

## RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LERMA - Laboratoire d'étude du rayonnement  
et de la matière en astrophysique et  
atmosphères

### SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Observatoire de Paris – université Paris Sciences  
& Lettres - OBS-PSL

Centre national de la recherche scientifique  
- CNRS

Sorbonne Université - SU

CY Cergy Paris Université - CYU

---

**CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024**  
VAGUE D

Rapport publié le 20/02/2024



Au nom du comité d'experts :

Anne Decourchelle, Présidente du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

## MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

**Présidente :**

Mme Anne Decourchelle, CEA Paris-Saclay

**Expert(e)s :**

M. Richard Douet, CNRS, La Laguna, Espagne (représentant du personnel d'appui à la recherche)

M. Jeremy Leconte, CNRS Bordeaux (représentant du CoNRS)

Mme Nadège Meunier, Université Grenoble Alpes (représentant du CNU)

M. Christian Naulin, Université de Bordeaux

Mme Geneviève Soucail, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier

## REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Hervé Wozniak

## REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Fabienne Casoli, OBS - PSL

M. Martin Giard, CNRS\_Insu

M. Eric Migevant, CNRS

M. Arnaud Tourin, PSL

Mme Elisabeth Angel-Perez, SU

Mme Iryna Andriyanova, CYU

## CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire d'Étude du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphère
- Acronyme : LERMA
- Label et numéro : UMR 8112
- Nombre de pôles : 4
- Composition de l'équipe de direction : M. Benoit Semelin, directeur, Mme Martina Weidner, directrice adjointe, M. Ludovic Petitdemange, directeur adjoint, M. Jean-Michel Krieg, directeur technique, Mme Muriel Chevrier, responsable administrative

## PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies  
ST3 Sciences de la terre et de l'univers

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Héritées de l'expertise historique en radioastronomie millimétrique, les thématiques qui se sont développées au Laboratoire d'Étude du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphère (LERMA) couvrent un spectre étendu de thèmes scientifiques, de l'étude des molécules à la cosmologie. Le LERMA s'appuie sur différentes approches méthodologiques : R&D, instrumentation, expériences de laboratoire, observations, traitement de données, utilisation d'intelligence artificielle et modélisation numérique. Les activités scientifiques du LERMA sont organisées en quatre pôles de recherche : Galaxies et cosmologie (pôle 1), Dynamique du milieu interstellaire et plasmas stellaires (pôle 2), Molécules dans l'Univers (pôle 3), Instrumentation térahertz et télédétection (pôle 4).

## HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le LERMA, créé en 2002, résulte de la fusion des départements de l'Observatoire de Paris « Radioastronomie Millimétrique » et « Atomes et Molécules en Astrophysique », auquel se sont ajoutés, en 2014, le Laboratoire de Physique Moléculaire pour l'Atmosphère et l'Astrophysique (LPMAA) de l'Université Pierre et Marie Curie, ainsi qu'une équipe de recherche de modélisation astrochimique du Laboratoire Univers et Théorie (LUTH) et une petite équipe sur les galaxies du laboratoire Galaxies Étoiles Physique et Instrumentation (GEPI), deux unités de l'Observatoire de Paris. Le LERMA dépend de cinq tutelles (Observatoire de Paris – PSL, CNRS, Sorbonne Université – SU, CY Cergy Paris Université et l'École normale supérieure – PSL). En 2019, l'ENS-PSL se retire et une partie de l'équipe travaillant sur l'observation et la modélisation du milieu interstellaire quitte le LERMA.

Le LERMA est localisé sur quatre sites différents : les sites de Meudon et Paris (Denfert-Rochereau) de l'Observatoire de Paris, le campus Jussieu de Sorbonne Université et le campus Neuville de CY Cergy Paris Université.

## ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LERMA est un département de l'Observatoire de Paris, grand établissement qui joue également un rôle d'observatoire des sciences de l'Univers (OSU) de l'Institut national des sciences de l'Univers (Insu) du CNRS. À ce titre, le LERMA coordonne plusieurs services nationaux d'observation.

Il bénéficie de deux index (PSL\* et SUPER), respectivement de l'université PSL (dont l'Observatoire de Paris est un établissement-composante) et de Sorbonne Université (SU), et du i-site Paris Seine Initiative de CY Cergy Paris Université. Le LERMA a été impliqué dans plusieurs labex (Plas@Par, Institut Lagrange de Paris – ILP et Chimie intégrée multi-échelle – MichEm) et fait partie des nouveaux programmes en place. Il utilise largement le mésocentre de calcul MesoPSL (nœud de l'équipex equip@meso) pour ses calculs numériques.

Les activités de recherche du LERMA utilisent très largement les grandes infrastructures de recherche. Elles contribuent au développement d'instruments de radioastronomie et à l'exploitation des grandes infrastructures de recherche en astronomie au sol (p. ex., le Very Large Array – VLA, le Northern Extended Millimeter Array – NOEMA – de l'Institut de radioastronomie millimétrique – IRAM, le Low frequency array – LOFAR – et le New extension in Nançay upgrading LOFAR – NenuFAR, le Canada France Hawaii Telescope – CFHT, le Square Kilometer Array – SKA), et des missions spatiales (p. ex., James Webb Space Telescope – JWST, Jupiter icy moons explorer – Juice, les trois Interféromètres Atmosphériques de Sondage Infrarouge – IASI – à bord des satellites METOP d'Eumetsat) avec l'appui du Cnes. La modélisation numérique lourde utilise les moyens de calcul du Grand équipement national de calcul intensif – GENCI. Les activités sur les molécules exploitent des infrastructures de recherche telles que le synchrotron Soleil, le Réseau Fibré Métrologique à Vocation Européenne (REFIMEVE). Les activités sur les plasmas utilisent les installations lasers telles que le laser du Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses (LULI) et le Prague Asterix Laser System (PALS).

## EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maîtres de conférences et assimilés	27
Directeurs de recherche et assimilés	6
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	33
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>74</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	9
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	6
Doctorants	21
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>38</b>
<b>Total personnels</b>	<b>112</b>

## RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
CNRS	0	9	14
OBS-PSL	9	0	11
SU	15	0	4
CYU	5	0	3
AUTRES	3	0	0
<b>Total personnels</b>	<b>32</b>	<b>9</b>	<b>32</b>

## AVIS GLOBAL

Le LERMA mène des recherches sur un large spectre de domaines : galaxies et cosmologie, milieu interstellaire et plasmas stellaires, molécules de l'Univers, et instrumentation térahertz et télédétection. Ses productions pendant la période évaluée comprennent un ensemble élevé d'articles dans les grands journaux de la discipline, avec des résultats de premier plan au niveau international, la livraison de la contribution instrumentale au Submillimeter wave instrument (SWI) de Juice, le développement d'expériences d'astrophysique de laboratoire, de codes et de base de données accessibles à la communauté scientifique. L'utilisation de l'intelligence artificielle s'est développée au LERMA et a bénéficié à plusieurs de ses programmes de recherche.

Les effectifs du LERMA ont fortement baissé pendant la période évaluée, du fait de départs liés à l'évolution des structures d'enseignement et de recherche parisiennes. Ces évolutions majeures se sont ajoutées à une pyramide d'âge déséquilibrée et à un faible niveau de recrutement de jeunes chercheurs. Cette baisse continuera avec le départ de deux équipes, qui avaient rejoint en 2014 le LERMA, et qui repartent en 2024 vers l'UMR Monaris (SU et Institut national de chimie – INC – du CNRS).

La réorganisation du LERMA au sein des futurs laboratoires de l'Observatoire de Paris permettra de renforcer des thématiques comme celles des galaxies et de la cosmologie, de développer de nouvelles synergies et collaborations scientifiques et méthodologiques au sein des futurs laboratoires. La richesse et la qualité internationalement reconnue des activités du LERMA sur de nombreux fronts scientifiques, ainsi que la complémentarité des approches menées (théoriques, numériques, intelligence artificielle, observationnelles, expérimentales, instrumentales) sont des forces majeures qui pourront jouer un rôle clé dans les nouvelles unités.

# ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

## A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La qualité et la quantité de production du LERMA se sont maintenues à un très haut niveau.

Un des directeurs adjoints du LERMA a maintenant la charge du suivi des doctorants du LERMA, répondant à la recommandation d'un coordinateur global pour leur suivi.

La demande d'une coordination des activités de communication au niveau du LERMA n'a pas été implémentée.

Le comité précédent recommandait des actions pour que le LERMA attire plus de chercheurs postdoctorants. Un accompagnement par les tutelles des proposant aux demandes (de type ANR, ERC, etc.) est en place. Mais la situation n'a pas significativement changé. L'enjeu reste de faire émerger des demandes qui permettent de financer et d'attirer des postdoctorants.

Concernant le suivi du devenir des doctorants, le bilan a été présenté au comité.

La recommandation d'augmenter le niveau d'échange entre les différents acteurs à l'échelle du LERMA pour partager une stratégie commune reste une difficulté. Au-delà des conseils scientifiques et d'unité, et de l'assemblée générale, un manque d'interactions entre les équipes au sein et entre les pôles persiste, résultant de différents facteurs dont l'aspect multisite, mais sans doute également d'une culture de laboratoire travaillant en petites équipes.

Le comité relève que la notion d'appartenance au LERMA est bien ancrée au sein du personnel, et que malgré les difficultés rencontrées, le personnel semble globalement satisfait du fonctionnement.

Les priorités de recrutement du personnel technique et scientifique sont discutées au sein des conseils et décidées annuellement. Les besoins et priorités sur les projets sont discutés dans ce cadre. Un organigramme du personnel technique a été réalisé, répondant aux précédentes recommandations.

L'unité a répondu aux demandes de mise aux normes de sécurité des installations, et les agents concernés ont bénéficié de formations. Les responsables sécurité apparaissent maintenant clairement sur l'organigramme fonctionnel du LERMA.

## B - DOMAINES D'ÉVALUATION

### DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

#### Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Le large spectre d'activités du LERMA présente un potentiel important d'avancées scientifiques sur de grandes questions, comme l'évolution des galaxies ou la compréhension du cycle de la matière (formation stellaire et planétaire, milieu interstellaire). Il inclut des approches théoriques et des expériences de laboratoire sur les processus physico-chimiques moléculaires associés, de l'instrumentation térahertz et l'utilisation de l'intelligence artificielle. Le LERMA utilise pleinement les infrastructures de recherche (observatoires sol et spatiaux, moyens de calculs, synchrotron, lasers de puissance).

#### Appréciation sur les ressources de l'unité

Le LERMA regroupe des chercheurs reconnus internationalement et dispose d'expertises complémentaires uniques. Il a obtenu un nombre important de financements (dont ANR), et bénéficie d'installations de laboratoire et d'instrumentation à la pointe de l'art. Il a subi une baisse importante de ses effectifs (de 145 à 112 personnes), affectant en particulier la dynamique scientifique du pôle 2 (perte de 18 personnes, dont des acteurs scientifiques clés). Des départs et difficultés de recrutement ont fortement dégradé le fonctionnement administratif de l'unité pendant la période évaluée.

#### Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement de l'unité est conforme aux réglementations en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection du patrimoine scientifique.

L'unité s'est saisie de la question de son impact environnemental avec des décisions sur l'usage du train par le personnel.

## *1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.*

### Points forts et possibilités liées au contexte

Hérité de leur historique en radioastronomie millimétrique, les chercheurs du LERMA ont développé un large spectre d'expertises dans des domaines très variés à la fois scientifiques (p. ex., cosmologie et formation des galaxies, formation des étoiles et des planètes, processus atomiques et moléculaires, observations de la Terre) et méthodologiques (p. ex., observations, apprentissage automatique, théorie et modélisation numérique, expériences de laboratoire, bases de données, instrumentation). Ils préparent l'exploitation de futures grandes infrastructures de recherche internationales comme SKA. Ils bénéficient d'un cadre riche de plateformes (p. ex., le spectrographe VUV haute résolution de 10-m à Meudon, le spectromètre de précision PRESPASS à Jussieu) sur leurs différents sites, et du développement et de l'exploitation d'installations d'astrophysique de laboratoire de pointe (p. ex., VENUS – VErS de NOUvelles Synthèses – à CY Cergy Paris Université ou COSPINU2 à Jussieu pour étudier le processus de conversion de spin nucléaire). L'expérience Venus, dédiée à l'étude de l'évolution de la complexité moléculaire, a obtenu le prix de l'American Institute of Physics. Le LERMA dispose également de bases de données de physique atomique et moléculaire : VAMDC (Virtual Atomic and Molecular Data Center) et BASECOL (Ro-Vibrational Collisional Excitation Database and Utilities). Le large spectre d'activités du LERMA présente un potentiel important d'avancées scientifiques.

### Points faibles et risques liés au contexte

Définir une stratégie commune au LERMA autour de quelques axes majeurs scientifiques ou bien méthodologiques est un défi de taille, au vu du nombre important de voies de recherche qui sont développées au LERMA. Le comité relève un manque d'interactions scientifiques ou méthodologiques entre les groupes au sein des pôles, et entre les pôles. Peu de réunions communes sont organisées. Dans un contexte multisite, cela constitue un frein à la richesse scientifique et à la cohésion dont pourrait bénéficier le LERMA. C'est une faiblesse pour relever différents enjeux de la discipline, et répondre aux opportunités qui nécessitent une taille critique suffisante et une bonne synergie entre des acteurs complémentaires. Par exemple, le comité note le peu d'interaction entre les équipes sur la caractérisation de l'atmosphère terrestre, ou sur des aspects transverses comme la préparation de l'exploitation de SKA, les évolutions des codes numériques. Le laboratoire a fourni une contribution instrumentale importante au « Submillimeter Wave Instrument » de la mission Juice d'exploration de Jupiter et de ses lunes. Mais le LERMA n'en bénéficie pas scientifiquement, car l'équipe de planétologie qui est impliquée dans l'exploitation des données de Juice se trouve au LESIA (Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique).

## *2/ L'unité possède des ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.*

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le soutien budgétaire récurrent du LERMA est resté relativement stable durant la période évaluée. Son montant est de l'ordre de 250 à 280 k€, avec un poids respectif des tutelles qui dépend notamment de leurs effectifs : Observatoire de Paris - PSL (environ 35 %), CNRS (31 %), Sorbonne Université (21 %), CY Cergy Paris Université (10 %) et université Paris Cité (3 %). Les chercheurs de l'unité ont obtenu des financements en tirant parti des appels d'offres des différentes tutelles du LERMA, des appels régionaux, du Cnes et de l'ANR. Dix nouveaux contrats ANR ont commencé pendant la période évaluée, pour un montant annuel moyen de 300 k€. Les différents sites du LERMA offrent une palette complémentaire d'expertises et de moyens (p. ex., les plateformes de physico-chimie moléculaire à Jussieu, le labo térahertz à l'Observatoire de Paris, les plateformes de chimie du froid à l'état solide de Cergy-Pontoise, le spectrographe à réseau ultraviolet sous vide de 10 mètres de Meudon, l'instrument de télédétection FTS-Paris de surveillance de l'atmosphère urbaine qui fait partie de la plateforme d'Observation composition atmosphérique en Île-de-France (OCAPI) de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL). Le LERMA bénéficie de services (courriel, cloud, etc.) et de ressources de calcul et documentaires par les institutions hébergeuses principales.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les effectifs de l'unité ont diminué de 145 à 112 personnes entre 2017 et 2022 (de 83 à 71 pour le nombre de personnels permanents). Dix-huit personnels ont quitté le LERMA pour rejoindre le laboratoire de physique de l'ENS. Le comité relève le très faible niveau de recrutements récents de jeunes chercheurs (deux pendant la

période) malgré les différentes tutelles et sections CNU et CoNRS dont relèvent les effectifs du LERMA. Beaucoup de chercheurs et ingénieurs sur lesquels reposent l'expertise sont émérités ou près de la retraite. La pyramide d'âge du LERMA est très déséquilibrée.

Dans ce contexte défavorable, la grande variété de sujets traités et de moyens développés présente des risques de sous-criticité des équipes, de perte d'expertise et de leadership. On peut citer le transfert de responsabilité des bases de données BASECOL (Ro-Vibrational Collisional Excitation Database and Utilities) et VAMDC (Virtual Atomic and Molecular Data Center) en dehors de la France.

Le manque de recrutement en ingénieurs et techniciens est un problème pour le maintien et l'exploitation des expériences, leur mise à niveau, pour les codes exploitant les bases de données, et les codes numériques. Le LERMA comprend une grande proportion d'enseignants-chercheurs dont les charges importantes dans le cadre de leurs activités d'enseignement (dont sollicitations pour répondre à des appels à projets) impactent leurs activités de recherche. Les financements européens de l'unité sont en retrait. Dans la période évaluée, aucun financement de l'ERC n'a été obtenu.

*3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.*

#### Points forts et possibilités liées au contexte

Le LERMA suit les règles de ses hébergeurs en matière de santé et sécurité avec, pour chacun de ses quatre sites, un assistant de prévention et un document unique d'évaluation des risques mis à jour. La sécurité informatique suit les recommandations du CNRS, dont le cryptage des disques durs.

La direction et une partie du personnel ont suivi des formations aux risques psychosociaux du travail.

La situation en matière d'égalité des genres est meilleure au LERMA qu'au niveau national en astrophysique.

La proportion globale de femmes parmi le personnel permanent est de l'ordre de 30 %, dont 34 % pour les chercheuses et 27 % pour les ingénieures et techniciennes. La proportion de femmes postdoctorantes et doctorantes est similaire (32 %). Il n'apparaît pas de biais sur les avancements de carrière avec 37,5 % de femmes professeurs et plus de 30 % des femmes à la 1<sup>ère</sup> classe d'ingénieure de recherche. Un tandem de référents égalité est en place.

Le LERMA a mis en place des actions pour chiffrer et limiter son impact carbone, dont l'utilisation systématique du train, plutôt que de l'avion, pour des voyages dont la durée est de moins de cinq heures.

#### Points faibles et risques liés au contexte

Le LERMA dispose de référents égalité, mais la répartition du LERMA sur différents sites pourrait être un frein à ce qu'ils soient contactés par des personnes victimes ou témoins de situation de harcèlement sur un autre site. Les référents égalité n'apparaissent pas sur l'organigramme du LERMA.

## DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

### Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le LERMA est attractif par le rayonnement scientifique de ses chercheurs, par la richesse de ses activités scientifiques et des moyens qu'il développe (codes numériques, base de données théoriques et observationnelles, astrophysique de laboratoire, instrumentation térahertz). Le LERMA bénéficie de figures de proue de renommée nationale et internationale (membres de l'Académie des sciences, médaille d'or du CNRS, prix de l'American Astronomical Society Laboratory Astrophysics division). Le comité relève que la politique d'accueil et d'intégration est appréciée par son personnel.

*1/ L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*

*2/ L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*

*3/ L'unité est attractive par la reconnaissance que lui confèrent ses succès à des appels à projets compétitifs.*

*4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

Plusieurs chercheurs du LERMA sont reconnus par des distinctions nationales et internationales qui donnent un rayonnement scientifique important au LERMA. On peut citer un membre d'honneur de l'AAS (American Astronomical Society), par ailleurs médaillée d'or du CNRS en 2020, et le prix senior 2021 de la division astronomie de laboratoire de l'AAS. Un astronome adjoint a obtenu la médaille de bronze du CNRS. Plusieurs membres du LERMA exercent des responsabilités dans des sociétés savantes comme l'International Astronomical Union, l'European Geosciences Union et l'European Physical Society.

Le LERMA est impliqué dans la réalisation ou dans l'exploitation de grandes infrastructures de recherche au sol (par exemple le radiotélescope millimétrique et submillimétrique Atacama Large Millimeter Array – ALMA, ou la mission spatiale Juice). Le LERMA développe des expériences de laboratoire (p. ex., le dispositif SPICES sous ultraviolet pour étudier les glaces) et des compétences technologiques (instrumentation térahertz), reconnus internationalement. L'intégration des équipes du LERMA est bonne et bénéficie des installations de pointe sur ses différents sites. Au cours de la période évaluée, le personnel du LERMA est porteur de nombreux projets compétitifs. Le montant total des contrats (~10 M€) provient principalement de contrats nationaux (61 %), européens (21 %), régionaux (9 %) et du PIA (8 %). Le LERMA a obtenu de nombreux contrats nationaux (p. ex., ANR Lyrics – Gas Life Cycle around Galaxies : ORigin and State of Cold Accretion Streams, ANR SIRC – Solid interstellar radical chemistry) pendant la période évaluée d'un montant global trois fois plus important que ses financements européens, et dont la moitié provient du Cnes (instrument SWI de Juice). Dix nouveaux programmes ANR ont été obtenus par ses chercheurs (p. ex., DAOISM – Detailed Analysis of the InterStellar Medium, ALPHA-03 – Photométrie par laser pour la télédétection de l'ozone atmosphérique, Promethee – Protostellar Magnetism: Heritage vs Evolution). Le LERMA a porté 13 des 18 programmes européens dans lesquels il est impliqué sur la période (p. ex., UE/VAMDC, ESO/ALMA, ESA/Omnisys) : leurs financements proviennent pour 35 % de l'Union européenne, 27 % de l'European southern observatory (Eso), 25 % de l'Agence spatiale européenne (Esa) et 13 % de programmes bilatéraux.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Les contrats Eso et Esa sont terminés depuis fin 2019. Le LERMA est actuellement dans trois programmes européens (p. ex., RADIOBLOCKS – A New European Consortium to develop Next Generation Technologies for Radio Astronomy Infrastructures), mais porteur d'aucun d'eux. Le nombre d'embauche de jeunes chercheurs est très faible pendant la période évaluée.

### DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

#### Appréciation sur la production scientifique de l'unité

Le LERMA a une production scientifique majeure, reconnue internationalement, qui couvre un ensemble de thématiques dont le dénominateur commun est relié aux molécules : étude de leurs propriétés, instrumentation pour observer leur rayonnement, observation de l'atmosphère terrestre, du milieu interstellaire, des galaxies, et leur usage cosmologique. Elle se déploie sur des supports variés : publications, livraison de hardware instrumental, plateformes d'expérience de laboratoire à la pointe de l'art, données (laboratoire, observationnelles ou numériques), bases de données, plateformes et codes numériques.

*1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*

*2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*

### *3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

#### Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production du LERMA est riche. Elle comprend plus d'un millier d'articles dans des journaux à comité de lecture (p. ex., A&A, Nature Astron. Phys. Rev. Lett. J. Chem. Phys, Atmos. Chem. Phys.J, Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer), des données de laboratoire, d'observation et de simulations numériques, avec des bases de données (comme le portail VAMDC pour accéder aux données atomiques et moléculaires, ou BASECOL pour les données de collisions), des plateformes numériques fournissant l'accès à des grilles de modèles (exemple, code « Photodissociation region » – PDR – de Meudon, code de choc Paris-Durham, code chimique « Chemistry of the interstellar medium and extragalactic sources » – CHIMES), mais également l'exploitation de plateformes instrumentales de mesures (p. ex., le spectromètre à haute résolution par transformée de Fourier en infrarouge FTS-Paris, « Spin, photon et glaces » – SPICES – à Jussieu) et des contributions instrumentales (p. ex., oscillateur local et mixeur Schottky de l'instrument hétérodyne submillimétrique SWI de Juice). Les travaux de l'unité se distinguent au niveau national et international dans de nombreux domaines. On peut citer la découverte de structures moléculaires à petite échelle associées aux tores moléculaires autour de trous noirs massifs avec ALMA ou l'étude de spectro-imagerie détaillée du nuage moléculaire géant d'Orion B avec le 30m de l'IRAM. La production d'articles correspond à environ 4,6 articles par an et par chercheur ou ingénieur permanent, ou environ 3,2 par an et par chercheur, ingénieur, postdoctorant ou doctorant.

La qualité de cette production, et l'expertise associée, sont reconnues aux niveaux national et international, comme l'attestent différents facteurs complémentaires relatifs au nombre de citations des articles, nombre de programmes nationaux ou européens, reconnaissance des bases de données (p. ex., VAMDC regroupe 41 bases de données atomiques et moléculaires, 22 instituts dans 15 pays, et joue le rôle de prototype international d'e-infrastructure), des plateformes numériques d'accès aux codes des contributions instrumentales aux observatoires (p. ex., Juice).

Les ingénieurs, notamment ceux du pôle instrument, contribuent à la production de hardware, à l'encadrement des étudiants et à la publication d'articles à comité de lecture.

La production de l'unité s'inscrit dans un cadre d'application des règles d'intégrité scientifique, d'éthique et de science ouverte, qui se décline de la publication dans des revues ouvertes (p. ex., Astronomy and Astrophysics), à l'archivage des métadonnées associées au Centre de données astronomiques de Strasbourg – CDS, à la traçabilité de développement des codes sous gitlab, à des procédures spécifiques (Esa ou Cnes) pour la caractérisation d'instrumentation de vols, ou la signature de la charte pour les doctorants.

#### Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

## DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

### Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

Dans le cadre de ses activités de recherche, le LERMA contribue sur différents aspects de leur inscription dans la société comme le transfert technologique vers des startups, sur les diodes Schottky, ou dans le domaine de services en sciences de l'atmosphère. Les mesures d'ozone contribuent à la définition de nouveaux standards qui ont un impact en matière de législation et de santé. Le comité relève également le développement d'outils éducatifs pour des personnes handicapées et les actions de transmission auprès d'étudiants non-voyants de l'Institut national des jeunes aveugles.

*1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*

*2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*

### 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

#### Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

Les actions de communication vers le grand public s'inscrivent en partie dans les politiques de communication de leurs tutelles.

Dans le cadre de certaines de ses activités, le LERMA peut être amené à entretenir des liens étroits avec des compagnies privées et à contribuer au transfert technologique. On peut citer le partenariat de longue date avec la société Estellus, société de service en sciences de l'atmosphère et de l'environnement spécialisée dans le traitement des observations satellites, et dont la création par deux membres du LERMA remonte à 2009. Le Groupe expérimental micro-ondes (GEMO) d'instrumentation térahertz apporte un soutien sur le développement de multiplicateurs à diodes Schottky à la start-up Lytid (société française qui développe, fabrique et commercialise des technologies térahertz pour des applications scientifiques et industrielles) dans le cadre d'un partenariat avec l'Observatoire de Paris.

Dans le cadre d'un programme pluriannuel, le LERMA a de nombreux liens avec les stations météorologiques nationales et contribue à la définition de nouveaux standards sur les mesures d'ozone, qui ont un impact en matière de législation et de santé.

Un important effort est fourni pour la mise à disposition de données au travers de plateformes numériques et de bases de données.

Des membres du LERMA contribuent de façon active à la diffusion et l'accès à tous des connaissances. On peut citer des outils éducatifs comme des modèles tactiles 3D pour des personnes handicapées, des séances d'astronomie pour les étudiants non-voyants de l'Institut national des jeunes aveugles. Des ingénieurs apportent un support sur les équipements d'observation astronomiques d'associations. En lien avec leurs résultats scientifiques marquants, plusieurs membres du LERMA ont été invités dans les médias ou fait l'objet d'articles de presse.

#### Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Le LERMA ne dispose pas d'une stratégie ou d'une mise en place concertée de ses actions de communication et de diffusion des connaissances. L'absence de cellule communication au niveau du LERMA est une faiblesse pour la visibilité et la cohérence des actions globales du LERMA. Seules celles représentées par des actions individuelles, ou de petits groupes sont visibles. C'est un frein à une réflexion partagée de l'unité sur ses actions de communication et les potentielles synergies qui pourraient être développées au sein du LERMA.

## ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Dans le cadre de la réorganisation des unités de recherche de l'Observatoire de Paris, le LERMA va se déployer dans quatre unités différentes : les futurs « Labo #1 », « Labo #2 » et « Labo #3 » de l'Observatoire de Paris, et l'UMR Monaris CNRS – SU à Jussieu. Les trajectoires des équipes du LERMA s'inscrivent dans des logiques thématiques et méthodologiques.

Le pôle 1 « Galaxies et Cosmologie » rejoindra le futur « Labo #3 ». C'est une trajectoire cohérente pour le pôle 1, qui pourra développer de nombreuses synergies au sein du futur laboratoire, et jouer un rôle moteur sur la physique des galaxies et sur la cosmologie. Une importante force de frappe sera réunie, avec une taille critique pour mener des programmes ambitieux autour des observations, de l'intelligence artificielle, de la modélisation numérique, et de la préparation de l'exploitation de SKA. L'interaction entre les différentes équipes sera un élément essentiel pour construire et exploiter ce potentiel, par exemple autour de LOFAR, NenuFAR, Multi-Object Spectrograph for Astrophysics, Intergalactic-medium studies and Cosmology (MOSAIC) pour l'Extremely Large Telescope (ELT) de l'ESO, les simulations à hautes performances et les modèles de gravité ou les noyaux actifs de galaxies (AGN).

Le pôle 2 « Dynamique des milieux interstellaires et plasmas stellaires » rejoindra également en grande partie le futur « Labo #3 », qui couvre les domaines allant du milieu interstellaire à la formation et évolution des galaxies et la cosmologie, exception faite d'une personne qui rejoindra une équipe de physique stellaire au sein du futur « Labo #2 ». Les perspectives autour de l'exploitation combinée des données JWST et ALMA, l'évolution multi-dimensionnelle du code PDR 1D, l'intégration de processus complexes reliés à la chimie de surface des grains dans le code hydrodynamique HYDRA, et l'utilisation de méthodes d'intelligence artificielle, sont des axes importants pour exploiter les données et comprendre la physique à petite échelle spatiale du milieu interstellaire, des nuages moléculaires, des cœurs pré-stellaires ou planétésimaux.

De nouveaux axes complémentaires de recherche sont envisagés autour de l'impact des particules à haute énergie sur le milieu interstellaire : utilisation de données radio LOFAR, NenuFAR ou au téraélectronvolt (TeV) avec le Cherenkov Telescope Array (CTA), des simulations numériques ou des expériences de laboratoire. Cela nécessitera d'investiguer au sein du futur « Labo #3 » le potentiel de nouvelles collaborations sur ces questions. Le besoin de données spectroscopiques est un moteur pour améliorer les calculs théoriques, par exemple de l'excitation collisionnelle de molécules interstellaires par H<sub>2</sub> ou des réactions chimiques en phase gazeuse, mais aussi les mesures expérimentales dans le domaine ultraviolet (UV) du spectrographe de Meudon. Différentes perspectives sont envisagées pour cela.

Les équipes « Théorie et simulations » et « Spectroscopie VUV à haute résolution de molécules interstellaires » du pôle 3, qui ont des activités qui se rapprochent de certaines équipes du pôle 2, rejoindront également le « Labo #3 ».

Le pôle 3 « Molécules dans l'Univers », composé de cinq équipes, est celui dont les trajectoires sont les plus dispersées en se répartissant dans quatre unités.

Deux équipes rejoindront le « Labo #3 » sur des activités complémentaires au pôle 2, comme décrit précédemment.

Une personne de ces équipes rejoindra le futur « Labo #1 » sur le thème « Histoire des sciences et de l'astronomie ».

L'équipe « Réactivité sur les surfaces froides » de CY Cergy Paris Université qui étudie la chimie solide froide et son interface avec la phase gazeuse rejoindra le « Labo #2 », en lien avec la planétologie, l'exploration du système solaire et les exoplanètes. Le projet est de développer de nouvelles voies d'étude de l'évolution moléculaire dans des conditions applicables aux atmosphères planétaires et aux comètes.

Les deux équipes « Spectroscopie moléculaire et instrumentation laser pour l'environnement » (SMILE) et SPICES de Jussieu quitteront le LERMA dès 2024 pour rejoindre le groupe « Caractérisations, interactions et réactivités : spectroscopie moléculaire » de l'UMR Monaris (« De la Molécule aux nano-objets : réactivité, interactions et spectroscopies ») porté par SU et le CNRS-INC, également localisée sur le site de Jussieu. Positionnées sur l'UFR de chimie et l'UFR de physique, les complémentarités des deux équipes avec celles de Monaris renforceront leur visibilité au sein de SU et exploiteront les synergies des approches physico-chimiques pour des applications en sciences de l'atmosphère et en astrochimie.

Les deux équipes du pôle 4 « Instrumentation térahertz » et « Télédétection » feront partie du futur « Labo #2 », thématiquement centré sur les systèmes étoile-(exo)planètes, atmosphères et populations stellaires.

L'équipe « Instrumentation térahertz » rejoindra ainsi le pôle d'instrumentation spatiale du LESIA, et apportera son expertise complémentaire en matière de domaine de longueur d'onde et de technologie. Cette évolution s'inscrit dans un cadre de collaborations déjà existantes sur des missions spatiales du système solaire, et dernièrement sur Juice, avec un investissement technique et scientifique important du LESIA. Plus est à attendre du bénéfice de ce regroupement, en matière de synergie, d'ouverture sur d'autres technologies, ou de nouvelles ambitions pour les équipes instrumentales. Ces éléments de réflexion n'ont pas fait l'objet de discussion entre les équipes du futur « Labo #2 ».

L'équipe « télédétection » pour l'étude de la Terre se positionne en apportant une expertise complémentaire à celle de l'analyse des atmosphères et des surfaces planétaires, en étudiant les zones polaires ou de dunes de sable terrestres.

L'évolution du LERMA est la plus forte parmi les laboratoires de l'Observatoire de Paris. Il va se déployer sur quatre unités différentes, avec des redistributions des équipes de ses pôles 2 et 3 entre plusieurs unités.

Si des trajectoires individuelles d'équipes ont été dessinées, il perdure un certain nombre de risques liés à la sous-criticité d'équipes et la perte potentielle d'expertise unique en grande partie dû à la pyramide d'âge et cela pour plusieurs équipes, notamment en physique atomique et moléculaire. Le redéploiement des équipes du LERMA entre plusieurs unités de recherche avec une volonté de regrouper les forces peut contribuer à résoudre certaines de ces difficultés et est à saisir comme une opportunité. Mais des recrutements restent nécessaires pour des expertises uniques, critiques et internationalement reconnues du LERMA, et pour permettre à de jeunes chercheurs de construire le futur des unités.

Le comité constate que peu ou pas de discussions ont eu lieu entre les futures équipes des « Labo #2 » et « Labo #3 » sur les potentielles complémentarités, synergies ou nouveaux projets. Le comité relève qu'aucune dynamique structurante, interne aux équipes du LERMA, ou avec les futures équipes des « Labo #2 » et « Labo #3 », n'a véritablement émergé et reste à construire.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

### *Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité*

Jusqu'à la mise en place de la nouvelle organisation des laboratoires de l'Observatoire de Paris, le comité recommande :

- de maintenir le niveau de soutien actuel à l'administration du LERMA ;
- d'être vigilant à l'accompagnement du personnel, dont les non-permanents, pendant la période de transition ;
- la mobilisation du personnel du LERMA en interne et avec les personnels des futurs laboratoires pour coconstruire les organisations et projets scientifiques des nouvelles entités ;
- l'implication de toutes les catégories de personnel dans cette réflexion ;
- que les expertises et domaines d'activité des équipes du LERMA contribuent aux éléments structurants des nouvelles organisations.

Sur l'organisation des futures unités, le comité préconise de :

- pérenniser le soutien administratif aux futures unités et assurer un support sur les différents sites ;
- identifier les simplifications possibles dans la gestion globale des budgets des différentes tutelles afin d'optimiser la charge de travail administrative et de faciliter la stabilité du personnel au sein des équipes ;
- mettre en place des actions de cohésion, d'animation scientifique et technique, de communication interne multisite dans les unités ;
- explorer les voies pour renforcer les interactions entre les différents sites des unités, dont celle de disposer de bureaux visiteurs dédiés ;
- assurer que chaque site dispose de référents « égalité » de proximité, auxquels le personnel pourra s'adresser en cas de besoin ;
- assurer la visibilité de l'unité par une coordination de la communication externe (dont site web) ;
- explorer les champs de mutualisation entre les unités (p. ex., sur l'accompagnement des étrangers, site web, référents « égalité » sur site).

Concernant les doctorants et postdoctorants, le comité recommande de renforcer leur intégration et suggère des actions au sein de l'unité telles que l'organisation d'une journée d'accueil avec une visite des différents sites de l'unité, la mise en place d'un livret d'accueil en français et en anglais, incluant les informations spécifiques pour les étrangers. Le comité recommande de développer l'implication des doctorants et postdoctorants dans l'animation scientifique des futures unités.

### *Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité*

Le comité préconise de renforcer l'attractivité des unités :

- en développant une politique incitative notamment pour augmenter le nombre de post-doctorants en faisant émerger des porteurs de projets (régionaux, nationaux et européens) ;
- en structurant la politique de communication externe et la visibilité des unités.

### *Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique*

Le comité recommande que les collaborations à potentiel entre les équipes actuelles du LERMA puissent se développer au-delà des nouvelles structures d'organisation. Par exemple, avec les équipes qui rejoignent Monaris.

De façon plus générale, le comité recommande que le retour scientifique des développements d'instrumentation spatiale, ou sol, réalisés dans un des laboratoires puisse aussi bénéficier aux thématiques concernées des autres laboratoires de l'Observatoire de Paris.

Le comité recommande la mise en place d'actions pour répondre au besoin de recrutement en physique atomique et moléculaire sur des expertises uniques et internationalement reconnues du LERMA.

Le comité préconise de renforcer la dynamique de recherche des unités en mettant à profit la restructuration en cours :

- pour faire émerger de nouvelles synergies de recherche en exploitant la complémentarité des expertises thématiques et méthodologiques au sein des nouveaux laboratoires ;
- pour bénéficier des différentes cultures de travail des équipes ;

- pour atteindre une taille critique des équipes autour de sujets scientifiques et de méthodologies associées ;
- pour développer des activités scientifiques à forte valeur ajoutée au sein du nouveau laboratoire.

### *Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société*

Le comité recommande de structurer les actions de communication au sein des futurs laboratoires, et leur articulation avec les politiques de communication des tutelles et en particulier de l'Observatoire de Paris. Il préconise d'explorer les aspects mutualisables.

# ÉVALUATION PAR PÔLES

**Pôle 1 :** Galaxies et Cosmologie

Nom de la responsable : Mme Françoise Combes

## THÉMATIQUES DU PÔLE

Le pôle 1 est largement reconnu pour ses études observationnelles de la physique des galaxies, à grand décalage vers le rouge (ou redshift) et dans l'univers proche, par l'étude du contenu en gaz moléculaire froid et des phénomènes d'écoulements et de feedback autour des galaxies. Les observations sont faites avec les très grands observatoires radioastronomiques. L'approche numérique traite de simulations lourdes de l'époque de la réionisation avec les prévisions d'observations de l'hydrogène neutre avec LOFAR, NenuFAR et SKA dans le futur. L'utilisation des méthodes d'apprentissage automatique pour exploiter les résultats des simulations est en plein essor. Des simulations de galaxies proches et d'interactions entre elles sont utilisées pour comprendre les scénarios de formation de galaxies analogues à la Voie Lactée.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Trois recommandations principales étaient émises dans le précédent rapport. Tout d'abord, il était suggéré de maintenir un taux de publications élevé, sur des sujets variés. Cela semble réalisé, le taux de publications de l'équipe sur la période de référence est de plus de sept articles par an et par permanent, un niveau au moins aussi élevé que durant la période précédente. D'autre part, le comité reconnaissait une vie scientifique de l'équipe basée sur la prééminence de quelques personnes et encourageait le groupe à encourager l'émergence de jeunes porteurs de projet. Aujourd'hui, même si l'équipe comprend plusieurs jeunes scientifiques de très haut niveau, ce leadership ne semble pas avoir fortement émergé. Peu de contrats financés par l'ANR ont été démarrés pendant la période (seulement deux en début de période), et aucun projet européen de type ERC n'a été décroché. La recommandation reste donc d'actualité. Finalement il était noté un projet d'équipe ambitieux mais qui nécessitait une priorisation des thématiques pour renforcer la visibilité de l'équipe. Cette recommandation ne semble pas avoir évolué, la liste des thématiques du pôle reste très large et semble s'appuyer à chaque fois sur des individualités.

## EFFECTIFS DU PÔLE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>9</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	4
Doctorants	3
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>7</b>
<b>Total personnels</b>	<b>16</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur le pôle

Le pôle 1 du LERMA constitue une équipe fortement impliquée dans des thématiques phare de la cosmologie et de la physique des galaxies, tant sur le plan numérique qu'observationnel, avec une expertise particulièrement marquée dans les observations radio, actuelles (NOEMA, ALMA) et à venir (SKA). Pourtant la visibilité de l'équipe ne repose que sur quelques individualités, et engendre un défaut de cohésion au sein du pôle. La réorganisation des laboratoires de l'Observatoire de Paris devrait apporter un gros potentiel pour renforcer la force de frappe scientifique en cosmologie et en physique des galaxies.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le pôle 1 du LERMA est centré scientifiquement autour de thématiques dont l'influence à l'international est importante, et se situe à la pointe des recherches et des observations actuelles. On peut noter par exemple une implication croissante autour de la préparation de SKA à travers les simulations de formation des galaxies à l'époque de la réionisation ou les observations avec les précurseurs de SKA. Malgré des arrivées puis départs assez nombreux dans cette équipe, le nombre de permanents est resté relativement stable avec une petite baisse. Le pôle a bénéficié du recrutement d'une jeune chercheuse au CNRS et de quatre mutations dont une en provenance de Marseille, les autres étant des changements de laboratoires sur la place parisienne. Trois personnes sont parties, ce qui fait actuellement une équipe de huit permanents, avec un recentrage scientifique autour des observations (radio) et des simulations numériques. L'équipe a formé un nombre élevé de docteurs (20) pendant la période, même s'il semble que le nombre actuel de doctorants soit plus restreint. Il en est de même pour les postdoctorants accueillis dans l'équipe, actuellement au nombre de quatre, grâce à des financements de l'ANR ou de l'Observatoire de Paris. L'encadrement doctoral et postdoctoral est de qualité et les jeunes bénéficient d'une grande proximité avec leurs encadrants, et d'un environnement scientifique qu'ils apprécient. Le dynamisme du pôle se traduit au niveau de la valorisation de ses résultats scientifiques, avec un taux de publications extrêmement élevé, incluant la participation des doctorants et postdoctorants (350 publications au cours des six dernières années). Ce taux de publication est nettement supérieur à la moyenne du laboratoire et démontre le dynamisme des membres de l'équipe dans la valorisation scientifique de leurs résultats, et leur implication dans de larges collaborations internationales. En termes de reconnaissance, l'équipe s'est distinguée grâce à la lauréate de la médaille d'or du CNRS 2020, qui assure la visibilité du pôle, du LERMA et de l'ensemble de la communauté française autour de la physique des galaxies.

Il faut aussi compléter le panorama avec la nomination de deux enseignants-chercheurs à l'UF, là aussi une reconnaissance pour la qualité de la recherche conduite. Malheureusement, ces deux enseignants-chercheurs ne sont plus au LERMA en fin de période de référence. Finalement, un atout de ce pôle est l'implication des personnes dans les activités de diffusion des connaissances vers le grand public. De nombreuses activités sont réalisées, même s'il semble qu'elles soient effectuées dans un contexte personnel et individuel, hors de structures plus organisées.

### Points faibles et risques liés au contexte

L'ambition scientifique du pôle 1 est vaste, mais la liste des thématiques scientifiques abordées est fragmentée, chaque thématique semblant être attachée à une seule personne. Malgré l'existence de « journal clubs » et de séminaires internes, ceux-ci ne semblent pas jouer leur rôle fédérateur dans la vie interne du pôle, bien que l'ensemble du pôle soit réuni sur un seul site.

En ce qui concerne la participation à l'enseignement des cinq enseignants-chercheurs du pôle, ces personnes ne s'impliquent pas dans des activités d'innovation pédagogique telles que portées par des écoles universitaires de recherche (EUR) par exemple, ni dans la prise de responsabilité dans les formations proches des activités scientifiques du laboratoire (master, école doctorale). Le constat est similaire dans l'implication des personnes du pôle 1 dans les comités nationaux (CoNRS, CNU, Cnap), bien que certaines personnes soient impliquées dans des groupes scientifiques de l'Insu tels que le programme national cosmologie galaxies (PNCG) ou l'action spécifique (AS) SKA, et dans des groupes internationaux autour de SKA ou de comités de programmes d'observatoires internationaux. L'implication dans la vie collective de l'ensemble de la communauté est souvent payée en retour sur une visibilité accrue de l'équipe et du laboratoire d'appartenance.

## Analyse de la trajectoire du pôle

Les thématiques scientifiques développées dans le pôle 1 s'intègrent totalement dans le futur « Labo #3 » envisagé dans la réorganisation de l'Observatoire de Paris. Il s'agit probablement d'une opportunité majeure pour renforcer la vie scientifique de groupe pour les personnes du pôle 1 et pour générer des collaborations et des synergies entre différents acteurs, en espérant que la répartition sur plusieurs sites de cette future unité ne soit pas un frein à la dynamique qui devrait émerger de cette réorganisation.

## RECOMMANDATIONS AU PÔLE

Au-delà de la réorganisation en cours, le comité encourage les scientifiques du pôle 1 à maintenir leur taux de publication et la qualité de leur production scientifique. Pour renforcer l'attractivité autour des thèmes du pôle 1, il serait souhaitable d'encourager les chercheurs permanents, et en particulier les jeunes, à se positionner ou à poursuivre leurs projets scientifiques autour de l'ERC ou de l'ANR, en plus des multiples guichets offerts sur le site parisien pour déposer des projets.

Dans le cadre de cette réorganisation, il est aussi fortement suggéré que tous les membres du pôle 1 s'investissent dans cette structuration, en étant proactifs sur la reconnaissance de leurs thématiques qui vont naturellement s'intégrer dans les nouvelles équipes. Les échanges avec l'ensemble du personnel du nouveau « Labo #3 » seront indispensables pour faire émerger les thèmes forts à mettre en avant et les synergies avec les chercheurs des autres laboratoires qui entrent dans celui-ci. Ces synergies devront être exploitées pour renforcer le soutien scientifique aux grands projets à venir qui seront portés par le laboratoire, tels que SKA, MOSAIC ou les simulations cosmologiques les plus ambitieuses.

Le comité encourage les membres du pôle 1 à tirer bénéfice de ce nouvel affichage pour rechercher de nouveaux projets parmi les dispositifs européens. Ceci pourra s'appliquer essentiellement aux jeunes chercheurs qui devraient ainsi mieux assoir leur leadership dans leur équipe et laboratoire.

Finalement le comité encourage tous les personnels du pôle 1 à réfléchir aux nouveaux dispositifs à construire pour renforcer l'animation scientifique des différents thèmes du « Labo #3 », en surmontant la difficulté bien identifiée de la présence de personnes sur deux sites largement séparés.

**Pôle 2 :** Millieu interstellaire et Plasmas Stellaires

Nom de la responsable : Mme Maryvonne Gérin

## THÉMATIQUES DU PÔLE

Le pôle 2 s'intéresse à l'étude des propriétés physiques et chimiques des fluides astrophysiques à différentes étapes du cycle de la matière dans notre galaxie : milieu interstellaire (nuages moléculaires, régions spécifiques de photodissociation et régions de formation d'étoiles), différentes phases de formation stellaire et planétaire (cœurs pré-stellaire, jets proto-stellaires, accrétion et disques) et d'évolution stellaire (magnétisme, étoiles géantes rouges). Ces études portent sur des objets correspondant à des conditions physiques très variées en termes de densité. Les travaux des membres du pôle 2 s'appuient sur des observations, des modélisations, des simulations numériques lourdes, des approches théoriques, et des expériences en laboratoire.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent suggérait d'augmenter les synergies à l'intérieur du pôle, qui était composé de quatre équipes, et de mettre en place davantage de rencontres autour de sous-ensembles d'activités, ainsi qu'établir une stratégie forte pour maintenir la cohérence globale. Le document ne répond pas explicitement à cette question, et la présentation orale n'a montré aucun accroissement des synergies au sein du pôle (p. ex., très peu d'animation à l'échelle du pôle, peu de publications en commun pour une large partie du pôle).

Il était demandé d'effectuer une analyse quantitative spécifique de l'impact des étudiants en thèse. Ce point n'est pas traité dans le document et l'ensemble des travaux des étudiants en thèses listés dans le document ne sont pas mis en valeur et certains ne sont jamais mentionnés. Les étudiants en thèse jouent cependant un rôle important dans les activités scientifiques du pôle (p. ex., le nombre de publications en premier auteur).

La stratégie demandée afin de pallier le risque de perte d'expertise du fait de la pyramide des âges n'a pas été mise en place.

La recommandation de se focaliser sur un plus petit nombre de projets ne semble pas avoir été suivie, mais reste toujours d'actualité au vu de la diversité des expertises dans l'équipe. Les points forts des sous-groupes du pôle et leurs expertises sont cependant très clairs.

Le précédent rapport recommandait de diversifier les sources de données étant donné le manque de missions spatiales dans le domaine d'expertise historique du LERMA (astronomie submillimétrique et infrarouge). Le pôle ne semble pas manquer de données. La montée en puissance sur JWST est très favorable à ses activités. Par ailleurs, certains membres du pôle sont impliqués dans des expériences submillimétriques ballons de la Nasa par exemple, qui pourraient pallier le manque indiqué.

Il était demandé de rechercher davantage de leadership ou co-leadership dans des programmes internationaux. Ce point n'est pas traité dans le document mais la situation n'apparaît pas significativement différente du bilan précédent.

## EFFECTIFS DU PÔLE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	8
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	3
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>15</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	5
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1

Doctorants	5
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>11</b>
<b>Total personnels</b>	<b>26</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur le pôle

Les activités du pôle 2 se situent au cœur de grandes questions de la discipline et ont amené une production scientifique de grande qualité, grâce à des approches méthodologiques variées. De nombreux étudiants en thèse ont été encadrés, et plusieurs membres du pôle ont pu bénéficier du soutien de projets par l'ANR. Le pôle souffre cependant d'une pyramide des âges très défavorable. Cette situation s'est aggravée avec le départ d'une équipe pour le LP-ENS en 2018. Le risque de perte d'expertise sur les points forts de l'équipe est donc réel. Il n'y a pas d'animation scientifique fréquente à l'échelle du pôle. Ceci entraîne un manque de cohésion, un environnement moins attractif, en particulier pour les étudiants, et une absence de stratégie forte et visible pour les activités scientifiques du pôle.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs scientifiques sont pertinents car ils sont au cœur de grandes missions de la discipline (ALMA, JWST par exemple) et des priorités des programmes nationaux de l'Insu concernés par ce pôle (programme physique et chimie du milieu interstellaire – PCMI : la formation des grandes structures interstellaires et leur lien avec la formation des étoiles et des planètes ; programme national de physique stellaire – PNPS : formation stellaire et disques protoplanétaires, le thème transverse Astrophysique de laboratoire, et dans une moindre mesure les thèmes Champ magnétique et activité stellaire, Structure interne et atmosphère). Les expertises des membres du pôle sont variées, à la fois sur les différentes thématiques abordées et les différentes méthodologies (observations, simulations, théorie, expériences en laboratoire). Une forte interdisciplinarité est présente, en physique fondamentale et chimie (physique atomique et moléculaire).

Le pôle 2 a un rayonnement scientifique au niveau international, et quelques membres du pôle sont impliqués dans la construction de l'espace européen, par exemple dans VAMDC (mais qui est davantage centré sur le pôle 3). La plupart ont de nombreuses collaborations internationales. Un chercheur étranger est affilié au LERMA au sein du pôle 2. Bon nombre d'étudiants en thèse sont encadrés dans le cadre d'une codirection avec d'autres instituts, en France et à l'étranger. Le pôle a eu du succès sur des appels d'offres compétitifs (ANR), qui sont complétés par des financements plus modestes (locaux, CNES, etc.).

La production scientifique est de grande qualité, à la fois en termes de publications de qualité dans les grandes revues en Astronomie et Astrophysique et ainsi qu'en physique (p. ex., A&A, Phys. Rev. Lett., Molecular Physics, MNRAS, Physics of Plasma) mais aussi d'outils et de services (PDR, VAMDC) ouvert à la communauté.

Le volume de publications est également très bon, avec 471 publications sur la période. 70 d'entre elles ont un membre du pôle 2 en premier auteur : 27 de ces publications ont un étudiant en thèse en premier auteur, 20 avec un chercheur permanent, 5 avec un postdoctorant et 12 avec un chercheur émérite.

### Points faibles et risques liés au contexte

La pyramide des âges montre un fort déficit en jeunes chercheurs. Ce problème majeur a certainement été accentué par le départ d'une équipe au LP-ENS qui a fortement impacté ce pôle. Plusieurs émérites ont été très actifs sur la période, ce qui renforce cette impression. La question de la perte d'expertise (au LERMA et en France) est donc aiguë. Il est possible que la réorganisation de l'Observatoire de Paris permette un rassemblement avec d'autres chercheurs induisant un renforcement de certaines expertises, mais cela reste à identifier et ne répondra pas à l'ensemble des manques.

Le pôle est constitué d'une juxtaposition de sous-groupes, entre lesquels il y a très peu d'interactions : une à deux réunions par an seulement. L'un des sous-groupes inclut plusieurs permanents qui publient ensemble, mais les autres correspondent généralement à un seul permanent au sein du pôle (la plupart ont cependant de nombreux collaborateurs extérieurs). Les membres du pôle sont sur trois sites, ce qui ne facilite probablement pas les échanges réguliers à l'échelle du pôle. Étant donné les activités en simulation numérique du pôle, le

passage à l'exascale sur les grands centres de calcul nationaux de nouvelle génération présente un risque, pour lequel aucune stratégie du pôle n'est proposée.

Contrairement aux autres pôles, il n'y a pas eu de contrat européen pendant la période. Le nombre de doctorants encadrés par les chercheurs et ingénieurs permanents est également très inégal entre les sous-groupes du pôle (entre 0 et 8 par directeur de thèse pendant la période). Il n'est pas clair à quel point cette inégalité impacte la cohésion de l'équipe et certaines thématiques, ni si cela empêchera le recrutement à court ou moyen terme sur certaines thématiques du pôle. Des étudiants formés au sein du pôle ont été recrutés mais dans d'autres laboratoires en France ou à l'étranger.

Bien que la production scientifique soit globalement très bonne, elle est très inégale au sein du pôle, à la fois en nombre de publications total et en nombre de publications en premier auteur. Cela traduit probablement des charges très inégales, notamment en termes d'enseignement.

Peu d'activités s'inscrivent dans un objectif sociétal, même si l'on peut noter des approches originales, par exemple, la plongée virtuelle dans un plasma en 2018 ou l'installation interactive « Plasma Reflection » au centre Pompidou.

## Analyse de la trajectoire du pôle

Les projets des membres du pôle 2 continueront à s'inscrire dans les grandes questions de la discipline. Les projets concernant l'étude du milieu interstellaire, les nuages moléculaires et cœurs pré-stellaires vont s'appuyer sur une forte synergie entre le JWST et ALMA. Les nouveaux développements prévus sur le code PDR afin d'interpréter les résultats récents obtenus avec le JWST sont également très positifs, avec plusieurs évolutions significatives dans les années à venir (passage à 2D et à 3D, formalisme). L'apport de LOFAR et NenuFAR, ainsi que de CTA, sur les particules et photons à haute énergie permettront d'étendre les diagnostics actuellement utilisés par l'équipe, mais nécessiteront des expertises nouvelles, dont l'origine n'est pas explicitée. Le document ne présente les projets futurs que pour une partie des activités du pôle, et la présentation orale n'a pas permis d'avoir une vision complète. Malgré des travaux de pointe dans les différentes équipes du pôle, les éléments de trajectoire fournis ne permettent pas de répondre aux points faibles identifiés par le comité. En particulier, le risque de perte d'une expertise unique en physique atomique et moléculaire à moyen terme reste présent.

Un membre du pôle rejoint le futur « Labo #2 », dans le cadre d'une collaboration prometteuse en cours. La plupart des thématiques scientifiques développées dans le pôle 2 s'intégreront dans le futur « Labo #3 », mais ne semble pas rejoindre des membres d'autres laboratoires travaillant sur les mêmes thématiques. Il n'est donc pas clair qu'une nouvelle dynamique émerge de ce regroupement. Aucun élément en ce sens n'a été présenté, ni en ce qui concerne un rapprochement éventuel avec une partie du pôle 3, ni avec des membres des autres laboratoires rejoignant le futur « Labo #3 ».

## RECOMMANDATIONS AU PÔLE

Le comité préconise de mettre en place des réunions scientifiques régulières communes des équipes du pôle qui rejoignent le « Labo #3 » pour préparer le futur, y compris avec les membres du pôle 3 concernés.

Le comité recommande également une implication forte dans la réorganisation du « Labo #3 », en particulier en ayant des échanges directs avec le personnel des autres équipes entrantes, afin d'explorer les synergies au sein de ce futur laboratoire, de définir l'organisation des équipes pouvant permettre une cohésion scientifique et une animation régulière en tenant en compte de la gestion de la configuration multisite probable des futures équipes.

Le comité recommande de mieux mettre en valeur l'utilisation (en particulier la communauté utilisatrice) qui est faite des bases de données et outils développés (en particulier dans le cadre des SNO) et des travaux qui sont fait au sein du pôle en physique atomique et moléculaire.

De manière plus générale, le comité recommande d'identifier les facteurs pouvant permettre d'accroître la visibilité des activités du pôle.

Le comité recommande de mettre en place rapidement des réunions fréquentes à l'échelle du pôle, en y impliquant les étudiants et postdoctorants, de façon à améliorer l'animation scientifique et l'attractivité pour les plus jeunes.

Si la participation de l'équipe térahertz du pôle 4 sur le Far-IR Spectroscopy Space Telescope (FIRSST, du programme Astrophysics Probe Explorer de la Nasa) se confirme, le comité recommande de rester attentif au retour scientifique pour les membres concernés du pôle 2 (les équipes se dirigeant vers des laboratoires différents).

Le comité recommande de clarifier les enjeux et difficultés éventuelles pour le passage à l'exascale dans le domaine du calcul à haute performance.

**Pôle 3 :** Molécules dans l'univers

Nom du responsable : M. Christof Janssen

## THÉMATIQUES DU PÔLE

Le pôle 3 étudie les propriétés physico-chimiques des molécules dans différents objets astrophysiques, depuis le milieu interstellaire et ses glaces jusqu'à l'atmosphère. De par la diversité des environnements étudiés, ce pôle possède une grande diversité thématique autant que méthodologique.

Un des axes de ce pôle est l'étude expérimentale de la réactivité et de l'interaction de certaines molécules à l'interface entre du gaz et des grains (possiblement glacés) dans le milieu interstellaire. Cet axe est porté par plusieurs bancs expérimentaux de pointe reconnus internationalement qui sont situés au sein des équipes « Spin, photon et glaces » (SPICES, campus de Jussieu) et « Réactivités sur les surfaces froides » (campus de Neuville).

Le second axe majeur s'articule autour de l'obtention et la dissémination de paramètres fondamentaux pour l'étude de la chimie de l'atmosphère et du milieu interstellaire. Cet axe regroupe des approches expérimentales -- à travers la spectroscopie de haute précision dans les domaines VUV, UV et IR -- et théoriques. Le volet dissémination est principalement centré autour du portail VAMDC qui est un des leaders internationaux dans le domaine.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le pôle a continué de mener des activités à un excellent niveau. Pour ce qui concerne l'activité autour de BASECOL et VAMDC, la recommandation était de renforcer ces activités. Beaucoup d'efforts ont été fait pour stabiliser les expertises scientifiques et techniques clés. Malheureusement, le manque de recrutement de nouveaux permanents n'a pas permis de compenser les départs. De ce fait, bien que l'expertise technique reste sous responsabilité du LERMA, le leadership scientifique de certaines activités est transféré vers d'autres pays.

Des actions significatives ont été réalisées pour suivre les recommandations du précédent rapport de maintenir les échanges scientifiques au sein du pôle, en explorant de nouvelles technologies. Des équipements de visioconférences ont ainsi été installés pour aider la cohésion entre les différentes équipes du pôle et a permis de maintenir les réunions pendant la pandémie.

Sur le besoin de renforcer les activités de dissémination et la visibilité du pôle, diverses initiatives de dissémination de la recherche vers les étudiants, enseignants et le grand public ont été menées (p. ex., accueil de scolaires dans le cadre des cordées de la réussite, fête de la science, parrainage de classes).

Afin de renforcer les interactions entre les groupes et la visibilité des activités de laboratoire, le pôle a identifié des thèmes de recherche transverses aux équipes.

## EFFECTIFS DU PÔLE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	14
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	12
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>29</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	8
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>10</b>

Total personnels	39
------------------	----

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur le pôle

Ce pôle regroupe un ensemble d'expertises de pointe (chimie et physique moléculaire, physique basse température, science des surfaces), en particulier en termes d'astrophysique de laboratoire. Il fournit des données atomiques et moléculaires théoriques et expérimentales, et des mesures de précision de spectroscopie astrophysique et atmosphérique. Des collaborations avec des équipes porteuses de grands programmes d'observations (p. ex., Alma, Noema) permettent de confronter la modélisation astrochimique aux observations de différents objets astrophysiques.

Les thématiques étudiées sont très en prise avec les grandes questions du domaine.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le pôle actuel est issu du regroupement de différentes équipes, sur différents sites (Observatoire de Paris à Denfert-Rochereau et à Meudon, Jussieu, Cergy). Le groupe jouit d'une bonne réputation scientifique. Sa recherche de pointe lui a permis d'attirer beaucoup de financements par contrats de recherche (ANR, Programmes nationaux de l'Insu, Domaine d'intérêt majeur de la région Île-de-France, etc.). Il participe à quatre programmes européens (dont l'ERC Dust Origin porté par l'université de Gand), porte trois contrats financés par l'ANR (dont ALPHA-03 et PIXyES - Photodésorption induite par les UV, rayons X et électrons sur les surfaces de glaces), quatre financements dans le cadre du PIA et sept financements régionaux. Il joue un rôle de coordination dans plusieurs projets (p. ex., l'équipex OBS4CLIM - système d'observation intégré de l'atmosphère, les projets financés par l'ANR). Son budget annuel est d'environ 500 k€, mais le montant récurrent n'est que d'environ 32 k€, soit moins de 10 % du budget total.

Plusieurs membres du groupe ont été invités pour des séjours de longue durée dans différents pays. De nombreux membres du groupe sont, ou ont été récemment éditeurs, co-éditeurs ou éditeurs associés de journaux internationaux (Molecular Astrophysics, Atmospheric Measurement Techniques) ou de l'AstroChemical Newsletter. Ils ont également organisé de nombreuses conférences nationales et internationales. Nombre de ses membres sont sollicités pour faire partie de groupes de travail ou d'experts internationaux, tels que le groupe de travail Nasa-NSF sur l'astrophysique de laboratoire, et pour participer à des groupes d'experts internationaux (p. ex., Grand accélérateur national à ions lourds – Ganil). Ils sont également régulièrement sélectionnés dans le cadre d'appels d'offres compétitifs. Par exemple, ils ont un projet par an accepté au synchrotron Soleil. Il est également à noter qu'ils sont sollicités par d'autres groupes, et qu'ils réservent donc des temps d'utilisation réguliers pour les visiteurs de leurs expériences (telles que VErS de NoUvelles Synthèses – VENUS – dédiée à l'étude de la formation de molécules complexes dans l'espace). Leur spectromètre de 10 mètres est également fréquemment sollicité par d'autres groupes nationaux et internationaux. Le laboratoire est donc très attractif pour les utilisateurs potentiels de leurs instruments, mais aussi pour les étudiants (doctorants et postdoctorants). La grande visibilité internationale des différentes activités résulte de la grande qualité du personnel scientifique, mais aussi technique et administratif.

Le groupe a publié environ 140 articles pendant la période considérée, avec une majorité dans des revues d'astrophysique (The Astrophysical Journal, Astronomy and Astrophysics, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, etc.) et dans des revues de premier plan (Nature Communications, Nature Astronomy, Faraday Discussions, etc.). Il convient de noter que les membres doctorants et postdoctorants sont encouragés à publier leurs propres travaux en tant que premiers auteurs.

Au-delà de publications de qualité, la production de ce pôle se distingue par la mise à disposition à la communauté de base de données de référence à travers le portail VAMDC.

Il est à noter que plusieurs membres du pôle participent à des activités de vulgarisation scientifique, par exemple en organisant des stands et des visites de laboratoires (fête de la science), mais aussi en intervenant dans des écoles.

## Points faibles et risques liés au contexte

Le fait que le financement des équipes soit morcelé en un grand nombre de contrats relativement petits rend le niveau actuel de fonctionnement difficilement soutenable sur le long terme, autant du point de vue des demandes de financements que de la gestion administrative de crédits de sources trop diverses.

L'organisation entre différents sites est une faiblesse majeure du pôle. Malgré une certaine amélioration avec l'arrivée des équipements de vidéoconférence, il y a très peu d'animation scientifique régulière à l'échelle du pôle. Ceci entraîne un sentiment d'isolement de certains personnels et équipes. De ce fait, le manque général de personnel administratif du laboratoire s'est fait sentir de manière encore plus aigüe sur le site de Jussieu qui n'a pas eu accès à un soutien administratif pendant une durée prolongée.

La structure particulière de la pyramide des âges et le manque de recrutement de chercheurs permanents juniors sur la période créent un réel risque de perte d'expertise sur certains domaines.

Le groupe a souffert de la période Covid qui a limité l'accès au laboratoire, affectant ainsi le travail expérimental. Cependant, durant cette période, l'accès prioritaire au laboratoire a été donné aux doctorants et aux jeunes chercheurs.

## Analyse de la trajectoire du pôle

De par sa diversité thématique et méthodologique, le pôle 3 est sans doute le pôle du LERMA pour lequel la réorganisation de l'Observatoire de Paris entraîne le plus grand morcellement.

L'équipe de Cergy va intégrer le futur « Labo #2 » pour renforcer les liens avec la planétologie. Les équipes de Meudon vont intégrer le futur « Labo #3 », tandis que les équipes de Jussieu vont quitter l'observatoire de Paris pour intégrer le laboratoire Monaris (CNRS – SU).

La logique de ces choix semble claire et chaque équipe va se trouver dans un environnement scientifique lui permettant de développer de nouvelles collaborations. Au vu des difficultés que l'organisation actuelle multisite et multi-tutelle du pôle pose à son fonctionnement, la démarche de réorganisation qui vise à limiter cet aspect dans les futurs laboratoires est plutôt vue de manière positive par le comité. Cependant, il semble dommage que ces aspects administratifs aient été si prégnants dans les choix de trajectoires des différentes équipes.

## RECOMMANDATIONS AU PÔLE

Le comité préconise de mettre en place des réunions scientifiques régulières communes des équipes du pôle qui rejoignent le « Labo #3 » pour préparer le futur, y compris avec les membres du pôle 2.

Le comité recommande également une implication forte dans la réorganisation du « Labo #3 », en particulier en ayant des échanges directs avec le personnel des autres équipes entrantes, ceci afin d'explorer les synergies au sein de ce futur laboratoire, de définir l'organisation des équipes pouvant permettre une cohésion scientifique et une animation régulière en tenant en compte la gestion de la configuration multisite probable des futures équipes.

Le comité recommande de mieux mettre en valeur l'utilisation (en particulier la communauté utilisatrice) qui est faite des bases de données et outils développés (en particulier dans le cadre des SNO) et des travaux qui sont fait au sein du pôle en physique atomique et moléculaire.

De manière plus générale, Le comité recommande d'identifier les facteurs pouvant permettre d'accroître la visibilité des activités du pôle.

Le comité recommande à l'équipe « Réactivité sur les surfaces froides » d'explorer les synergies avec les équipes actuelles du LESIA qui rejoindront le futur « Labo #2 » et d'identifier comment mettre en place une animation scientifique commune suffisamment fréquente.

Le comité leur recommande également d'explorer les possibilités d'échanges scientifiques, par exemple sur des aspects méthodologiques, en local à Cergy sur un périmètre plus large que celui de l'équipe, afin de permettre aux doctorants et postdoctorants de travailler dans un environnement plus diversifié.

## Pôle 4 : Télédétection et instrumentation térahertz

Nom de la responsable : Mme Catherine Prigent

### THÉMATIQUES DU PÔLE

Le pôle développe une instrumentation très spécifique, dans le domaine du térahertz, avec une expertise poussée des récepteurs hétérodynes. Il participe ainsi à des projets pour le spatial et au sol. Ces récepteurs hétérodynes permettent des observations uniques du milieu interstellaire et des planètes.

L'équipe « Télédétection de la Terre et des planètes » est centrée sur la radiométrie multifréquences (micro-onde, millimétrique et visible) à partir de satellites, pour la caractérisation des surfaces planétaires. Elle produit des variables géophysiques sur des séries temporelles longues pour la climatologie et la météorologie. L'activité logicielle se concentre sur la modélisation de l'instrumentation, le traitement de données et l'élaboration de stratégies d'observations virtuelles.

### PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le comité précédent a préconisé, concernant la production et les activités scientifiques, de renforcer le leadership international, d'améliorer la cohésion entre les sous-groupes et d'améliorer le niveau des activités de sensibilisation vis-à-vis du grand public. Au cours de la période de référence, ce leadership s'est affirmé avec la livraison de l'instrument SWI sur JUICE. De manière plus prospective, le pôle 4 propose d'endosser la responsabilité de chercheur principal (principal investigator) pour l'instrument Firsst (Future far infrared spectroscopy space telescope) de la Nasa, encore en discussion. Le pôle a formé et forme de nombreux doctorants, et aussi des étudiants en organisant des travaux pratiques. Les membres du pôle participent activement aux journées des sciences.

Les recommandations précédentes portaient aussi sur une diversification de l'activité du pôle pour éviter les risques associés aux missions spatiales en s'impliquant dans des projets sol, de collaborer aux observations de la Terre et continuer les activités R&D. Le risque lié au spatial est compris et l'équipe continue à profiter de sa reconnaissance en participant à de nouveaux projets. En revanche, son implication récente dans des projets sols (DATE 5, un télescope THz chinois au dôme A en Antarctique, et AtLAST – Atacama Large-Aperture Submm/mm Telescope –, une étude de l'ESO pour un télescope à une antenne) réduit les risques. En s'appuyant sur sa R&D, le pôle soumet ses propositions de satellites et d'instruments à la communauté et réduit ainsi sa dépendance aux offres extérieures de participation à des projets spatiaux.

Finalement, il était fortement encouragé de renforcer les échanges entre les deux groupes qui constituent le pôle 4, ce qui n'a pas été mis en place.

### EFFECTIFS DU PÔLE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégorie de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	11
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>15</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	5
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>8</b>
<b>Total personnels</b>	<b>23</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur le pôle

Le pôle 4 est composé de deux équipes (instrumentation et télédétection) ayant pour chaque groupe des expertises très reconnues et des réussites indéniables. On peut citer la contribution à l'instrument SWI sur JUICE, des R&D de pointe sur l'instrumentation hétérodyne et la participation aux études de nouveaux projets spatiaux. Sur le plan scientifique le leadership est bien identifié sur les observations micro-ondes de l'atmosphère terrestre, en particulier sur les aspects numériques et de transfert radiatif, avec une utilisation de l'intelligence artificielle. Le groupe joue un rôle moteur pour de nouvelles missions européennes (p. ex., Copernicus Imaging Microwave Radiometer – CIMR).

### Points forts et possibilités liées au contexte

Les deux composantes du pôle 4 sont présentées de manière totalement indépendantes, donc leur analyse est aussi présentée indépendamment.

Groupe instrumental : la force majeure de ce groupe réside dans sa capacité à concevoir, fabriquer et tester des composants de pointe (mélangeur et oscillateur local) pour les récepteurs hétérodynes dans le domaine térahertz (THz). Il mène également des travaux de R&D, pour proposer des composants novateurs pour des projets spatiaux, des sous-ensembles et même des instruments complets. Cela lui permet de prétendre à un leadership dans les projets dont il est partenaire. Le travail d'équipe est efficace, les objectifs et les délais sont tenus, points souvent critiques dans le spatial. Les opportunités à venir seraient d'assurer la fonction de responsable scientifique pour l'étude de l'instrument hétérodyne du projet de mission NASA Firsst.

Groupe télédétection : l'activité scientifique du groupe est à la pointe sur une thématique à la marge parmi les scientifiques de l'unité, mais reconnue parmi les acteurs des études du changement climatique. L'expertise principale se porte actuellement sur le développement d'outils de l'intelligence artificielle appliqués aux données satellitaires, pour le traitement d'images et l'extraction des données. L'équipe est fortement soutenue par des financements extérieurs, par le Cnes et la Nasa. Elle s'est engagée dans le projet CIMR (Copernicus imaging microwave radiometer) récemment sélectionné, ce qui devrait nécessiter un investissement significatif en personnels dans les années à venir pour soutenir le projet au sein du laboratoire. Le groupe participe aussi largement à la formation et l'encadrement doctoral.

### Points faibles et risques liés au contexte

Le pôle 4, du fait de ses effectifs réduits et de sa division en deux équipes aux activités différentes souffre d'un manque de visibilité à l'extérieur, qui rend difficile les recrutements, que ce soient pour le groupe d'instrumentation ou dans le groupe télédétection.

Groupe Instrumental : son activité est très dépendante de plusieurs facteurs la rendant fragile. Bien que les personnels du groupe maîtrisent la technologie de construction des diodes Schottky, il en est très dépendant et le savoir-faire repose dans les mains de quelques individus. D'autre part, le groupe est isolé au sein du LERMA et au sein de l'Observatoire. Il collabore davantage à l'international qu'en interne. Enfin, l'équipe est petite par rapport à d'autres laboratoires spatiaux et n'atteint pas la masse critique pour avoir le poids politique permettant d'obtenir des postes.

Groupe télédétection : de taille sous critique et isolée dans le laboratoire, il pourrait être mieux mis en valeur au sein d'un laboratoire de physique de l'atmosphère ou de surfaces continentales terrestres. Dans le paysage actuel, les perspectives de recrutement sont très difficiles.

De manière globale, les activités de diffusion des connaissances du pôle 4 qui touchent à des thématiques à forte valeur ajoutée vis-à-vis du grand public pourraient être renforcées.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

Dans le cadre de la réorganisation de l'Observatoire de Paris, le pôle 4 va rejoindre le « Labo #2 ». Ceci permettra à la fois au groupe de télédétection de rejoindre d'autres scientifiques travaillant sur les atmosphères terrestres et exoplanétaires, et au groupe instrumental térahertz de s'intégrer dans un groupe instrumental plus large dédié à l'instrumentation spatiale. Les expertises des uns et des autres devraient pouvoir être intégrées et bien reconnues. On peut espérer que cette réorganisation réduise l'isolement du pôle 4 en permettant davantage d'interactions avec d'autres chercheurs intéressés par les atmosphères planétaires ou

exoplanétaires, et avec d'autres ingénieurs développant de l'instrumentation scientifique sur de nombreux projets spatiaux.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Groupe instrumental :

- Le comité encourage le groupe à profiter de son intégration dans le « Labo #2 » pour s'ouvrir à de nouvelles compétences au-delà de son domaine d'expertise. Cela devra se faire à condition que les personnels soient acteurs de la construction de l'équipe technique de ce laboratoire, qui ouvre un grand potentiel aux personnels.
- Pour renforcer cette intégration, tout en gardant la spécialisation de l'équipe du pôle 4, le comité recommande la mise en place d'échanges réguliers et de visites sur site avec les autres équipes du nouveau « Labo #2 », le comité reconnaissant qu'un déménagement des équipes techniques est actuellement hors de propos.

Groupe télédétection :

- Pour une véritable intégration dans un laboratoire d'astrophysique, une ouverture thématique doit être envisagée, avec un rapprochement auprès de scientifiques s'intéressant aux atmosphères planétaires ou exoplanétaires. Afin de renforcer la visibilité scientifique du groupe, de taille modeste actuellement, le comité recommande d'explorer de nouvelles pistes d'applications du savoir-faire de l'équipe, dans le cadre de l'intégration du groupe dans le « Labo #2 », dont les études sur la physique planétaire sera un des fers de lance.

## DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

### DATES

**Début :** 18 octobre 2023 à 08h00

**Fin :** 19 octobre 2023 à 18h00

**Entretiens réalisés : en présentiel**

### PROGRAMME DES ENTRETIENS

<b>Mercredi 18 octobre (site Denfert-Rochereau)</b>					
<b>Début</b>	<b>Fin</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Intervenants</b>	<b>Participants</b>	<b>Lieu / salle</b>
08:30	08:45	Huis clos comité		Comité seul	Salle du Conseil Observatoire
08:45	09:00	Introduction Hcéres + présentation du comité	H. Wozniak	Tous = comité + personnel de l'unité + observateurs	
09:00	10:30	Présentation générale de l'unité (45 min présentation + 45 min discussions) : faits marquants, trajectoire	direction	Tous	
10:30	10:45	Pause			
10:45	11:15	Pôle Galaxie et cosmologie (50% présentation - 50% discussions) : focus fait marquant, trajectoire	responsable pôle	Tous	
11:15	11:45	Pôle Dynamique des milieux interstellaires et plasmas stellaires (50% présentation - 50% discussions) : focus fait marquant, trajectoire	responsable pôle	Tous	
11:45	12:15	Pôle Instrumentation et télédétection (50% présentation - 50% discussions) : focus fait marquant, trajectoire	responsable pôle	Tous	
12:15	13:15	Déjeuner (plateaux repas) + huis-clos comité		Comité seul	
13:15	14:15	Visite installations: GEMO		Comité + responsables d'installations	
14:15	14:45	Service IT (50%-50%) : focus fait marquant, trajectoire	responsable service	Tous	
14:45	15:15	Service administration (50%-50%) : focus fait marquant, trajectoire	responsable service	Tous	
15:15	15:30	Pause			
15:30	16:00	Personnels PAR d'encadrement		Comité + personnels concernés	
16:00	16:45	Huis-clos postdoctorants		Comité + personnels concernés	
16:45	17:30	Huis-clos doctorants		Comité + personnels concernés	
17:30	19:00	Huis clos comité		Comité seul	
<b>Jeudi 19 octobre (site Jussieu puis Denfert-Rochereau)</b>					
<b>Début</b>	<b>Fin</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Intervenants</b>	<b>Participants</b>	<b>Lieu</b>
08:30	09:00	Huis clos comité		Comité seul	Jussieu
09:00	09:30	Pôle Molécules dans l'Univers (50% présentation - 50% discussions) : focus fait marquant, trajectoire	responsable pôle	Tous	
09:30	11:00	Visite installations remarquables		Comité + responsables d'installations	
11:00	11:45	Déplacement Jussieu-Observatoire de Paris			

11:45	12:45	Huis-clos personnels d'appui à la recherche (ITA, BIATSS...)		Comité + personnels concernés	Salle du Conseil Observatoire
12:45	14:00	Déjeuner (plateaux repas) + huis-clos comité		Comité seul	
14:00	15:00	Huis-clos chercheurs et enseignants-chercheurs permanents		Comité + personnels concernés	
15:00	16:00	Huis-clos tutelles		Comité + représentants tutelles	
16:00	17:00	Huis-clos direction		Comité + comité de direction	
17:00		Huis clos comité		Comité seul	
<b>Mercredi 25 octobre (visio)</b>					
<b>Début</b>	<b>Fin</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Intervenants</b>	<b>Participants</b>	<b>Lieu</b>
10:00	11:00	Huis clos équipes de préfiguration Labo #2 et #3		Comité + équipe de préfiguration labo #2 et #3	lien zoom

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

**Arnaud TOURIN**

Vice-président recherche, sciences et société

+33 1 80 48 59 13  
[arnaud.tourin@psl.eu](mailto:arnaud.tourin@psl.eu)

Paris, le 14 février 2024

M. Eric SAINT-AMAN  
Directeur  
Département d'évaluation de la recherche  
HCÉRES

**Référence : DER-PUR250024137 - LERMA - Laboratoire d'étude du rayonnement et de la matière en astrophysique et atmosphères**

Monsieur le Directeur,

Les tutelles de l'Unité de recherche LERMA adressent leurs remerciements aux experts du comité HCERES pour la qualité de leur rapport d'évaluation. Elles n'ont pas d'observations de portée générale à formuler.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Directeur, mes plus cordiales salutations.



Arnaud Tourin

Les rapports d'évaluation du Hcéres  
sont consultables en ligne : [www.hceres.fr](http://www.hceres.fr)

Évaluation des universités et des écoles  
Évaluation des unités de recherche  
Évaluation des formations  
Évaluation des organismes nationaux de recherche  
Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein  
75013 Paris, France  
T. 33 (0)1 55 55 60 10

[hceres.fr](http://hceres.fr)

[@Hceres\\_](https://twitter.com/Hceres_)

[Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)

