrie différentielle. Les défis instrumentaux est de mesurer précisément la position des étoiles sur de très large détecteurs et de s'assurer de la stabilité de la mesure.                  Ref : <b>8404</b> Thème : Exo Action : Theia Porteur : MALBET Fabien Labo : IPAG</p>

<p>Nous proposons d'étudier quantitativement la composition de la surface, la morphodynamique des dunes et réseaux de rivières près du site d'atterrissage de la mission Dragonfly sur Titan, afin de contraindre les mécanismes de formation de ces structures et de caractériser leur environnement chimique, climatique et géologique, et ainsi participer activement à la préparation opérationnelle et scientifique de la mission Dragonfly.</p> <p>Ref : <b>8407</b> Thème : Exo Action : Atterrissage Dragonfly Porteur : RODRIGUEZ Sebastien Labo : IPGP</p>
<p>Nous recevons des financements dans le cadre de l'accompagnement sol de l'expérience AIRS de ARIEL, qui permettra de caractériser les atmosphères de nombreuses exoplanètes. Cela inclut notamment l'étude de l'activité et le couplage sol-espace.</p> <p>Ref : <b>8408</b> Thème : Exo Action : ARIEL Porteur : DEBRAS Florian Labo : IRAP</p>
<p>Etude et proposition de missions et d'instruments pour l'exploration orbitale et in-situ d'Europa et d'Encelade.</p> <p>Ref : <b>8409</b> Thème : Exo Action : Europa Porteur : ANDRE Nicolas Labo : IRAP</p>
<p>Notre but est de concevoir un prototype de 'bio-senseurs' tirant parti des techniques 'lab-on -chip' pour des applications à l'exploration planétaire. Ce système pourrait aussi avoir des applications 'sociétales', dans le cadre d'analyses de contaminants ou d'études environnementales.</p> <p>Ref : <b>8410</b> Thème : Exo Action : Bio-senseurs Porteur : LOUARN philippe Labo : IRAP</p>
<p>La mission PLATO dont le lancement est prévue fin 2026 a pour but de rechercher et de caractériser les systèmes planétaires (étoiles + planètes) de tout type grâce à la détection de transits d'une part et la sismologie stellaire d'autre part.</p> <p>Ref : <b>8412</b> Thème : Exo Action : PLATO Porteur : BALLOT Jérôme Labo : IRAP</p>
<p>Des panels de capture constitués d'aérogel de silice ont été exposés sur l'ISS lors de la mission spatiale Tanpopo [Japon]. Nous développons une méthodologie non destructive pour identifier les molécules organiques et les poussières piégées au retour de la mission. Analyses des échantillons prélevés en [Islande] .</p> <p>Ref : <b>8413</b> Thème : Exo Action : Biological Bricks in Space Porteur : MAUREL Marie-Christine Labo : ISYEB</p>
<p>Depuis l'adoption de la mission en Novembre 2020, la charge de travail s'est accentuée sur les développements techniques. Le lancement et l'acquisition des premières données du JWST ont permis à la communauté Ariel de tester ses outils sur des données réelles.</p> <p>Ref : <b>8414</b> Thème : Exo Action : ARIEL Porteur : LECONTE jeremy Labo : LAB</p>
<p>L'école RED s'est déroulée avec succès, les cours de l'école sont accessibles sur le site AstroBioVideo. Les vidéos à destination des étudiants L1-L3 sont accessibles sur le site AstroBioEducation.</p> <p>Ref : <b>8415</b> Thème : Exo Action : EXOBIO-EDUC Porteur : GARGAUD muriel Labo : LAB</p>
<p>Le projet BISCOTE s'inscrit dans le contexte de recherche de signatures de vie dans notre Système solaire. Il vise à développer un outil innovant, basé sur de l'immunoanalyse avec détection par transfert de fluorescence (HTRF), miniaturisé et compatible avec une intégration au sein d'un nanosatellite.</p> <p>Ref : <b>8416</b> Thème : Exo Action : BISCOTE Porteur : DOBRIJEVIC Michel Labo : LAB</p>
<p>La mission PLATO a pour but la détection et caractérisation d'exoplanètes autour d'étoiles brillantes, notamment semblables au Soleil. Elle a été sélectionnée par l'ESA comme mission M3 en juin 2017 pour un lancement prévu fin 2026. Au sein du Laboratoire LAGRANGE nous avons la gestion de 5 sous-workpackages : 116100, 116 340, 125500, 116 650, 131130</p> <p>Ref : <b>8418</b> Thème : Exo Action : Soutien scientifique a la mission PLATO Porteur : BIGOT Lionel Labo : LAGRANGE</p>
<p>Le projet EXAC-HZ s'inscrit dans le cadre des phases B2/C de la mission Ariel. Il s'agit de simuler au laboratoire la chimie atmosphérique de Super-terres et de mini-Neptunes, afin d'améliorer la stratégie d'observation de ces objets par la mission ARIEL.</p> <p>Ref : <b>8422</b> Thème : Exo Action : EXAC-HZ Porteur : CARRASCO Nathalie Labo : LATMOS</p>
<p>Le projet BeSAFE a pour objectif premier de collecter en grande quantité des particules stratosphériques, notamment volcaniques, celles issues des feux, et poussières interplanétaires.</p> <p>Ref : <b>8423</b> Thème : Exo Action : BeSAFE Porteur : BEKKI Slimane Labo : LATMOS</p>
<p>Sample Analysis at Mars est un instrument d'analyse chimique embarqué sur le rover de la NASA Curiosity en activité à la surface de Mars, que notre équipe a en partie développé et opère régulièrement depuis 11 ans et demi. Nous recherchons principalement de la matière organique d'origine martienne afin d'en comprendre la ou les sources et le lien possible avec une activité biologique. Mais notre activité s'est étendue depuis le début du projet à la caractérisation de la matière inorganique volatile et son lien avec l'habitabilité du cratère Gale.</p> <p>Ref : <b>8424</b> Thème : Exo Action : SAM MSL Porteur : SZOPA Cyril Labo : LATMOS</p>

<p>Dragonfly a été sélectionnée en 2019 dans le cadre du programme NASA NF4. Dragonfly contient quatre instruments dont l'analyseur chimique DraMS (fourniture hardware française + Co-I ship science)  Ref : <b>8425</b> Thème : Exo Action : Dragonfly-DraMS Porteur : FREISSINET Caroline Labo : LATMOS</p>
<p>Le projet de recherche E-Titan s'attache à optimiser et à préparer le retour scientifique des expériences de mesures électriques de la station géophysique et météorologique DraGMet (PI : Ralph LORENZ, JHU-APL) de Dragonfly : DIEL (mesure de la permittivité complexe du sol) et EFIELD (mesure du champ électrique).  Ref : <b>8426</b> Thème : Exo Action : Dragonfly Porteur : LE GALL Alice Labo : LATMOS</p>
<p>Ce projet s'effectue dans le cadre d'un programme de la NASA de maturation d'instruments pour la mission Europa Lander, ou une mission à destination d'Encelade, qui pourrait être programmée dans les années à venir. Pour préparer la réponse à l'AO de cette mission, nous développons des méthodes analytiques, ainsi qu'un prototype instrumental complet, basés sur la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse.  Ref : <b>8427</b> Thème : Exo Action : European Molecular Indicator of Life Investigation Porteur : SZOPA Cyril Labo : LATMOS</p>
<p>L'instrument qui nous concerne sur Exomars TGO est le spectromètre infrarouge (IR) Atmospheric Chemistry Suite (ACS). ACS couvre un domaine de longueur d'ondes allant de 0.7 à 15 <math>\mu\text{m}</math> à très haute résolution spectrale (<math>\lambda/\Delta\lambda</math> de 5 000 à 50 000). ACS opère au nadir et en occultation solaire. F. Montmessin est Co-PI de l'instrument  Ref : <b>8428</b> Thème : Exo Action : TGO - ACS Porteur : MONTMESSIN Franck Labo : LATMOS</p>
<p>Ariel est la future mission M4 de l'ESA, sélectionné en 2018, adoptée en 2020 avec un lancement prévu en 2029. Le LESIA est très impliquée sur la calibration du spectrographe infrarouge AIRS et sur la préparation scientifique de la mission.  Ref : <b>8430</b> Thème : Exo Action : ARIEL Porteur : CHARNAY Benjamin Labo : LESIA</p>
<p>Mission JWST, instrument MIRI, détection et caractérisation d'exoplanètes avec le mode Medium Resolution Spectrograph (MRS).  Ref : <b>8431</b> Thème : Exo Action : Atmosphères des exoplanètes Porteur : BOCCALETTI Anthony Labo : LESIA</p>
<p>Le projet PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of Stars) a été adopté en juin 2017 pour être la mission M3 dans le cadre du programme « Cosmic Vision » de l'ESA avec un lancement encore prévu pour fin 2026. L'objectif principal de la mission PLATO est la recherche et la caractérisation d'exoplanètes de toutes tailles en orbite autour d'étoiles de toutes natures, ainsi que l'étude des intérieurs stellaires par analyse sismique.  Ref : <b>8432</b> Thème : Exo Action : PLATO Porteur : GOUPIL mariejo Labo : LESIA</p>
<p>Présidente du Panel sur la Protection Planétaire du COSPAR, je travaille avec les autres membres du Panel pour définir et mettre à jour la politique de protection planétaire au profit de la communauté spatiale internationale. Contacts avec d'autres entités PP et on publie régulièrement le travail du comité.  Ref : <b>8433</b> Thème : Exo Action : COSPAR Planetary Protection Porteur : COUSTENIS Athena Labo : LESIA</p>
<p>Exomars a été consolidée lors de la ministériel de nov 2022 pour un décollage en 2028. Nous devons retravailler à la caractérisation de nouvelles ellipse d'atterrissage pour un nouveau scénario de mission mais le site ne devrait pas changer. La mise en contexte du site d'Oxia planum reste à faire.  Ref : <b>8434</b> Thème : Exo Action : Exomars Porteur : QUANTIN Cathy Labo : LGL-TPE</p>
<p>EXACT vise à améliorer la compréhension de la composition chimique des atmosphères exoplanétaires à partir des futures observations réalisées avec Ariel. Nous effectuons des développements sur les modèles numériques que nous possédons et effectuons des mesures expérimentales de données physico-chimiques.  Ref : <b>8435</b> Thème : Exo Action : EXACT Porteur : VENOT Olivia Labo : LISA</p>
<p>MOMIEA vise à étudier des échantillons analogues martiens qui ont évolué dans un environnement martien simulé en laboratoire, de déduire l'évolution de la partie organique qui les constituent et in fine d'analyser ces échantillons sur un banc d'essai MOMA développé autour du modèle d'ingénierie GC.  Ref : <b>8436</b> Thème : Exo Action : MOMA Porteur : STALPORT fabien Labo : LISA</p>
<p>L'expérience IR COASTER sera la première plateforme d'exposition d'échantillons organiques en orbite terrestre, avec un suivi de l'évolution des échantillons tout au long d'une année d'exposition par spectroscopie infrarouge.  Ref : <b>8437</b> Thème : Exo Action : IR-COASTER Porteur : COTTIN Hervé Labo : LISA</p>

<p>Cette proposition concerne le soutien financier nécessaire pour la participation de F. Raulin aux activités du COSPAR PPP : réunions et travaux liés à ces réunions  Ref : <b>8438</b> Thème : Exo Action : COSPPP Porteur : RAULIN Francois Labo : LISA</p>
<p>Le projet Exomars 2016 comprenait deux composantes : Lander Schiaparelli (écrasé en 2016) et le satellite Trace Gas Orbiter qui a amorcé sa mission scientifique d'étude de l'atmosphère en mars 2018 après une campagne de circularisation de l'orbite par aérofreinage.  Ref : <b>8439</b> Thème : Exo Action : ExoMars Trace Gas Orbiter Porteur : GUERLET Sandrine Labo : LMD</p>
<p>The Colour and Stereo Surface Imaging System – CaSSIS is a multiband pushframe sensor with four colour channels with capture of stereo images via a rotation mechanism. The sensor can achieve ~5 m resolution colour images and stereo-derived elevation models at 15-20 m/pix.  Ref : <b>8441</b> Thème : Exo Action : ExoMars CaSSIS Porteur : CONWAY Susan Labo : LPGN</p>
<p>Rosalind Franklin est le rover de la mission ExoMars. La proposition concerne notre implication sur 4 instruments (WISDOM, RLS, PanCam, MicrOmega), au LPG à Nantes, que nous regroupons ici en une seule.  Ref : <b>8442</b> Thème : Exo Action : ExoMars-Rover Porteur : MANGOLD Nicolas Labo : LPGN</p>
<p>Des panels de capture constitués d'aérogel de silice ont été exposés lors de la mission spatiale Tanpopo [Japon]. Nous développons une méthodologie non destructive pour identifier les molécules organiques et les poussières piégées au retour de la mission.  Ref : <b>8444</b> Thème : Exo Action : Detection of Biological Bricks in Space Porteur : LAMBERT Jean-François Labo : LRS</p>
<p>La mission PLATO a été adoptée dans le plan scientifique de l'ESA le 20 juin 2017 pour un lancement fin 2026. La revue critique de l'ESA a été passée avec succès en janvier dernier. Les personnels du LUPM travaillent activement au sein de PSM à la préparation scientifique de la mission (WP Stellar Science et Follow-up).  Ref : <b>8445</b> Thème : Exo Action : PLATO Porteur : PALACIOS Ana Labo : LUPM</p>
<p>L'objectif du projet Exocube halophiles est d'évaluer les effets de l'irradiation solaire à spectre complet après exposition sur l'extérieur de la Station Spatiale Internationale sur la préservation des enveloppes cellulaires des micro-organismes halophiles enfermés dans des cristaux d'halite (NaCl).  Ref : <b>8446</b> Thème : Exo Action : Exocube Porteur : KISH Adrienne Labo : MCAM</p>
<p>Des panels de capture constitués d'aérogel de silice ont été exposés lors de la mission spatiale Tanpopo [Japon]. Nous développons une méthodologie non destructive pour identifier les molécules organiques et les poussières piégées au retour de la mission.  Ref : <b>8447</b> Thème : Exo Action : Detection of Biological Bricks in Space Porteur : PERCOT Aline Labo : MONARIS</p>
<p>Dans le cadre du projet de Nanosatellite MARSU qui embarquera une charge utile de photométrie infrarouge de précision (1 mmag), des simulations système ont été effectuées. Un banc de tests a été développé pour la validation des principaux paramètres des simulations « système ».  Ref : <b>8448</b> Thème : Exo Action : MARSU Porteur : KOUACH Driss Labo : OMP</p>
<p>Les processus d'irradiation de surface peuvent altérer grandement la composition de la matière organique des satellites joviens. Nous menons un travail d'expérimentation pour caractériser l'effet de ces processus et leur impact sur l'évolution des satellites, et les données de missions spatiales.  Ref : <b>8449</b> Thème : Exo Action : ANalogues d'Europe Porteur : BOUQUET Alexis Labo : P2IM</p>
<p>En utilisant des analogues, notre objectif est de démontrer la puissance de l'utilisation de l'orbitrap couplé ou non à un chromatographe en phase gazeuse pour l'analyse de ces environnements. Cette approche est une première mondiale et placera ce projet parmi les plus novateurs de notre discipline que ce soit au niveau de la chimie analytique, de l'astrochimie ou de la recherche spatiale.  Ref : <b>8450</b> Thème : Exo Action : Gorbi Porteur : DANGER Grégoire Labo : P2IM</p>
<p>Le principe instrumental de PLATO consiste en un suivi très long terme d'un très grand nombre d'étoiles brillantes dans un très grand champ, en photométrie de lumière blanche à ultra-haute précision.  Ref : <b>8463</b> Thème : Exo Action : PLATO Porteur : GARCIA Rafael A. Labo : AIM</p>
<p>La mission Ariel est la mission M4 du programme cosmic-vision de l'ESA qui a pour objet l'étude de l'atmosphère d'un point de vue statistique (un millier d'exoplanètes étudiées). Le lancement est prévu en 2029.  Ref : <b>8464</b> Thème : Exo Action : Ariel Porteur : LAGAGE Pierre-Olivier Labo : AIM</p>

Le JWST, mission phare de la NASA avec participation de l'Europe et du Canada, est le plus grand télescope spatial jamais lancé. Il apporte un gain en sensibilité d'un à deux ordres de grandeurs et est incontournable pour de nombreuses thématiques astrophysiques.

Ref : **8465** Thème : Exo Action : Atmosphère des exoplanètes JWST Porteur : LAGAGE Pierre-Olivier Labo : AIM

Afin de préparer la mission ExoMars, nous analysons et exploitons les données enregistrées par le sismomètre SEIS déployé à la surface de la planète Mars pour améliorer nos connaissances de sa structure interne.

Ref : **8473** Thème : Exo Action : Interior Structure of Mars Porteur : DRILLEAU Melanie Labo : ISAE

The NASA Perseverance mission has operated on Mars for 1000 Mars days, collecting samples, characterizing habitability and preparing for human exploration. The SuperCam instrument operates a microphone developed by the ISAE team, which records fluctuations in the atmosphere and laser shots.

Ref : **8474** Thème : Exo Action : Microphone Perseverance Porteur : MIMOUN David Labo : ISAE

L'expérience MarSCoDe est à bord du rover Zhurong, premier rover chinois sur Mars, qui utilise la technique du LIBS, la même que celle utilisée par ChemCam et SuperCam. Notre expertise, aussi bien sur les aspects de calibration que d'analyse, est souvent sollicitée.

Ref : **8519** Thème : Exo Action : TianWen-1 MarsCode Porteur : COUSIN Agnes Labo : IRAP

## PHYSIQUE FONDAMENTALE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

<p>Fin de la Phase A. Préparation de l'adoption de LISA Ref : <b>7972</b> Thème : PF Action : LISA Porteur : BABAK Stanislas Labo : APC</p>
<p>LISA est la mission L3 de l'ESA, prévu pour lancement en 2034. Il s'agit d'un détecteur d'ondes gravitationnelles dans l'espace. La France a pris la responsabilité du distributed data processing centre (DDPC) et des tests et vérifications de la charge utile. Ref : <b>7973</b> Thème : PF Action : LISA Porteur : HEES Aurélien Labo : SYRTE</p>
<p>La mission LISA, approuvée par l'ESA, devrait être adoptée début 2024. Les membres du consortium réorganisé progressent dans la réalisation des tâches imposées, tandis que sont soumis puis publiés revues et livres blancs. La rédaction du Livre Rouge, résumant l'état de la mission, est à présent achevée. Ref : <b>7975</b> Thème : PF Action : LISA Porteur : FAYE Guillaume Labo : IAP</p>
<p>Développer un interféromètre spatial pour détecter les signaux d'ondes gravitationnelles provenant de différentes sources astrophysiques. Ref : <b>7976</b> Thème : PF Action : LISA Porteur : GODET O Labo : IRAP</p>
<p>Chronométrie radio de pulsars binaires et de pulsars millisecondes stables pour (1) mesurer les paramètres post-képlériens et contraindre les théories de la Gravitation et (2) détecter un fond d'ondes gravitationnelles basse fréquence, d'origine cosmologique ou astrophysique. Ref : <b>7977</b> Thème : PF Action : Chronométrie des pulsars LISA Porteur : THEUREAU Gilles Labo : LPC2E</p>
<p>La situation d'ACES/PHARAO s'est amélioré en 2023 avec une date de lancement fixée à Janvier 2025. En particulier les activités MWL ont repris chez ADS avec les tests et calibrations E2E (End to End) en cours actuellement. Le SYRTE est beaucoup impliqué dans ces tests et en particulier dans l'analyse des données issues de ces tests. Nous avons une réunion par semaine avec ADS et ESA, pour essayer à aider ADS dans la mise en place de leur software de traitement de données. A noter que l'horloge PHARAO (livré par le CNES en 2014) n'est pas en cause dans les retards cumulés. Ref : <b>7978</b> Thème : PF Action : ACES_PHARAO Porteur : WOLF Peter Labo : SYRTE</p>
<p>La mission MICROSCOPE a récemment fourni le test le plus précis du principe d'équivalence. Ref : <b>8010</b> Thème : PF Action : Microscope Porteur : BERGE Joel Labo : ONERA</p>
<p>LISA est la mission spatiale de grande ampleur L3 du programme Cosmic Vision de l'ESA, choisie par le Science Programme Committee en 2017 et programmée avec un lancement en 2035, ayant comme objectif la détection des ondes gravitationnelles de basse fréquence (0.1 - 100 mHz) depuis l'espace. Ref : <b>8383</b> Thème : PF Action : LISA Porteur : CHRISTENSEN Nelson Labo : ARTEMIS</p>
<p>LISA (Laser Interferometer Space Antenna) est une future mission spatiale de l'ESA dont l'objectif est de détecter des ondes gravitationnelles (OG) de basse fréquence depuis l'espace. Ce sera le premier observatoire spatial d'ondes gravitationnelles, les observatoires actuels, comme LIGO, Virgo ou KAGRA, qui sont déployés sur notre planète, étant sensibles à des fréquences d'OG plus élevées. Ref : <b>8384</b> Thème : PF Action : LISA Porteur : KAJFASZ Eric Labo : CPPM</p>
<p>L'insitut Fresnel travaille sur le projet LISA en tant qu'expert des problématiques de lumière diffusée et lumière parasite. Ref : <b>8385</b> Thème : PF Action : LISA Porteur : ZERRAD Myriam Labo : FRESNEL</p>
<p>La géodésie spatiale est utilisatrice de moyens temps/fréquence de hautes performances. Notre projet porte sur la réalisation d'études et d'une démonstration de principe d'un nouveau rétro-rélecteur laser actif compatible avec les satellites Galileo et dans le cadre du programme ESA-GENESIS. Ref : <b>8386</b> Thème : PF Action : Transfert de Temps Optique pour Genesis Porteur : COURDE Clément Labo : GEOAZUR</p>

LISA (Laser Interferometer Space Antenna) est une mission large de l'ESA qui a pour objectif de détecter les ondes gravitationnelles (OG) dans la bande de fréquence du mHz.

Ref : **8387** Thème : PF Action : Laser Interferometer Space Antenna Porteur : TAMANINI Nicola Labo : L2IT

L'expérience s'inscrit dans la préparation de la mission d'interféromètre d'ondes gravitationnelles LISA : implications scientifiques (astrophysique et cosmologie) et développement/gestion de base de données.

Ref : **8388** Thème : PF Action : LISA Porteur : PORQUET Delphine Labo : LAM

Notre objectif est le test du principe d'équivalence avec des particules quantiques grâce à un interféromètre atomique double espèce en microgravité. Plus généralement les tests expérimentaux réalisés à bord de l'avion Zéro-G et sur le simulateur permettent de valider les technologies quantiques pour l'espace.

Ref : **8389** Thème : PF Action : ICE Porteur : BATTELIER Baptiste Labo : LP2N

La mission LISA a pour objectif l'observation d'ondes gravitationnelles à basses fréquences, issus de systèmes massifs binaires, au moyen d'un interféromètre spatial. Les algorithmes de suppression de bruits ainsi que la construction d'un signal d'interféromètre virtuel (nommé TDI) permettent l'extraction des signaux gravitationnels parmi les bruits d'instrumentaux.

Ref : **8390** Thème : PF Action : LISA Porteur : LEMIERE Yves Labo : LPCCAEN

Les nouvelles horloges atomiques ouvrent le champ des applications en géodésie et physique fondamentale. Mais cela nécessite un moyen de comparaison ultra-performant et sans fibre optique interposée (lien optique en espace libre).

Ref : **8391** Thème : PF Action : Lien Optique Via relais Embarqué Porteur : WOLF Peter Labo : SYRTE

LISA est une mission large de l'ESA en fin de phase B1 qui observera les sources d'ondes gravitationnelles au milliHertz. Ses objectifs scientifiques sont nombreux et concernent l'astrophysique, la physique fondamentale et la cosmologie. Le MultiLatéral Agreement et le Science Management Plan ont été adoptés le 8 novembre 2023, l'adoption finale pour le 25 janvier 2024 et le lancement pour 2035.

Ref : **8466** Thème : PF Action : LISA Porteur : FOGLIZZO Thierry Labo : AIM

Développement des éphémérides planétaires pour réaliser des tests de théories alternatives de la gravitation dans le système solaire.

Ref : **8523** Thème : PF Action : INPOP Porteur : FIENGA Agnes Labo : GEOAZUR

## SOLEIL – HELIOSPHERE – MAGNETOSPHERES

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

Ce dossier a pour objectif de développer une méthode opérationnelle utile pour la prévision des éruptions solaires et de l'environnement. Intérêt pour le programme «ESA Space Situational Awareness (SSA)» [VSWMC « Virtual Space Weather Modelling Center »] – et groupe de travail de l'ESA pour Solar Orbiter.

Ref : **8113** Thème : SHM Action : METEOESP Porteur : AMARI tahar Labo : CPHT

L'activité «analyse et modélisation de la thermosphère» consiste à analyser et modéliser la partie neutre de la haute atmosphère, terrestre ou planétaire, afin d'améliorer le calcul d'orbite des satellites et de caractériser et quantifier des incertitudes principalement.

Ref : **8114** Thème : SHM Action : METEOESP Porteur : BRUINSMA sean Labo : GET

SoHO a été lancé il y a 28 ans ; en mars 2023, le SPC de l'ESA a voté la prolongation des opérations jusqu'à fin 2025, et une possible extension pour 2026. Les trois instruments EIT/GOLF/SUMER sont toujours opérationnels et sans héritier. SUMER est un spectromètre à hautes résolutions spatiale, spectrale et temporelle dédié à l'étude de l'atmosphère solaire, à bord de SOHO, en fonctionnement depuis décembre 1996. L'IAS est PI de EIT, l'imageur EUV de la sonde SOHO. Il est également PI de GOLF, le spectromètre à résonance pour l'étude de la structure interne du Soleil.

Ref : **8115** Thème : SHM Action : SOHO-EIT-GOLF-SUMER Porteur : BOCCHIALINI Karine Labo : IAS

Le centre MEDOC (Multi Experiment Data and Operation Centre), opérationnel depuis 1995, est dédié aux activités liées aux opérations, archive et analyse de données du satellite SOHO ainsi qu'à des activités nouvelles hors SOHO.

Ref : **8116** Thème : SHM Action : MEDOC-SOHO Porteur : BUCHLIN Eric Labo : IAS

Le centre MEDOC (Multi Experiment Data and Operations Centre), initialement créé pour la mission SOHO, s'est depuis enrichi de nombreux autres jeux de données de physique solaire spatiale.

Ref : **8117** Thème : SHM Action : SDO Porteur : BUCHLIN Eric Labo : IAS

Solar Orbiter est une mission M de l'ESA dont le lancement a été effectué en 2020. L'IAS est impliqué dans trois expériences de la mission : EUI, SO/PHI et SPICE. L'IAS est Co-PI de EUI et PI de SPICE et participe activement à la préparation de l'exploitation scientifique de la mission.

Ref : **8118** Thème : SHM Action : SOLO EUI, SOPHI, SPICE Porteur : AUCHERE Frederic Labo : IAS

Réponse à l'AO TA 1-10753 G2S Procurement of Plasma Monitor Units (PMU) - 1000031388 in the Esa-star system - visant à fournir 6+4 (option) double têtes de mesure ions et électrons pour mesure la charge en orbite des futurs satellites Galileo, avec EREMS, LPP, COMAT. Réponse soumise le 28/06/2022 (PI : Yohann BALLOT, EREMS) Réunion avec l'ESA le 30/03/2023 suite à la non-sélection de notre consortium (N.B. : le seul à avoir répondu pourtant). L'ESA nous annonce que l'AO sera révisé et re-publié à court terme. Réunion entre membres du consortium pour identifier les facteurs de réduction de risques et de coûts de la proposition initiale. L'AO ESA Tender Action 1-12051 GALILEO SECOND GENERATION SATELLITES BATCH1 PLASMA MONITORING UNITS (PMU) PROCUREMENT sera publié début 2024, nous y répondrons.

Ref : **8119** Thème : SHM Action : AMBRE NG Porteur : ANDRE Nicolas Labo : IRAP

MEA mesurera les populations d'électrons de basses- et moyennes-énergies dans la magnétosphère de Mercure, dans le vent solaire dans l'héliosphère interne, ainsi que lors des survols de Vénus et de la Terre.

Ref : **8120** Thème : SHM Action : BepiColombo Mercury Electron Analyzer Porteur : ANDRE Nicolas Labo : IRAP

Animation scientifique du CDPP et développements d'outils de valorisation des données

Ref : **8121** Thème : SHM Action : CDPP Missions Porteur : ANDRE Nicolas Labo : IRAP

Accompagnement scientifique et développement de l'instrument LEES Low-Energy Electron Spectrometer pour le consortium DFP Dust, Fields, Particles de Comet Interceptor

Ref : **8122** Thème : SHM Action : Comet Interceptor LEES Porteur : ANDRE Nicolas Labo : IRAP

La mission BepiColombo effectuera une étude complète de Mercure (formation, évolution, composition, structure interne, etc.), ainsi que de son interaction avec le vent solaire. L'expérience SERENA mesure les ions et les atomes neutres dans l'environnement planétaire

Ref : **8124** Thème : SHM Action : BEPI-SERENA Porteur : DANDOURAS Iannis Labo : IRAP

Deep Space Gateway (ou Lunar Orbital Platform-Gateway) est un projet de station orbitale en orbite lunaire. Suite à une AO de l'ESA, nous avons été sélectionnés pour mener une étude de conception d'un package d'instrumentation plasma à bord de cette station, ainsi que sur la surface de la Lune.

Ref : **8126** Thème : SHM Action : Deep Space Gateway Porteur : DANDOURAS Iannis Labo : IRAP

La mission Comet Interceptor est la première mission de classe F du programme Cosmic Vision de l'ESA. Elle a été adoptée par l'ESA en juin 2022 et est désormais en Phase B.

Ref : **8127** Thème : SHM Action : CometI-MANiAC Porteur : GARNIER Philippe Labo : IRAP

Le projet a fini sa phase d'intégration et de tests au niveau satellite avant d'être lancé au printemps 2023 depuis Kourou.

Ref : **8128** Thème : SHM Action : JUICE-RPWI Porteur : GARNIER Philippe Labo : IRAP

La mission MMS de la NASA a été lancée le 12 Mars 2015. L'IRAP a fortement contribué à ce projet à travers la fourniture et l'étalonnage des détecteurs MCP pour les instruments DIS (Dual Ion Sensor ; cf. <http://mms.irap.omp.eu/>).

Ref : **8129** Thème : SHM Action : mms\_fpi Porteur : GENOT Vincent Labo : IRAP

La mission HelioSwarm a été sélectionnée en Janvier 2022 dans le cadre de l'appel MidEx du programme Héliosphérique de la NASA.

Ref : **8130** Thème : SHM Action : helioswarm iesa Porteur : LAVRAUD Benoit Labo : IRAP

Mission JUNO autour de Jupiter. La phase actuelle permet des survols rapprochés des lunes, en particulier de Ganymède, et donnent des observations originales de l'environnement de cette Lune magnétisée.

Ref : **8131** Thème : SHM Action : JUNO Jade Porteur : LOUARN philippe Labo : IRAP

Mission d'exploration de la couronne proche.

Ref : **8132** Thème : SHM Action : PSP SWEAP Porteur : LOUARN philippe Labo : IRAP

Solar Orbiter est la mission M1 de l'ESA. La livraison du modèle de vol de PAS a été effectuée en 2017. Le tir a été effectué en Février 2020. Le commissioning a suivi, sans difficulté pour l'instrument PAS. Cet instrument effectue ces mesures depuis le 14 juillet 2020

Ref : **8133** Thème : SHM Action : SoIO SWA Porteur : LOUARN philippe Labo : IRAP

Le projet « Nano IT-ME », étiqueté Météorologie de l'Espace, a pour but de réaliser une phase 0 sur la faisabilité d'une constellation de nanosatellites d'étude du système Ionosphère- Thermosphère pour la Météorologie de l'Espace

Ref : **8134** Thème : SHM Action : METEOESP Porteur : MARCHAUDON Aurélie Labo : IRAP

Le projet « Thermo Weather Forecast », étiquetée Météorologie de l'Espace, a pour but de proposer une modélisation simple et rapide de la thermosphère à l'échelle du globe et à l'échelle de quelques heures.

Ref : **8135** Thème : SHM Action : METEOESP-Thermo Weather Forecast Porteur : MARCHAUDON Aurélie Labo : IRAP

Les mesures de champ magnétique et de plasma thermique effectuées à bord des trois satellites Swarm sont utilisées pour caractériser l'ionosphère et appréhender les couplages ionosphère-thermosphère.

Ref : **8136** Thème : SHM Action : Swarm Porteur : PITOUT Frédéric Labo : IRAP

Le lancement de la mission Tianwen-1 a eu lieu avec un plein succès le 23 juillet 2020 grâce à une fusée Long March 5 Y4. C'est la première mission chinoise pour étudier la planète Mars. Depuis tout s'est passé nominalement.  
Ref : **8138** Thème : SHM Action : TIANWEN-1 Porteur : REME Henri Labo : IRAP

OFRAME a d'abord vocation à assurer l'interface entre la communauté des utilisateurs et celle des scientifiques. La période 2017-2018 a donc principalement été consacrée à premières réunions pour la mise en place de cette feuille de route, puis l'organisation a travaillé conjointement avec le CNES (GCME) pour re-intégrer le programme de financement de l'ESA en météorologie de l'espace tout d'abord au travers du programme SSA puis maintenant au travers du programme S2P. Cela a permis de financer plusieurs projets portés par les équipes de recherche en France (environ 1MEuros).

L'OFRAME travaille actuellement sur la préparation de la ESWW qui aura lieu à Toulouse en 2023.  
Ref : **8139** Thème : SHM Action : METEOESP-OFRAME Porteur : ROUILLARD Alexis Labo : IRAP

STORMS (Solar Terrestrial Observations and Modeling Service) est un service fournissant des outils et des données pour la recherche scientifique. Il permet de relier les mesures in situ aux données de télédétection et d'étudier l'influence de l'activité solaire sur l'environnement géospatial et les objets du système solaire. Il développe également des outils de prévision en météorologie de l'espace. STORMS est soutenu par le CDPP et collabore avec MEDOC.

Ref : **8140** Thème : SHM Action : METEPESP-STORMS Porteur : ROUILLARD Alexis Labo : IRAP

L'expérience SWEA sur STEREO produit toujours des mesures de suprathérmiques de grande qualité. Elles seront bientôt directement comparées avec les données de Parker Solar Probe et Solar Orbiter apportant ainsi une synergie exceptionnelle.

Ref : **8141** Thème : SHM Action : STEREO SWEA Porteur : ROUILLARD Alexis Labo : IRAP

La mission COMET INTERCEPTOR est portée par Geraint Jones, Mullard Space Science Laboratory, University College London (g.h.jones@ucl.ac.uk). Une description détaillée de la mission est disponible sur le site <http://www.cometinterceptor.space/>. La mission Comet Interceptor est la première mission de classe F du programme Cosmic Vision de l'ESA. Elle est en Phase A depuis 2020.

Ref : **8142** Thème : SHM Action : comet dfp Porteur : LAVRAUD Benoit Labo : LAB

La mission HelioSwarm a été sélectionnée en Janvier 2022 dans le cadre de l'appel MidEx du programme Héliosphérique de la NASA.

Ref : **8143** Thème : SHM Action : helioswarm iesa Porteur : LAVRAUD Benoit Labo : LAB

La mission MMS de la NASA a été lancée le 12 Mars 2015, avec à son bord les instruments DIS (Dual Ion Sensor ; cf. <http://mms.irap.omp.eu/> avec une contribution instrumentale de l'IRAP) sur lesquels Benoit LAVRAUD a été et reste très impliqué.

Ref : **8144** Thème : SHM Action : mms fpi Porteur : LAVRAUD Benoit Labo : LAB

Le satellite Solar Orbiter, lancé le 10 février 2020, embarque l'instrument Proton and Alpha Sensor (PAS), conçu par l'IRAP, ainsi que l'instrument Heavy Ion Sensor (HIS, auquel l'IRAP a contribué). Les premières données sont arrivées au printemps 2020, et les instruments sont depuis en fonctionnement nominal. L'équipe de l'IRAP est très active dans la mission, se concentrant sur l'étalonnage en vol de PAS et l'exploitation scientifique des données. Poursuite des travaux sur cette thématique en collaboration avec l'IRAP et à l'international.

Ref : **8145** Thème : SHM Action : solorb swa Porteur : LAVRAUD Benoit Labo : LAB

L'expérience AM2P (sonde à impédance mutuelle) fait partie du Consortium PWI à bord de la sonde Mio (JAXA) dédiée à l'étude de la magnétosphère de Mercure et de son interaction avec le vent solaire.

Ref : **8146** Thème : SHM Action : BEPI-COLOMBO AM2P Porteur : HENRI Pierre Labo : LAGRANGE

La mission Comet Interceptor est une mission de la classe F (« Fast ») du programme Cosmic Vision de l'ESA, dont l'objectif est le survol d'une comète à longue période ou d'un objet interstellaire. Le LAM contribue à la caméra CoCa, avec la fourniture du miroir M1 (le spare).

Ref : **8148** Thème : SHM Action : Comet Interceptor COCA Porteur : GROUSSIN Olivier Labo : LAM

La mission SoSWEET (Solar ultraviolet variability & Space Weather Extreme EvenTs) en orbite synchrone solaire permet, avec un ensemble instrumental unique, de détecter et prédire les événements extrêmes solaires (éruptions et éjections de masse coronales) pouvant affecter la Terre.

Ref : **8149** Thème : SHM Action : SoSWEET Porteur : DAME Luc Labo : LATMOS

<p>La mission Bepi Colombo lancée en 2018 avec pour objectifs principaux l'étude de la magnétosphère de Mercure. Ref : <b>8150</b> Thème : SHM Action : bepico msa Porteur : GALOPEAU Patrick Labo : LATMOS</p>
<p>La mission MMS est une mission NASA lancée en 2015 avec pour objectifs principaux l'étude de la magnétosphère terrestre et les processus s'y déroulant. Les processus de reconnexion magnétique et la structure de la région de diffusion ainsi que la turbulence dans ces régions sont au cœur de la mission. Ref : <b>8151</b> Thème : SHM Action : mms scm Porteur : GALOPEAU Patrick Labo : LATMOS</p>
<p>Fruit d'une coopération franco-finlandaise, SWAN est un duo de photomètres optimisés à 121.6 nm (raie H-Lyman-alpha). Fournissant des cartes du ciel l'intensité Ly-alpha, SWAN permet de remonter à la distribution d'hydrogène atomique dans l'espace interplanétaire et à sa dynamique. Ref : <b>8152</b> Thème : SHM Action : SWAN SOHO Porteur : KOUTROUMPA Dimitra Labo : LATMOS</p>
<p>DXL et SMILE sont des missions dédiées à l'étude des émissions X héliosphérique et géocoronale issues du couplage des neutres au plasma du vent solaire. L'intérêt pour ces émissions prend un nouvel essor grâce à l'avènement des missions à haute résolution spectrale dans les rayons X (XRISM, LEM). Ref : <b>8153</b> Thème : SHM Action : SWCXSIM Porteur : KOUTROUMPA Dimitra Labo : LATMOS</p>
<p>La mission M-MATISSE a été proposée en réponse à l'AO M7 de l'ESA. Ce projet de mission de deux satellites autour de Mars est dédié à la caractérisation de l'environnement magnétosphère-thermosphère-ionosphère et est porté par B. Sanchez-Cano (PI) et F. Leblanc (co-PI). Ref : <b>8154</b> Thème : SHM Action : M-MATISSE Porteur : LEBLANC Francois Labo : LATMOS</p>
<p>Les expériences PHEBUS, MSA et PICAM à bord de Bepi-Colombo ont toutes trois pour objectifs de caractériser l'environnement de Mercure. Ce sont des instruments complémentaires et de ce point de vue nécessitent des outils d'analyse permettant de décrire cet environnement de la composante neutre à l'ionisée et leur couplage. Ref : <b>8155</b> Thème : SHM Action : Modélisation BepiColombo Porteur : LEBLANC Francois Labo : LATMOS</p>
<p>L'objectif de ce projet de phase 0/PASO/CNES était de travailler à la définition d'une plateforme de type nanosatellite capable d'emporter une charge utile nominale pour la caractérisation de l'environnement local plasma. Un travail d'analyse et de dimensionnement d'une plateforme d'un gabarit de plusieurs dizaines de kg a été réalisé montrant la faisabilité d'une telle conception et permettant d'identifier les verrous technologiques restant à résoudre. Ref : <b>8156</b> Thème : SHM Action : SPEED Porteur : LEBLANC Francois Labo : LATMOS</p>
<p>Le thème de recherche LIMB-ASTRO est associé à la Physique Solaire &amp; à l'Astrophysique (moments gravitationnels, cisaillement important de la rotation solaire dans les couches externes de la photosphère, propriétés des modes-r). Ref : <b>8157</b> Thème : SHM Action : LIMB-ASTRO Porteur : MEFTAH Mustapha Labo : LATMOS</p>
<p>La mission ESCAPEDE vise à étudier les interactions entre le vent solaire et la magnétosphère hybride de Mars, ainsi que les mécanismes d'échappement sous forme ionisée. Ses objectifs incluent l'analyse du transfert d'énergie et de matière entre l'atmosphère martienne et l'environnement spatial. Pour cela, deux nano-satellites identiques, placés sur des orbites elliptiques complémentaires, observeront en temps réel les variations des conditions plasmas et leur impact sur la planète. Ref : <b>8158</b> Thème : SHM Action : ESCAPEDE Porteur : MODOLO Ronan Labo : LATMOS</p>
<p>Cette demande est axée sur l'interaction entre les lunes galiléennes et le plasma jovien. Nous avons développé un modèle 3D de l'environnement ionisé de Ganymède [Leclercq et al, 2016 ; 2017] qui sera couplé avec un modèle d'exosphère 3D [Leblanc et al, 2017]. Le modèle de simulation LatHyS [Modolo et al, 2016 ; Modolo et al, 2018 ; Leclercq et al, 2016] étant générique a été adapté pour décrire l'interaction Europa-magnétosphère de Jupiter (thèse de C. Baskevitch). Ref : <b>8160</b> Thème : SHM Action : JUICE PEP Porteur : MODOLO Ronan Labo : LATMOS</p>
<p>ASPIICS est un coronographe géant réparti sur deux satellites en vol en formation et séparé de 150 mètres. L'un contient le coronographe proprement dit de type Lyot, l'autre porte l'occulteur externe réalisant ainsi une quasi éclipse naturelle par la Lune. Ref : <b>8161</b> Thème : SHM Action : ASPIICS Porteur : QUEMERAIS Eric Labo : LATMOS</p>
<p>Le coronographe SOHO-LASCO est actuellement le seul instrument en orbite à fournir régulièrement des images journalières (une centaine par jour) de la couronne solaire. Il est complété par les coronographes de SECCHI-A, la seule sonde de STEREO en opération. Ref : <b>8162</b> Thème : SHM Action : SOHO LASCO Porteur : QUEMERAIS Eric Labo : LATMOS</p>

<p>METIS (coronographe) et SoloHI (imageur à grand champ) sont les deux imageurs coronaux de la mission Solar Orbiter (SOLO). WISPR est le seul instrument imageur « télédétection » de Parker Solar Probe (PSP) destiné à fournir le contexte coronal des observations in-situ.  Ref : <b>8163</b> Thème : SHM Action : SOLO-METIS-PSP Porteur : QUEMERAIS Eric Labo : LATMOS</p>
<p>Le groupe de travail Solanet continue à travailler sur les mots-clés solaires en vue d'une homogénéisation des définitions pour le sol et le spatial.  La prévision du comportement individuel et collectif des structures solaires s'effectue au moyen de techniques innovantes de Machine Learning.  Ref : <b>8164</b> Thème : SHM Action : METEOESP Porteur : ABOUDARHAM Jean Labo : LESIA</p>
<p>L'expérience CLUSTER/STAFF reste l'instrument le plus sensible jamais réalisé par l'ESA et la NASA pour l'étude des fluctuations de champs électromagnétique aux échelles cinétiques du plasma (à partir des échelles ioniques et jusqu'à celles électroniques).  Ref : <b>8165</b> Thème : SHM Action : CLUSTER STAFF Porteur : ALEXANDROVA Olga Labo : LESIA</p>
<p>Le projet en météorologie de l'espace couvre trois domaines : (3) Perturbations ionosphériques et communications, (2) Rayonnement ionisant à l'altitude des vols commerciaux, (3) Perturbations thermosphériques et freinage des satellites.  Ref : <b>8166</b> Thème : SHM Action : METBRI Porteur : BRIAND Carine Labo : LESIA</p>
<p>L'expérience NCLE est un récepteur radio embarqué sur la mission Chang'E-4. L'instrument a été développé par le RRL (Radboud Radio lab) de l'Université de Nijmegen et ASTRON (Pays-Bas). Le LESIA a contribué à l'étude initiale du design instrumental.  Ref : <b>8167</b> Thème : SHM Action : Chang'E-4 NCLE Porteur : CECCONI Baptiste Labo : LESIA</p>
<p>L'IHDEA est l'alliance internationale pour les données « SHM ». Fondée en 2019, par l'ESA, la NASA, la JAXA et le CNES.  Ref : <b>8168</b> Thème : SHM Action : IHDEA Porteur : CECCONI Baptiste Labo : LESIA</p>
<p>Etude PASO NOIRE, terminée en 2019. Thèse co-financée par le CNES 2022-2025.  Ref : <b>8169</b> Thème : SHM Action : NOIRE Porteur : CECCONI Baptiste Labo : LESIA</p>
<p>La mission SunRISE est un démonstrateur pour l'interférométrie radio spatiale, avec pour application l'imagerie des émissions radio solaires basses fréquences.  Ref : <b>8170</b> Thème : SHM Action : SunRISE Porteur : CECCONI Baptiste Labo : LESIA</p>
<p>Le spectromètre radio HF SORBET, composant de l'expérience Plasma/Ondes PWI est embarqué sur le satellite Mio (ou "Mercury Magnetospheric Orbiter") réalisé par l'agence spatiale Japonaise (JAXA). Il est connecté à deux antennes électriques (WPT et MEF) et à un search-coil (DBSC) fabriqué au LPP.  Ref : <b>8171</b> Thème : SHM Action : SORBET PWI Porteur : ISSAUTIER karine Labo : LESIA</p>
<p>Les activités autour de STEREO/WAVES de l'équipe du LESIA se concentrent sur l'exploitation scientifique de l'instrument (propriétés du vent solaire, microphysique et turbulence, poussières interplanétaires, propriétés radio solaires essentiellement) et l'archivage des données radio au CDPP pour mise à disposition auprès de la communauté internationale.  Ref : <b>8172</b> Thème : SHM Action : STEREO WAVES Porteur : ISSAUTIER karine Labo : LESIA</p>
<p>124 WIND/WAVES a un rôle crucial pour toutes les études nécessitant une corrélation avec d'autres missions spatiales, en particulier avec STEREO, et comme sentinelle en L1 pour les aspects de météo de l'espace, ainsi qu'en soutien à Parker Solar Probe et à Solar Orbiter.  Ref : <b>8173</b> Thème : SHM Action : WIND WAVES Porteur : ISSAUTIER karine Labo : LESIA</p>
<p>Le CERCLE mène des activités reliées à la météorologie de l'espace: surveillance du rayonnement cosmique, recherches reliées à la météorologie de l'espace en physique du Soleil et physique des relations Soleil-Terre, soutien d'activités opérationnelles.  Ref : <b>8174</b> Thème : SHM Action : METEOESP-CERCLE Porteur : KLEIN Karl-Ludwig Labo : LESIA</p>

<p>Ref : 8175 Thème : SHM Action : PSP-FIELDS Porteur : MAKSIMOVIC Milan Labo : LESIA</p>
<p>Ref : 8176 Thème : SHM Action : SOLAR ORBITER – RPW Porteur : MAKSIMOVIC Milan Labo : LESIA</p>
<p>L'expérience STIX (Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays) fournit des données de spectroimagerie X des électrons thermiques et non-thermiques en interaction dans l'atmosphère solaire dans une bande d'énergie allant de 4 à 150 keV.  Ref : <b>8177</b> Thème : SHM Action : SOLO-STIX Porteur : VILMER Nicole Labo : LESIA</p>
<p>La mission se déroule parfaitement. Juno en est à sa 56ème orbite sur les 77 orbites prévues dans la mission étendue (jusqu'au 20/10/2025) . C'est une mission « New Frontiers », où tous les Co-Is ont accès aux données de tous les instruments (pour nous principalement Waves, JADE, UVS).  Ref : <b>8178</b> Thème : SHM Action : JUNO-WAVES Porteur : ZARKA Philippe Labo : LESIA</p>
<p>OREO est un projet de ballons légers. Il vise à caractériser l'accélération de particules dans les nuages orageux en lien avec les gamma ray glows et les flashs gamma terrestres par mesure in situ.  Ref : <b>8179</b> Thème : SHM Action : OREO Porteur : CELESTIN Sebastien Labo : LPC2E</p>
<p>Les campagnes STRATEOLE-2 sont une opportunité unique d'observer les gamma ray glows de haute altitude récemment découvertes et les TGF à proximité de la source. L'instrument XSTORM s'inscrit dans le cadre du projet STRATELEC.  Ref : <b>8180</b> Thème : SHM Action : STRATELEC Porteur : CELESTIN Sebastien Labo : LPC2E</p>
<p>Le contexte est la météorologie de l'espace avec la reconstruction et la caractérisation d'indices d'activité solaire à partir de données disparates provenant de divers instruments.  Ref : <b>8181</b> Thème : SHM Action : METEOESP-TDW Porteur : DUDOK DE WIT Thierry Labo : LPC2E</p>
<p>Accompagnement scientifique du capteur magnétique SCM (Search-coil magnetometer) que le LPC2E a réalisé pour la mission Parker Solar Probe (PSP) de la NASA. En septembre 2023 Parker Solar Probe a réussi avec succès son 17e passage au périhélie.  Ref : <b>8182</b> Thème : SHM Action : PSP-SCM Porteur : DUDOK DE WIT Thierry Labo : LPC2E</p>
<p>L'instrument embarqué WHISPER est un instrument électrique actif qui utilise la méthode dite du sondeur à relaxation pour fournir la mesure absolue de la densité du plasma sur les 4 satellites de la mission magnétosphérique CLUSTER (ESA).  Ref : <b>8183</b> Thème : SHM Action : CLUSTER WHISPER Porteur : HENRI Pierre Labo : LPC2E</p>
<p>L'instrument MIME fait partie du consortium ondes RPWI de la mission JUICE de l'ESA, dédiée à l'exploration de l'environnement ionisé de Jupiter et des trois lunes galiléennes Callisto, Europe et Ganymède. L'objectif instrumental de MIME est la mesure de la densité et de la température des électrons du plasma Jovien et des environnements ionisés de ces lunes. La technique utilisée est d'évaluer la permittivité du plasma par la mesure de l'impédance mutuelle entre deux antennes électriques fonctionnant dans un mode émission/réception.  Ref : <b>8184</b> Thème : SHM Action : JUICE MIME Porteur : HENRI Pierre Labo : LPC2E</p>
<p>PEPSO (Plasma Environment Platform for Satellite tests in Orléans) est un moyen de simulations sol des de simulation des environnements spatiaux plasma qui a pour objectif de fournir un moyen d'essai pour le développement de manips spatiales plasma.  Ref : <b>8185</b> Thème : SHM Action : PEPSO Porteur : HENRI Pierre Labo : LPC2E</p>
<p>La mission helioswarm de la NASA sera lancée en 2029 et est une constellation de 9 satellites pour étudier la turbulence dans le vent solaire face aux premières mesures multi-échelles simultanées. Le LPP et le LPC2E sont associés pour fournir les capteurs de champ magnétiques alternatifs SCM  Ref : <b>8186</b> Thème : SHM Action : HELIOSWARM-SCM Porteur : KRETZSCHMAR Matthieu Labo : LPC2E</p>

<p>La mission ESCAPE à 2 satellites doit apporter des éléments essentiels pour comprendre le transfert d'énergie entre le vent solaire et la magnétosphère hybride martienne et les processus physiques participant à l'échappement sous forme ionisé mais également le criblage atmosphérique.</p> <p>Ref : <b>8188</b> Thème : SHM Action : ESCAPE EESA Porteur : BERTHOMIER Matthieu Labo : LPP</p>
<p>La station Lunar Gateway en orbite lunaire emportera le package instrumental HERMES incluant un spectromètre d'électrons auquel contribue le LPP via la fourniture de son électronique de détection livrée à UC Berkeley.</p> <p>Ref : <b>8189</b> Thème : SHM Action : HERMES EESA Porteur : BERTHOMIER Matthieu Labo : LPP</p>
<p>La mission Parker Solar Probe de la NASA a pour objectif l'étude de l'héliosphère interne, à moins de 10 rayons solaires. Les thématiques abordées sont notamment celles de l'accélération et du chauffage de la couronne, des mécanismes de formation des particules énergétiques.</p> <p>Ref : <b>8190</b> Thème : SHM Action : PSP-SWEAP Porteur : BERTHOMIER Matthieu Labo : LPP</p>
<p>La mission SOLAR ORBITER de l'ASE est conçue pour effectuer simultanément des observations à faible distance du Soleil (~ 0.3 UA) et des mesures in-situ des propriétés du vent solaire dans des régions de l'héliosphère interne à ce jour inexplorées.</p> <p>Ref : <b>8191</b> Thème : SHM Action : Solar Orbiter SWA-EAS Porteur : BERTHOMIER Matthieu Labo : LPP</p>
<p>La mission Cluster repose sur les mesures de 4 satellites identiques dont l'objet est l'étude tridimensionnelle de mécanismes fondamentaux des plasmas spatiaux, en particulier ceux gouvernant les régions frontières (magnétopause, choc, cornet polaire, queue magnétique). L'instrument STAFF de Cluster dont le LPP est PI est un des 4 instruments du consortium WEC sur cette mission. La mission Cluster, lancée en 2000 prévue initialement pour une phase opérationnelle de 2 ans est toujours en fonctionnement, les opérations en vol se termineront en septembre 2024.</p> <p>Ref : <b>8192</b> Thème : SHM Action : CLUSTER-STAFF Porteur : LCONTEL Olivier Labo : LPP</p>
<p>Dans le cadre de la mission Solar Orbiter (SO), le LPP a réalisé l'analyseur de bord LFR/RPW destiné à caractériser les ondes électromagnétiques de basses fréquences mesurées dans le vent solaire jusqu'à 0.28 UA. L'objectif principal est d'évaluer le rôle de ces ondes dans l'accélération et le chauffage du vent solaire. L'analyseur s'intègre dans le consortium "ondes", RPW, coordonné par Milan Maksimovic (LESIA)</p> <p>Ref : <b>8193</b> Thème : SHM Action : Solar Orbiter RPW-LFR Porteur : CHUST Thomas Labo : LPP</p>
<p>MSA est le spectromètre de masse ionique embarqué à bord de Bepi Colombo Mio. C'est l'instrument dédié à la caractérisation de la composition du plasma dans la magnétosphère de Mercure via des mesures tri-dimensionnelles des ions avec une haute résolution en masse (<math>m/dm &gt; 40</math>) et une large gamme d'énergies (de quelques eV à 38 keV).</p> <p>Ref : <b>8194</b> Thème : SHM Action : BepiColombo-MSA Porteur : DELCOURT Dominique Labo : LPP</p>
<p>L'expérience PEACE comporte deux spectromètres électrons embarqués sur chacun des 4 satellites de la mission CLUSTER. Ils détectent le flux des électrons entre quelques eV et environ 30 keV et suivant 12 secteurs angulaires. Un champ de vue de 4p st est obtenu en 4s.</p> <p>Ref : <b>8195</b> Thème : SHM Action : Cluster-Peace Porteur : FONTAINE Dominique Labo : LPP</p>
<p>Dans le contexte de la météorologie de l'espace, et dans la chaîne des processus du Soleil à la Terre, nous étudions l'interaction des événements solaires avec les frontières de la magnétosphère terrestre et leur impact sur la magnétosphère à partir des observations disponibles dans le vent solaire et l'environnement terrestre.</p> <p>Ref : <b>8196</b> Thème : SHM Action : meteoesp impmag Porteur : FONTAINE Dominique Labo : LPP</p>
<p>La proposition HelioSwarm pilotée par le PI H. Spence (UNH) et le CoPI K. Klein (Univ. d'Arizona) sera dotée d'une instrumentation dédiée au vent solaire et fournira pour la première fois des mesures simultanées aux échelles fluide et ionique (1 + 8 petits satellites) de la turbulence plasma dans le vent solaire libre et l'environnement terrestre. Elle a été soumise à l'AO MIDEX (NASA) 2019 et sélectionnée en 2022 pour un lancement début 2029.</p> <p>Ref : <b>8197</b> Thème : SHM Action : HELIOSWARM Porteur : LE CONTEL Olivier Labo : LPP</p>
<p>Le LPP a fourni les quatre triaxes d'antennes magnétiques SCM équipant chacun des quatre satellites de la mission Magnetospheric Multiscale lancée par la NASA en mars 2015. Ces antennes mesurent les fluctuations magnétiques entre 1 Hz et 6 kHz et fonctionnent toujours nominalement. Cette mission a pour but principal d'étudier le processus de reconnexion magnétique à l'échelle de la dynamique des électrons ainsi que la turbulence, l'accélération et le chauffage du plasma.</p> <p>Ref : <b>8198</b> Thème : SHM Action : MMS Porteur : LE CONTEL Olivier Labo : LPP</p>
<p>La mission THEMIS constituée de 5 sondes identiques a été lancée en février 2007 pour l'étude des sous-orages magnétosphériques. En 2010, 2 sondes (ARTEMIS) ont été repositionnées en orbite autour de la lune et 3 restent en orbite autour de la Terre avec un apogée à 12 RT.</p> <p>Ref : <b>8199</b> Thème : SHM Action : THEMIS Porteur : LE CONTEL Olivier Labo : LPP</p>

<p>Le projet de recherche concerne l'adaptation de modèles numériques de phénomènes actifs solaires à l'interprétation des futures données de la mission de l'ESA Solar Orbiter. Il s'agit donc de travaux liés à la préparation et l'accompagnement scientifique de SoLO</p> <p>Ref : <b>8200</b> Thème : SHM Action : Solar Orbiter Porteur : PARIAT Etienne Labo : LPP</p>
<p>Le LPP participe à JUICE avec le magnétomètre « search-coil » SCM tri-axes qui permettra pour la première fois des mesures 3D des fluctuations magnétiques de haute qualité dans la magnetosphere de Jupiter et Ganymede. Ces mesures sont cruciales pour étudier les processus plasma fondamentaux la dedans.</p> <p>Ref : <b>8201</b> Thème : SHM Action : JUICE RPWI SCM Porteur : RETINO Alessandro Labo : LPP</p>
<p>La mission Plasma Observatory est un des candidats ESA M7. La mission a été sélectionné en Novembre 2022 pour un etude ESA compétitif de Phase 0, qui s'est deroulé de Fevrier a Septembre 2023. Plasma Observatory a été sélectionnée pour un etude ESA compétitif de Phase A en Novembre 2023, qui va demarrer en Fevrier 2024.</p> <p>Ref : <b>8202</b> Thème : SHM Action : PlasmaObs Porteur : RETINO Alessandro Labo : LPP</p>
<p>PSP a été lancé en 2018 et il a complété son 17eme périhélie en Septembre 2023. L'objectif de PSP est d'étudier la formation du vent solaire et l'accélération et chauffage des particules dans la couronne solaire proche. Le LPP participe au consortium FIELDS en tant que partner scientifique (« Affiliate Member » : A. Retino).</p> <p>Ref : <b>8203</b> Thème : SHM Action : PSP FIELDS Porteur : RETINO Alessandro Labo : LPP</p>
<p>Lancement de la BepiColombo en octobre 2018 - Phase NECP (Near Earth Commissioning Phase) en Nov. 2019 qui a confirmé le bon fonctionnement de notre instrument.</p> <p>Survols de la Terre et de Venus en 2020 et 2021, deux survols de Mercure en octobre 2021 puis juin 2022.</p> <p>Ref : <b>8204</b> Thème : SHM Action : DBSC Porteur : SAHRAOUI Fouad Labo : LPP</p>
<p>Travaux théoriques, numériques et observationnels autour de la turbulence et des processus dissipatifs dans les plasmas spatiaux (accélération, reconnexion, chocs) pour exploiter les données des missions spatiales en cours et mieux préparer les futures missions en cours de discussion au sein de la communauté.</p> <p>Ref : <b>8205</b> Thème : SHM Action : Turbulence Debye Porteur : SAHRAOUI Fouad Labo : LPP</p>
<p>La Météorologie de l'Espace sert à prévoir l'activité solaire et son impact sur la Terre. Celle-ci est en plein développement dans le monde. Elle nécessite le développement d'algorithmes et de simulations numériques permettant une meilleure anticipation du Soleil et l'analyse de données observationnelles.</p> <p>Ref : <b>8460</b> Thème : SHM Action : METEPESP-SOLAR CAST Porteur : BRUN Sacha Labo : AIM</p>
<p>L'expérience STIX (Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays) à bord de Solar Orbiter (P.I S. Kucker, FHNW Suisse) fournira des données de spectro-imagerie X des électrons thermiques et non-thermiques en interaction dans l'atmosphère solaire dans une bande d'énergie allant de 4 à 150 keV. STIX a un rôle fondamental dans la mission Solar Orbiter pour assurer le couplage des instruments remote-sensing et in situ.</p> <p>Ref : <b>8461</b> Thème : SHM Action : SOLAR ORBITER Porteur : BRUN Sacha Labo : AIM</p>
<p>L'instrument GOLF à bord de SoHO continue à assurer l'étude sismique du Soleil intégré comme il est fait pour les étoiles. L'observation en continue permet de poursuivre les études de son activité magnétique ainsi que cumuler des données pour réduire le bruit et chercher les modes de gravité.</p> <p>Ref : <b>8462</b> Thème : SHM Action : SOHO-GOLF Porteur : GARCIA Rafael A. Labo : AIM</p>
<p>Le projet Solar C a été accepté par la JAX en mai 2020. La phase A a débuté en janvier 2021. Les développements de phase A (réseau, monture et mécanisme) sont en cours ; La phase A a pris fin en Décembre 2022 et a été suivie d'un phase a étendue qui durera jusqu'en mars 2024. Le passage en phase B est prévu pour Mai 2024.</p> <p>Ref : <b>8476</b> Thème : SHM Action : Solar C - EUVST Porteur : AUCHERE Frederic Labo : IAS</p>
<p>La mission HelioSwarm a été sélectionnée en Janvier 2022 dans le cadre de l'appel MidEx du programme Héliosphérique de la NASA.</p> <p>Ref : <b>8477</b> Thème : SHM Action : HelioSwarm-IESA Porteur : GENOT Vincent Labo : IRAP</p>
<p>La mission HelioSwarm a été sélectionnée en Janvier 2022 dans le cadre de l'appel MidEx du programme Héliosphérique de la NASA.</p> <p>Ref : <b>8478</b> Thème : SHM Action : helioswarm-iesa Porteur : LAVRAUD Benoît Labo : LAB</p>
<p>La mission helioswarm de la NASA sera lancée en 2029 et est une constellation de 9 satellites pour étudier la turbulence dans le vent solaire frace aux premières mesures multi-echelles simultanées. Le LPP et le LPC2E sont associés pour fournir les capteurs de champ magnétiques alternatifs SCM</p> <p>Ref : <b>8479</b> Thème : SHM Action : HELIOSWARM-SCM Porteur : KRETZSCHMAR Matthieu Labo : LPC2E</p>

La proposition HelioSwarm pilotée par le PI H. Spence (UNH) et le CoPI K. Klein (Univ. d'Arizona) sera dotée d'une instrumentation dédiée au vent solaire et fournira pour la première fois des mesures simultanées aux échelles fluide et ionique (1 + 8 petits satellites) de la turbulence plasma dans le vent solaire libre et l'environnement terrestre. Elle a été soumise à l'AO MIDEX (NASA) 2019 et sélectionnée en 2022 pour un lancement début 2029.  
Ref : **8481** Thème : SHM Action : HELIOSWARM-SCM Porteur : LE CONTEL Olivier Labo : LPP

## SYSTEME SOLAIRE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

De nombreuses analyses ont été réalisées au CRPG sur les échantillons rapportés par la mission Hayabusa 2 (groupes d'analyses préliminaires et AO internationaux). OSIRIS-REX a rapporté avec succès ~200 g d'échantillons de l'astéroïde Bennu; les premières analyses sont en cours au CRPG.

Ref : **8286** Thème : SS Action : Osiris-Rex H2 Porteur : BERNARD Marty Labo : CRPG

L'équipe du CRPG faisait partie de l'équipe scientifique de la mission ELR (Emirates Lunar Rover) renommée ensuite ELM (Emirates Lunar Mission) en tant que PI/Co-I scientifiques. Développé par le Mohammed Bin Rashid Space Centre (MBRSC), l'ELR consiste en un robot de 10 kg, Rashid, qui a décollé en Décembre 2022 de Cap Canaveral, mais s'est malheureusement écrasé à la surface de la Lune le 25 Avril 2023. Le CRPG poursuit la collaboration avec le MBRSC depuis, avec la préparation de la mission Rashid 2, et la valorisation des tests et de l'expérience acquise avec la mission ELR, notamment sous forme de publications.

Ref : **8287** Thème : SS Action : ELR Porteur : FLAHAUT jessica Labo : CRPG

Le pôle étant en train de monter en puissance, nous souhaitons attendre 2024 pour communiquer à l'international sur cette action. Nous envisageons aussi de faire une rencontre de la communauté française sur ce budget en 2024

Ref : **8289** Thème : SS Action : Pôle de données Surfaces Planétaires Porteur : SCHMIDT Frederic Labo : GEOPS

Les imageurs hyperspectraux OMEGA et CRISM sont depuis plusieurs années sur Mars. Pour proposer des nouvelles interprétations, nous construisons de nouveaux outils et de nouvelles instrumentations de laboratoire. Le spectromètre PFS est maintenant depuis plusieurs années sur Mars et toujours opérationnel, même si un mal fonctionnement a été identifié en 2022. Nous souhaitons effectuer des comparaisons avec NOMAD-LNO.

Ref : **8290** Thème : SS Action : OMEGA PFS - MEX Porteur : SCHMIDT Frederic Labo : GEOPS

L'objectif est d'analyser les processus géomorphologiques (dépôts lobés de tsunamis dans un océan boréal, glaciations anciennes des hautes plateaux sud, cratères d'impact) et les interactions possibles entre ces processus par une analyse fine des images et MNT de la caméra HRSC.

Ref : **8291** Thème : SS Action : HRSC - MEX Porteur : COSTARD François Labo : GEOPS

Simulation des capacités de la mission MMX à restituer le champ de gravité de Phobos, son éphéméride et ses paramètres de rotation. Préparation de l'échange des fichiers de mesure lors de la mission

Ref : **8292** Thème : SS Action : Champ de gravité - MMX Porteur : MARTY jean-charles Labo : GET

MAJIS est le spectro-imageur visible/infrarouge (0.5-5.55  $\mu\text{m}$ ) qui est à bord de la mission JUICE/ESA dans le but d'explorer le système jovien. L'instrument est sous responsabilité scientifique et technique de l'IAS et en vol depuis avril 2023. La recette en vol a été effectuée avec succès lors de la NECP.

Ref : **8293** Thème : SS Action : MAJIS - JUICE Porteur : POULET François Labo : IAS

Application des résultats issus de mesures de laboratoire aux données de la mission de retour d'échantillons OSIRIS-REX/NASA : hydratation et altération spatiale sur Bennu. Ajout d'un volet de comparaison avec Ryugu.

Ref : **8294** Thème : SS Action : Osiri-Rex - ovirs-otes Porteur : LANTZ Cateline Labo : IAS

OMEGA continue d'être un instrument à haut rendement scientifique sur MEX, émargeant sur de nombreuses disciplines Martiennes. L'état de l'instrument est inchangé et ses opérations demeurent nominales. La voie visible est systématiquement utilisée, et la voie infrarouge est réservée pour les cibles scientifiques prioritaires.

Ref : **8295** Thème : SS Action : OMEGA Porteur : CARTER John Labo : IAS

Étude de l'astéroïde primitif Ryugu (type C) par la mission de retour d'échantillons Hayabusa2/JAXA. Analyse en laboratoire des échantillons ramenés par Hayabusa2.

Ref : **8296** Thème : SS Action : Hayabusa2 Porteur : BRUNETTO Rosario Labo : IAS

Phase 0 pour la mission CALICO, proposée dans le cadre de l'appel M7 de l'ESA. Parmi la charge utile, l'instrument CalicOmega proposé par l'IAS, est un microscope hyperspectral IR directement hérité de MicrOmega/ExoMars.  
Ref : **8297** Thème : SS Action : CALICO Porteur : PILORGET Cedric Labo : IAS

Depuis 2005, l'instrument CRISM complète OMEGA dans son observation de la surface et des limbes pour la caractérisation des composés minéraux et aérosols. Sa plus grande résolution spatiale permet de préciser le contexte minéralogique typiquement identifié à plus grande échelle avec OMEGA et grâce à la couverture globale de ce dernier. CRISM permet en outre des études géologiques détaillées de sites d'intérêt particulier. Les observations et leurs analyses sont souvent coordonnées avec OMEGA et les rovers.  
Ref : **8298** Thème : SS Action : CRISM-MRO Porteur : CARTER John Labo : IAS

La caméra a passé avec succès la recette en vol en juin 2023. Participation en tant que Col (3 à l'IAS) à l'expérience JANUS avec coordination des opérations entre JANUS et MAJIS.  
Ref : **8299** Thème : SS Action : JANUS - JUICE Porteur : POULET François Labo : IAS

L'amélioration des éphémérides des satellites galiléens est un point crucial pour la mission JUICE, tant pour optimiser la quantité de carburant à embarquer, que pour anticiper la précision que nous obtiendrons sur certains paramètres physiques du système (effets de marées, ...).  
Ref : **8300** Thème : SS Action : ASTROM4 JUICE Porteur : LAINEY Valery Labo : IMCCE

Les échantillons rapportés par la mission Hayabusa2 (HY2) permettent, pour la première fois, de comparer des matériaux de la surface d'un astéroïde carboné identifié, Ryugu, avec les matériaux de type chondrites carbonées présents dans les collections de météorites et micrométéorites.  
Ref : **8301** Thème : SS Action : MIAMI - Hayabusa2 Porteur : DUPRAT Jean Labo : IMPMC

Dans le cadre de la mission InSight, et afin de mieux interpréter les observations géophysiques, nous effectuons des mesures en laboratoire à l'aide de plusieurs techniques sur des échantillons soumis aux conditions de haute pression et de haute température que l'on trouve à l'intérieur de Mars.  
Ref : **8302** Thème : SS Action : SEIS InSight Porteur : ANTONANGELI Daniele Labo : IMPMC

Cette demande concerne des mesures en laboratoire en vue de préparer les mesures de MMX-MIRS, spectro-imageur infrarouge à bord de la mission retour d'échantillon MMX de la JAXA.  
Ref : **8303** Thème : SS Action : MMX Porteur : BECK Pierre Labo : IPAG

REASON / Europa Clipper : participation à l'équipe scientifique et suivi du développement technique de l'instrument et des simulations associées. Le travail effectué concerne conjointement les radars RIME/JUICE et REASON sur l'aspect simulation et radar passif.  
Ref : **8304** Thème : SS Action : REASON - Europa Clipper Porteur : HERIQUE Alain Labo : IPAG

Phase E : Survol de Pluton et ses satellites - Phase E : Survol du KBO Arrokoth (MU69 / Ultima Thule).  
Ref : **8305** Thème : SS Action : RALPH - New Horizons Porteur : SCHMITT Bernard Labo : IPAG

Le radar MARSIS, embarqué à bord de la sonde européenne Mars Express, sonde depuis 18 ans l'ionosphère et le sous-sol martiens à des fréquences comprises entre 1,8 et 5 MHz. Il travaille en synergie avec les observations du radar SHARAD/MRO.  
Ref : **8306** Thème : SS Action : Marsis MEX Porteur : KOFMAN Wlodek Labo : IPAG

L'IPAG a la responsabilité de l'instrument JuRa sur le CubeSat Juventas de la mission HERA/ESA. L'observation direct de la structure interne –une première pour un astéroïde- permettra de caractériser un rubble-pile, son homogénéité, sa texture et sa porosité. Il s'agit de comprendre les processus de formation et les conditions de stabilité de ces corps.  
Ref : **8307** Thème : SS Action : JURA - Hera Porteur : HERIQUE Alain Labo : IPAG

Préparation à l'analyse des données qui seront issues de l'imageur spectral MAJIS. Cet instrument collectera des spectres des surfaces de Ganymède, Callisto et Europe.  
Ref : **8308** Thème : SS Action : JUICE - MAJIS Porteur : QUIRICO Eric Labo : IPAG

La mission JUICE a été lancée en avril 2023. Le commissioning du RIME s'est bien effectué malgré quelques difficultés avec l'ouverture de l'antenne. Les tests EMC ont montré des signaux perturbateurs. Une méthode de l'élimination de ces signaux parasites est à l'étude.

Ref : **8309** Thème : SS Action : RIME - JUICE Porteur : KOFMAN Wlodek Labo : IPAG

Orthous-Daunay et al. : La mission Hayabusa2 est revenue sur Terre en décembre 2020. Les premières mesures de chromatographie couplée à la spectrométrie de masse Orb itrap ont eu lieu en juin 2021. Bonal et al. : Les échantillons dans le cadre des PET étaient disponibles de juin 2021 à juin 2022. Lors du premier AO international, nous avons obtenu 2 grains pour conduire de nouvelles analyses.

Ref : **8310** Thème : SS Action : Hayabusa2 Porteur : BONAL LYDIE + ORTHOUS-Daunay François Régis Labo : IPAG

Contraindre par spectroscopie IR la composition, et l'origine possible de Phobos

Ref : **8311** Thème : SS Action : MMX - MIRS Porteur : CHARNOZ Sebastien Labo : IPGP

L'expérience SEIS, instrument principal de la mission NASA InSight, a surveillé l'activité sismique de Mars, et ce depuis son installation définitive à la surface de la planète en février 2019 jusqu'au 13 décembre 2022, peu après 18 :00. La mission s'est alors mise en mode survie par défaut d'alimentation, en raison de l'empoussiérage des panneaux solaires et a par la suite été déclarée perdue. La figure 1 montre les dernières données de SEIS, qui était parfaitement opérationnel lors de l'arrêt de la mission. Figure 1 : Dernière données transmises par SEIS.

Ref : **8312** Thème : SS Action : INSIGHT Porteur : LOGNONNE Philippe Labo : IPGP

Though the InSight mission has officially ended, the scientific analysis of these data continues. The Psyche spacecraft was launched on October 13, 2023 and the JUICE spacecraft was launched on April 14, 2023. Lunar Vertex is anticipated to launch in 2024, and BepiColombo should enter Mercury orbit in 2025.

Ref : **8314** Thème : SS Action : InSight Psyche Juice Porteur : WIECZOREK Mark Labo : IPGP

Nous avons réalisé les premières mesures chimiques sur les échantillons de Ryugu en dehors du Japon dans le cadre de l'équipe d'analyse initiale et avons publiés les premiers papiers hors Japon sur la composition isotopique du Zn, Cu, Ca et K (Paquet et al. Nature Astro, Moynier et al. GPL, Hu et al. 2023).

Ref : **8315** Thème : SS Action : Hayabusa 2 Echantillons Porteur : MOYNIER Frederic Labo : IPGP

Our research project aims to develop super-resolution mapping methods in order to increase the spatial resolution of surface maps of icy moons by combining all the overlapping observations acquired during a given planetary mission. We expect that the new mapping methods that will be set up in the framework of this project on Cassini observations of Enceladus and Titan will be also directly applicable to the forthcoming data sets on Jupiter moons.

Ref : **8316** Thème : SS Action : MAJIS - JUICE Porteur : RODRIGUEZ Sebastien Labo : IPGP

Miniaturisation de notre chimie du Zn, Cu, K et Ca. Tests sur notre nouveau spectromètre de masse, Nu Sapphire, en vue des mesures pour les retours d'échantillons (MMX et Hayabusa2) en collaboration avec les équipes japonaises.

Ref : **8317** Thème : SS Action : MMX Porteur : MOYNIER Frederic Labo : IPGP

Déploiement sur la face cachée de la Lune, dans le bassin d'Impact de Schrödinger, d'une station autonome équipée d'un sismomètre Très Large Bande vertical réutilisant un modèle de recharge d'InSight. Objectifs scientifiques : sismicité de la face cachée, structure de la croûte à proximité de Schrödinger, structure profonde du manteau.

Ref : **8319** Thème : SS Action : Farside Seismic Suite Porteur : LOGNONNE Philippe Labo : IPGP

L'expérience EHVAV a pour objectif de mieux contraindre les conséquences d'un échantillonnage à haute vitesse de l'atmosphère de Vénus. Des développements analytiques permettent d'évaluer l'effet du passage du gaz dans des vannes miniaturisées. L'expérience se tourne désormais vers les techniques de curation.

Ref : **8320** Thème : SS Action : EHVAV Porteur : AVICE Guillaume Labo : IPGP

Préparation de la mission HERA.

Ref : **8321** Thème : SS Action : HERA-CHARNOZ Porteur : CHARNOZ Sebastien Labo : IPGP

Un col-ship scientifique officiel a été proposé à P. Pinet pour participer à l'analyse et à l'interprétation des données spectroscopiques acquises in situ par le spectromètre VNIS à bord du rover Yutu-2 (mission Chang'e-4 ayant aluné en douceur en Janvier 2019 sur la face cachée de la lune) dans le bassin d'impact South-Pole-Aitken, pour en tirer des implications sur la minéralogie et l'évolution de l'intérieur de la lune. Le rover a parcouru en un peu plus de 1600 jours terrestres d'activité (soit ~55 jours lunaires) plus de 1500m depuis le site d'alunissage et fonctionne toujours. Le rover est conçu pour parcourir une distance maximale de 10 km, monter des pentes de 20° et explorer une surface d'environ 3 km<sup>2</sup>.

Ref : **8322** Thème : SS Action : change4-vnis Porteur : PINET Patrick Labo : IRAP

L'expérience DORN a été pré-sélectionnée par le CNES en septembre 2019, puis acceptée par la CNSA en novembre 2019, pour être embarquée à bord de la mission lunaire chinoise Chang'E6 (prévue pour mai 2024).  
Ref : **8323** Thème : SS Action : ChangE6 - DORN Porteur : MESLIN Pierre-Yves Labo : IRAP

L'expérience MIRS à bord de la mission MMX de la JAXA étudiera par spectroscopie Phobos, Deimos et Mars. Nous analysons en laboratoire des analogues de surface de ces objets et développons des outils pour l'interprétation des données spectrales.  
Ref : **8324** Thème : SS Action : MIRS - MMX Porteur : LASUE Jeremie Labo : IRAP

Etude et proposition de missions et d'instruments pour l'exploration orbitale et in-situ des planètes géantes de glace.  
Ref : **8325** Thème : SS Action : Ice Giants Porteur : ANDRE Nicolas Labo : IRAP

Mars Odyssey (GRS-MONS) : Satellite et instrument neutrons encore opérationnels.  
Ref : **8326** Thème : SS Action : Mars Odyssey Porteur : MESLIN Pierre-Yves Labo : IRAP

Simbio-Sys est un instrument composé d'une caméra stéréoscopique, d'une caméra haute-résolution et d'un imageur spectroscopique embarqué sur la sonde de l'ESA BepiColombo et doit analyser la surface de Mercure  
Ref : **8327** Thème : SS Action : BepiColombo Porteur : FORNI Olivier Labo : IRAP

La mission MAVEN de la NASA fournit des informations originales sur l'état actuel de la haute atmosphère de Mars et sur les processus qui la contrôlent avec pour objectif de déterminer le taux actuel et passé d'échappement atmosphérique.  
Ref : **8328** Thème : SS Action : MAVEN SWEA Porteur : MAZELLE Christian Labo : IRAP

Curiosity caractérise depuis 2012 les dépôts sédimentaires qui forment une montagne au centre du cratère Gale sur Mars suite à une succession d'épisodes fluviaux, lacustres et éoliens. ChemCam a mesuré à ce jour la composition de 3.700 roches différentes par spectrométrie induite par laser.  
Ref : **8330** Thème : SS Action : MSL - ChemCam AS Porteur : GASNAULT Olivier Labo : IRAP

Nous concevons un instrument LIBS miniaturisé (5-10x plus léger que ChemCam ou SuperCam) opérant plus rapidement et disposant d'une capacité de ciblage et de microcartographie. Cet instrument redéfinit les retours scientifiques possibles en exploration in situ. Son développement nécessite une définition fine de nouvelles spécifications.  
Ref : **8331** Thème : SS Action :  $\mu$ LIBS Porteur : RAPIN William Labo : IRAP

Projet visant à analyser les données hyperspectrales OMEGA et CRISM pour étudier la croûte ancienne de Mars, en particulier dans la région de Syrtis Major, au niveau des sites d'atterrissage du rover Perseverance (Jezero Crater et Nila Fossae). L'objectif est de soutenir le choix des échantillons pour la mission Mars Sample Return (MSR) et d'établir des méthodologies reliant les observations spectrales orbitales aux données géologiques recueillies sur le terrain, en collaboration avec les missions actuelles (Curiosity et Perseverance).

Ref : **8332** Thème : SS Action : HRSC-OMEGA-MEX Porteur : PINET Patrick Labo : IRAP

Nos activités s'inscrivent dans la préparation de la proposition d'une mission NASA-ESA Ice Giant. Notre objectif est de contribuer scientifiquement à l'étude des atmosphères d'Uranus, Neptune et Triton, et techniquement à travers la réalisation d'un spectromètre de masse.

Ref : **8333** Thème : SS Action : Ice Giant probe Porteur : CAVALIE Thibault Labo : LAB

SWI est le sondeur submillimétrique de la mission JUICE. SWI mesurera la composition, la température et la dynamique dans les atmosphères de Jupiter et des satellites galiléens. SWI a des contributions hardware du LERMA et software du LAB.

Ref : **8334** Thème : SS Action : JUICE - SWI Porteur : CAVALIE Thibault Labo : LAB

Le contexte de notre expérience consiste en la préparation de l'instrument MIRS qui sera livré à la JAXA en Janvier 2024 pour voler à bord du MMX. Nous étudions également les lunes martiennes à l'aide de données provenant des autres missions spatiales, de télescopes au sol et d'expériences en laboratoire.

Ref : **8335** Thème : SS Action : MIRS - MMX Porteur : DELBO Marco Giuseppe Labo : LAGRANGE

Les missions DART (NASA) et Hera (ESA) constituent le premier test de déviation d'un astéroïde et la première caractérisation d'un astéroïde double, y compris sa structure interne. Nous avons la responsabilité scientifique de la mission Hera et la coordination de la coopération DART/Hera.

Ref : **8336** Thème : SS Action : Hera Porteur : TANGA Paolo Labo : LAGRANGE

La mission Juno est en orbite autour de Jupiter depuis le 5 juillet 2016 et a été prolongée jusqu'en 2025. Ses buts principaux sont de déterminer la structure interne et la composition de la planète, la structure de son champ magnétique ainsi que la dynamique de ses vents.

Ref : **8337** Thème : SS Action : Juno Porteur : GUILLOT Tristan Labo : LAGRANGE

Après sa visite de l'astéroïde Ryugu et le retour d'échantillon, la mission prend le nom d'Hayabusa2# pour un survol de l'astéroïde 2001 CC21 en 2026 et un rendez-vous avec l'astéroïde 1998KY26, de 30 m de diamètres tournant en 10 mn sur lui-même en 2031, avec un nouvel objectif de défense planétaire.

Ref : **8338** Thème : SS Action : Hayabusa2 Porteur : MICHEL Patrick Labo : LAGRANGE

La mission JAXA MMX doit effectuer deux récoltes d'échantillon de Phobos pour les ramener sur Terre. Avant la première récolte, elle déploiera le rover IDEFIX aux environs du site choisi afin de faire les premières mesures in-situ sur une petite lune et d'indiquer l'état de surface à la sonde qui doit se poser.

Ref : **8339** Thème : SS Action : MMX - Rover Porteur : MICHEL Patrick Labo : LAGRANGE

Le Pôle de Données et Services Petits Corps s'inscrit dans une volonté de pérenniser les données à valeur ajoutée. Les observations sont archivées (CNES, ESA, NASA) mais rarement les quantités dérivées qui sont pourtant cruciales au retour scientifique des instruments/missions/télescopes.

Ref : **8340** Thème : SS Action : Pôle de données Petits Corps Porteur : CARRY Benoit Labo : LAGRANGE

OSIRIS-REx, lancée le 8 Septembre 2016, s'est mise en orbite autour de Bennu fin 2018, a fourni les premières données détaillées sur un astéroïde carboné de 500 mètres de diamètre, a ramené avec succès des échantillons de l'astéroïde sur Terre, dépassant largement le minimum visé de 60 grammes.

Ref : **8341** Thème : SS Action : OSIRIS-REx Porteur : MICHEL Patrick Labo : LAGRANGE

Cette demande concerne le financement de la participation scientifique du LAM (Olivier Groussin et Laurent Jorda) aux phases de développement instrumental de la mission JUICE (JUper ICy moons Explorer) de l'ESA, sur laquelle Olivier Groussin est Co-I de l'instrument JANUS.

Ref : **8342** Thème : SS Action : JANUS - JUICE Porteur : GROUSSIN Olivier Labo : LAM

Cette demande concerne le financement de la participation scientifique du LAM (Pierre Vernazza et Laurent Jorda) à la mission MMX de la JAXA, sur laquelle Pierre Vernazza et Laurent Jorda sont Co-I de l'instrument MIRS (L. Jorda est aussi membre de la « core team » de l'instrument).

Ref : **8343** Thème : SS Action : MIRS - MMX Porteur : VERNAZZA Pierre Labo : LAM

La mission spatiale HERA de l'agence spatiale Européenne a pour but de caractériser pour la première fois un petit astéroïde binaire, d'effectuer plusieurs démonstrations technologiques, et de caractériser le cratère d'impact réalisé par la mission DART de la NASA.

Ref : **8344** Thème : SS Action : Hera Porteur : GROUSSIN Olivier Labo : LAM

Etude préparatoire de sonde de rentrée atmosphérique ESA pour une future mission jointe NASA-ESA en direction de Uranus et/ou Neptune. Une sonde de rentrée atmosphérique reste en effet le scénario de contribution ESA le plus probable à un orbiter construit par la NASA.

Ref : **8345** Thème : SS Action : HERA - Géantes Glacées Porteur : MOUSIS Olivier Labo : LAM

Cette demande concerne le financement de la participation scientifique du LAM (Pierre Vernazza, Laurent Jorda, Olivier Groussin, John Carter) à la mission BepiColombo de l'ESA, sur laquelle Pierre Vernazza et Olivier Groussin sont Co-I de l'instrument MERTIS, Laurent Jorda est co-I de l'instrument SIMBIO-SYS et Pierre Vernazza et John Carter sont scientifiques associés à l'instrument SIMBIO-SYS.

Ref : **8346** Thème : SS Action : Mertis Simbio-Sys - BepiColombo Porteur : VERNAZZA Pierre Labo : LAM

MASPEX est un spectromètre de masse qui volera sur la mission Europa-Clipper à partir de 2024.

Ref : **8347** Thème : SS Action : MASPEX - Europa-Clipper Porteur : MOUSIS Olivier Labo : LAM

Organisation d'une école des Houches du 4 au 9 février 2024 intitulée "Small bodies of the Solar System and their link with extraterrestrial samples".

Ref : **8348** Thème : SS Action : Ecole de Houches Porteur : GROUSSIN Olivier Labo : LAM

Les prochaines années seront déterminantes pour la mise en place de l'Observatoire Virtuel en Planétologie. L'IPDA (International Planetary Data Alliance) s'implique dans la définition des standards nécessaires à la valorisation de nos données spatiales dans nos domaines de recherche.

Ref : **8349** Thème : SS Action : IPDA Porteur : SARKISSIAN Alain Labo : LATMOS

La mission MAVEN est en orbite autour de Mars depuis septembre 2014. Tous les instruments fonctionnent nominalement à ce jour. A partir de mi-février 2019, une phase d'aérofreinage a eu lieu qui a descendu l'apoapse de MAVEN à ~1500 km et augmenté l'altitude du périapse à 200 - 300 km.

Ref : **8350** Thème : SS Action : IUVS - MAVEN Porteur : MONTMESSIN Franck Labo : LATMOS

La mission MAVEN est en orbite autour de Mars depuis septembre 2014. Tous les instruments fonctionnent nominalement à ce jour. A partir de mi février 2019, une phase d'aérofreinage a eu lieu qui a descendu l'apoapsis de MAVEN à ~1500 km et augmenté l'altitude du périapsis à 200 - 300 km.

Ref : **8351** Thème : SS Action : MAVEN - STATIC Porteur : LEBLANC Francois Labo : LATMOS

L'accompagnement scientifique du LATMOS à l'instrument MIRS de la mission MMX se fait principalement sur deux axes : préparer les observations de l'atmosphère Martienne avec MIRS, et déterminer la possibilité de MIRS de détecter des organiques à la surface de Phobos.

Ref : **8352** Thème : SS Action : MMX - MIRS Porteur : GAUTIER Thomas Labo : LATMOS

VenSAR est le radar imageur de la mission EnVision (ESA). Outre son mode SAR qui fournira des images de Vénus avec une résolution sans précédent, il est doté d'un mode (passif) radiométrique qui mesurera l'émission thermique de la surface de Vénus. En juin 2022 j'ai été sélectionnée comme co-I de VenSAR qui est sous responsabilité JPL/NASA.

Ref : **8353** Thème : SS Action : VenSAR Porteur : LE GALL Alice Labo : LATMOS

Le LATMOS est responsable de l'ensemble des opérations de SPICAM à bord de la mission ESA Mars Express (MEX), du traitement et de la production des données à fin d'archivage par l'ESA. SPICAM est composé de deux canaux ultraviolet et proche-infrarouge servant à la caractérisation en composition et activité de l'atmosphère de Mars. Depuis début janvier 2015, le canal UV a été déclaré définitivement perdu suite à une dégradation lente observée depuis le mois d'août 2011. La mission Mars Express a été étendue jusqu'à fin 2026 avec une possible extension jusqu'à fin 2028.

Ref : **8355** Thème : SS Action : SPICAM Porteur : MONTMESSIN Franck Labo : LATMOS

On Sept. 24, 2023 the OSIRES-REx spacecraft has brought pristine sample of surface material from the asteroid Bennu to Earth and now in direction to asteroid Apophis with RdV in 2029.

Ref : **8356** Thème : SS Action : OSIRIS-REx Porteur : BARUCCI Maria Antonietta Labo : LESIA

The Hayabusa2 mission is an asteroid sample return mission from JAXA. The spacecraft departed the asteroid in November 2019 and Ryugu's sample is arrived on Earth on December 6th 2020 by the re-entry capsule in the Australian desert.

Ref : **8357** Thème : SS Action : Hayabusa2 Porteur : BARUCCI Maria Antonietta Labo : LESIA

Le programme est axé sur 2 axes complémentaires de recherche sur Mercure : surface et exosphère, qui viennent en support des expériences SIMBIO-SYS et PHEBUS, à bord de la mission BepiColombo, et sur lesquels les proposant sont impliqués au niveau co-PI et Co-I.

Ref : **8358** Thème : SS Action : SIMBIO-SYS PHEBUS - BepiC Porteur : DORESSOUNDIRAM Alain Labo : LESIA

Ref : **8359** Thème : SS Action : MMX - MIRS Rover Porteur : BARUCCI Maria Antonietta Labo : LESIA

A l'aide des modèles numériques de climat : analyse des images de New Horizons, analyse de la composition de la surface et de l'atmosphère, analyse du profil thermique. Analyses des données JWST de Pluton et Charon.

Ref : **8360** Thème : SS Action : New Horizons Porteur : BERTRAND Tanguy Labo : LESIA

L'étude des planètes géantes glacées prend de l'ampleur dans le cadre d'une future mission NASA/ESA vers Uranus ou Neptune, ainsi que de la préparation à un futur télescope UV de grande taille, en témoigne une liste croissante de communications et publications.

Ref : **8361** Thème : SS Action : GEANTES DE GLACE Porteur : LAMY Laurent Labo : LESIA

Impliquée dans différents projets ou études de missions vers les planètes géantes et leurs satellites : Une mission Flagship de la NASA vers Uranus ; une mission qui sera proposée à l'appel NF5 pour une sonde dans Saturne (Zephyr); implication dans la mission Dragonfly vers Titan sélectionnée dans NASA/NF4.  
Ref : **8362** Thème : SS Action : GIANT PLANETS Porteur : COUSTENIS Athena Labo : LESIA

La caméra JANUS à bord de JUICE déterminera la formation et les caractéristiques des éléments magmatiques, tectoniques, et découlant d'impacts dans les objets du système. Elle permettra de caractériser les satellites de glace (Ganymède, Europe, Callisto) mais aussi l'atmosphère de Jupiter.  
Ref : **8363** Thème : SS Action : JANUS - JUICE Porteur : COUSTENIS Athena Labo : LESIA

EnVision : phase B 1 jusqu'à son adoption par le SPC le 25 janvier 2024. Activité du second Science Study Team EnVision pour la phase B (définition), co-présidé par l'ESA et la NASA. Rédaction du Definition Study Report (Red Book) en prévision de la revue d'adoption par le SSEWG.  
Ref : **8364** Thème : SS Action : Envision Porteur : WIDEMANN Thomas Labo : LESIA

L'IPDA rassemble toutes les agences spatiales dotée d'une archive de données planétologie. Elle promeut le standard d'archive NASA/PDS4. Elle participe aussi au Solar System Interest Group de l'IVOVA.  
Ref : **8365** Thème : SS Action : IPDA Porteur : CECCONI Baptiste Labo : LESIA

MMX [Martian Moons Exploration] est une mission japonaise dont l'objectif principal est de caractériser les satellites de Mars, Phobos et Deimos. L'orbiteur MMX comporte, entre autres, le spectromètre imageur proche infrarouge français MIRS. En plus des objectifs relatifs aux satellites de Mars, la mission MMX comporte, étant donné son orbite originale dans le plan équatorial, un objectif d'observation de l'atmosphère de Mars avec l'instrument MIRS et les caméras OROCHI (grand-angle visible/proche-infrarouge) et TENGOO (télescopique visible haute-résolution).  
Ref : **8366** Thème : SS Action : MIRS - MMX Porteur : SPIGA Aymeric Labo : LMD

En soutien aux missions spatiales récemment sélectionnées pour une nouvelle vague d'exploration de Vénus, en particulier EnVision (ESA), nous avons étendu les capacités de notre modèle de climat (Venus PCM) en incluant l'ionosphère, et renforçons notre base de données climatiques (VCD).  
Ref : **8367** Thème : SS Action : EnVision Porteur : LEBONNOIS Sebastien Labo : LMD

La mission InSight s'est terminée en 2022 avec une moisson de données exceptionnelle en sismologie planétaire ; la station météorologique d'InSight a également permis de mieux connaître l'atmosphère martienne avec des données inédites.  
Ref : **8368** Thème : SS Action : InSight - SEIS Porteur : SPIGA Aymeric Labo : LMD

Le Mars Climate Sounder à bord du Mars Reconnaissance Orbiter cartographie continûment, les températures, la glace d'eau, la glace de CO2 et poussière de l'atmosphère martienne, de la surface à 90km d'altitude. Sur MRO il est complété par la caméra météorologique MARCI.  
Ref : **8369** Thème : SS Action : MRO - MCS Porteur : FORGET François Labo : LMD

L'activité "Interdisciplinary Scientist" en charge des sciences de l'atmosphère consiste à soutenir et coordonner les activités d'études de l'atmosphère et du climat de la planète Mars avec la mission Mars Express  
Ref : **8370** Thème : SS Action : IDS - MARS EXPRESS Porteur : FORGET François Labo : LMD

Participation (Co-I) à une meilleure calibration et compréhension des données de l'instrument SUDA d'Europa-Clipper grâce à l'interfaçage de notre nouveau banc de tests OLYMPIA intégrant un analyseur en masse\* Orbitrap™ au dispositif allemand d'ionisation LILBID. \*(éléments commerciaux ThermoFisher ou autres : cellule et électronique associée à son fonctionnement et à l'acquisition de spectres)  
Ref : **8371** Thème : SS Action : SUDA - EUROPA CLIPPER Porteur : BRIOIS christelle Labo : LPC2E

Définition du concept LONSCAPE et de ses applications potentielles à partir des études menées dans le cadre de la R&T LOAC-Spatial ; choix instrumentaux en fonction des objets ciblés (atmosphère de Vénus, atmosphère des géantes glacées, environnement cométaire et interplanétaire, Encelade).  
Ref : **8372** Thème : SS Action : LONSCAPE Porteur : RENARD jean-baptiste Labo : LPC2E

Promotion et maintien des collaborations internationales avec pour objectif : i) la spatialisation du CosmOrbitrap, et ii) la pérennisation du banc de qualification du CosmOrbitrap en banc de calibration pour les instruments spatiaux Laser-CosmOrbitrap . Etude de performances.  
Ref : **8373** Thème : SS Action : COSMORBITRAP Porteur : BRIOIS Christelle Labo : LPC2E

<p>La caméra HiRISE est à bord de la sonde Mars Reconnaissance Orbiter, en orbite autour de Mars depuis 2006. La caméra est dotée d'une résolution inégalée de 25 cm/pixel. Nous sommes laboratoire co-I depuis 2011. Ref : <b>8374</b> Thème : SS Action : MRO - HiRISE Porteur : MANGOLD Nicolas Labo : LPGN</p>
<p>186 instruments. Nous avons poursuivi nos études préparatoires à BepiColombo en traitant et analysant les mesures de MESSENGER. Le 3ème flyby de Mercure a eu lieu en juin 2023. Ref : <b>8375</b> Thème : SS Action : MERMAG SIMBIO-SYS - BepiColombo Porteur : LANGLAIS Benoit Labo : LPGN</p>
<p>L'expérience de Radio Science (RSE) sur EnVision est pilotée depuis le LPG (PI C. Dumoulin, co-PI P. Rosenblatt). Celle-ci permettra d'améliorer la connaissance du champ de gravité de la planète (et donc de sa structure interne), ainsi que de la teneur en acide sulfurique (gaz et liquide) de l'atmosphère. Ref : <b>8376</b> Thème : SS Action : EnVision-RSE Porteur : DUMOULIN Caroline Labo : LPGN</p>
<p>Le présent projet a pour objectif de soutenir les différentes activités menés en tant que co-investigateur sur l'analyseur de grains SUDA dans le cadre de la préparation de la mission NASA Europa Clipper mission. Notre rôle est d'apporter l'expertise scientifique sur les interactions surface-intérieur et le lien entre la composition des grains analysés et l'évolution thermo-chimique d'Europe. Ref : <b>8377</b> Thème : SS Action : Europa Clipper-SUDA Porteur : TOBIE Gabriel Labo : LPGN</p>
<p>L'expérience SEIS de la mission InSight a pour objectifs d'évaluer la sismicité de la planète Mars et de contraindre sa structure interne, en lien avec d'autres expériences géophysiques, telles que des observations magnétiques, géodésiques et des mesures de flux de chaleur. Ref : <b>8378</b> Thème : SS Action : InSight - SEIS Porteur : BEUCLER Éric Labo : LPGN</p>
<p>Le présent projet a pour objectif de soutenir les différentes activités JUICE menées au sein du LPG (Nantes). Ce projet combine les différentes demandes dédiées aux activités des différents d'1 IDS et des co-I et TMs JUICE du LPG associés à JANUS, GALA, J-MAG, MAJIS, 3GM) Ref : <b>8379</b> Thème : SS Action : JUICE Porteur : TOBIE Gabriel Labo : LPGN</p>
<p>Le spectromètre infrarouge MIRS (MMX Infrared Spectrometer) sera embarqué à bord de la sonde Martian Moons Exploration (MMX) dont le lancement est prévu en 2024 afin de caractériser la composition minéralogique de la surface des lunes de Mars. Ref : <b>8380</b> Thème : SS Action : MMX-MIRS Porteur : LE DEIT Laetitia Labo : LPGN</p>
<p>OMEGA et HRSC sont en orbite martienne depuis début 2004. La présente proposition est commune aux Co-Is OMEGA et HRSC du LPG, à savoir : N. Mangold, S. Le Mouélic, et C. Sotin, pour OMEGA, et V. Ansan, L. Le Deit et N. Mangold pour HRSC. Ref : <b>8381</b> Thème : SS Action : Hrsc-Omega - Mars Express Porteur : MANGOLD Nicolas Labo : LPGN</p>
<p>Une meilleure connaissance des propriétés physiques et mécaniques du régolithe de surface est nécessaire pour étudier l'interaction SEIS/régolithe, HP3/régolithe, les transferts d'ondes et de chaleur en surface, la géologie, et pour aider aux opérations du bras robotisé IDA (dont la couverture du cordon de SEIS coordonnée par le CNES). Ref : <b>8382</b> Thème : SS Action : InSight - Simulation Porteur : DELAGE Pierre Labo : NAVIER</p>
<p>Ce projet a deux objectifs principaux : 1. Préparer les opérations de proximité de la mission Hera, notamment en ce qui concerne l'atterrissage et la stratégie opérationnelle des CubeSats. 2. Préparer les analyses scientifiques de la mission Hera, notamment en ce qui concerne les propriétés géophysiques de Dimorphos (structure interne et propriétés mécaniques de surface). Ref : <b>8468</b> Thème : SS Action : HERA Porteur : MURDOCH Naomi Labo : ISAE</p>
<p>L'expérience FSS déploiera en 2026 une partie des modèles de rechange de l'instrument SEIS à la surface de la Lune. L'équipe proposante prépare donc le retour scientifique de ces mesures en analysant les sources de bruit potentielles sur ces capteurs et en développant les outils numériques d'analyse des données qui sont testés sur les données des sismomètres Apollo. Ref : <b>8469</b> Thème : SS Action : Farside Seismic Suite Porteur : GARCIA Raphael Labo : ISAE</p>
<p>La mission InSight sur Mars s'est terminée après quatre ans d'activité scientifique sur la planète rouge. C'est le 21 décembre 2022 que la sonde InSight a envoyé son dernier signal. La puissance fournie n'était pas suffisante. Ref : <b>8470</b> Thème : SS Action : INSIGHT Porteur : MIMOUN David Labo : ISAE</p>

L'équipe SSPA développe des instruments mesurant la pression sous ballon atmosphériques pour la détection des évènements tectoniques sur Vénus. Elle participe à l'expérience CNES Stratéole-2 pour valider le concept de mesure sur Terre et démontrer l'imagerie de l'atmosphère à partir des infrasons.

Ref : **8471** Thème : SS Action : VENUSGEOX Porteur : GARCIA Raphael Labo : ISAE

Ce projet soutien la préparation scientifique pour les WheelCams à bord le rover MMX. Ceci comprend à la fois la mise en place d'un pipeline complet de traitement d'image pour les WheelCams, et également des activités scientifiques (e.g., simulations numériques) pour améliorer les interprétations de données.

Ref : **8472** Thème : SS Action : MMX Rover Porteur : MURDOCH Naomi Labo : ISAE

L'expérience SEIS, instrument principal de la mission NASA InSight, a surveillé l'activité sismique de Mars, et ce depuis son installation définitive à la surface de la planète en février 2019 jusqu'au 13 décembre 2022, peu après 18 :00. La mission s'est alors mis en mode survie par défaut d'alimentation, en raison de l'empoussiérage des panneaux solaires et a par la suite été déclarée perdue

Ref : **8524** Thème : SS Action : INSIGHT – Phase E2 Porteur : LOGNONNE Philippe Labo : IPGP

Nous construisons une salle pour conserver et étudier les étudiants de Chang'e 5.

Ref : **8525** Thème : SS Action : Chang'e5 Curation Porteur : MOYNIER Frederic Labo : IPGP

Organisation de la conférence IPPW 2023 du 28/08/2023 au 09/09/2023 au Palais du Pharo à Marseille. Plus de 200 participants internationaux étaient présents, dont une fraction significative de représentants de l'ESA, la NASA et de plusieurs industries dans le domaine spatial. Voir : <https://ippw2023.org>

Ref : **8526** Thème : SS Action : IPPW Porteur : MOUSIS Olivier Labo : LAM

La mission de classe F « Comet-Interceptor » de l'ESA/JAXA est passée en phase A/B après sa sélection et le « prime industrial contractor » a été sélectionné le 6 octobre 2022. Les membres des working groups (WG) « Target Identification » et « Nucleus Environment » ont été sélectionnés en février 2023.

Ref : **8527** Thème : SS Action : Comet Interceptor Porteur : BIVER Nicolas Labo : LESIA

L'ensemble des activités en radiosciences planétaires à l'Observatoire Géodésique de Tahiti se fait en collaboration avec essentiellement trois groupes : le groupe allemand centré autour des universités de Cologne et Munich (MEX et Rosetta, mission LUCY), le groupe chinois de l'université de Wuhan (retraitement des données MEX et Rosetta, missions chinoises lunaires, martiennes et petits corps), et le groupe d'astrophysique de l'Université de Melbourne (J. O'Leary).

Ref : **8532** Thème : SS Action : Planétologie Porteur : BARRIOT Jean-Pierre Labo : OGT

## SCIENCES DE LA MATIERE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

<p>Il existe une intrication entre la thermodynamique et les instabilités interfaciales dans des conditions quasi-critiques. Le but est de décrire et de comprendre la physique des instabilités interfaciales lorsque la tension interfaciale devient extrêmement faible à la limite de la miscibilité ou en s'approchant du point critique liquide-vapeur. Les applications sont nombreuses et variées.</p> <p>Ref : <b>8078</b> Thème : SdM Action : Transitions de phase Porteur : AMIROUDINE Sakir Labo : I2M</p>
<p>La transition mondiale vers des émissions minimales de CO2 suscite un intérêt croissant pour les carburants alternatifs. Divers vecteurs énergétiques alternatifs dotés d'une chimie à basse température (LTC) sont présents dans de nombreuses applications. Ils se distinguent des carburants traditionnels par une gamme d'inflammabilité plus large et des émissions de suie plus faibles.</p> <p>Ref : <b>8079</b> Thème : SdM Action : Flammes de brouillard Porteur : CHAUVEAU Christian Labo : ICARE</p>
<p>Le programme de recherche « Heat and mass transfer in near and supercritical fluids » est centré sur l'étude (à l'équilibre et hors équilibre, sur Terre comme dans l'Espace) de systèmes fluides modèles universels, denses, hyperdilatables et hypercompressibles. Le programme expérimental s'appuie sur la mise en oeuvre de l'instrument spatial DECLIC et l'utilisation des inserts : ALI, HTI, et du futur insert SCWO, à bord de l'ISS dans le cadre d'un accord bilatéral CNES-NASA.</p> <p>Ref : <b>8080</b> Thème : SdM Action : Fluides critiques et supercritiques Porteur : MARRE Samuel Labo : ICMCB</p>
<p>DIAMONDS est un banc expérimental pour vols paraboliques qui contribue, en coordination avec la topical team ExFires, à l'identification et la mise en oeuvre de leviers permettant la maîtrise de la propagation de flamme de type incendie spatial.</p> <p>Ref : <b>8081</b> Thème : SdM Action : DIAMONDS Porteur : LEGROS Guillaume Labo : IDA</p>
<p>Ce projet consiste à dimensionner puis réaliser expérimentalement un échangeur thermique exploitant des ondes acoustiques. L'objectif est d'évaluer la possibilité de remplacer les pièces mobiles usuelles (e.g., un ventilateur) par des transducteurs acoustiques de durée de vie infinie.</p> <p>Ref : <b>8082</b> Thème : SdM Action : Froissons Porteur : MICHEL Guillaume Labo : IDA</p>
<p>L'objectif scientifique est une étude sur le contrôle fluide des dépôts et de croissance de matériaux lors de l'électrodéposition. En particulier les expériences ont pour but de montrer l'influence de la gravité sur les dépôts d'électrolyse.</p> <p>Ref : <b>8083</b> Thème : SdM Action : Instabilités hydrodynamiques aux interfaces Porteur : ZOUESHTIAGH Farzam Labo : IEMN</p>
<p>Analyse de la formation, la sélection et la stabilité des microstructures de solidification : caractérisation in situ et en temps réel d'alliages transparents, analogues des alliages métalliques, dans les instruments DECLIC-DSI (CNES/NASA) et « Transparent Alloys » (ESA) à bord d'ISS.</p> <p>Ref : <b>8084</b> Thème : SdM Action : SolidTrans Porteur : BERGEON Nathalie Labo : IM2NP</p>
<p>Dans le cadre de l'APR 2023, l'objectif de l'équipe était l'analyse des mécanismes fondamentaux intervenant dans la dynamique de formation des microstructures de solidification d'alliages métalliques, sur la base d'expériences en apesanteur (CETSOL Batch-3a sur ISS) et en gravité normale.</p> <p>Ref : <b>8085</b> Thème : SdM Action : SolidMet Porteur : NGUYEN THI Henri Labo : IM2NP</p>
<p>Nos travaux sont dans la continuité du projet TRIMIX/ DCM/ESA portant sur la mesure des coefficients Soret pour des mélanges multiconstituants. Nous avons montré qu'il était possible de mesurer les coefficients de thermodiffusion et de diffusion massique dans la station spatiale internationale non seulement pour des solutions binaires mais également pour des mélanges ternaires. Les mesures effectuées par l'équipe du Professeur Bou-Ali de l'université de Mondragon (Espagne), en vue de déterminer les coefficients de thermodiffusion dans les mélanges binaires en milieux poreux en utilisant la cellule réalisée à l'IMFT, ont donné lieu à la communication [3] présentée à l'IMT15.</p> <p>Ref : <b>8086</b> Thème : SdM Action : DCMIX Porteur : MOJTABI Abdelkader Labo : IMFT</p>

<p>Les activités de l'IMFT portent sur l'étude des écoulements diphasiques liquide vapeur avec changement de phase, à l'échelle d'une bulle dans le cadre de l'expérience RUBI (Multiscale Boiling) 179 paraboliques.  Ref : <b>8087</b> Thème : SdM Action : Fluides Boiling Porteur : COLIN Catherine Labo : IMFT</p>
<p>Organisation des journées annuelles du GDR  Animation du conseil scientifique  Refonte totale du site web du GDR grace à Muriel Sabater, chargée de communication de l'IMFT  Ref : <b>8088</b> Thème : SdM Action : GDR MFA Porteur : COLIN Catherine Labo : IMFT</p>
<p>Ces travaux sont menés dans le cadre du projet CHYPI de l'ESA. Notre objectif est l'étude du couplage entre réactions chimiques et instabilités hydrodynamiques. L'équipe a mené à bien plusieurs vols paraboliques et quatre missions en fusée sonde : MASER 10, 11, 12 et plus récemment Texas 57.  Ref : <b>8089</b> Thème : SdM Action : Instabilités hydrodynamiques Porteur : PIMIENTA Véronique Labo : SOFTMAT</p>
<p>On étudie de nouvelles compositions de suspensions magnétorhéologiques exploitant le phénomène de blocage d'écoulement contrôlé par un champ magnétique. Le but est de pouvoir utiliser ces nouveaux fluides dans l'amortissement actif avec un champ magnétique aussi petit que possible  Ref : <b>8090</b> Thème : SdM Action : Suspensions de particules non colloïdales Porteur : BOSSIS Georges Labo : INPHYNI</p>
<p>Les défauts topologiques cristal liquide sont très étudiés dans la communauté, non seulement pour leur intérêt fondamental mais aussi pour leurs propriétés d'attraction des nanoparticules. Nous travaillons dans ce cadre sur des bulles smectiques flottantes sous l'influence de champs électriques et sur des films minces sur substrats.  Ref : <b>8091</b> Thème : SdM Action : Cristaux liquides Porteur : LCAZE Emmanuelle Labo : INSP</p>
<p>Projets TRANSPARENT ALLOYS/SEBA et SETA (ESA) : observation in situ (temps réel) de la dynamique spatio-temporelle des microstructures de solidification biphasée (croissance diffusive) d'alliages eutectiques transparents en micropesanteur, dans l'ISS, et au sol.  Ref : <b>8092</b> Thème : SdM Action : Transparent Alloys Porteur : AKAMATSU Silvere Labo : INSP</p>
<p>Les objectifs de notre projet consistent à étudier la structure et le vieillissement des mousses de fluides 206 est étroitement lié au projet MAP de l'ESA « Soft Matter Dynamics / Hydrodynamics of wet foams » avec l'instrument « Soft Matter Dynamics » de l'ISS.  Ref : <b>8093</b> Thème : SdM Action : Mousses de fluides complexes Porteur : COHEN-ADDAD sylvie Labo : INSP</p>
<p>Le présent projet a pour objectif d'apporter une analyse théorique et numérique à l'expérience DIAMONDS portée par Guillaume Legros. Nous modélisons la propagation de flamme le long de fil électrique en présence ou non de retardateur de feu ainsi que la production de la suie et son émission.  Ref : <b>8094</b> Thème : SdM Action : F-SPAROW Porteur : CONSALVI Jean-Louis Labo : IUSTI</p>
<p>Les plans de DropWet (VP) et DropSat (SAT) sont terminés. Drop Evaporation (DrE) dans le HTH2 devrait être vectorisé sur l'ISS en 2024/2025. Un nouveau doctorant (Roudy ISSA) a été recruté sur financement ministériel pour approfondir et prolonger le travail théorique et numérique.  Ref : <b>8096</b> Thème : SdM Action : Mouillage et évaporation de gouttes Porteur : BRUTIN David Labo : IUSTI</p>
<p>Etude de la dynamique de gels et verres colloïdaux, au repos et sous l'effet d'une sollicitation externe. Travaux préliminaires en vue des expériences à réaliser sur la ISS en 2025 (instrument COLIS, ESA), dont Ground Reference Tests sur COLIS auprès de Redwire Space (industriel développeur de l'instrument).  Ref : <b>8097</b> Thème : SdM Action : Colloidal glasses Porteur : CIPELLETTI luca Labo : L2C</p>
<p>Les expériences réalisées concernent la capillarité avec des applications importantes en géo-mécanique, comme l'étude et la compréhension des phénomènes de retrait et de fissuration, ou de perte de stabilité dans les sols granulaires partiellement saturés.  Ref : <b>8098</b> Thème : SdM Action : Milieux granulaires Porteur : MILLET Olivier Labo : LASIE</p>
<p>Cette expérience s'intéresse à l'atomisation assistée et la formation de spray, application largement utilisée en ingénierie notamment pour la propulsion aéronautique et spatiale, et plus particulièrement sur le rôle de la gravité sur les mécanismes grande échelle de fragmentation du liquide par le gaz.  Ref : <b>8099</b> Thème : SdM Action : Spray formation mechanisms Porteur : MACHICOANE Nathanael Labo : LEGI</p>
<p>Dans ce projet nous nous proposons de mesurer, grâce à des expériences réalisées en conditions de microgravité et en conditions terrestres, les coefficients de diffusion et Soret de mélanges liquides ternaires.  Ref : <b>8100</b> Thème : SdM Action : Mélanges liquides ternaires Porteur : BATALLER Henri Labo : LFCR</p>

Giant Fluctuations porte sur la mise en place des plusieurs expériences sur les fluctuations de non-équilibre dans des fluides complexes à bord de l'ISS. Le premier vol est prévu en 2025, puis 4 vols sont prévus jusqu'à 2030. La technique de choix est la shadowgraphie bi-chromatique.

Ref : **8101** Thème : SdM Action : FLUNEX Porteur : CROCCOLO Fabrizio Labo : LFCR

Les études réalisées sont basées sur l'analyse du sang de cosmonautes Russes montrant une élévation de l'activité de l'enzyme amylase ainsi que les propriétés mécaniques des globules rouges. Cette enzyme dégrade le glycocalyx

Ref : **8102** Thème : SdM Action : Dynamique du sang Porteur : MISBAH Chaouqi Labo : LIPHY

Le projet consiste à étudier les instabilités électro-thermo-convectives dans un liquide diélectrique confinée dans des cavités rectangulaires et annulaires soumises à un gradient de température et une différence de potentiel de haute fréquence en vue de leurs applications à la microgravité et à la microfluidique. Cette étude a été étendue à la convection thermomagnétique.

Ref : **8103** Thème : SdM Action : Geoflow Porteur : MUTABAZI Innocent Labo : LOMC

1. Expérience d'écoulement turbulent de von Karman dans l'air.
2. Expérience de turbulence diphasique de bulles d'air dans de l'eau.
3. Expérience « Fluidics » pour l'étude de la turbulence d'ondes à bord de l'ISS.

Ref : **8104** Thème : SdM Action : Turbulence d'ondes Porteur : FAUVE Stephan Labo : LPENS

Le travail porte sur le mûrissement des mousses, dû au transport de gaz entre des bulles, provoqué par les différences de pression entre ces bulles. L'objectif est d'observer le changement de régime de loi de croissance du rayon moyen des bulles à l'approche de la transition de jamming lorsque les bulles viennent au contact les unes des autres. Ceci ne peut se faire qu'en microgravité car les mousses près ou delà du jamming s'assèchent très rapidement sur terre à cause du drainage gravitaire.

Ref : **8105** Thème : SdM Action : Mousses Humides Porteur : SALONEN Anniina Labo : LPSOL

Les activités visent à améliorer la compréhension de la dynamique et de la rhéologie du sang dans des situations présentant un intérêt pour le vol spatial et des applications biomédicales, par des expériences au sol et en microgravité (expérience KRABS en fusée sonde (sélectionnée) et vols paraboliques)

Ref : **8106** Thème : SdM Action : Rhéologie sanguine Porteur : PODGORSKI Thomas Labo : LRP

Ce projet s'inscrit dans le cadre de DECLIC-Evolution et vise au développement d'un nouvel insert pour l'étude des aérosols. L'objectif est de produire des aérosols dans des conditions contrôlées pour aider à la compréhension de la microphysique des nuages.

Ref : **8107** Thème : SdM Action : Stabilité des suspensions Porteur : ANTONI Mickael Labo : MADIREL

Des expériences de solidification en microgravité permettent d'étudier la formation de microstructures sans convection. Nous développons des modèles de champ de phase et des codes de simulation qui permettent d'accompagner et d'interpréter de telles expériences.

Ref : **8108** Thème : SdM Action : Solidification directionnelle Porteur : PLAPP Mathis Labo : PMC

Le présent projet se propose de mener un travail alliant une recherche fondamentale sur la capacité des forces électrohydrodynamiques (EHD), dites diélectriques et électrostrictives, à modifier des écoulements thermoconvectifs.

Ref : **8110** Thème : SdM Action : TREBON Porteur : SIEDEL Samuel Labo : SIMAP

Le projet a pour but le développement du procédé de mesure des propriétés thermo-physiques des métaux à l'état liquide sur Terre en utilisant la lévitation électromagnétique. MAGLEV servira à la fois de support et d'alternative aux expériences dans l'espace.

Ref : **8111** Thème : SdM Action : Lévitation Electromagnétique Porteur : CHAUSSENDE Didier Labo : SIMAP

L'expérience repose sur l'utilisation du dispositif DIAMONDS développé pour les vols paraboliques et vise à évaluer le comportement au feu sous différents taux d'oxygène de fils de polymères (polyéthylène et PMMA) contenant des retardateurs de flamme.

Ref : **8112** Thème : SdM Action : Polysoot Porteur : BOURBIGOT Serge Labo : UMET

Ce projet soutien le développement, l'amélioration, la caractérisation et l'usage du banc d'essai pour les WheelCams sur le rover MMX ainsi qu'un le développement d'outils d'analyse d'images permettant d'estimer les propriétés des matériaux.

Ref : **8475** Thème : SdM Action : MMX WheelCam testbed Porteur : MURDOCH Naomi Labo : ISAE

Nous étudions les phénomènes physiques impliqués dans le fonctionnement du caloduc oscillant (pulsating heat pipe en anglais, PHP). Il s'agit d'un appareil pour la gestion thermique des composants électroniques, y compris embarquées sur des engins spatiaux.

Ref : **8531** Thème : SdM Action : Oscillation des ménisques Porteur : NIKOLAYEV Vadim Labo : SPEC

## SCIENCES DE LA VIE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

<p>Ce projet consiste à étudier en apesanteur les performances et l'effet bactéricide du « PlasmaGun » délivré à température ambiante et à pression atmosphérique dans l'air pour une utilisation (matériel et supports biologiques comme la peau humaine) sur ISS ou lors de missions spatiales habitées. Ref : <b>8066</b> Thème : SdV Action : Vols-paraboliques Porteur : ESCOT BOCANEGRA Pablo Labo : GREMI</p>
<p>Le but de notre projet de recherche au sens large est de mieux comprendre l'interaction entre les informations multi-sensorielles, y compris les gravicepteurs, dans la coordination visuo-motrice chez l'Homme et chez l'animal. Ref : <b>8067</b> Thème : SdV Action : COSMIC Porteur : TAGLIABUE Michele Labo : INCC</p>
<p>Il s'agit d'une proposition de neurobiologie fondamentale, réalisée avec un laboratoire canadien. Le but est de préciser le poids de la proprioception tendineuse dans les mécanismes de modulation et d'apprentissage d'une tâche locomotrice sur cycloergomètre. Ref : <b>8068</b> Thème : SdV Action : Vols-paraboliques Porteur : GUILLAUD Etienne Labo : INCIA</p>
<p>Notre recherche a pour but d'établir l'organisation des réseaux vestibulo-spinaux impliqués dans le contrôle posturo-locomoteur et de déterminer quelles sont leurs adaptations dans un environnement sensoriel modifié. Ref : <b>8069</b> Thème : SdV Action : Covedevmox Porteur : LE RAY Didier Labo : INCIA</p>
<p>L'exercice physique, les antioxydants et la poudre de nacre sont proposés en synergie comme contremesure à la microgravité simulée sur modèle murin pour une expertise préclinique de ce préconditionnement pour limiter les effets biologiques de la microgravité. Ref : <b>8070</b> Thème : SdV Action : Gravibrain Porteur : MOREL jean-luc Labo : INCIA</p>
<p>Réaliser une analyse de l'expression des gènes en noyaux uniques à partir de muscles de souris suspendues et de souris controles Ref : <b>8071</b> Thème : SdV Action : Muscle Porteur : SCHAEFFER Laurent Labo : INMG-PGNM</p>
<p>Nous comparons les réponses moléculaires à l'inactivité et/ou à la microgravité chez divers modèles : ours brun hibernant et impesanteur chez les souris Bion-M1. Ref : <b>8072</b> Thème : SdV Action : Ours Porteur : BERTILE Fabrice Labo : IPHC-LSMBO</p>
<p>Préparation de la conduite du protocole puis collecte des données et des échantillons lors de la première campagne de BRACE au MEDES. Analyse des échantillons et des données collectées lors des études d'alitement prolongé et d'immersion sèche passées et de l'étude ENERGY. Ref : <b>8073</b> Thème : SdV Action : Bedrest Porteur : BLANC Stephane Labo : IPHC-LSMBO</p>
<p>Le projet HypoLoco vise à caractériser les ajustements neuro-mécaniques du patron locomoteur à la « gravité réduite » (via la variation du poids de corps contrôlée par un tapis AlterG). Ref : <b>8074</b> Thème : SdV Action : Vols paraboliques Porteur : BRINGOUX Lionel Labo : ISM</p>
<p>Investigation des effets de l'environnement spatial, tels que la micropesanteur et les radiations cosmiques, sur la croissance des plantes, en vue de les intégrer dans des systèmes de support de vie autonomes pour les missions spatiales de longue durée. Ref : <b>8075</b> Thème : SdV Action : Radiobota Porteur : CARNERO DIAZ Eugénie Labo : ISYEB</p>
<p>Cette proposition de recherche se focalise sur le déconditionnement musculaire et particulièrement sur ces conséquences au niveau de la jonction neuromusculaire afin d'étudier l'impact de la microgravité sur la transmission neuromusculaire. Ref : <b>8076</b> Thème : SdV Action : Plasticité Neuromusculaire Porteur : GIRARD Emmanuelle Labo : PLATEFORME ANIPHY</p>

<p>Les différentes expériences au sol et en vol (ISS) sont basées sur les mêmes hypothèses et utilisent les mêmes méthodes d'investigation (Echographie tele operee Echo 3D, Echo RF). Le projet VASC Aging se termine en 2024, HDT-LOADS se termine an 2024, CIPHER a débuté en Sept-Oct 2023 et Echo Finder devrait être testé en microgravité fin 2024  Ref : <b>8489</b> Thème : SdV Action : Cardiovasculaire Porteur : ARBEILLE Philippe Labo : UMPS</p>
<p>Plusieurs équipes financées par le CNES ont collaboré (1) sur un projet humain afin de valider les effets de la dry immersion chez la femme, et (2) sur un projet animal pré-clinique pour valider des contremesures placées avant et pendant une période de microgravité simulée et de pouvoir les recommander ensuite pour projet humain.  Ref : <b>8491</b> Thème : SdV Action : MDMC Porteur : CHOPARD Angele Labo : DMEM</p>
<p>Préserver la masse musculaire est un enjeu majeur de santé publique. L'objectif du projet est d'identifier des stratégie(s) de prévention pharmacologiques ou nutritionnelles pour limiter l'atrophie musculaire lors de situations de microgravité.  Ref : <b>8492</b> Thème : SdV Action : Muscles Porteur : COMBARET Lydie Labo : UNH</p>
<p>L'objectif de RadioBota, plus précisément la tâche 5 portant sur les métabolites secondaires, consiste à examiner l'effet cumulatif des radiations sur des plants de tomates naines (Micro-Tom) sur plusieurs générations. Afin de réaliser une évaluation quantitative des métabolites secondaires.  Ref : <b>8493</b> Thème : SdV Action : MarsSimulateur Porteur : COURTADE-SAIDI Monique Labo : GSBMS</p>
<p>Soumis au double défi de la gravité et du vent, les arbres ne peuvent rester droits que par un contrôle actif permanent de leur posture. Dans ce contexte, ce projet vise à comprendre les mécanismes permettant l'équilibre entre graviperception et proprioception chez le peuplier.  Ref : <b>8494</b> Thème : SdV Action : Plantes Porteur : DECOURTEIX Mélanie Labo : PIAF</p>
<p>L'objectif principal de notre projet en 2023 était de comparer les réponses du métabolisme du fer chez des hommes et femmes exposés à 5 jours d'immersion sèche dans le cadre des études VIVALDI et VIVALDI2. L'objectif secondaire était de mieux comprendre les mécanismes de régulation du métabolisme du fer dans le muscle atrophie surchargé en fer en s'appuyant sur des modèles expérimentaux in vivo et in vitro.  Ref : <b>8495</b> Thème : SdV Action : Métabolisme Porteur : DERBRE Frederic Labo : M2S</p>
<p>Deux sous-thèmes ont occupé cette année 2023 : 1) d'une part l'irradiation particulaire et le problème spécifique de l'effet bystander, calcium-dépendant et contributeur à la dose; 2) d'autre part les irradiations de faible débit pour étudier la saturation du pool d'ATM.  Ref : <b>8496</b> Thème : SdV Action : Radiobiologie Porteur : FORAY Nicolas Labo : RDSE</p>
<p>Projet LOADS du bed rest BRACE : mise en évidence d'un déconditionnement métabolique (R Hughson ; Waterloo Univ, Canada), de modification des parois vasculaires (P Arbeille Univ Tours), et d'une adaptation structurelle de la matrice osseuse, de sa perfusion et de la composition de la moelle osseuse (L Vico, Univ Saint-Etienne et B Leporq, Creatis Lyon). Evaluation des contremesures par hypergravité plus bicyclette ergométrique ou bicyclette ergométrique seule sur les dysfonctionnements du système cardiovasculaire et sur la fragilité osseuse.  Projet Echo-OS : Il s'agit de valider des mesures vasculaires intra-osseuses et des mesures d'épaisseur et de porosité corticales par ultrasons mise au point par Guillaume Renaud (UMR 7371 Paris et Univ Dift , Pays Bas). Pour cela une étude clinique preuve de concept a été conçue avec G renaud et l'équipe de MA Custaud (univ Angers).  Projet NEBULA : Il s'agit d'évaluer les effets d'une combinaison de suppléments nutritionnelles et de différentes modalités d'exercices physiques avant et pendant une exposition longue à la microgravité en vue des futures missions spatiales habitées. Le Modèle d'étude est la suspension du train arrière chez la souris en hébergement double (Hindlimb Unloading).  Ref : <b>8497</b> Thème : SdV Action : LOADS Porteur : VICO Laurence Labo : SAINBIOSE</p>
<p>La probabilité de survenue d'un événement médico-chirurgical, durant un vol spatial de longue durée, nécessitant une intubation oro-trachéale sécurisant les apports en oxygène, justifie la sélection d'une technique fiable, performante, facile à apprendre et retenir, et adaptée à l'ergonomie d'un vol spatial.  Ref : <b>8498</b> Thème : SdV Action : Intubation trachéale Porteur : BIRNBAUM Ron Labo : CHB</p>
<p>Nous avons subi de nombreux désagréments dans la récupération de nos données et du matériel de la mission. Finalement, après 10 mois d'attente, nous avons reçu ces éléments à la fin du mois d'avril 2023. Dès lors nous avons pu traiter et analyser les résultats de l'expérience.  Ref : <b>8499</b> Thème : SdV Action : Emotion in space analog environment Porteur : BOLMONT Benoit Labo : 2LPN</p>
<p>L'objectif global de notre projet de recherche est de comprendre les mécanismes liés à l'atteinte des fonctions vasculaires induites par la microgravité. Nous allons nous intéresser tout particulièrement à la perfusion osseuse et aux possibilités de sa mesure in vivo chez l'humain dans notre projet 2023.  Ref : <b>8501</b> Thème : SdV Action : Perfusion osseuse Porteur : CUSTAUD Marc-Antoine Labo : Mitovasc</p>

Le projet 3D-Myobiotte inclut le microbiote intestinal, facteur de santé et performance musculaire, dans l'équation des moyens de lutte contre les effets de l'apesanteur, avec un focus sur l'impact de probiotiques sur le tissu musculaire squelettique.

Ref : **8502** Thème : SdV Action : 3D-MyoBiot Porteur : KOECHLIN-RAMONATXO Christelle Labo : DMEM

Détermination des facteurs psychologiques impliqués dans l'adaptation aux situations extrêmes.

Analyses des relations entre les variables psychologiques, sociales, professionnelles et environnementales dans l'adaptation à ces situations extrêmes.

Elaboration et la validation de questionnaires évaluant l'adaptation dans les dimensions individuelles et collectives évoquées (psychologique, sociale, professionnelle et environnementale) spécifiques aux ICE.

Les difficultés principales de projet sont liées au faible nombre de participants dans les milieux isolés étudiés.

Ref : **8503** Thème : SdV Action : Psychologie Porteur : NICOLAS Michel Labo : DREPI

Dans la perspective de la réalisation de l'expérience spatiale « plant posture in space » (acceptée par la NASA), à laquelle ce rapport est rattaché, nous proposons d'approfondir l'étude du rôle du réseau d'actine et de l'auxine dans les mécanismes de proprioception.

Ref : **8504** Thème : SdV Action : Space twist Porteur : LEGUE Valerie Labo : PIAF

L'objectif scientifique du projet est de tester directement l'hypothèse du rôle d'un référentiel et/ou d'un modèle interne gravitaire dans le traitement visuel configural des corps en plaçant les sujets en état d'impesanteur au cours de vols paraboliques.

Ref : **8505** Thème : SdV Action : BIM Porteur : SENOT Patrice Labo : LAVC

L'expérience ETHOS a eu pour but de réaliser des études exhaustives du comportement interactif d'équipages simulant des missions vers la Lune et Mars, à différentes durées de confinements du programme SIRIUS (120 jours et 240 jours) qui se sont déroulés à l'IBMP, Moscou (2019-2022).

Ref : **8506** Thème : SdV Action : Ethologie Porteur : TAFFORIN Carole Labo : ETHOSPACE

Le contexte principal de l'expérience s'inscrivait dans le cadre de l'étude de l'activité électrique motrice musculaire (EMG) reliée à l'analyse du protéome contractile du muscle gastrocnémien pendant une période 30 jours de microgravité simulée (suspension ou HU) chez la souris.

Ref : **8507** Thème : SdV Action : Plasticité neuromusculaire Porteur : STEVENS Laurence Labo : LAPMS

L'objectif de ce protocole est de tester les effets de deux types de contre-mesures (exercice vs combinaison d'exercice et de gravité artificielle par centrifugation) sur le métabolisme énergétique, la masse et la fonction musculaire au cours de 60 jours d'alitement prolongé (head-down bed rest).

Ref : **8508** Thème : SdV Action : Muscle atrophy Porteur : LAURENS Claire Labo : I2MC

Etude du déconditionnement cardiaque, métabolique et osseux lié à l'impesanteur en simulation au sol par un protocole d'alitement de 60 jours avec inclinaison tête en bas puis récupération en situation de gravité artificielle + ou - exercice physique. Etude de l'os fémoral par IRM multiparamétrique.

Ref : **8509** Thème : SdV Action : LOADS Porteur : LEPORQ Benjamin Labo : CREATIS

Notre objectif a été de déterminer la régulation de l'expression de protéines canal impliquées dans le maintien de l'homéostasie ionique et le couplage excitation contraction dans le tissu musculaire strié squelettique en réponse à un protocole d'immersion sèche de 5 jours.

Ref : **8510** Thème : SdV Action : Immersion seche Porteur : FREYSSENET Damien Labo : LIBM

L'objectif principal de notre projet en 2023 était de comparer les réponses du métabolisme du fer chez des hommes et femmes exposés à 5 jours d'immersion sèche dans le cadre des études VIVALDI et VIVALDI2. L'objectif secondaire était de mieux comprendre les mécanismes de régulation du métabolisme du fer dans le muscle atrophié surchargé en fer en s'appuyant sur des modèles expérimentaux in vivo et in vitro.

Ref : **8511** Thème : SdV Action : Métabolisme Porteur : LOREAL Olivier Labo : INSERM

De plus en plus d'études ont mis en lumière le potentiel des stimulations cérébrales non invasive. Pour autant, les effets rapportés sont souvent contradictoires mettant en évidence une recherche bien souvent hétérogène. Nous avons ainsi étudié sa pertinence comme contre-mesure pour les LDSE.

Ref : **8512** Thème : SdV Action : SATE Porteur : TROUSSELARD et MARTIN-KRUMM Labo : APEMAC

StandHeart (Acuity) étudie l'effet de la pesanteur sur les indices de fonction cardiaque diastolique. WoTip est consacré aux liens entre cognition spatiale et perception du temps. GravCog est une approche diagnostique de la classification des troubles vertigineux en vue de proposer des contremesures.

Ref : **8513** Thème : SdV Action : Standheart - WOTIP - GravCog Porteur : NORMAND Herve Labo : COMETE

Caractérisation chez la souris des effets d'une irradiation par les ions lourds à faible dose sur la fertilité des males (production de spermatozoïdes), sur le système sanguin (risque de cancers) et sur le cerveau (dysfonctionnement).  
Ref : **8514** Thème : SdV Action : Ions lourds sur les cellules souches de souris Porteur : ALLEMAND Isabelle Labo : LCSG

L'agriculture dans l'espace constitue une étape critique pour la production alimentaire de futures missions (Mars ou stations sur la Lune). Dans ce contexte, il est pertinent d'évaluer l'impact de bioagresseurs des cultures et le projet IMOTEP cible les risques liés aux nématodes phytoparasites.

Ref : **8515** Thème : SdV Action : IMOTEP Porteur : FOLCHER Laurent Labo : ANSES

Environ 50% des astronautes sont confrontés à des problèmes immunologiques durant une mission de 6 mois à bord de l'ISS. Afin de préserver leur santé, il est donc nécessaire de comprendre comment ce système est altéré lors d'une mission spatiale, ou lors de l'exposition à des modèles ('bed rest' ou séjour dans Concordia) mimant les stress rencontrés en vol.

Ref : **8516** Thème : SdV Action : Immunologie Porteur : FRIPPIAT Jean-Pol Labo : SIMPA

L'expérimentation s'inscrit dans l'étude de faisabilité d'une aquaculture spatiale (plus spécifiquement sur la base lunaire) dont la finalité est de fournir sur place une source de protéines animales hautement digestibles et un apport de lipides d'intérêts en complément aux recherches sur la culture des végétaux dans l'espace. 125 Embryons de poisson d'aquaculture (1mm) 78 heures après fécondation.

Ref : **8517** Thème : SdV Action : Lunar Hatch Porteur : PRZYBYLA Cyrille Labo : MARBEC

Expérience BASALTONE : Recueil de données Tonus (/MyotonPRO) et échographiques sur des sujets sains allités. Le but est de quantifier la perte de tonus durant les premières heures d'inactivité afin de mieux en comprendre la physiologie et formuler des hypothèses de contre-mesures.

Ref : **8518** Thème : SdV Action : Os Porteur : TREFFEL Loic Labo : INMG

## ATMOSPHERE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

<p>IASI-NG est la future mission qui remplacera IASI en 2024. C'est un instrument très important du fait de son information sur la thermodynamique et la chimie de l'atmosphère pour la prévision numérique du temps mais aussi pour la prévision de la composition atmosphérique. L'apport de l'assimilation des données L1 de IASI-NG pour la composition atmosphérique est comparé à l'apport de IASI. Le futur instrument IASI-NG, successeur du sondeur hyperspectral infrarouge IASI, bénéficiera d'une résolution spectrale et d'un bruit instrument améliorés, ce qui est en fait un instrument idéal pour quantifier des espèces gazeuses, pour initialiser des modèles de composition atmosphérique. Ref : <b>8611</b> Thème : Atmo Action : IASI-NG Porteur : FOURRIÉ Nadia Labo : CNRM</p>
<p>Notre projet vise à obtenir des observations de protoxyde d'azote (N2O) depuis l'espace afin d'estimer les sources de N2O à l'échelle globale. Nous avons commencé avec les observations de GOSAT (Kangah et al., JGR, 2017), nous poursuivons avec les observations de IASI (Chalinel et al., 2022) et voulons continuer avec les observations de GOSAT2 (proposition acceptée JAXA). Le projet regroupe des scientifiques (France et international) qui sont aussi impliqués dans la définition d'un nouveau projet spatial MIN2OS (Ricaud et al., 2021) soumis à l'ESA EE12 en septembre 2023. Ref : <b>8612</b> Thème : Atmo Action : GOSAT2-N2O Porteur : RICAUD Philippe Labo : CNRM</p>
<p>Description des travaux sur l'assimilation des températures de surface dans les modèles de prévision numérique du temps (PNT). En 2021 et 2022, Zied Sassi a publié un article sur l'utilisation des températures de surface restituées par l'instrument SEVIRI dans le modèle AROME, pour améliorer l'initialisation de la température du sol. Ses résultats ont montré des améliorations dans l'assimilation des données, notamment pour les observations micro-ondes, et dans les prévisions à court terme (jusqu'à 30 heures). En 2023, il a étendu ces travaux au modèle global ARPEGE, en utilisant les températures de surface restituées par l'instrument IASI. Ref : <b>8613</b> Thème : Atmo Action : IASI Porteur : BIRMAN Camille Labo : CNRM</p>
<p>L'objectif des travaux en cours est une validation du concept NanoCarb pour la mesure de CO2 et CH4 en vue i) de disposer de charges utiles pour les futures campagnes aéroportées scientifiques et (ii) d'affiner la proposition de mission spatiale SCARBO (Space Carbon Observatory). Ref : <b>8616</b> Thème : Atmo Action : NanoCARB-ATR42 Porteur : GOUSSET Silvere Labo : IPAG</p>
<p>Deux instruments IASI-B et IASI-C sont opérationnels en orbite sur Metop-B et Metop-C. L'instrument IASI-A a cessé de fonctionner le 27/11/2021 après désactivation de Metop-A. Des mesures ont été acquises en visées au limbe lors de la séquence de fin de vie EOL-17. Ref : <b>8617</b> Thème : Atmo Action : IASI Porteur : CAMY-PEYRET Claude Labo : IPSL</p>
<p>Notre projet vise à obtenir des observations de protoxyde d'azote (N2O) depuis l'espace afin d'estimer les sources de N2O à l'échelle globale. Nous avons commencé avec les observations de GOSAT (Kangah et al., JGR, 2017), nous poursuivons avec les observations de IASI (Chalinel et al., 2022) et voulons continuer avec les observations de GOSAT2 (proposition acceptée JAXA). Le projet regroupe des scientifiques (France et international) qui sont aussi impliqués dans la définition d'un nouveau projet spatial MIN2OS (Ricaud et al., 2021) soumis à l'ESA EE12 en septembre 2023. Ref : <b>8618</b> Thème : Atmo Action : GOSAT2-N2O Porteur : ATTIE Jean-Luc Labo : LAERO</p>
<p>Les missions IASI (et IASI-NG dans le futur) surveillent la composition de l'atmosphère par satellite. Notre projet concerne 1/ le développement des outils de traitement pour restituer les concentrations, 2/ la distribution via le Pôle AERIS et 3/ l'analyse de ces observations (feux, volcans, pollutions etc.). Ref : <b>8620</b> Thème : Atmo Action : IASI Porteur : CLERBAUX cathy Labo : LATMOS</p>
<p>Ce projet s'intéresse à l'effet des feux de biomasse sur la chimie troposphérique dans l'hémisphère Nord, et leur impact sur la qualité de l'air. Nous nous intéressons plus spécifiquement à la contrainte apportée par les observations IASI sur les émissions et les chemins de transports, ainsi qu'à l'évolution de la contribution des feux à la composition atmosphérique. Ref : <b>8622</b> Thème : Atmo Action : IASI Porteur : TURQUETY Solene Labo : LATMOS</p>
<p>Le projet CATIE permet d'évaluer les capacités de la future mission IRS-MTG à mesurer : 1) les variabilités spatio-temporelles (diurne notamment) de NH3 aux échelles régionale (au-dessus de l'Europe) et locale (au-dessus des villes) et 2) la température de surface et notamment les îlots de chaleur urbains Ref : <b>8623</b> Thème : Atmo Action : IRS-MTG Porteur : VIATTE Camille Labo : LATMOS</p>

<p>La contribution du LATMOS est focalisée sur l'évaluation des erreurs sur le CH<sub>4</sub> stratosphérique dans des modèles et leurs impacts sur les inversions, en collaboration avec le LSCE, ainsi que les SLCFS en région arctique et les activités associées à la Cal/Val.</p> <p>Ref : <b>8624</b> Thème : Atmo Action : MERLIN Porteur : LAW Kathy Labo : LATMOS</p>
<p>Stratégie de validation des missions spatiales GES (MicroCarb, MERLIN, IASI-NG) Projet multi-instruments MAGIC pour améliorer notre connaissance des GES Télédétection FTIR depuis le sol (mesures TCCON et COCCON - instrument EM27/SUN)</p> <p>Ref : <b>8626</b> Thème : Atmo Action : MAGIC Porteur : TE Yao Labo : LERMA</p>
<p>ARGOS a pour but d'utiliser l'imagerie à haute résolution des nouvelles missions Copernicus telles que TROPOMI (à bord de S-5 P) pour le suivi des émissions de polluants d'intérêt pour la qualité de l'air et de gaz à effet de serre en France: NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub></p> <p>Ref : <b>8627</b> Thème : Atmo Action : S5p-TROPOMI-ARGOS Porteur : DUFOUR Gaëlle Labo : LISA</p>
<p>Dans le cadre de la future mission IASI-NG, des travaux pour développer les algorithmes d'inversion des espèces chimiques sont en cours. Au LISA, on s'intéresse à l'inversion de l'ozone troposphérique à partir de méthodes auto-adaptatives et à la détection de composés organiques.</p> <p>Ref : <b>8628</b> Thème : Atmo Action : IASI-NG Porteur : DUFOUR Gaëlle Labo : LISA</p>
<p>L'instrument IASI, dont 3 exemplaires sont actuellement en vol, permet de mesurer de nombreux polluants dont O<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> et certains aérosols comme les poussières et les sulfates, et ainsi d'étudier leur variabilité spatiale et temporelle et de renseigner sur les émissions.</p> <p>Ref : <b>8629</b> Thème : Atmo Action : IASI Porteur : DUFOUR Gaëlle Labo : LISA</p>
<p>Le contexte est le développement de la mission lidar IPDA spatiale MERLIN pour la mesure du rapport de mélange en CH<sub>4</sub> dans l'atmosphère. La mission est passée en phase D avec un lancement prévu en 2028.</p> <p>Ref : <b>8635</b> Thème : Atmo Action : MERLIN Porteur : GIBERT Fabien Labo : LMD</p>
<p>Les travaux proposés portent sur la quantification et la restitution de l'information présente dans les mesures à hautes résolution spectrale dans l'IR de type IASI et IASING concernant la quantité totale d'eau condensée des nuages de glace et de leur altitude.</p> <p>Ref : <b>8636</b> Thème : Atmo Action : IASI-NG Porteur : LABONNOTE Laurent Labo : LOA</p>
<p>Ce WP explore l'apport de l'infra-rouge (IR) hyper-spectrale dans la contrainte de la distribution en taille N(D) de cristaux de glace. Cette utilisation encore nouvelle des mesures de IASI serait d'une grande utilité dans la restitution du nombre de cristaux de glace (Ni).</p> <p>Ref : <b>8637</b> Thème : Atmo Action : IASI Porteur : SOURDEVAL Odran Labo : LOA</p>
<p>ARGOS a pour but d'utiliser l'imagerie à haute résolution des nouvelles missions Copernicus telles que TROPOMI (à bord de S-5 P) pour le suivi des émissions de polluants d'intérêt pour la qualité de l'air et de gaz à effet de serre en France : NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>.</p> <p>Ref : <b>8638</b> Thème : Atmo Action : S5p-TROPOMI-ARGOS Porteur : PISON Isabelle Labo : LSCE</p>
<p>Ce projet vise à utiliser les mesures de haute qualité de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) dans l'infrarouge thermique de l'instrument TANSO-FTS-2 (sur GOSAT-2) pour fournir la première estimation des sources de N<sub>2</sub>O à l'échelle globale partir d'observations spatiales.</p> <p>Ref : <b>8639</b> Thème : Atmo Action : GOSAT2-N<sub>2</sub>O Porteur : PISON Isabelle Labo : LSCE</p>
<p>MERLIN est une mission Franco-Allemande pour la mesure active des colonnes de méthane atmosphérique par LIDAR s'appuyant sur les réflexions de surface et une mesure différentielle (méthode integrated path differential absorption ou IPDA) dont le lancement est prévu en 2028.</p> <p>Ref : <b>8642</b> Thème : Atmo Action : MERLIN Porteur : BOUSQUET Philippe Labo : LSCE</p>
<p>L'objectif des travaux en cours est une validation du concept NanoCarb pour la mesure de CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> en vue (i) de disposer de charges utiles pour les futures campagnes aéroportées scientifiques et (ii) d'affiner la proposition de mission spatiale SCARBO (Space Carbon Observatory).</p> <p>Ref : <b>8785</b> Thème : Atmo Action : NanoCARB-ATR42 Porteur : CROIZE Laurence Labo : ONERA OTA</p>
<p>SURVEYPOLLUTION est centré sur l'observation multispectrale des polluants atmosphériques via le développement des méthodes synergétiques innovantes, l'analyse de ces nouvelles observations et la synergie avec des modèles par comparaison et assimilation.</p> <p>Ref : <b>8926</b> Thème : Atmo Action : SURVEYPOLLUTION Porteur : CUESTA Juan Labo : LISA</p>

<p>T5.1 JUMELET : Des mesures de suivi des panaches d'aérosols volcaniques et de Nuages Stratosphériques Polaires sont réalisées pour l'évaluation des impacts en région polaire des perturbations stratosphériques T5.1 KECKHUT : Le projet Contrails vise à étudier les traînées de condensation. Une extension du projet consiste à étudier à partir de quelle extension, ces traînées peuvent être détectées depuis l'espace. T5.2 DELANOE : RALI va participer à deux campagnes de mesures, la 1ere à Toulouse du 15 Juillet au 31 Juillet 2024 et la seconde au Cap Vert du 10 Aout au 10 Septembre. Les deux campagnes vont contribuer à la cal/val d'EarthCARE via des vols sous trace. Ref : <b>8537</b> Thème : MTO Action : EECLAT Porteur : DELANOE Julien Labo : LATMOS</p>
<p>Exploitation des observations AEOLUS couplées à celles de CALIPSO Préparation de l'exploitation scientifique des observations EarthCare Ref : <b>8538</b> Thème : MTO Action : CALIPSO, EarthCare Porteur : CHEPFER Hélène Labo : LMD</p>
<p>Ref : <b>8544</b> Thème : MTO Action : EECLAT-T5 Porteur : DELANOE Julien Labo : LATMOS</p>
<p>L'objectif de cette demande est d'exploiter la synergie des observations de l'A-Train et de contribuer à la préparation des missions à venir tant du point de vue de la valorisation des données que des outils (transfert radiatif et assimilation). Dans ce contexte, le CNRM est porteur de deux tâches : WP2.1 : Statistical properties of clouds and convection over tropical regions using A-Train measurements and complementary data sets WP3.4 : Amélioration de la distribution de différents types d'aérosols au sein du modèle de Météo-France MOCAGE en utilisant l'assimilation de données (épaisseur optique et profils lidar). Ref : <b>8732</b> Thème : MTO Action : EECLAT Porteur : BOUNIOL Dominique Labo : CNRM</p>
<p>FORUM, 9è Earth Explorer de l'ESA, mesurera l'essentiel du spectre infrarouge (100-1600 cm-1) émis par la Terre à haute résolution spectrale (0.5 cm-1) et volera en tandem avec IASI-NG à partir de 2027. Ref : <b>8733</b> Thème : MTO Action : FORUM Porteur : LIBOIS Quentin Labo : CNRM</p>
<p>Ce projet explore le potentiel des missions actuellement en vol pour documenter les processus de la couche limite marine amenant aux différentes organisations nuageuses observées dans la région des Alizés. Ces observations sont utilisés conjointement à des simulations numériques. Ref : <b>8735</b> Thème : MTO Action : PROCONUM Porteur : BOUNIOL Dominique Labo : CNRM</p>
<p>Les travaux réalisés constituent la tâche 8 de la proposition SOLID (Space-based Optical Lightning Detection) coordonnée par Éric Defer (Laéro). Cette tâche consiste à préparer l'assimilation des observations du futur Lightning Imager (LI) de la mission MTG. Ref : <b>8736</b> Thème : MTO Action : SOLID Porteur : MARTET Maud Labo : CNRM</p>
<p>Stratéole 2 est une mission basée sur des mesures sous ballons longue durée destinée à étudier les processus dynamiques et la composition de la basse stratosphère équatoriale (ondes, QBO, circulation de Brewer Dobson, déshydratation à l'entrée dans la stratosphère) Ref : <b>8738</b> Thème : MTO Action : Stratéole 2 Porteur : RIVIERE Emmanuel Labo : GSMA</p>
<p>L'exploitation des futurs instruments spatiaux (EarthCare, AOS) passe par une connaissance approfondie du rapport de dépolarisation et du rapport lidar de l'aérosol notamment minéral, et ce à plusieurs longueurs d'onde (UV, VIS, IR) et fonction de sa granulométrie. Ref : <b>8739</b> Thème : MTO Action : EECLAT Porteur : MIFFRE Alain Labo : ILM</p>
<p>L'OPAR est un SI INSU effectuant des observations régulières des profils d'aérosols et de nuages à l'aide de plusieurs systèmes lidar et radar. L'objectif de cette demande était de soutenir ces systèmes d'observations et d'appuyer les collaborations scientifiques associées. Ref : <b>8742</b> Thème : MTO Action : EECLAT Porteur : DUFLOT Valentin Labo : LACY</p>
<p>A : diagnostics climatiques nuageux de CALIPSO + GCM (collab LMD, T1.3 EECLAT) B : Microphysique nuages glace depuis lidar spatial (T2.3 EECLAT + ANR ICCARE) C : Nuages stratosphériques polaires et changement climatique (thèse M. Leroux, T2.8 EECLAT) D : Construire des propriétés nuageuses cohérentes de lidars spatiaux consécutifs (collab LMD, T6.2.1 EECLAT) Ref : <b>8743</b> Thème : MTO Action : EECLAT Porteur : NOEL Vincent Labo : LAERO</p>

Le projet Space-based Optical Lightning Detection (SOLID) a pour but de fédérer la communauté française autour des exploitations scientifiques et opérationnelles de l'observation des éclairs depuis l'espace, et d'activités instrumentales en soutien aux campagnes de cal/val.

Ref : **8744** Thème : MTO Action : SOLID Porteur : DEFER Eric Labo : LAERO

Dans le cadre des activités de recherches liées à la validation et à l'exploitation scientifique des mesures de CLOUDSAT et CALIPSO de l'A-Train (et des mesures de ATLID et du Doppler CPR de EarthCARE), la participation du LaMP se focalise sur l'utilisation et la validation des produits nuages (T2) des aérosols (T3), et sur le développement d'outils de transfert radiatif (simulateur lidar et radar McRALI)(T4) ainsi que la mise en œuvre de bases de données issues des observations aéroportées, sol et bateau (T5).

Ref : **8745** Thème : MTO Action : EECLAT Porteur : JOURDAN Olivier Labo : LAMP

L'objectif scientifique du projet Sea2Cloud est l'étude de l'impact des microorganismes marins sur la formation nuageuse au-dessus de l'Océan Pacifique Sud. En particulier, les objectifs de l'expérience Sea2Cloud-CNES sont d'extrapoler les résultats dérivés de l'ERC-Sea2Cloud en utilisant les nouvelles paramétrisations des flux d'aérosols, CCN et IN fournies par les études de processus le long du trajet du navire océanographique au large de la Nouvelle Zélande, à des zones géographiques et à des échelles de temps plus larges à l'aide de données satellitaires et d'exercices de modélisation.

Ref : **8746** Thème : MTO Action : Sea2Cloud Porteur : SELLEGRI Karine Labo : LAMP

Validation des mesures du vent par Aeolus à l'aide des lidar vent OHP et OPAR et des radiosondages Etude des ondes de gravité à partir des mesures Aeolus

Ref : **8747** Thème : MTO Action : AEOLUS Porteur : KHAYKIN Sergey Labo : LATMOS

On s'attache dans cette étude à restituer les précipitations à partir de données satellite sur les LEO équipés de radiomètres hyperfréquence passifs et de radar. Pour ce faire on a utilisé des méthodes d'apprentissages profonds (U-net).

Ref : **8748** Thème : MTO Action : DRAIN Porteur : VILTARD Nicolas Labo : LATMOS

Description des activités liées à l'observation des aérosols et des nuages stratosphériques polaires. Les mesures lidar DDU (JUMELET) effectuées au Maïdo observatory depuis 2015, en collaboration avec LACY, continuent de fournir des données sur l'AOD (aérosol optical depth), l'altitude des nuages et leur fréquence. L'objectif est de suivre l'évolution à long terme de la fréquence des nuages en lien avec les changements climatiques. Une autre action concerne l'utilisation des données lidar AOS pour améliorer les simulations des aérosols dans les modèles de chimie-transport, en facilitant la comparaison entre les données observées et les modèles via des simulations d'observables.

Ref : **8749** Thème : MTO Action : EECLAT Porteur : DELANOE Julien Labo : LATMOS

In frame of SOLID project, we developed The SDA-2 (Short Dipole Antenna-2) instrument coupled to an optical system. Few campaigns performed in 2015-2021 in frame of SOLID project allowed to validate and improve the SDA-2 instrumental concept and to perform a fine cross-analysis with the VHF SAETTA and Meteorage data.

Ref : **8750** Thème : MTO Action : SOLID Porteur : SERAN Elena Labo : LATMOS

Le LATMOS a développé deux instruments qui ont fonctionné avec succès pendant les deux premières campagnes Stratéole 2 : le bolomètre BOLDAIR (PI A. Hauchecorne) et le lidar BeCOOL (PI F. Ravetta). Travaux sur la dynamique petite échelle, la climatologie des cirrus et le bilan radiatif associé en région tropicale

Ref : **8751** Thème : MTO Action : STRATEOLE-2 Porteur : WILSON Richard Labo : LATMOS

Le projet Stratéole 2 vise à améliorer nos connaissances des processus dynamiques et physiques de la région de la tropopause tropicale. Il est organisé autour de 3 campagnes de ballons longue-durée en 2019, 2021 et 2025.

Ref : **8755** Thème : MTO Action : STRATEOLE-2 Porteur : HERTZOG Albert Labo : LMD

Participation au projet Strateole 2 avec le mini-compteur d'aérosols LOAC (4 instruments) pour chaque campagne. Préparation la campagne de 2025.

Ref : **8759** Thème : MTO Action : Stratéole 2 Porteur : RENARD jean-baptiste Labo : LPC2E

Développement d'un nouveau système de contrôle commande pour le LIDAR aéroporté Léandre Nouvelle Génération du système RALI et contribution au Groupe Opérationnel National LIDAR.

Ref : **8794** Thème : MTO Action : CCLAS Porteur : DELANOE Julien Labo : LATMOS

Le but de ce projet est de comparer les sorties du modèle global CNRM-ESM, intégrant le schéma PISCES, aux observations spatiales qui sont développées par le LOV. La deuxième étape sera de simuler les émissions de sels marins en fonction de la concentration en nanophytoplancton.

Ref : **8796** Thème : MTO Action : SEA2CLOUD Porteur : MALLET Marc Labo : CNRM

RALI est une plateforme radar-lidar aéroportée pour l'étude des nuages et des aérosols. Elle est également fortement sollicitée pour l'activité de calibration/validation d'EarthCARE dont le lancement est prévu le 1er Mai 2024.

Ref : **8798** Thème : MTO Action : EECLAT-T5-RALI Porteur : DELANOE Julien Labo : LATMOS

T1.5 vise à développer des algorithmes novateurs pour la mission CALIPSO (A-Train) et en préparation à la mission EarthCare. Ces développements visent des restitutions multi-couches de propriétés de nuages liquide et de glace comme la concentration en nombre de particules.

Ref : **8799** Thème : MTO Action : EECLAT T1.4 Porteur : SOURDEVAL Odran Labo : LOA

Mission franco-israélienne de type « nanosatellite » dédiée à l'étude des nuages et de la convection pour le suivi du changement climatique, arrêtée à l'automne 2021

Ref : **8888** Thème : MTO Action : C3IEL-2 Porteur : RICARD Didier Labo : CNRM

Le projet de mission AOS résulte du Decadal Survey (NASA). C2OMODO contribue à la problématique scientifique de AOS touchant aux systèmes convectifs précipitants. Il fait actuellement l'objet d'une Phase A en France.

Ref : **8889** Thème : MTO Action : C2OMODO Porteur : BOUNIOL Dominique Labo : CNRM

Le projet de mission AOS résulte du Decadal Survey (NASA). C2OMODO contribue à la problématique scientifique de AOS touchant aux systèmes convectifs précipitants. Il fait actuellement l'objet d'une Phase A en France.

Ref : **8892** Thème : MTO Action : AOS Porteur : CLOCHE Sophie Labo : IPSL

Le projet a contribué aux études sur les aérosols du Système d'Observation Atmosphérique "AOS". Dans le cadre du projet, l'équipe LOA a collaboré avec l'équipe de LISA pour évaluer les performances de la récupération des aérosols en utilisant différentes configurations de lidars AOS et/ou de polarimètres.

Ref : **8894** Thème : MTO Action : AOS Porteur : DUBOVIK Oleg Labo : LOA

Nous proposons de travailler sur l'implémentation d'une base de données relationnelle « virtuelle » (car les données AOS ne seront pas encore disponibles) entre la base de données de l'OPAR-Maïdo et les futurs profils verticaux des plateformes AOS-I et AOS-P au-dessus de la station.

Ref : **8895** Thème : MTO Action : AOS Porteur : SICARD Michael Labo : LACY

Le financement associé à ce rapport d'activité a été versé en avance de phase. Les activités financées ici seront menées en 2024. Le présent rapport ne contient donc aucun résultat. Une mise à jour du rapport sera envoyée au CNES fin novembre 2024.

Ref : **8896** Thème : MTO Action : C3IEL-2 Porteur : DEFER Eric Labo : LAERO

Le projet de mission AOS résulte du Decadal Survey (NASA). C2OMODO contribue à la problématique scientifique de AOS touchant aux systèmes convectifs précipitants. Il fait actuellement l'objet d'une Phase A en France.

Ref : **8897** Thème : MTO Action : AOS Porteur : CHABOUREAU Jean-Pierre Labo : LAERO

Le projet de mission AOS résulte du Decadal Survey (NASA). C2OMODO contribue à la problématique scientifique de AOS touchant aux systèmes convectifs précipitants. Il fait actuellement l'objet d'une Phase A en France.

Ref : **8898** Thème : MTO Action : AOS Porteur : BROGNIEZ Helene Labo : LATMOS

Dans le cadre de l'étude des changements climatiques, nous étudions le rôle que les nuages jouent dans les rétroactions climatiques, leur couplage avec leur environnement et la façon dont les modèles simulent leurs propriétés.

Ref : **8902** Thème : MTO Action : EMC-Sat Porteur : DUFRESNE Jean-Louis Labo : LMD

Après un arrêt en 2021, la mission C3IEL a été reprogrammée au printemps 2023 et un passage en phase B est prévu début 2024. Les études scientifiques engagées précédemment se sont poursuivies et d'autres sont en cours de reprise et avanceront en 2024.

Ref : **8904** Thème : MTO Action : C3IEL-2 Porteur : CORNET Celine Labo : LOA

Ce projet vise à l'observation innovante des aérosols par la future mission conjointe NASA/CNES/JAXA/CSA appelée AOS « Atmosphere Observing System » embarquant des lidars et des polarimètres multi-angulaires.  
Ref : **8923** Thème : MTO Action : EECLAT-T6 Porteur : CUESTA Juan Labo : LISA

## OCEAN

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

Le projet STORM-SAT vise à échantillonner les propriétés des océans tropicaux et à étudier l'écologie des tortues marines au moyen de tortues équipées de balises Argos et de capteurs environnementaux permettant de compléter les jeux de données de TSM et de salinité acquis dans le cadre de nombreux programmes spatiaux.

Ref : **7992** Thème : Ocean Action : STORM-SAT Porteur : BOUSQUET Olivier Labo : LAcY

Ce projet assure le développement d'un appareil photo sous-marin miniature grande profondeur composé d'un module photographique associé un module d'échosondage contrôlant le déclenchement des prises de vue afin d'identifier des organismes marins d'1 mm à plusieurs dizaines de cm.

Ref : **7993** Thème : Ocean Action : SOS-BIO Porteur : GUINET Christophe Labo : CEBC

This project is derived from the TOSCA STREAM (F. Arduin). It focuses on the ocean-atmosphere coupling and on the route of energy in the Ocean, i.e., the part led by L. Renault. This proposal is directly related to the satellite project ODYSEA that will aim to measure surface current and stress.

Ref : **8022** Thème : Ocean Action : ODYSSEA Porteur : RENAULT Lionel Labo : LEGOS

Utilisation de données spatiales d'altimétrie, de température de surface et de couleur de l'eau pour développer des méthodes d'initialisation de projections ensemblistes visant à évaluer comment le changement global impacte le fonctionnement des écosystèmes marins régionaux.

Ref : **8023** Thème : Ocean Action : POSYDONIE Porteur : BRASSEUR Pierre Labo : IGE

Le programme EUREC4A-OA vise à mesurer et à déterminer l'évolution des structures océaniques de méso et de sous méso échelles dans la région à l'ouest de la rétroflexion du North Brazil Current, et à quantifier l'interaction de ces structures avec la basse atmosphère.

Ref : **8024** Thème : Ocean Action : EUREC4A-OA Porteur : CARTON Xavier Labo : LOPS

La proposition s'inscrit dans le cadre de l'OSTST et consiste à l'évaluation des données satellitaires de vagues (altimétrie, et autres...) sur les modèles opérationnels de prévision des états de mer. Le développement d'études d'impact de nouvelles données et l'amélioration de la physique des modèles font partie également des objectifs de la proposition.

Ref : **8645** Thème : Ocean Action : WAVES Porteur : AOUF Lotfi Labo : CNRM

Dans le cadre du projet PolarPod (structure qui va dériver pendant 3 ans dans le courant circum polaire antarctique), des mesures de CO2 dans l'eau de mer seront faites. Pour effectuer ces mesures, le capteur Carioca/Biocarex qui a été développé par la DT depuis 20 ans sera utilisé.

Ref : **8646** Thème : Ocean Action : POLARPOD Porteur : CALZAS Michel Labo : DT INSU

L'objectif de cette expérience est de développer un service national de traitement de données GNSS pour les campagnes de CAL/VAL altimétriques passées et futures. Ceci inclut le positionnement cinématique précis (bateaux, bouées) et le développement du traitement de la réflectométrie GNSS.

Ref : **8647** Thème : Ocean Action : FOAM Porteur : SANTAMARIA Alvaro Labo : GET

Amélioration de la modélisation dynamique et des mesures utilisées en orbitographie précise pour les missions d'océanographie spatiale afin de réduire les erreurs interannuelles d'orbite régionales affectant la mesure du niveau moyen des mers à l'échelle des bassins océaniques.

Ref : **8648** Thème : Ocean Action : POD Porteur : COUHERT Alexandre Labo : GET

À la suite des projets SWALIS et KaRADOc, les travaux font évoluer la structure de ces capteurs vers le capteur HOMARDS (Hydro- and Oceanographic Measurements : an Agile RaDar System) dont la conception a débuté en 2022 et qui se poursuit en 2023 en soutien de la mission ODYSEA.

Ref : **8649** Thème : Ocean Action : WaCM-courants Porteur : MERIC Stéphane Labo : IETR

The main objective of SABIO is to improve our understanding of the physical processes in the Southwestern Atlantic that impact the biological productivity and the regional ecosystems through the use of satellite altimetry, in-situ and model output data.

Ref : **8650** Thème : Ocean Action : SABIO Porteur : SARACENO Martin Labo : IFAECI

<p>Nos activités visent à explorer et développer des méthodes basées sur l'apprentissage profond pour l'amélioration des produits altimétriques haute résolution autour de la thématique DUACS.  Ref : <b>8658</b> Thème : Ocean Action : Multimission-merging-HR-Altimetry Porteur : FABLET ronan Labo : LAB-STICC</p>
<p>Nos activités visent à explorer et développer des méthodes basées sur l'apprentissage profond pour l'exploitation des données de la mission SWOT, en particulier pour des objectifs de calibration et reconstruction des champs altimétriques et courants de surface.  Ref : <b>8659</b> Thème : Ocean Action : DIEGO Porteur : FABLET ronan Labo : LAB-STICC</p>
<p>La correction précise de la marée et de la surcote reste un enjeu majeur dans l'exploitation de la donnée altimétrique spatiale, et le projet vise à satisfaire les exigences toujours plus grandes dans ce domaine, en particulier les mers côtières.  Ref : <b>8662</b> Thème : Ocean Action : Ocean-High-Freq-Dynamics Porteur : LYARD Florent Labo : LEGOS</p>
<p>The main project goal is to study mesoscale and sub-mesoscale water dynamics (both in ice-free and ice-covered period) of large deep lakes (such as Baikal and Hovsgol) using multi-satellite remote sensing observations and dedicated field work.  Ref : <b>8663</b> Thème : Ocean Action : LAKEDDIES Porteur : KOURAEV Alexei Labo : LEGOS</p>
<p>L'objectif principal de ce projet est de renforcer les liens scientifiques et les échanges en matière de mesures altimétriques, de traitement des données, de validation et d'applications entre les experts travaillant sur différentes surfaces terrestres (océan ouvert et côtier et eaux continentales).  Ref : <b>8664</b> Thème : Ocean Action : PRIAM Porteur : BIROL Florence Labo : LEGOS</p>
<p>L'expérience Sea Change vise à améliorer les observations du niveau de la mer aux échelles climatiques pour permettre 1) de mieux comprendre les causes actuelles de la montée et de l'accélération du niveau de la mer 2) de mieux comprendre la physique du cycle globale de l'eau et de l'énergie au cœur duquel se situe l'océan 3) d'évaluer les modèles de climat et leur capacité à prédire les variations futures du niveau de la mer 4) d'estimer la hausse du niveau de la mer à la côte et ses causes 5) d'analyser le bilan du niveau de la mer à l'échelle régionale  Ref : <b>8665</b> Thème : Ocean Action : SeaChange Porteur : MEYSSIGNAC Benoît Labo : LEGOS</p>
<p>Notre objectif est de développer la mesure littoral en optique dans son ensemble, bathymétrie, topographie, trait de côte et vagues. Les capteurs utilisés sont Sentinel-2, VENUS, Pleiades, JILIN et Pleiades Neo, en préparation de CO3D.  Ref : <b>8666</b> Thème : Ocean Action : S2Shores Porteur : ALMAR Rafael Labo : LEGOS</p>
<p>COCTO-FO se concentre sur deux problématiques parmi les défis majeurs de la mission SWOT : l'observation des processus dynamiques des zones côtières/deltaïques/estuariennes, et la caractérisation/séparation du signal lié aux marées internes de celui lié à la circulation (sub)méso-échelle  Ref : <b>8668</b> Thème : Ocean Action : COCTO-FO Porteur : AYOUB Nadia Labo : LEGOS</p>
<p>Les données SWOT nous permettront de caractériser les interactions Air-Mer, de valider les simulations numériques, d'étudier leur importance, et de mieux les représenter dans nos modèles. Des inter-comparaisons permettront d'évaluer quelle partie du signal est capturée par les données..  Ref : <b>8669</b> Thème : Ocean Action : I-CASCADE Porteur : RENAULT Lionel Labo : LEGOS</p>
<p>SWOT-Brésil se focalise sur les petites échelles de la dynamique océanique au large de l'Amérique du Sud, dans la bande tropicale, le long du plateau continental. Deux zones clés (génération d'ondes internes, échanges courants-tourbillons, production primaire remarquables): plateau Amazone (AMAZOMIX) ; le long des Bancs d'Abrolhos (SWOT-Abrolhos) et de la dorsale Vitoria-Trindade.  Ref : <b>8670</b> Thème : Ocean Action : SWOT Brésil Porteur : HERNANDEZ Fabrice Labo : LEGOS</p>
<p>L'objectif principal de ce projet est d'évaluer l'amélioration apportée par les données SWOT pour décrire et étudier la dynamique à haute résolution à mésoéchelle dans le golfe de Guinée (GG, figure 1). Figure 1: Scheme of the circulation of the Gulf of Guinea adapted from Hopkins et al. (2013). The main currents and front: SEC (South Equatorial Current with its two northern and southern branches), GC (Guinean Current), EUC (Equatorial Under Current) and its southern subdivision: SEUC (South Equatorial Undercurrent), AG (Angola Gyre or Dome) and ABF (Angola-Benguela Front). The four dedicated case studies are in red color.  Ref : <b>8671</b> Thème : Ocean Action : SWOT-GG Porteur : DADOU isabelle Labo : LEGOS</p>
<p>Ce projet est motivé par les interactions entre la marée interne et la méso/sous mésoéchelle dans la région de la Nouvelle-Calédonie couverte par une fauchée SWOT lors de la phase de cal/val. Le projet s'appuie sur de la modélisation à haute résolution et sur les campagnes SWOTALIS dans le contexte de SWOTAdac.  Ref : <b>8672</b> Thème : Ocean Action : SWOT in the tropics Porteur : GOURDEAU Lionel Labo : LEGOS</p>

<p>L'objectif de ce projet est l'étude des marées internes (ITs), et des ondes solitaires internes (ISW) associées, au large du plateau amazonien et leur impact sur les changements locaux ou régionaux de la température et de la concentration en chlorophylle grâce à : imagerie de télédétection (différents capteurs/satellites), modèle et données AMAZOMIX in situ dédiées.</p> <p>Ref : <b>8673</b> Thème : Ocean Action : Plateau-amazonien Porteur : KOCH-LARROUY Ariane Labo : LEGOS</p>
<p>Dans cette proposition multi-laboratoires, le LEGOS contribue à la collecte de données de SSS in situ pour la cal/val SMOS via le SNO-SSS, et à des études thématiques sur la SSS dans les océans tropicaux et l'Océan Austral combinant données in situ, SMOS et modèles.</p> <p>Ref : <b>8674</b> Thème : Ocean Action : SMOS-OCEAN Porteur : ALORY Gael Labo : LEGOS</p>
<p>Le projet TRISHNA est centré sur la définition des caractéristiques scientifiques et techniques de la future mission TRISHNA sur l'IRT à très haute résolution spatiale (~ 50-100m) et ses applications pour l'étude de l'environnement. La contribution LEGOS au projet TRISHNA concerne les deux volets : eaux côtières et cryosphère. Ne sont décrites dans ce rapport que les activités sur les eaux côtières et lagunaires puisque les activités eaux côtières et cryosphère sont depuis 2023 dans deux projets séparés.</p> <p>Ref : <b>8675</b> Thème : Ocean Action : TRISHNA-CLEC Porteur : DADOU isabelle Labo : LEGOS</p>
<p>Étude de l'effet des fronts de sub-mésoséchelle sur la production primaire de surface et les écosystèmes. Dans le contexte de SWOT, comment peut-on estimer la production primaire de surface dans les fronts de sub-mésoséchelle à partir de données satellites (altimétrie et couleur de l'océan) ?</p> <p>Ref : <b>8676</b> Thème : Ocean Action : DIEGO Porteur : RIVIERE Pascal Labo : LEMAR</p>
<p>EUREC4A-OA est un vaste projet international, articulé autour d'une campagne d'envergure d'un mois, qui vise à faire progresser la compréhension de la dynamique de petite échelle océanique et les processus régissant les échanges océan-atmosphère à ces échelles ainsi que leur impact.</p> <p>Ref : <b>8677</b> Thème : Ocean Action : EUREC4A-OA Porteur : SPEICH Sabrina Labo : LMD</p>
<p>Le projet BioSWOT CapeCauldron vise à l'étude phénoménologique de la dynamique de méso- et sous-mésos-échelle ainsi que à déterminer son impact sur les interactions air-mer et le microbiome marin par une campagne internationale interdisciplinaire inédite, avec la participation de plusieurs navires et systèmes d'observation autonomes.</p> <p>Ref : <b>8678</b> Thème : Ocean Action : BIOSWOT-AdAC Porteur : SPEICH Sabrina Labo : LMD</p>
<p>Le projet porte sur l'impact du couplage air-mer sur la couche limite atmosphérique. Nous voulons caractériser le lien entre les différentes données mesurées par le satellite SWOT (hauteur de la surface de la mer et tension de vent de surface) aux échelles de 5 à 200km.</p> <p>Ref : <b>8679</b> Thème : Ocean Action : I-CASCADE Porteur : LAPEYRE Guillaume Labo : LMD</p>
<p>BACI vise à produire et utiliser des produits altimétriques satellitaires et des modèles opérationnels de pointe dans l'Atlantique Sud-Ouest pour améliorer notre compréhension des processus physiques qui ont de grands impacts sur les écosystèmes marins et le climat tant régional que global.</p> <p>Ref : <b>8680</b> Thème : Ocean Action : BACI Porteur : ARTANA Camila Labo : LOCEAN</p>
<p>This project proposes to study altimetry-derived Lagrangian structures in the South Indian Ocean, along three axes: • their decadal variability, including possible trends related to climate change. • their integrated impact at different levels of the trophic web. • their contribution in terms of knowledge basis for marine protected areas.</p> <p>Ref : <b>8681</b> Thème : Ocean Action : KERTREND-SAT Porteur : D'OVIDIO Francesco Labo : LOCEAN</p>
<p>Coordination of the "Adopt-a-Crossover" Consortium, aimed at instrumenting a large number of sites during the SWOT mission, mainly crossovers during the fast-sampling-phase. Exploration of scientific questions specifically related to the spatiotemporal scales that SWOT will reveal, through high resolution model analysis.</p> <p>Ref : <b>8682</b> Thème : Ocean Action : BIOSWOT-AdAC Porteur : D'OVIDIO Francesco Labo : LOCEAN</p>
<p>Ce projet propose de l'acquisition de séries temporelles in situ pour la validation de différentes missions satellite (particulièrement celles dédiées à la mesure d'épaisseur de glace) entre le Pôle Nord, où la bouée « Ice-T » est déployée, et le détroit de Fram.</p> <p>Ref : <b>8683</b> Thème : Ocean Action : SAI CAPIScO Porteur : VIVIER Frederic Labo : LOCEAN</p>
<p>Travaux d'accompagnement scientifique des mesures SMOS-Salinité sur l'océan.</p> <p>Ref : <b>8684</b> Thème : Ocean Action : SMOS-OCEAN Porteur : BOUTIN Jacqueline Labo : LOCEAN</p>

<p>Mieux cerner les besoins des utilisateurs vis à vis de mesures de salinité à la surface de la mer à 10-15km de résolution, promotion de la mission, collaborations nationales et internationales  Ref : <b>8685</b> Thème : Ocean Action : SMOS-HR Porteur : BOUTIN Jacqueline Labo : LOCEAN</p>
<p>Etude des capacités et des performances d'un lidar spatial profileur dédié à l'observation des océans pour l'estimation des propriétés optiques et biogéochimiques de la colonne d'eau. Initiation de création d'une communauté française sur le lidar océan.  Ref : <b>8687</b> Thème : Ocean Action : LidarOcean Porteur : JAMET Cédric Labo : LOG</p>
<p>Le projet s'inscrit dans la démarche de préparation et d'exploitation des premières données de la mission SWOT. Les participants appartiennent à la science-team SWOT. En particulier, il s'agit d'évaluer la pertinence de données pour des applications de l'altimétrie SWOT en zones côtières et estuariennes.  Ref : <b>8688</b> Thème : Ocean Action : COCTO-FO Porteur : SENTCHEV Alexei Labo : LOG</p>
<p>Ce projet a pour objectif de développer des outils et de démontrer l'intérêt de la complémentarité des observations in situ et satellite en termes d'échelles d'observation pour 1) décrire les évolutions à long terme (évolution des signaux moyens et des oscillations saisonnières) des caractéristiques biogéochimiques des eaux côtières françaises de l'échelle locale à l'échelle synoptique 2) d'apprécier l'impact et la résilience des écosystèmes côtiers notamment suite à des événements climatiques extrêmes.  Ref : <b>8689</b> Thème : Ocean Action : OSYNICO Porteur : VANTREPOTTE vincent Labo : LOG</p>
<p>Le travail réalisé dans le cadre de ce projet correspond à la valorisation scientifique du satellite CFOSAT. Les participants au projet appartiennent à la CFOSAT science team, du côté français et chinois.  Ref : <b>8690</b> Thème : Ocean Action : MULTIFLUX Porteur : SCHMITT François Labo : LOG</p>
<p>L'activité principale de l'année 2023 a été la préparation et la soumission de la proposition « ODYSEA » à l'appel Earth System Explorer de la NASA.  Ref : <b>8691</b> Thème : Ocean Action : WaCM-courants Porteur : ARDHUIN Fabrice Labo : LOPS</p>
<p>Le phytoplancton est une composante essentielle du fonctionnement des écosystèmes marins et du cycle du carbone. Si les variations saisonnières et interannuelles de la biomasse phytoplanctonique sont relativement bien observées/comprises/modélisées, ce n'est pas le cas sur des échelles de temps plus longues dû au manque d'observations et aux incertitudes liées à l'équilibre complexe des processus qui contrôlent leur devenir.  Ref : <b>8692</b> Thème : Ocean Action : ANAPAIS Porteur : MARTINEZ elodie Labo : LOPS</p>
<p>Exploitation des mesures de la mission SMOS concernant le développement de produits de salinité de surface de l'océan et de vent de surface. Animation de la communauté scientifique nationale et internationale autour de la mesure de la salinité de surface par satellite et sa validation. Etudes scientifiques basées sur l'exploitation des mesures de salinité et de vents forts de surface issues de SMOS, AQUARIUS et SMAP. Préparation des futures missions radiométriques bande L (CIMR, SMOS-HR).  Ref : <b>8695</b> Thème : Ocean Action : SMOS-OCEAN Porteur : REUL Nicolas Labo : LOPS</p>
<p>Le projet SEASONS prévoit une analyse systématique des performances des systèmes d'observations existants (satellitaire et BGC-Argo) de la biomasse phytoplanctonique, dans le but d'améliorer les simulations globales produites par les modèles opérationnels.  Ref : <b>8696</b> Thème : Ocean Action : SEASONS Porteur : D'ORTENZIO Fabrizio Labo : LOV</p>
<p>Afin de valoriser les activités APR, nous avons prévu de compiler et publier les synthèses des paragraphes a, b et c a) SYNTHÈSE - Contexte de l'expérienceLe consortium <a href="https://swot-adac.org">https://swot-adac.org</a> a développé un consortium international pour coordonner plusieurs campagnes pendant la fast-sampling phase de SWOT, dont la campagne BioSWOT-Med portée par le MIO, afin d'exploiter les données SWOT pour l'étude du couplage physique-biogéochimie à fine échelle.  Ref : <b>8697</b> Thème : Ocean Action : BIOSWOT-AdAC Porteur : DOGLIOLI Andrea Labo : MIO</p>
<p>L'expérience vise à proposer l'état de l'art des algorithmes et de leur qualification pour les produits de température de surface de la mer en zone côtière et des eaux intérieures issus de TRISHNA. Des propositions et la validation de méthodes concernant les masques nuages/eau/terre/glace font également partie des objectifs.  Ref : <b>8763</b> Thème : Ocean Action : TRISHNA-CLEC Porteur : AUTRET Emmanuelle Labo : LOPS</p>
<p>La mission franco-chinoise CFOSAT dédiée à la mesure du spectre directionnel des vagues et du vent à la surface de l'océan est en phase d'exploitation (lancement en octobre 2018). Après 2 années, principalement dédiées à la validation des données et à l'amélioration des produits, l'année 2021 marque le début d'une intense activité de publication d'articles sur des analyses scientifiques hors CAL/VAL. Le travail scientifique se poursuit également dans une démarche d'amélioration continue des données fournies à la communauté.  Ref : <b>8767</b> Thème : Ocean Action : CFOSAT Porteur : AOUF Lotfi Labo : CNRM</p>

<p>Le projet Maeva vise une meilleure compréhension des mécanismes de génération, d'intensification et de dissipation des vagues extrêmes. Il repose sur les données des missions CFOSAT et SWOT, combinées à des développements numériques, et complétées de mesures in situ.</p> <p>Ref : <b>8768</b> Thème : Ocean Action : MAEVA Porteur : PLANES Serge Labo : CRIOBE</p>
<p>Le projet Maeva vise une meilleure compréhension des mécanismes de génération, d'intensification et de dissipation des vagues extrêmes. Il repose sur les données des missions CFOSAT et SWOT, combinées à des développements numériques, et complétées de mesures in situ.</p> <p>Ref : <b>8769</b> Thème : Ocean Action : MAEVA Porteur : DORMY Emmanuel Labo : DMA</p>
<p>Il s'agit d'étudier les vagues à crêtes courtes (Short Crested Waves, SCW) d'un point de vue fondamental et en utilisant, aussi, les données CFOSAT. Le fondamental comporte une étude linéaire et une étude faiblement non linéaire (à l'IRPHE). Le but étant de comprendre le mécanisme de formation des vagues scélérates pour en établir, in fine, un indicateur fiable.</p> <p>Ref : <b>8771</b> Thème : Ocean Action : CROSSEAS Porteur : ABID Malex Labo : IRPHE</p>
<p>Le projet Maeva vise une meilleure compréhension des mécanismes de génération, d'intensification et de dissipation des vagues extrêmes. Il repose sur les données des missions CFOSAT et SWOT, combinées à des développements numériques, et complétées de mesures in situ.</p> <p>Ref : <b>8772</b> Thème : Ocean Action : MAEVA Porteur : LUDIVINE ORUBA Labo : LATMOS</p>
<p>Le projet de mission spatiale GALENE soumis à l'ESA dans le cadre de l'appel à idée Earth Explorer-12 (2023) vise à l'étude des écosystèmes aquatiques côtiers et des eaux intérieures. Les objectifs scientifiques concernent l'étude du cycle du carbone et de la biodiversité, l'analyse de la qualité de l'eau, l'étude de l'incidence des processus naturels et sociétaux sur ces écosystèmes et la contribution à la définition d'une gestion durable des ressources en eau.</p> <p>Ref : <b>8773</b> Thème : Ocean Action : GALENE EE12 Porteur : CHAMI Malik Labo : LATMOS</p>
<p>Les données CFOSAT nous permettront de caractériser les interactions Air-Mer-Vagues, de valider les simulations numériques, d'étudier leur importance, et de mieux les représenter dans nos modèles.</p> <p>Ref : <b>8775</b> Thème : Ocean Action : THETHYS Porteur : RENAULT Lionel Labo : LEGOS</p>
<p>Cette demande TOSCA de « SWOT-Océans Lead » est pour objectif de financer les missions et déplacements de R. Morrow, en tant que Project Scientist SWOT -Océans, liée à la préparation de la mission SWOT pour le Projet, et les missions pour le CDI-SWOT Océan (50% O. Vergara ; 50% R. Chevrier)</p> <p>Ref : <b>8777</b> Thème : Ocean Action : SWOT-CTOH Porteur : MORROW Rosemary Labo : LEGOS</p>
<p>Le travail de PI est centré sur 4 activités : participation aux développements algorithmiques dans l'ADT, préparation de la Cal/Val de SWOT, animation de l'équipe scientifique, et valorisation / présentation de la mission lors de conférences et séminaires</p> <p>Ref : <b>8778</b> Thème : Ocean Action : PI-SWOT-HYDRO Porteur : CRETAUX Jean-Francois Labo : LEGOS</p>
<p>Cette étude se penche sur les fronts océaniques de fine échelles (1km—50km) qui structurent fortement les écosystèmes. Cette structuration est bien observée, mais nous cherchons à mieux quantifier l'impact des fronts de manière plus globale, à l'échelle de bassins océaniques par exemple.</p> <p>Ref : <b>8779</b> Thème : Ocean Action : BIOFRONTS Porteur : LEVY Marina Labo : LOCEAN</p>
<p>L'étude que nous proposons s'intègre dans le cadre générale de l'étude de la matière organique particulaire océanique et a pour objectif de développer de nouveaux algorithmes permettant de caractériser, et cela pour la première fois, les variations spatio-temporelles de l'azote, et du phosphate organique particulaire. Ces algorithmes seront alors appliqués aux données satellites acquises depuis 20 ans afin d'en étudier leur variabilité spatio-temporelle à l'échelle de l'océan global.</p> <p>Ref : <b>8780</b> Thème : Ocean Action : COUL-PNP Porteur : LOISEL Hubert Labo : LOG</p>
<p>Le plancton, vital pour les processus océaniques, est un indicateur clé du dérèglement climatique. Son étude, notamment à l'aide du concept de niche écologique basée sur la relation entre abondance et conditions environnementales, permet de comprendre sa distribution spatiale et son impact.</p> <p>Ref : <b>8781</b> Thème : Ocean Action : BD-plancton-HR-HT Porteur : BEAUGRAND GREGORY Labo : LOG</p>
<p>L'objectif du projet est de reconstruire/identifier/valider les données satellites du courant de surface, à l'aide d'observation par HFRADAR, de simulations numériques et de méthodes d'apprentissage. Les données d'altimétrie et du SAR Sentinel sont utilisées.</p> <p>Ref : <b>8782</b> Thème : Ocean Action : SFUSVEL Porteur : MOLCARD Anne Labo : MIO</p>

<p>Le projet GLISS a pour objectif de tirer partie des systèmes d'observation en place (glider, mouillage, campagne) en Méditerranée et dans les Mers Nordiques afin de comparer les données les mesures satellite SWOT de courants de surface avec des mesures in situ. Ref : <b>8783</b> Thème : Ocean Action : GLISS Porteur : BOSSE Anthony Labo : MIO</p>
<p>Ce projet a pour ambition de développer des indicateurs du risque d'occurrence de vagues scélérates dans des mers croisées. Les données de CFOSAT seront utilisées pour la simulation numériques d'états de mers croisées et/ou la réanalyse de cas connus avec formation de vagues scélérates en présence de mers croisées. Ref : <b>8784</b> Thème : Ocean Action : CROSSEAS Porteur : MARC FRANCIUS Labo : MIO</p>
<p>Ce projet est une proposition technique qui accompagne le traitement de données des projets scientifiques CNES/TOSCA soumis en 2020-2022. Elle vise à consolider des activités du LOCEAN autour de la collecte et du traitement de données à travers un contrat CDD mutualisé. Ref : <b>8802</b> Thème : Ocean Action : MUSIC Porteur : KHVOROSTYANOV Dimitry Labo : LOCEAN</p>
<p>The main objective of this project is to improve the exploitation of sea sate satellite observations in the coastal zone (defined herein as the 0-50km coastal strip) and stimulate the uptake of this data for scientific and civil applications. Ref : <b>8864</b> Thème : Ocean Action : SEASTAC Porteur : DODET Guillaume Labo : LOPS</p>
<p>Dans le contexte du lancement de SWOT, durant la phase de haute répétitivité, une campagne en mer a été organisée en 2023 (C-SWOT2023) entre Marseille et Minorque en Méditerranée Nord-Occidentale dans une perspective de calibration, de validation et de valorisation de cette mission. Ref : <b>8865</b> Thème : Ocean Action : BIOSWOT-AdAC Porteur : GARREAU Pierre Labo : LOPS</p>
<p>Cette expérience vise à mieux caractériser la variabilité rapide (marée interne en particulier) à la surface de l'océan en vue de la meilleure valorisation des données SWOT. Ref : <b>8866</b> Thème : Ocean Action : DIEGO Porteur : PONTE Aurélien Labo : LOPS</p>
<p>Les données des capteurs de CFOSAT sont étudiées afin de montrer leur utilité et usage sur les zones polaires : pour l'observation de la banquise et pour la détection des icebergs, et ce sur les deux pôles ; de plus, une nouvelle méthode de calibration instrumentale de cosmologie est testée. Ref : <b>8867</b> Thème : Ocean Action : 4SICCI Porteur : GIRARD-ARDHUIN Fanny Labo : LOPS</p>
<p>In LAGOON, we aim to qualify these different missions to monitor offshore wave incident conditions, and their potential to provide information on waves in large lagoons such as those of New Caledonia and Rangiroa atoll (French Polynesia), located in the Pacific Ocean. Ref : <b>8868</b> Thème : Ocean Action : CFOSAT-LAGOON Porteur : SWEN JULLIEN Labo : LOPS</p>
<p>o Comparaison des mesures SWIM avec les simulations numériques ECMWF pour les vitesses de vent et les hauteurs significatives de vagues o Comparaison des mesures SWIM avec des mesures obtenues par une ou plusieurs bouées Spotter au large de l'Irlande Ref : <b>8879</b> Thème : Ocean Action : CFOSAT-ARANSAT Porteur : DIAS Frédéric Labo : Centre Borelli</p>
<p>Le projet vise à caractériser, et séparer, les régimes dynamiques (dominés par les ondes internes ou la turbulence quasi-géostrophique) à travers une synergie de données (en particulier, flotteurs lagrangiens). Ref : <b>8880</b> Thème : Ocean Action : DIEGO Porteur : BERTI Stefano Labo : UML</p>
<p>The common thread in the Alg-o-Nord project is the improvement of our estimates and trends of primary production (PP) at the scale of the Arctic Ocean. This requires a major effort on the Arctic continental shelves to better characterize and document the complexity of these waters. Ref : <b>8909</b> Thème : Ocean Action : ALGONORD Porteur : ARDYNA Mathieu Labo : TAKUVIK</p>
<p>Le service Hydroweb est destiné à renseigner les utilisateurs scientifiques et autres sur des variables d'état liées à l'hydrologie des surfaces continentales à partir de diverses données satellites. La base de données de séries temporelles de hauteur d'eau par altimétrie satellitaire développée au LEGOS a été transférée au CNES en 2016 qui en a donné la gestion à CLS. Les données sont distribuées via le pôle THEIA. Le projet a aussi pour ambition de valoriser l'altimétrie et l'imagerie spatiale pour différentes applications en hydrologie (autour des lacs, réservoirs, fleuves et plaines inondées) Ref : <b>8931</b> Thème : Ocean Action : Hydrologie-spatiale Porteur : CRETAUX Jean-Francois Labo : LEGOS</p>

Le projet FOAM regroupe un grand nombre d'acteurs (issus de différents laboratoires) et d'activités liés à la calibration et validation des mesures altimétriques.

Ref : **8953** Thème : Ocean Action : FOAM Porteur : BONNEFOND Pascal Labo : SYRTE

Dans la cadre de la Cal/Val de satellite altimétrique au sein du projet FOAM, conception d'instruments effectuant des mesures de hauteur d'eau in situ à partir de navires ou autres supports (drone, bouée, ...).

Ref : **8954** Thème : Ocean Action : FOAM Porteur : CALZAS Michel Labo : DT INSU

Le projet FOAM regroupe un grand nombre d'acteurs (issus de différents laboratoires) et d'activités liés à la calibration et validation des mesures altimétriques.

Ref : **8955** Thème : Ocean Action : FOAM Porteur : LAURAIN Olivier Labo : GEOAZUR

L'objectif de cette expérience est de développer un service national de traitement de données GNSS pour les campagnes de CAL/VAL altimétriques passées et futures. Ceci inclut le positionnement cinématique précis (bateaux, bouées) et le développement du traitement de la réflectométrie GNSS.

Ref : **8956** Thème : Ocean Action : FOAM Porteur : SANTAMARIA Alvaro Labo : GET

Utilisation de sites continentaux (lac Issykkul, lacs des Pyrénées et rivières Tsiribihina à Madagascar) pour la cal/val des altimètres nadirs LRM et SAR (sentinel-3A, Sentinel3B, Jason-CS-Sentinel-6, Jason-CS) ou interférométrie à large fauchée en bande Ka (SWOT).

Ref : **8957** Thème : Ocean Action : FOAM Porteur : CRETAUX Jean-François Labo : LEGOS

Ce projet fait partie du projet inter labos FOAM dont le contexte général est décrit dans le document soumis. En ce qui concerne le laboratoire LIENSs il est en charge de la mise en œuvre et de l'analyse des sites de cal/val des pertuis charentais et de Kerguelen

Ref : **8958** Thème : Ocean Action : FOAM Porteur : TESTUT Laurent Labo : LIENSS

Le projet MIDAS a préparé l'exploitation des données SWOT ocean. Il a englobé des activités de modélisation, d'analyse, et de reconstruction inverse de la circulation océanique en stimulant les échanges au sein de la SWOT Science Team.

Ref : **8653** Thème : Ocean Action : MIDAS Porteur : LE SOMMER Julien Labo : IGE

## SURFACES CONTINENTALES

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

Le projet SHYMI se focalise sur les changements de composition des espèces en développement sur un ancien site de traitement de minerais à partir de séries temporelles Sentinel-2 (S-2) et de l'imagerie HyperSpectrale aéroportée (HS). Les difficultés majeures sont liées à la grande diversité des espèces à discriminer (des espèces herbacées de milieux ouverts à des essences arborées) sur un espace réduit (~20 ha), au gradient de contamination par 8 Elements Traces Métalliques (ETMs) et à des procédés de gestion variés (phytostabilisation aidée, développement naturel) conduisant à une augmentation de la variabilité intra-spécifique.

Ref : **8540** Thème : SurfCont Action : SHYMI Porteur : FABRE Sophie Labo : ONERA OTA

Etude de l'apport de données Sentinel-2 par rapport à des données hyperspectrales afin d'obtenir un meilleur suivi temporel de l'estimation des traits fonctionnels de forêts méditerranéennes afin d'évaluer leur état de santé et stress hydrique.

Ref : **8541** Thème : SurfCont Action : SentHyMED Porteur : ADELIN Karine Labo : ONERA OTA

Ce projet rentre dans le cadre de travaux en lien avec le CES Température de Surface et Emissivité du pôle THEIA : - WP1 : animation et valorisation - WP2 : développement des méthodes de traitements de température de surface, - WP3 : développement des bases de données d'émissivité. Ce rapport concerne le WP1 porté par l'ONERA.

Ref : **8542** Thème : SurfCont Action : CES-TS-et-Emissivite Porteur : MICHEL Aurélie Labo : ONERA OTA

Nous avons proposé une nouvelle méthodologie pour inverser les modèles de transfert radiatif pour l'extraction de variables biophysiques. Un paradigme hybride a été proposé en incorporant le modèle physique à inverser dans la conception d'une architecture de réseau neuronal, permettant l'exploitation des images satellites non étiquetées.

Ref : **8548** Thème : SurfCont Action : AI-4-BioVa Porteur : VALERO Silvia Labo : CESBIO

Ce projet s'inscrit dans le cadre des travaux préparatoires à l'exploitation et la valorisation des futures données et produits de la mission BIOMASS (lancement désormais prévu pour 2025), avec également comme objectifs de fédérer la communauté française autour du développement de produits innovants non directement soutenus par l'ESA.

Ref : **8550** Thème : SurfCont Action : BIOMASS-Valorisation Porteur : VILLARD Ludovic Labo : CESBIO

Il s'agit d'utiliser la télédétection in situ de la SIF associée à la mesure conjointe du rendement de fluorescence (F<sub>yield</sub>) par télédétection active (LIF, LED/Laser-induced fluorescence) sur les sites instrumentés du réseau ICOS pour déconvoluer les composantes physiologiques et structurelles de la SIF.

Ref : **8551** Thème : SurfCont Action : SIF Porteur : LE DANTEC Valérie Labo : CESBIO

Il s'agit de préparer la future mission spatiale HYDROGNSS : 1) modifications sur l'instrument GLORI avec l'introduction d'une deuxième fréquence (bande L5) et réalisation de vols scientifiques. 2) Améliorer les algorithmes d'estimation des états des surfaces par télédétection satellite GNSS-R.

Ref : **8553** Thème : SurfCont Action : SCOMAG Porteur : ZRIBI Mehrez Labo : CESBIO

La collaboration permise par POLYPHEME à un échelon national (EcoSys, TETIS, CESBIO, MIA-Paris, PRODIG devenu LIED, SAS, INFOSOL devenu Info&Sols) sur la problématique du suivi spatialisé du stockage de C dans les sols agricoles par télédétection, s'est poursuivie en 2023 malgré l'absence de soutien financier de la part du CNES en 2022 notamment grâce au travail des doctorants, mais aussi grâce à l'obtention de financements via des projets Européens portant sur le Monitoring du C des sol (STEROPES, ORCASA, MARVIC)..

Ref : **8554** Thème : SurfCont Action : POLYPHEME Porteur : CESCHIA eric Labo : CESBIO

Ce projet concerne le développement d'une chaîne de traitement pour l'analyse d'images de télédétection massives, en vue d'une utilisation par les CES Theia. Le projet est en licence libre (<https://www.gnu.org/licenses/agpl-3.0>) et inclut plusieurs instituts et partenaires nationaux.

Ref : **8555** Thème : SurfCont Action : PARCELLE Porteur : FAUVEL Mathieu Labo : CESBIO

Développement d'une mission micro-ondes passives en bande-L avec une résolution de ~ 10 km. Recherche sur des applications géophysiques et sur des techniques d'acquisition et reconstruction d'image. Coordination de la communauté nationale, collaboration internationale et communication.

Ref : **8556** Thème : SurfCont Action : SMOS-HR Porteur : RODRIGUEZ FERNANDEZ Nemesio Labo : CESBIO

<p>La proposition "SMOS-TE" s'inscrit dans le cadre de l'exploitation des données de la mission satellite SMOS (Soil Moisture Ocean Salinity) sur les surfaces continentales.  Ref : <b>8557</b> Thème : SurfCont Action : SMOS-TE Porteur : MIALON Arnaud Labo : CESBIO</p>
<p>Le contexte est la mission infrarouge thermique TRISHNA à haute résolution spatio-temporelle menée en collaboration entre la France et l'Inde. Les travaux présentés concernent les volets CalVal, Ecosystème Stress et Cryosphère. Des sites expérimentaux sont maintenus en France (Estampes, Pic du Midi) et en Inde (Nawagam, Berambadi) pour la cal/val et l'étude de la plus value de l'imagerie thermique dans la modélisation.  Ref : <b>8558</b> Thème : SurfCont Action : TRISHNA-CV Porteur : ROUJEAN Jean-Louis Labo : CESBIO</p>
<p>Ce projet concernent l'adaptation de la chaîne de détection de déforestation tropicale (TropiSCO) pour un usage en France métropolitaine.  Ref : <b>8561</b> Thème : SurfCont Action : FORVACCSS Porteur : PLANELLS Milena Labo : CESBIO</p>
<p>La technique d'inversion multi-snapshot utilise les corrélations des observations ultérieures dans le cadre du sol et l'invariance de la géométrie d'acquisition. Nous l'avons démontrée dans des scénarios simplifiés.  Ref : <b>8563</b> Thème : SurfCont Action : SMOS-HR Porteur : COLOM Miguel Labo : Centre Borelli</p>
<p>L'objectif du projet SHARE est de mieux accéder à l'information neige sèche et humide contenue dans les observations SAR et InSAR de Sentinel-1 au-dessus des zones de relief. L'enjeu du projet est de réussir le partage de développements et de méthodologies entre plusieurs communautés scientifiques.  Ref : <b>8564</b> Thème : SurfCont Action : SHARE Porteur : KARBOU Fatima Labo : CNRM</p>
<p>Ce projet TOSCA s'intéresse aux grandes échelles spatiales. En effet, l'intérêt de la mission SWOT à l'échelle continentale/globale est d'observer l'ensemble des grands bassins versants et des lacs, notamment ceux encore peu observés in-situ.  Ref : <b>8565</b> Thème : SurfCont Action : SWOT-Cycle-hydro-global Porteur : BOONE Aaron Labo : CNRM</p>
<p>Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la construction d'un nouveau système de simulation du manteau neigeux à 250 mètres de résolution (EDELWEISS) qui permettra ultérieurement l'assimilation d'observations satellites à haute résolution (dont TRISHNA).  Ref : <b>8566</b> Thème : SurfCont Action : Trishna-Cryosphere Porteur : LAFAYSSE Matthieu Labo : CNRM</p>
<p>L'objectif du projet SHARE est de mieux accéder à l'information neige sèche et humide contenue dans les observations SAR et InSAR de Sentinel-1 au-dessus des zones de relief. L'enjeu du projet est de réussir le partage de développements et de méthodologies entre plusieurs communautés scientifiques.  Ref : <b>8567</b> Thème : SurfCont Action : SHARE Porteur : JAMES Guillaume Labo : CNRS INRIA</p>
<p>Le projet SEMTI-SENT propose de développer une méthode automatique non-supervisée de pré-classifications de séries temporelles d'images satellitaires (notamment Sentinel 1 et 2) à partir de descriptions sémantiques des caractéristiques bas-niveau.  Ref : <b>8568</b> Thème : SurfCont Action : Description-semantique-series-temp-Sentinel Porteur : ARVOR Damien Labo : COSTEL</p>
<p>Dans le contexte de la préparation de la mission FLEX, nous réalisons des mesures in situ de la fluorescence de la végétation, couplées avec des mesures du fonctionnement photosynthétique, afin d'améliorer notre compréhension des relations entre observations spatiales et photosynthèse.  Ref : <b>8573</b> Thème : SurfCont Action : SIF Porteur : SOUDANI Kamel Labo : ESE</p>
<p>L'UMR ESPACE est impliquée dans deux actions du programme spatial franco-indien TRISHNA : URBAIN et CRYOSPHERE.  Ref : <b>8574</b> Thème : SurfCont Action : Trishna-Cryosphere Porteur : GADAL Sébastien Labo : ESPACE</p>
<p>Le projet LITTOZHUMIDES à vocation pluridisciplinaire associe des compétences complémentaires dans les domaines d'environnement marin et littoral et du traitement de l'information. Il devrait permettre de développer un véritable outil spatial d'analyse et de proposition de solutions d'aménagement des zones humides côtières en Bretagne en favorisant la mise en oeuvre de chaînes de traitement (IOTA- 2) et d'analyse des images satellites adaptés à un contexte de réchauffement climatique.  Ref : <b>8575</b> Thème : SurfCont Action : LITTOZHUMI Porteur : NICULESCU Simona Labo : GEOMER</p>

<p>Le projet HIRACLES propose d'optimiser la méthodologie de restitution 3D du front de falaise grâce aux images dépointées Pléiades (suite du projet CNES EROFALITT), grâce à une étape préalable de détection de l'érosion (en tant que changement ou objet) par Deep Learning sur les images obliques.  Ref : <b>8576</b> Thème : SurfCont Action : HIRACLES Porteur : LETORTU Pauline Labo : GEOMER</p>
<p>Suivi des petits plans d'eau sahéliens par télédétection : dynamique hydrologique et qualité de l'eau à l'échelle régionale. Évaluation et exploitation des données SWOT.  Ref : <b>8578</b> Thème : SurfCont Action : SPLASH Porteur : GRIPPA manuela Labo : GET</p>
<p>La proposition s'inscrit dans le cadre du groupe « Stress des écosystèmes » (Ecosystem Stress, ES) de la mission CNES/ISRO TRISHNA, autour de deux types d'actions : préparation de l'ATBD et démonstration du potentiel de la méthode d'estimation EVASPA  Ref : <b>8580</b> Thème : SurfCont Action : TRISHNA-ES Porteur : DEMARTY Jérôme Labo : HSM</p>
<p>SMOS s'est révélé au cours de sa mission un capteur d'intérêt majeur pour l'étude de la cryosphère. Notre activité consiste à mieux comprendre les observations sur la calotte Antarctique et à exploiter ce signal pour retrouver la température interne auou la présence d'eau liquide (fonte). SMOS s'est également révélé très utile sur le continent africain pour améliorer l'estimation quantitative des précipitations par satellite et pour son potentiel sur l'estimation des rendements agricoles. Nous travaillons actuellement sur l'idée que SMOS pourrait être également renseigner sur la profondeur et le dynamique des nappes souterraines.  Ref : <b>8583</b> Thème : SurfCont Action : SMOS-TE Porteur : PICARD Ghislain Labo : IGE</p>
<p>La mission Trishna fournira des données thermiques avec des résolutions spatiales et temporelles inégales ouvrant des applications nouvelles particulièrement des les régions de montagne, où la topographie est complexe. Notre activité visent à assurer la calibration de Trishna dans ces régions et à développer des applications autour du bilan d'énergie et la fonte des zones enneigées.  Ref : <b>8584</b> Thème : SurfCont Action : TRISHNA-CV Porteur : PICARD Ghislain Labo : IGE</p>
<p>Nos activités s'inscrivent dans le développement de l'algorithme de traitement des données de la mission BIOMASS à travers la définition d'un modèle spatiotemporel d'estimation de la permittivité en bande P des différentes essences d'arbres.  Ref : <b>8586</b> Thème : SurfCont Action : BIOMASS-Valorisation Porteur : DEMONTOUX François Labo : IMS</p>
<p>Nos travaux s'inscrivent dans le cadre de l'exploitation des données de la mission SMOS. Nos recherches portent sur la conception d'instrumentations pour la mesure in-situ de la permittivité des sols sur de longues périodes. Les jeux de données que nous recueillerons permettront d'améliorer le modèle diélectrique utilisé dans l'algorithme de SMOS. En particulier l'objectif est d'améliorer l'interprétation des données radiométriques sur les sols gelés (permafrost).  Ref : <b>8587</b> Thème : SurfCont Action : SMOS-TE Porteur : DEMONTOUX François Labo : IMS</p>
<p>Cette proposition de recherche vise caractériser la rugosité multi-échelle des surfaces naturelles par imagerie optique. Elle tire partie de nouvelles acquisitions multi-angulaires satellitaires, de nouvelles méthodes de restitution de la topographie, et de nouveaux outils de modélisation du transfert radiatif.  Ref : <b>8588</b> Thème : SurfCont Action : SURFACEs Porteur : JACQUEMOUD Stephane Labo : IPGP</p>
<p>Ce projet rentre dans le cadre de travaux en lien avec le CES Température de Surface et Emissivité du pôle THEIA :- WP2 : développement des méthodes de traitements de température de surface,Ce rapport concerne le WP2 qui est porté par le LabSTICC  Ref : <b>8590</b> Thème : SurfCont Action : CES-TS-et-Emissivite Porteur : GRANERO BELINCHON Carlos Labo : LAB-STICC</p>
<p>Notre objectif est d'étudier la réponse des glaciers aux changements climatiques, estimer leurs pertes de masse ainsi que leur contribution à la ressource en eau régionale et à la hausse du niveau des mers.  Ref : <b>8591</b> Thème : SurfCont Action : dMASS-GLACIERs Porteur : BERTHIER Etienne Labo : LEGOS</p>
<p>L'objectif principal de ce projet est d'évaluer le potentiel des données spatiales pour le suivi et l'étude de la lagune Nokoué - typique du Golfe de Guinée- depuis les bassins versants jusqu'à leurs échanges avec l'océan Atlantique.  Ref : <b>8592</b> Thème : SurfCont Action : LITTO-multi-sat Porteur : MOREL Yves Labo : LEGOS</p>
<p>Le projet SWHYM (SWOT ST) a pour objectifs d'analyser les variations de stocks d'eau dans les réservoirs de surface (plaines d'inondation et zones humides) et les aquifères des grands bassins fluviaux.  Ref : <b>8593</b> Thème : SurfCont Action : SWHYM Porteur : PAPA Fabrice Labo : LEGOS</p>

SWOT for SOUTH AMERICA is an integrated proposal organized into 5 interconnected WPs covering several thematic dealing with the study of the water cycle and hydrology in South America in the SWOT context. Ref : **8594** Thème : SurfCont Action : SWOT-SOUTH-AMERICA Porteur : PAPA Fabrice Labo : LEGOS

Le bassin du Congo, 2ème plus grand fleuve mondial en termes de superficie et d'apports d'eau douce à l'océan reste l'un des bassins fluviaux le moins étudié du monde. Ainsi, nos connaissances des caractéristiques hydro-climatologiques de la région, et de la variabilité associée, demeurent insuffisantes. Il est donc crucial de mieux comprendre son comportement hydrodynamique et de caractériser sa vulnérabilité face au changement climatique. Les observations spatiales et les modèles jouent un rôle clé dans ce contexte.

Ref : **8595** Thème : SurfCont Action : DYBANGO Porteur : PAPA Fabrice Labo : LEGOS

The project study thermal signature of lake ice and snow on ice. The link between state of ice cover and satellite measures is still largely empirical, and requires dedicated in situ studies in the context of better understanding of ice structure, microtopography and metamorphism, physics of satellite measurements, and numerical modelling

Ref : **8596** Thème : SurfCont Action : TRISHNA-CV Porteur : KOURAEV Alexei Labo : LEGOS

Le projet TELESSAO\_V s'appuie sur l'observation spatiale, en particulier les données Sentinel-2, pour caractériser l'aléa sanitaire lié aux maladies diarrhéiques. Ses objectifs sont : 1) de finaliser les études menées dans le cadre du projet TELESSAO2 sur le Burkina Faso et le Niger ; 2) d'étudier les liens E. coli/paramètres environnementaux/épidémiologie à des pas de temps fins sur le site burkinabé ; 3) d'élaborer un indice composite de vulnérabilités socio-sanitaires sur le site burkinabé ; et 4) de transférer les résultats de TELESSAO2 et TELESSAO\_V via des ateliers délibératifs

Ref : **8598** Thème : SurfCont Action : TELESSAO-VALORISATION Porteur : ROBERT Elodie Labo : LETG

We have applied to APR2023 for a TOSCA financial participation to the organization of two international workshops in 2023 at the International Space Science Institute (ISSI) in Bern, Switzerland. We have solicited the TOSCA APR2023 to cover travel costs for all the DELTAsia team members (i.e. 15 persons, equivalent to ~14k) and the submission fees for two publications that expect to deliver from the synergies within the team (~5k).

Ref : **8599** Thème : SurfCont Action : DELTAsia Porteur : BECKER Mélanie Labo : LIENSS

L'objectif de ce projet est de comprendre la réponse des prairies de moyenne montagne (Vosges) au Changement Climatique à travers leur productivité et leur phénologie. Les archives satellitaires et les caméras phénologiques sont au coeur du projet en permettant ce suivi aux différentes échelles spatio-temporelles que nécessitent les processus en jeu.

Ref : **8600** Thème : SurfCont Action : PHENOMEN Porteur : HERRAULT Pierre-Alexis Labo : LIVE

Dans le contexte de la préparation de la mission FLEX, nous réalisons des mesures in situ et aéroportées de la fluorescence de la végétation, couplées avec des mesures du fonctionnement photosynthétique, afin d'améliorer notre compréhension des relations entre observations spatiales et photosynthèse.

Ref : **8601** Thème : SurfCont Action : SIF Porteur : GOULAS Yves Labo : LMD

Le projet DOC-Rivers a pour but de reconstituer les exports de carbone organique dissous (DOC) des grandes rivières des régions boréales dans l'océan arctique dans un 1er temps à partir des données Sentinel-2 et Landsat-8 et dans un 2e temps à partir des données Landsat-5 et 7.

Ref : **8603** Thème : SurfCont Action : DOC-Rivers Porteur : JEGOU Fabrice Labo : LPC2E

Dans le cadre de la préparation des missions MicroCab, FLEX et CO2M qui fourniront des estimations de SIF (Solar-Induced Fluorescence) à différentes résolutions, nous améliorons l'opérateur d'observation SIF pour optimiser la photosynthèse simulée par un modèle de surfaces continentales.

Ref : **8605** Thème : SurfCont Action : FORGE Porteur : MAIGNAN Fabienne Labo : LSCE

Approches croisées multi-capteurs (in-situ, caméra vidéo, drone, Lidar, satellites...) et de modélisations multi-résolutions pour une vision multi-échelles des processus hydrodynamiques en zones côtières et estuariennes et analyse de la capacité et de l'apport de SWOT à mesurer ces processus, seul ou de manière combinée avec d'autres capteurs.

Ref : **8606** Thème : SurfCont Action : SWOT-3MC Porteur : LAIGNEL Benoit Labo : M2C

Le projet SuFECiS consiste à analyser les impacts des facteurs environnementaux (précipitation, végétation, eau souterraine) sur la santé des populations du sud-ouest de Madagascar. Cette région est semi-aride et le projet est plus particulièrement axé sur les problématiques de sécheresse.

Ref : **8607** Thème : SurfCont Action : SuFECiS Porteur : CARRIERE Simon Labo : METIS

Le projet porte sur l'étude des techniques de gestion durable des terres au Sahel. Il s'agit ici d'évaluer la possibilité d'identifier les ouvrages mis en place pour contrer la dégradation des terres et de suivre le développement de la végétation à partir de données de télédétection.

Ref : **8609** Thème : SurfCont Action : GDSATEL Porteur : DUSSEUX Pauline Labo : PACTE

La proposition s'inscrit dans le cadre du groupe « Stress des écosystèmes » (Ecosystem Stress, ES) de la mission CNES/ISRO TRISHNA, autour de deux types d'actions : préparation de l'ATBD et démonstration du potentiel de la méthode d'estimation EVASPA  
Ref : **8815** Thème : SurfCont Action : ATBD Porteur : DEMARTY Jérôme Labo : HSM

Ref : **8819** Thème : SurfCont Action : CES -E Porteur : GRANERO BELINCHON Carlos Labo : LAB-STICC

Ce projet de recherche porte sur le suivi de l'état sanitaire de la végétation arborée et son impact sur la qualité de l'air et les îlots de chaleur urbains. Pour cela, les données SENTINEL-2 sont exploitées en version super-résolution pour s'affranchir de leur résolution spatiale limitée.

Ref : **8820** Thème : SurfCont Action : SR4VEG Porteur : CORPETTI Thomas Labo : LETG

Les algorithmes de débit INRAE et Cerfacs CECI ont été développés de façon complémentaire afin de traiter des aspects différents en termes d'échelles d'application (globale et locale), des dynamiques modélisées (1D/1.5D/2D), de produits estimés (Débit 1D, Floodplain DEM, Flood extent). Les premiers tests ont été effectués avec les vraies données SWOT de l'orbit CALVAL dans Confluence.

Ref : **8823** Thème : SurfCont Action : SWOT DAHM Porteur : OUBANAS Hind Labo : G EAU

A White Paper was delivered - aim is to explore and communicate potential new opportunities for using space-based Earth observation (EO) for monitoring biodiversity with a focus on ecosystem extent (the spatial distribution of ecosystems on the Earth). Endorsed by all CEOS Agencies

Ref : **8825** Thème : SurfCont Action : CEOSEE Porteur : LUQUE Sandra Labo : TETIS

La collaboration permise par POLYPHEME à un échelon national (EcoSys, TETIS, CESBIO, MIA-Paris, PRODIG devenu LIED, SAS, INFOSOL devenu Info&Sols) sur la problématique du suivi spatialisé du stockage de C dans les sols agricoles par télédétection, s'est poursuivie en 2023 grâce au travail des doctorants, malgré l'absence de soutien financier de la part du CNES en 2022.

Ref : **8829** Thème : SurfCont Action : PEDOAGRI\_POLYPHEME Porteur : VAUDOUR Emmanuelle Labo : ECOSYS

Utilisation de l'instrument de réflectométrie GNSS (GNSS-R) GLORI développé par le CESBIO Inversion de paramètre géophysique et environnementaux à partir de mesures GNSS-R in-situ Estimation d'extension d'inondation à partir de la mission spatiale GNSS-R CYGNSS

Ref : **8831** Thème : SurfCont Action : SCOMAG Porteur : FRAPPART Frédéric Labo : ISPA

Les travaux conduits sur la base des données SMOS et des données micro-ondes passives associées ont donné lieu à de nombreuses publications marquantes dans des journaux de référence (Nature, Nature Geoscience, Nature Climate Change, GCB, Remote Sensing of Environment, etc.)

Ref : **8833** Thème : SurfCont Action : SMOS-TE Porteur : WIGNERON Jean-pierre Labo : ISPA

Le projet SWHYM (SWOT ST) a pour objectifs d'analyser les variations de stocks d'eau dans les réservoirs de surface (plaines d'inondation et zones humides) et les aquifères des grands bassins fluviaux.

Ref : **8834** Thème : SurfCont Action : SWHYM Porteur : FRAPPART Frédéric Labo : ISPA

Ce projet a pour but de comparer des méthodes développées ou en cours de développement sur le suivi du couvert forestier par télédétection dans différents laboratoires français et d'identifier les pistes d'amélioration des méthodes existantes.

Ref : **8835** Thème : SurfCont Action : FORVACCSS Porteur : FRAPPART Frédéric Labo : ISPA

La mission BIOMASS traite une question fondamentale concernant notre compréhension de la composante surface continentale du système « Terre ». Dans le cycle de carbone, l'état, la dynamique et l'évolution de la biosphère terrestre sont les éléments les moins connus, à toutes les échelles d'espace et de temps. Parmi les informations recherchées, la biomasse forestière constitue une information clé, le carbone constituant environ 50% de la biomasse aérienne d'une forêt.

Ref : **8837** Thème : SurfCont Action : BIOMASS-Valorisation Porteur : BAGHDADI nicolas Labo : TETIS

SLIM porte sur l'intégration des données GEDI, ICESat2 et Sentinel 2 & 1 dans des approches d'Inventaire Forestier Multisource (IFM) pour caractériser les forêts avec des précisions spatiales et temporelles améliorées afin de mieux faire face aux enjeux émergents liés au changement global

Ref : **8838** Thème : SurfCont Action : SLIM Porteur : DURRIEU Sylvie Labo : TETIS

En 2013-2014, le CESBIO a développé un récepteur GNSS-R GLORI polarimétrique installé sur un avion de recherche ATR42 (SAFIRE). L'objectif principal était d'évaluer le potentiel de cette technique pour l'estimation de paramètres géophysiques sur les surfaces terrestres. Une campagne aéroportée a eu lieu en 2015, mettant en évidence le fort potentiel de ces données pour le suivi de paramètres tels que l'humidité du sol, la biomasse forestière et le niveau des eaux. Ces premières données ont également été utilisées dans des partenariats européens. Depuis, la constellation CYGNSS de la NASA, lancée fin 2016, a permis de produire des produits globaux concernant l'humidité, la biomasse, etc.

Ref : **8839** Thème : SurfCont Action : SCOMAG Porteur : BAGHDADI nicolas Labo : TETIS

Le suivi spatio-temporel de la rugosité et de l'humidité du sol dans les zones agricoles est d'une grande importance pour diverses applications. La télédétection spatiale permet aujourd'hui une cartographie opérationnelle et à grande échelle de la rugosité avec une haute résolution spatio-temporelle. Notre approche de cartographie de l'humidité du sol a été utilisée sur deux sites d'étude en France. Ces cartes d'humidité sont utilisées en entrée de l'algorithme de cartographie du carbone dans le sol (travail réalisé par l'équipe de E. Vaudour).

Ref : **8840** Thème : SurfCont Action : PEDOAGRI\_POLYPHEME Porteur : BAGHDADI nicolas Labo : TETIS

Le projet SylvoSanSat vise à améliorer le suivi des problèmes sylvosanitaires en associant : i) des observations in situ par des experts forestiers, ii) des méthodes utilisant la télédétection pour détecter précocement des symptômes et quantifier la ressource en bois associés, et iii) des modèles permettant de décrire, comprendre, et anticiper la dynamique spatio-temporelle de ces problèmes.

Ref : **8842** Thème : SurfCont Action : SylvoSanSat Porteur : FERET Jean-Baptiste Labo : TETIS

L'accord de Paris sur le climat vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre des pays signataires. Les états membres de l'UE se sont engagés à diminuer leurs émissions de 30% avant 2030 et à rendre l'UE climatiquement neutre avant 2050, pour remplir les objectifs du Pacte vert pour l'Europe adopté par la Commission européenne. Parmi l'ensemble de biens et services environnementaux et sociaux qu'elles fournissent, les forêts sont aussi un des leviers essentiels pour atténuer les effets du changement climatique par le biais de la séquestration du carbone dans la biosphère terrestre (Grassi et al., 2017). A l'échelle de l'Union Européenne (UE), ce puits de carbone a été estimé à  $(75 \pm 20 \text{ gC/m}^2/\text{an})$  au cours de la période 1990-2005, pour une superficie du couvert forestier variant de 1,32 à 1,55 millions de  $\text{km}^2$  (Luyssaert et al., 2010). Le carbone stocké par les forêts européennes se répartit à ~70% dans la biomasse arbustive et ~30% dans le sol (Bellassen and Luyssaert, 2014 ; Pellerin et al., 2019; Wang and Huang, 2020).

Ref : **8843** Thème : SurfCont Action : FORVACCSS Porteur : BAGHDADI nicolas Labo : TETIS

Ce projet consiste en une étude de la subsidence du Mékong par interférométrie radar satellitaire à partir du traitement massif de large volume de données Sentinel-1. La majeure partie du delta se situe 2 m en dessous du niveau de la mer et est de fait très vulnérable aux effets conjugués de subsidences des terres induit par le pompage et de l'élévation du niveau de la mer.

Ref : **8845** Thème : SurfCont Action : MekongInSAR Porteur : HO TONG MINH Dinh Labo : TETIS

Le projet SuFECiS vise à analyser les impacts des facteurs environnementaux (précipitation, végétation, eau souterraine) sur la santé des populations du sud-ouest de Madagascar. Cette région est semi-aride et le projet est plus particulièrement axé sur les problématiques de sécheresse.

Ref : **8846** Thème : SurfCont Action : SuFECiS Porteur : OLIOSO Albert Labo : URFM

Ce projet rentre dans le cadre de travaux en lien avec le CES Température de Surface et Emissivité du pôle THEIA : 1/ animation et valorisation, 2/ développement des méthodes de traitements de température de surface, 3/ développement des bases de données d'émissivité.

Ref : **8848** Thème : SurfCont Action : CES-TS-et-Emissivite Porteur : OLIOSO Albert Labo : URFM

TRISHNA (Thermal infraRed Imaging Satellite for High-resolution Natural resource Assessment) est un projet de mission à haute résolution spatio-temporelle dans l'InfraRouge Thermique (IRT) mené en collaboration entre les agences française et indienne CNES-ISRO.

Ref : **8849** Thème : SurfCont Action : TRISHNA-ES Porteur : OLIOSO Albert Labo : URFM

Les variations temporelles du signal radar liées à la variation de la densité saisonnière du feuillage (phénologie) et aux variations saisonnières connexes (vent, pluviométrie, orientation préférentielle des feuilles) sont étudiées dans le cadre du dispositif Tropiscat-2 multifréquences.

Ref : **8850** Thème : SurfCont Action : BIOMASS-Valorisation Porteur : VINCENT Gregoire Labo : AMAP

L'objectif principal de cette action est de poser les bases d'un système rigoureux de suivi et de caractérisation de l'état des forêts tropicales, par le biais de variables biophysiques pertinentes, estimées au travers de séries denses S1 et S2 d'images satellites à haute résolution.

Ref : **8851** Thème : SurfCont Action : Se2coul Porteur : COUTERON Pierre Labo : AMAP

<p>Le projet TOSCA CES PAYSAGE ne comprend pas d'expérience  Ref : <b>8852</b> Thème : SurfCont Action : CES-PAYSAGE Porteur : LAQUES Anne-Elisabeth Labo : ESPACE DEV</p>
<p>Le projet SuFECiS consiste à analyser les impacts des facteurs environnementaux (précipitation, végétation, eau souterraine) sur la santé des populations du sud-ouest de Madagascar. Cette région est semi-aride et le projet est plus particulièrement axé sur les problématiques de sécheresse.  Ref : <b>8853</b> Thème : SurfCont Action : SuFECiS Porteur : SATGE Frederic Labo : ESPACE DEV</p>
<p>Le projet propose d'étudier le potentiel des techniques de Machine-Learning appliquées à l'imagerie Sentinel (-1 et -2) pour estimer le rendement des parcelles de Quinoa en fonction (i) des conditions de salinité des sols, de leur texture, de leur taux de matière organique et d'azote au moment du semis et (ii) de l'évolution du climat et des indices de végétations tout au long du cycle phénologique (Figure 1).  Ref : <b>8857</b> Thème : SurfCont Action : QUIMONOS Porteur : SATGE Frederic Labo : ESPACE DEV</p>
<p>Le projet MonStockDo a pour objectif d'évaluer les données Sentinel-2 et Venùs pour le suivi spatialisé du stock en eau bleue au sein de petites retenues agricoles sur trois sites d'étude (en Tunisie, Inde et France) ayant des contextes d'usages, des modes de gestion et des cycles hydrologiques contrastés.  Ref : <b>8859</b> Thème : SurfCont Action : Monitoring-Eaux-Bleues-Agricoles Porteur : GOMEZ Cécile Labo : LISAH</p>
<p>L'objectif principal de cette action est de poser les bases d'un système rigoureux de suivi et de caractérisation de l'état des forêts tropicales, par le biais de variables biophysiques pertinentes, estimées au travers de séries denses d'images satellites à haute résolution.  Ref : <b>8876</b> Thème : SurfCont Action : VISAGE2-SE2COUL-SCOSSA- CESPAYSAGE Porteur : GAETANO Raffaele Labo : TETIS</p>
<p>Face aux défis des zones humides sahéliennes posés par les changements globaux et la montée des insécurités, FitriSpa propose un suivi des évolutions du socio-écosystème lacustre du lac Fitri au Tchad combinant enjeux climatiques, physiques (hydrologie continentale, surface terrestre) et sociaux (biodiversité, ressources, usages).  Ref : <b>8916</b> Thème : SurfCont Action : Fitri-Tchad Porteur : RAIMOND Christine Labo : PRODIG</p>
<p>ATMOSFER: balloon-borne evaluation of atmospheric hygrometers and synergistic efforts for the preparation of the forum mission  Ref : <b>8939</b> Thème : SurfCont Action : FLASHB RAZOR Porteur : KHAYKIN Sergey Labo : LATMOS</p>
<p>Le projet BeSAFE a pour objectif premier de collecter en grande quantité des particules stratosphériques, notamment volcaniques, celles issues des feux, et poussières interplanétaires.  Ref : <b>8940</b> Thème : SurfCont Action : STRATOPART Porteur : BEKKI Slimane Labo : LATMOS</p>
<p>L'expérience se place dans le cadre du projet BeSAFE porté par le LATMOS et qui vise à mieux caractériser la contribution des sources météoritiques et volcaniques au contenu en aérosols de la stratosphère par observations conjointes optiques et par prélèvement.  Ref : <b>8942</b> Thème : SurfCont Action : POPS-LOAC Porteur : BERTHET Gwenael Labo : LPC2E</p>
<p>Il s'agit de mesurer in situ sous ballon météo la vapeur d'eau dans la stratosphère à l'aide d'un instrument simple à mettre en oeuvre. L'instrument poursuit son développement avec la réalisation des premiers vols au niveau du LPC2E et d'une campagne d'inter-comparaison.  Ref : <b>8943</b> Thème : SurfCont Action : POPS-LOAC-myHYGRO Porteur : KRYSZTOFIK Gisèle Labo : LPC2E</p>
<p>Pour la première fois, un vol transatlantique de 4 à 6 jours d'un ballon stratosphérique ouvert (BSO) aura lieu en 2024, avec les spectromètres du LPC2E, de l'IMK-KIT et de l'University of Toronto, afin de mesurer une large palette de gaz-traces à très grande résolution, couverture spatiale et précision.  Ref : <b>8944</b> Thème : SurfCont Action : TRANSPHER Porteur : CATOIRE Valéry Labo : LPC2E</p>

## TERRE SOLIDE

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

Ce programme consiste à étudier les structures d'impact terrestres en utilisant des données spatiales : imagerie et géophysique. Il s'agit d'un domaine émergent au niveau national et international, surtout pour la partie géophysique.  
Ref : **8700** Thème : TerreSol Action : Geoimpact Porteur : QUESNEL Yoann Labo : CEREGE

La cartographie des déformations résultantes du réajustement isostatique en Antarctique en réponse aux changements passés et actuels des masses de glace est très incertaine. Cette incertitude contribue à l'imprécision des bilans de masse de la calotte Antarctique en particulier ceux réalisés à partir des solutions GRACE/GRACE-FO.  
Ref : **8701** Thème : TerreSol Action : cryodesy4a Porteur : MEMIN anthony Labo : GEOAZUR

Cette proposition représente le soutien aux activités du Centre d'Analyse du Service International GNSS (IGS) pour la génération des produits et leur valorisation auprès des clients institutionnels (CNES, EUSPA, ESA...) et de la communauté scientifique des géosciences et du temps/fréquence.  
Ref : **8705** Thème : TerreSol Action : IGS Porteur : SANTAMARIA Alvaro Labo : GET

Le but de notre projet est de fournir un modèle géophysique multi-paramètres (densité et vitesses sismiques) de référence de la croûte et du manteau supérieur sur deux échelles : locales (Pyrénées) et globales (la France). L'originalité de notre approche est d'exploiter la complémentarité des données sismiques, gravimétriques globales (satellite GOCE) et locales (sol du BGI) existantes.  
Ref : **8706** Thème : TerreSol Action : JIGASCAL3D Porteur : MARTIN Roland Labo : GET

Le projet GraviSSyM a pour cadre la validation et l'exploitation des données de gravimétrie spatiale actuellement disponibles ainsi que la préparation des futures missions dédiées à leur acquisition.  
Ref : **8707** Thème : TerreSol Action : GraviSSyM Porteur : CADIO Cecilia Labo : GM

Calcul des produits géodésiques (Repères de référence, EOPs, orbites, etc.) via un traitement homogène de toutes les données de la géodésie spatiale par un filtre de Kalman puis utilisation de ces produits pour le traitement des données des satellites altimétriques et l'obtention d'une série de niveau moyen des mers de la meilleure qualité possible.  
Ref : **8709** Thème : TerreSol Action : Donnees-geodesiques-estimation-reference-CC Porteur : POLLET Arnaud Labo : IPGP

Amélioration de l'exactitude de la « définition du repère » de l'ITRF en termes d'origine, d'échelle, d'orientation et de leurs évolutions temporelles. L'exactitude requise pour les paramètres du référentiel terrestre est de 0.1 mm/an, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Il est nécessaire d'évaluer continuellement l'exactitude de l'origine et de l'échelle du repère.  
Ref : **8710** Thème : TerreSol Action : ITRF Porteur : ALTAMIMI Zuheir Labo : IPGP

Ce projet engagé est dédié à l'exploitation des données de gravimétrie spatiale (GRACE, FOCE, GRACE Follow-On, futures missions gravimétriques) pour la compréhension de la dynamique terrestre interne.  
Ref : **8712** Thème : TerreSol Action : GRACE-GOCE Porteur : PANET Isabelle Labo : IPGP

Cette expérience a pour but de développer des méthodes temps-réel permettant de distinguer les perturbations engendrées par des catastrophes naturelles des perturbations d'autres origines (e.g., orages magnétiques, perturbations ionosphériques itinérantes (TIDs)) ;  
Ref : **8713** Thème : TerreSol Action : IONO-natural-hazards-space-weather Porteur : ASTAFYEVA Elvira Labo : IPGP

Le projet représente la contribution du CNES au fonctionnement de l'observatoire magnétique de Kourou, installé par l'IPGP en 1995 sur le site du Centre Spatial Guyanais (CNES-CSG).  
Ref : **8714** Thème : TerreSol Action : OBS-MAGNETIQUE-KOUROU Porteur : LESUR Vincent Labo : IPGP

Ce projet a pour but de caractériser le signal magnétique généré au sol par les systèmes de courants magnétosphériques, en vue d'une meilleure description des champs magnétiques d'origines internes à la terre dont, en particulier, le champ généré dans le noyau.

Ref : **8715** Thème : TerreSol Action : MODMAG Porteur : LESUR Vincent Labo : IPGP

Le CNES est étroitement associé au Master Fundamentals of Remote Sensing (FRS), anciennement Méthodes physiques en télédétection (MPT), depuis sa création en 1984. Il apporte à cette formation un soutien matériel et moral indispensable pour son fonctionnement, son développement et son rayonnement.

Ref : **8716** Thème : TerreSol Action : Fundamentals-Remote Sensing Porteur : RODRIGUEZ Sebastien Labo : IPGP

NanoMagSat est un projet de constellation de nanosatellites conçue pour mesurer le champ magnétique et l'environnement ionosphérique en orbite basse. La constellation comprend un satellite en orbite polaire et deux autres satellites sur des orbites inclinées à 60°, également à 570 km. NanoMagSat vise à succéder à la mission Swarm, avec un potentiel de recouvrement. Ce projet pourrait évoluer vers un réseau de nanosatellites à bas coût, prolongeant le réseau INTERMAGNET des observatoires magnétiques terrestres pour surveiller à long terme l'évolution du champ magnétique terrestre et de l'environnement ionosphérique.

Ref : **8717** Thème : TerreSol Action : nanomagsat hulot Porteur : HULOT Gauthier Labo : IPGP

La mission Swarm a pour objectif de mesurer et étudier les champs magnétiques produits par les sources présentes sur Terre (noyau, lithosphère, ionosphère, magnétosphère, etc.). Elle embarque (entre autres) des magnétomètres absolus ASM sous la responsabilité scientifique de l'IPGP, fournissant les données scalaires à 1 Hz nominales de la mission, mais également et à titre expérimental, soit des données vectorielles à 1 Hz, soit des données scalaires Burst à 250 Hz.

Ref : **8719** Thème : TerreSol Action : swarm hulot Porteur : HULOT Gauthier Labo : IPGP

Ce projet vise à optimiser l'utilisation des données radar satellitaire pour le suivi temporel du transport de magma vers la surface et de la stabilité des édifices volcaniques. Il s'agit d'améliorer la compréhension des processus physiques et la surveillance opérationnelle des volcans.

Ref : **8721** Thème : TerreSol Action : surveillance operationnelle des volcans Porteur : PINEL Virginie Labo : ISTERRE

Un défi principal pour atteindre les fréquences rapides de la dynamique du noyau est une bonne séparation des signaux. Notre découverte d'ondes interannuelle permet de comprendre l'origine des secousses magnétiques observées.

Ref : **8722** Thème : TerreSol Action : swarm gillet Porteur : GILLET nicolas Labo : ISTERRE

Avec l'explosion du volume de données produites par les traitements InSAR naissent de nouvelles problématiques de visualisation pour la découverte, l'analyse et la présentation des données. InsarViz vise à répondre à certaines de ces questions par le développement d'un outil dédié.

Ref : **8723** Thème : TerreSol Action : visualisation de données InSAR Porteur : THOLLARD Franck Labo : ISTERRE

L'objectif du projet est la modélisation précise des phénomènes de charge superficielle sur les déplacements mesurés par les différentes techniques géodésiques, à l'aide des meilleurs modèles de circulation disponibles, avec une investigation de l'influence de la rhéologie, et notamment la composante viscoélastique.

Ref : **8724** Thème : TerreSol Action : Deformation-et-Rheologie Porteur : BOY Jean-Paul Labo : ITES

Les amplitudes des signaux gravito-élastiques induits en surface par différents processus dans le noyau et à ses frontières sont modélisés et comparés à la précision des observables géodésiques, gravimétriques et magnétiques disponibles grâce aux mesures spatiales et terrestres.

Ref : **8725** Thème : TerreSol Action : dynamique du noyau Porteur : ROSAT Séverine Labo : ITES

L'activité « champ de gravité variable » au sein des équipes GET et LEGOS consiste à restituer le potentiel gravitationnel global de la Terre et ses variations temporelles (satellites SLR, GRACE/GFO), ainsi qu'à en déduire les transferts de masse d'eau à la surface de la terre qui sont responsables en grande partie de ces variations de potentiel gravitationnel.

Ref : **8727** Thème : TerreSol Action : GraviEtudes Porteur : BLAZQUEZ Alejandro Labo : LEGOS

L'expérience vise à utiliser des méthodes non-linéaires pour fouiller dans les données de géodésie spatiale à la recherche de signaux originaux, de faible amplitude, pour observer le système climatique, la Terre interne et le changement global.

Ref : **8728** Thème : TerreSol Action : GEOMINING Porteur : DE VIRON Olivier Labo : LIENSS

Exploitation Scientifique de la mission Swarm : notre activité se focalise sur le champ géomagnétique d'origine lithosphérique multi-échelle et sur la modélisation du champ principal dans le cadre du modèle géomagnétique de référence. L. Gaillet et E. Thébault font partie de la task force de l'IGRF14 (livraison 01/ 2025).

Ref : **8730** Thème : TerreSol Action : Exploitation-scientifique-Swarm Porteur : THEBAULT Erwan Labo : OPGC

Le projet est consacré à l'étude des variations temporelles de la rotation de la Terre en procédant à leur détermination astrogéodésique et à leur modélisation théorique.

Ref : **8731** Thème : TerreSol Action : IERS Porteur : BIZOUARD Christian Labo : SYRTE

Le projet vise dans un premier temps à améliorer la qualité de la mesure de changement par corrélation d'images optiques à proximité des discontinuités. Dans notre cas il s'agit d'améliorer la mesure de déplacement à proximité directe des ruptures co-sismiques.

Ref : **8790** Thème : TerreSol Action : DeformationHR Porteur : KLINGER Yann Labo : IPGP

Il s'agit d'améliorer les méthodes de traitement des mesures GNSS des stations terrestres permanentes afin de réduire les biais et inhomogénéités dans les séries de position (composante verticale) et retards troposphériques.

Ref : **8871** Thème : TerreSol Action : GéoSpaRC Porteur : BOCK Olivier Labo : IPGP

L'OGT (Observatoire Géodésique du Tahiti) collecte des données géodésiques de haute qualité depuis 24 ans et maintient 20 instruments essentiels pour définir l'ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Parmi ces instruments figurent une station laser MOBLAS-8, un réseau de GPS, une station DORIS, une station Beidou et cinq marégraphes. L'OGT a été labellisé par l'INSU en 2014. Actuellement, l'OGT est en pleine évolution. Afin de l'anticiper, un rapport HCERES 2023 sur le quinquennal 2016-2021 ainsi qu'un document de prospective ont été préparés sous la responsabilité de l'UPF et en collaboration avec le Comité de Pilotage, dirigé par Felix Perosanz (CNES). Ref : **8877** Thème : TerreSol Action : Observatoire-Tahiti Porteur : BARRIOT Jean-Pierre Labo : OGT

Le micro\_gravimètre vectoriel embarqué sur drone aérien permet d'accéder à des structures géologiques fines, à des variations de masse d'eau, et à la densification du Géoïde à l'échelle locale. Il ouvre une voie de comparaison quantitative entre levés pris à différentes époques.

Ref : **8882** Thème : TerreSol Action : GRAVIDRONE Porteur : AMMANN Jerome Labo : GEO-OCEAN

Ce projet collaboratif vise à exploiter la synergie des communautés GNSS et InSAR engagées dans l'observation des déformations du territoire national (SNO RENAG et ISDEform, projet SPOTGINS) pour mieux contraindre le champ de déplacement InSAR Sentinel-1, à toutes les longueurs d'onde.

Ref : **8884** Thème : TerreSol Action : REF-INSAR Porteur : DOIN Marie-Pierre Labo : ISTERRE

Ce projet vise à améliorer l'utilisation par InSAR des données radar satellitaires (Sentinel-1 et ALOS-2), complétées par des données GNSS, pour l'étude du cycle sismique en zone de subduction. Le cas d'étude est la subduction mexicaine qui est pertinent pour la compréhension de la répartition entre glissement sismique (séismes) et asismique (glissements lents), et les interactions entre ces différents modes de glissements, éléments essentiels pour déterminer le potentiel sismique des zones de subduction.

Ref : **8885** Thème : TerreSol Action : GLIME Porteur : RADIGUET Mathilde Labo : ISTERRE

RMagEDrone - Imagerie géophysique multi-échelles (structure et dynamique) des édifices volcaniques, apports des mesures aéroportées par drones (thermique infrarouge, magnétisme) aux imageurs satellitaires et inter-validation.

Ref : **8917** Thème : TerreSol Action : RMAGEDRONE Porteur : GAILLER L Labo : LMV

## SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

### Synthèse actions APR et activités 2023 marquantes

Anna Hurova suggested the projet of the legal aspects of the protection near-Earth space from space debris due to the challenge “Sustainable space”, organised by CNES in October 2022. As a result, the gamification of sustainable space activity was chosen as a subject of further research.

Ref : **8881** Thème : SHS Action : ESPACE-DURABLE-et-GAMIFATION Porteur : HUROVA Anna Labo : LIENSS