

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ LUTH - Laboratoire Univers et théories

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

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

Centre national de la recherche scientifique –
CNRS

Université Paris Cité - UP Cité

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 19/02/2024



Au nom du comité d'experts :

Benoit Famaey, Président 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

Président :	M. Benoit Famaey, CNRS Strasbourg (représentant du CoNRS)
	M. Jean-Marc Huré, Université de Bordeaux
	M. Jérôme Petri, Université de Strasbourg (représentant du CNU)
Experts :	M. Emmanuel Quemener, École normale supérieure de Lyon (représentant du personnel d'appui à la recherche)
	M. Johan Richard, Université Claude Bernard Lyon 1

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Hervé Wozniak

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

Mme Fabienne Casoli, OBS-PSL
Mme Nathalie Eisenbaum, UP Cité
M. Arnaud Tourin, PSL
Mme Olivia Venot, CNRS-Insu

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire Univers et Théories
- Acronyme : LUTH
- Label et numéro : UMR 8102
- Nombre d'équipes : 3
- Composition de l'équipe de direction : M. Philippe Grandclément, directeur, M. Zakaria Meliani, directeur-adjoint

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

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

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le LUTH se consacre à l'étude théorique et à la modélisation en astrophysique, essentiellement dans les domaines de la cosmologie, des phénomènes de hautes énergies et des objets compacts. Il est structuré en trois équipes de recherche : « Cosmologie : origine et structures » (équipe COS), « Phénomènes de hautes énergies » (équipe PHE) et « Relativité et objets compacts » (équipe ROC). La relativité générale concerne un nombre important de membres du laboratoire tandis que le calcul numérique occupe une place centrale. Les recherches sont menées par de petits groupes de chercheurs, souvent en amont de grands projets de l'astrophysique contemporaine tels que le Cherenkov Telescope Array (CTA), la mission de classe moyenne Euclid (de l'Agence spatiale européenne – ASE), la mission en préparation Laser Interferometer Space Antenna (Lisa de l'ASE) ou le Einstein Telescope. Une partie des activités est plus directement liée à l'exploitation des observations (High Energy Stereoscopic System – HESS, notamment), en particulier au sein de l'équipe PHE. Ces équipes de recherche sont accompagnées par une équipe informatique et une équipe administrative.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le LUTH est une unité mixte de recherche (UMR 8102) dont les tutelles sont l'Observatoire de Paris – PSL (OBS-PSL), le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et Université Paris Cité (UPCité). Cette unité de recherche est entièrement hébergée dans un bâtiment du site de Meudon de l'OBS-PSL. Elle existe depuis janvier 2002, à la suite d'une restructuration des unités ayant l'OBS-PSL comme tutelle principale.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LUTH est principalement rattaché au CNRS-Insu, mais aussi de façon secondaire aux instituts INP (Institut de physique) et IN2P3 (Institut national de physique nucléaire et physique des particules), plusieurs thématiques théoriques abordées au laboratoire étant aux interfaces entre les thématiques prioritaires de ces trois instituts. C'est son appartenance à l'OBS-PSL qui conditionne en grande partie l'environnement de recherche du laboratoire, à la fois au travers de son implication dans plusieurs actions pluriannuelles incitatives (API) de l'OBS-PSL telles que « Astrophysique des processus de hautes énergies », « Galaxies et grandes structures » et « Ondes gravitationnelles et objets compacts », et par l'intermédiaire des Services nationaux d'observation (SNO) dans lesquels les membres du laboratoire s'impliquent, en particulier CTA et le centre d'expertise régional PADC (Paris Astronomical Data Centre).

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	6
Chargés de recherche et assimilés	8
Personnels d'appui à la recherche	5
Sous-total personnels permanents en activité	23
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	5

Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	3
Doctorants	11
Sous-total personnels non permanents en activité	19
Total personnels	42

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	13	3
OBS-PSL	3	1	2
UNIVERSITÉ PARIS-CITÉ	1	0	0
Total personnels	4	14	5

AVIS GLOBAL

Le Laboratoire Univers et théories (LUTH) est une unité de petite taille qui se révèle être un acteur incontournable en astrophysique théorique dans le paysage national, grâce à la qualité des recherches menées par ses membres, comme l'attestent les récompenses et distinctions régulièrement obtenues par ceux-ci (p. ex., médaille de bronze du CNRS, prix de thèse Jürgen Ehlers de la Société internationale sur la relativité générale et gravitation, chaire fondamentale de l'IUF). L'unité porte des recherches théoriques de pointe au plus haut niveau international, qui s'effectuent en amont ou en synergie avec de nombreux grands projets observationnels de la discipline, tout particulièrement dans les domaines de la cosmologie, des hautes énergies et de la physique des ondes gravitationnelles. L'unité bénéficie du soutien d'une équipe informatique sur les développements numériques et sur les activités de gestion de données et met à disposition de la communauté la plupart des outils numériques développés au laboratoire dans une démarche de science ouverte.

L'équipe COS utilise des méthodes de calcul à hautes performances (dites HPC – High performance computing) pour étudier la structuration de l'Univers à grande échelle, et plus spécifiquement les grandes structures comme les amas de galaxies. L'équipe a une grande expertise sur la production de simulations numériques pour la cosmologie, et a produit des résultats récents sur les théories alternatives au modèle standard de matière noire et énergie noire. Elle est très impliquée et visible dans l'interprétation de grands relevés cosmologiques comme ceux de la mission Euclid.

L'équipe PHE est très active dans l'analyse et le traitement des données, ainsi que dans la modélisation et dans les simulations numériques des phénomènes de haute énergie associés. Elle a obtenu récemment des résultats de premier plan sur le test du principe d'équivalence fort par chronométrie d'un pulsar triple et sur l'accélération de particules à très hautes énergie dans les blazars. Son expertise couvre tout le spectre de la théorie, en passant par la modélisation jusqu'à l'observation et se reflète dans sa production scientifique de très haute qualité.

L'équipe ROC dispose de longue date d'une forte visibilité et d'une grande reconnaissance par ses développements novateurs autour de la physique des objets compacts (trous noirs, étoiles à neutrons), par une double approche analytique et numérique. De plus en plus impliquée dans les grands projets observationnels, l'équipe poursuit sa production de résultats majeurs sur l'émission d'ondes gravitationnelles, la structure interne des étoiles compactes, la dynamique et la fusion de binaires, et les alternatives à la relativité générale.

L'unité pâtit néanmoins d'un manque chronique de support administratif et de support informatique en administration systèmes et réseaux (ASR) de proximité, ce dernier étant assuré par l'équipe de développements numériques bien que cela ne soit pas dans le cœur de métier des personnels d'appui à la recherche (PAR) concernés. Malgré cela, le fonctionnement de l'unité est assuré grâce à la grande disponibilité de la direction, au professionnalisme des personnels administratifs et au dévouement de l'équipe informatique. L'unité affiche une excellente cohésion et de très bonnes interactions entre les personnels et la direction.

L'unité envisage la restructuration à venir de six des sept unités de l'Observatoire de Paris avec confiance, cette opération lui offrant la possibilité d'accroître sa visibilité, malgré les risques associés à la mise en place d'une unité dispersée entre trois sites distants, à Meudon et à Paris (XIV^e et V^e).

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport avait insisté sur la nécessité d'engager du nouveau personnel scientifique afin de soutenir l'unité au-delà du prochain contrat, que les liens avec la section 02 (Théories physiques : méthodes, modèles et applications) du CoNRS devraient être renouvelés maintenant qu'une nouvelle astrophysique des ondes gravitationnelles se développe et que l'unité devrait essayer de s'impliquer plus profondément dans les Actions nationales d'observation (ANO de l'Insu) afin d'augmenter ses chances de recruter des astronomes adjoints (relevant du Conseil national des astronomes et physiciens – Cnap). Les recrutements durant le quinquennat tant au Cnap (ANO2 CTA) qu'en sections 02 (1 recrutement) et 17 (2 recrutements) du comité national de la recherche scientifique (CoNRS) ont pleinement répondu à cette recommandation, ces arrivées compensant les départs ayant eu lieu au cours de la période considérée. La taille du laboratoire augmentera mécaniquement avec la restructuration en cours et l'insertion de l'intégralité du LUTH dans le futur « Labo #3 » de l'Observatoire de Paris à l'horizon 2025.

L'ancienne équipe AME (Astrophysique multi-échelle), la plus dispersée thématiquement, avait suscité des inquiétudes quant à sa taille et à sa cohérence thématique. Cette équipe a disparu à la suite de deux départs, renforçant corrélativement la cohérence thématique de l'équipe PHE.

Le développement instrumental n'étant pas le cœur de la recherche menée au LUTH, son implication dans la construction d'un prototype de télescope pour CTA avait soulevé quelques inquiétudes dans le précédent rapport. Le comité a constaté que ce projet a été mené à terme avec succès et qu'il aura des retombées positives, par exemple en termes d'enseignement (au niveau master).

La recommandation de mieux profiter des appels à projets (AAP) a été pleinement suivie, l'unité ayant bénéficié de plusieurs contrats de l'Agence nationale de la recherche (ANR). L'implication dans CTA a aussi été accompagnée par des financements européens multi-nœuds (*Astronomy ESFRI & Research Infrastructure Cluster – ASTERICS* et *European Science Cluster of Astronomy & Particle Physics ESFRI Research Infrastructures – ESCAPE*), bien que le succès aux AAP de l'*European research council* (ERC) reste, quant à lui, limité (aucune bourse ERC obtenue depuis celle qui s'est terminée en août 2017).

En ce qui concerne la gouvernance, en particulier pour les recommandations du comité précédent sur l'amélioration de la circulation de l'information, le comité note la très grande satisfaction des personnels dans leur ensemble quant à la disponibilité de la direction, permettant une circulation efficace de l'information dans un laboratoire de petite taille, ainsi que son écoute et sa reconnaissance du travail du personnel technique et administratif.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les recherches menées sur des sujets essentiellement théoriques sont totalement en phase avec les grandes questions qui traversent l'astrophysique moderne. Le comité a apprécié le fait que ces recherches s'effectuent en amont ou en synergie avec de nombreux projets observationnels (Euclid, CTA, LISA, Einstein Telescope) constituant des pierres angulaires des domaines de la cosmologie, des hautes énergies et de la physique des ondes gravitationnelles.

Appréciation sur les ressources de l'unité

L'unité bénéficie de financements internes à l'Observatoire de Paris - PSL et de projets nationaux et européens collaboratifs. Elle bénéficie en outre du soutien d'une équipe informatique sur les développements numériques et sur les activités de gestion de données. Néanmoins, elle souffre d'un manque de support administratif stable et de support informatique en administration systèmes et réseaux de proximité.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement de l'unité repose sur une grande disponibilité de la direction permettant, dans un laboratoire mono-site et de petite taille, une circulation efficace de l'information sans aucune procédure formalisée. Ce mode de gouvernance ne sera sans doute pas reproductible dans un laboratoire de plus grande taille, implanté sur trois sites distants, résultat de la restructuration des unités de l'Observatoire de Paris.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

Les thématiques explorées au sein du laboratoire sont totalement en phase avec de nombreuses grandes questions qui traversent la discipline (en cosmologie, hautes énergies, ondes gravitationnelles). Quelle est la nature de la matière noire et de l'énergie noire ? La relativité générale est-elle valide à toutes les échelles ? Les observations d'ondes gravitationnelles peuvent-elles aider à répondre à ces questions ? Que peuvent nous apprendre les ondes gravitationnelles sur la nature et la physique des objets compacts ? Quelle est la physique complexe à l'œuvre dans les jets des noyaux actifs de galaxies ?

L'exploration, l'exploitation et les tests de la relativité générale et de ses alternatives (à différentes échelles, à la fois théoriquement et observationnellement) en restant à la pointe de l'état de l'art dans le développement d'outils numériques et dans leur mise à disposition dans une démarche de science ouverte, constituent une véritable recherche d'excellence au niveau international au LUTH.

Le comité note la capacité du laboratoire à mener des recherches exploratoires et innovantes en petits groupes, voire par des efforts individuels, qui ont un grand impact sur la discipline, comme la démonstration récente que les nombres de Love, caractérisant la déformabilité de marée d'objets compacts, sont généralement non nuls pour un trou noir en rotation.

Les possibilités offertes par l'essor de projets observationnels autour de la physique des ondes gravitationnelles, ainsi que l'exploitation de grands projets de la discipline comme CTA (hautes énergies) et Euclid (cosmologie), devraient permettre aux recherches menées au laboratoire de prospérer. Au niveau local, la restructuration offrira des occasions de nouvelles collaborations, en particulier dans le domaine de la cosmologie et de l'astronomie multi-messagers (p. ex., la synergie entre SVOM – Space-based multi-band astronomical Variable Objects Monitor – et CTA).

Points faibles et risques liés au contexte

Certaines thématiques sont portées par un trop petit nombre de personnes. Un départ de l'une d'entre elles peut alors engendrer une perte d'expertise. On notera en particulier un risque concret à court terme d'une perte quasi-totale d'expertise sur la thématique des étoiles à neutrons au sein du laboratoire, à la suite de deux départs en mutation prévus pour 2024. De tels départs étaient envisagés de longue date, mais la restructuration à venir a pu jouer le rôle d'accélérateur.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité bénéficie de l'environnement de l'Observatoire de Paris et de l'université PSL qui lui offre des possibilités de financement interne. On notera l'obtention d'un financement de l'université PSL à hauteur de 150 k€ destiné à accompagner le recrutement d'un astronome adjoint. Cet environnement permet également la gestion mutualisée de certaines ressources, notamment informatiques (mésocentre de calcul MesoPSL). L'unité bénéficie de financements de l'ANR et de financements européens multi-nœuds (Asterics et Escape). Une spécificité de l'unité est le soutien que l'équipe informatique apporte aux équipes de recherche sur les développements numériques et sur les activités de gestion de données. Les thématiques de recherche de l'unité, à la frontière entre astrophysique et physique théorique, lui permettent par ailleurs de relever de plusieurs instituts du CNRS ce qui représente un atout en termes de diversité des possibilités de recrutement. L'unité a bénéficié de plusieurs recrutements au CNRS (dont un recrutement en section 02 de physique théorique), mais également au CNAP. La mise en place au niveau national d'une nouvelle Action nationale d'observation consacrée aux codes communautaires constitue une nouvelle possibilité de recrutement au CNAP pour l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

Un point faible est le manque chronique de support administratif. L'unité a fonctionné avec 0,7 équivalent temps plein (ETP) de support administratif pendant plusieurs années. Ceci a engendré des problèmes concrets comme l'impossibilité de dépenser l'entièreté du budget d'une conférence (limitant la participation d'éminents collègues) par manque de moyens humains. Le support administratif n'est remonté à 1,7 ETP que très récemment.

Le support informatique de proximité est assuré par l'équipe de PAR dédiée aux développements numériques, bien que cela ne soit pas dans la fiche de poste des personnels concernés. Le soutien aux chercheurs par des personnels d'appui à la recherche dans la production et la maintenance d'outils numériques est par ailleurs crucial.

La perte de la tutelle UPCité pourrait avoir des conséquences négatives pour l'évolution de carrière de l'unique EC concerné. On notera enfin une pyramide des âges défavorable au seul projet instrumental (CTA), porté par une EC émérite.

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 fonctionnement de l'unité repose sur la disponibilité sans faille de la direction permettant, dans un laboratoire mono-site et de petite taille, une circulation efficace de l'information sans procédure formalisée, ainsi que de nombreuses discussions informelles avec les responsables d'équipe concernant les différents arbitrages. L'ensemble des personnels exprime sa satisfaction quant à ce mode de fonctionnement. L'assistant prévention du laboratoire suit tout ce qui concerne la santé, la sécurité, et les risques psycho-sociaux ; il conseille la direction et garantit le respect des procédures établies. Toutes les situations potentiellement risquées sont consignées dans le document unique, qui est mis à jour annuellement et consultable dans l'intranet du laboratoire. De nombreuses ressources, comprenant des textes officiels, des contacts utiles, ainsi que des cellules de soutien, sont accessibles aux membres du personnel par le biais de l'intranet. La vie de l'unité est rythmée par l'organisation de séminaires réguliers, dénotant le dynamisme du laboratoire.

Points faibles et risques liés au contexte

La communication externe du laboratoire passe par des efforts individuels de ses membres et n'est pas coordonnée au niveau de l'unité. Le site web de l'unité n'est pas à jour, ce qui impacte l'image du laboratoire.

Le laboratoire indique que les comptes-rendus des conseils de laboratoire sont rédigés par le secrétaire de séance et diffusés par mail, après validation du contenu par la direction, alors qu'un archivage sur l'intranet serait plus approprié.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'unité est attractive par la qualité de la recherche qui y est menée, comme l'attestent les récompenses et distinctions régulièrement obtenues par ses membres (médaille de bronze du CNRS, prix de thèse Jürgen Ehlers de la Société internationale sur la relativité générale et gravitation, chaire fondamentale de l'IUF), ainsi que sa capacité à recruter des chercheurs par la voie des concours nationaux. Ses succès aux appels à projets, en particulier nationaux, sont également réguliers, bien que moindres au niveau européen. Le comité a noté également que les équipes de l'unité sont de petite taille, et peuvent de ce fait souffrir d'un manque de visibilité en tant qu'équipes.

- 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 de 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

La qualité de la recherche et l'originalité des approches et des résultats, à la frontière entre physique théorique et astrophysique, qui caractérise le laboratoire, est particulièrement attractive. Ceci concerne des thématiques théoriques, mais aussi numériques et de traitement et analyse de données, dans une démarche de science ouverte avec mise à disposition régulière des outils numériques développés. On notera par exemple des applications très originales de l'étude des trous noirs, comme celles se plaçant dans un espace-temps Kerr-AdS en cinq dimensions et permettant d'étudier le comportement de plasmas quark-gluons en 4D au travers du principe holographique de correspondance AdS/CFT. Pour ces applications, l'usage des outils de calcul formel développés au laboratoire (et mis à disposition de la communauté) s'avèrent extrêmement utiles.

Les membres de l'unité ont été régulièrement récompensés par des distinctions, telles que la médaille de bronze du CNRS, le prix de thèse Jürgen Ehlers de la Société internationale sur la relativité générale et gravitation (ISGRG), ou encore une chaire fondamentale de l'IUF.

Malgré la surcharge de travail, le support administratif lors de l'accueil des nouveaux arrivants est de grande qualité grâce à l'engagement et au professionnalisme de la personne faisant fonction de responsable administrative. Le support de l'équipe informatique est également grandement apprécié de la majorité des personnels.

Les chercheurs du laboratoire émargent majoritairement à l'ED 127 (Astronomie et astrophysique d'Île-de-France), mais quelques-uns sont inscrits à l'ED 564 (Physique d'Île-de-France). Les doctorants proviennent majoritairement des masters opérés par l'observatoire de Paris. Une part importante vient des autres masters de physique de la région parisienne (Centre International de Physique Fondamentale et de ses interfaces – ICFP, *Nuclei, Particles, Astroparticles and Cosmology* – NPAC). L'unité n'a aucun problème de recrutements de doctorants et est attractive à cet égard. Les chercheurs du LUTH ont une longue habitude d'enseignement en seconde année de master, en astronomie ou en physique théorique, et l'un de ses membres à la responsabilité de l'Unité de formation et d'enseignement (UFE) de l'Observatoire. Les chercheurs, quel que soit leur statut, sont souvent sollicités pour ces enseignements spécialisés, ce qui permet de rendre l'unité visible auprès des étudiants.

Les postdoctorants mentionnent recevoir un soutien à la recherche d'hébergement lors de leur arrivée. Le laboratoire organise deux journées scientifiques communes par an : une consacrée spécifiquement aux doctorants et postdoctorants et l'autre aux chercheurs, ce qui participe à un accueil de qualité. Les doctorants bénéficient également d'une journée d'accueil de l'école doctorale ED 127.

L'unité est également attractive comme en attestent ses succès à recruter des chercheurs dans les divers concours nationaux (Cnap, CNRS). Les quatre recrutements, majoritairement de personnels n'ayant pas fait leur thèse au LUTH, indiquent un rayonnement bien au-delà du laboratoire. L'unité montre un bon taux de succès aux appels à projets (AAP), tant au niveau de l'université PSL (financement de 150 k€ en accompagnement à un nouveau personnel permanent) qu'au niveau national (4 succès aux AAP de l'ANR, dont un projet en cosmologie commençant cette année et impliquant deux autres laboratoires parisiens et le Laboratoire d'astrophysique de Marseille). L'implication dans des projets européens multi-nœuds (Asterics et Escape) en lien avec le traitement des données CTA est également à noter.

L'unité se distingue aussi par la qualité de ses personnels PAR en soutien aux développements numériques, dont la contribution majeure aux recherches menées au sein de l'unité est attestée par les publications dont ils sont régulièrement co-auteurs : on notera une mutation entrante d'un ingénieur de recherche CNRS dans ce cadre.

L'accès à des ressources numériques telles que le mésocentre de calcul MesoPSL est également un facteur d'attractivité.

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

Le manque de support administratif et de support ASR de proximité entraîne des conséquences négatives en termes de communication et d'attractivité, avec par exemple certaines missions de chercheurs extérieurs qui n'ont pu être mises en place lors d'une réunion.

Les équipes de l'unité sont de petite taille, et peuvent de ce fait souffrir d'un manque de visibilité en tant qu'équipes, tant à l'échelle nationale qu'internationale, ce qui peut nuire à leur attractivité.

Le site de Meudon représente un problème d'attractivité en termes d'accessibilité, en particulier pour les personnes à mobilité réduite ou en situation de handicap.

Le comité a noté un faible taux de réussite aux appels à projet européens individuels.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

L'excellente production scientifique de l'unité est caractérisée par des travaux théoriques de grande qualité, des développements numériques à la pointe de l'état de l'art et la production de logiciels, tant à destination d'utilisateurs individuels que dans le cadre d'un grand consortium tel que CTA. La plupart des outils numériques développés au laboratoire sont conçus dans une démarche de science ouverte avec mise à disposition des outils numériques développés.

- 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 scientifique de l'unité est marquée par des efforts menés en petits groupes, voire individuellement, permettant d'aborder des thématiques théoriques exploratoires, tout en restant connectée à plusieurs grands projets de la discipline, tels que LISA, Euclid ou CTA. Ces développements théoriques s'accompagnent de développements numériques importants, tels que, par exemple, les simulations cosmologiques RayGal, une suite de simulations N-corps à haute résolution et à grand volume, spécifiquement conçues pour produire des données de cônes lumineux pour l'étude des effets relativistes sur les observables de lentillage gravitationnel, sans utiliser aucune approximation simplificatrice de relativité. Ces productions numériques bénéficient de l'appui de personnels PAR, qui sont systématiquement associés aux publications en tant que co-auteurs, reconnaissant la contribution de chacun.

On notera aussi la production de logiciels dans le cadre de grands consortia tels que CTA, avec un travail sur l'interface entre l'archive de données et la bibliothèque Gammapy. La plupart des outils numériques développés au laboratoire sont conçus dans une démarche de science ouverte avec mise à disposition des outils numériques développés (par exemple, le système de calcul formel SageManifolds qui vise à étendre le système moderne de calcul formel SageMath, basé sur Python, à la géométrie différentielle et au calcul tensoriel, ou la bibliothèque de relativité numérique KADATH).

Le taux de publication par chercheur est assez équilibré entre les équipes. La quantité de la production est proportionnelle à la taille du laboratoire, avec des publications dans des revues telles que Nature, Science,

Nature Astronomy, Physical Review Letters, Living reviews in relativity, ainsi que dans les journaux majeurs en astrophysique (Astronomy & Astrophysics, The Astrophysical Journal, Monthly Notices of the Royal Astronomy Society). La qualité de la production scientifique se place au plus haut niveau international.

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

La démarche de science ouverte de mise à disposition des codes produits au sein de l'unité, de leur maintenance, et de l'aide aux utilisateurs est chronophage pour les chercheurs et personnels PAR concernés. La qualité de cette mise à disposition est donc sujette au temps disponible des personnels concernés, qui sont en nombre limité et doivent aussi assurer d'autres tâches liées au support informatique de proximité. Il n'y a donc pas de procédure centralisée au sein du laboratoire pour assurer l'homogénéité de publication des codes et outils numériques. La responsabilité en incombe aux équipes et aux chercheurs concernés.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

Les chercheurs de l'unité sont régulièrement impliqués dans les événements de vulgarisation à titre individuel (revue de presse, radio, télévision). Le comité regrette qu'aucune action incitative ou de coordination de ces activités ne soit mise en place au niveau de l'unité.

- 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 thématiques théoriques majoritairement abordées dans l'unité ne se prêtent pas à des partenariats avec les acteurs du monde non-académique, ni au développement des produits à destination du monde socio-économique. En ce qui concerne le partage des connaissances avec le grand public, le laboratoire bénéficie de l'environnement de l'Observatoire de Paris qui organise des événements ponctuels auxquels les chercheurs du laboratoire participent. Les chercheurs du LUTH sont régulièrement impliqués dans les événements du type « fête de la science ». On notera également que le prototype de télescope Cherenkov pGCT fait régulièrement partie du circuit de visite de l'Observatoire de Paris à Meudon.

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

Les activités de médiation scientifique passent exclusivement par des efforts individuels des chercheurs, aucune action incitative ou de coordination de ces activités n'est mise en place au niveau de l'unité.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

L'unité a un historique scientifique de long terme marqué par des contributions théoriques nombreuses dans divers domaines de l'astrophysique, en lien avec les grandes questions contemporaines qui traversent la discipline et avec plusieurs grands programmes observationnels présents et à venir. Cette excellente dynamique est amenée à se poursuivre dans un nouveau cadre. En effet, la trajectoire de l'unité est marquée par le plan de restructuration de l'Observatoire de Paris en trois grands laboratoires de recherche (dont les dénominations ne sont pas encore connues) et une UAR pour certaines catégories de PAR. Le LUTH a, dans ce plan de restructuration, vocation à rejoindre le « Labo #3 ». Celui-ci sera centré sur le LUTH, qui le rejoindra dans son ensemble, accompagné d'une partie du GEPI (hautes énergies, galaxies et cosmologie, R&D instrumentale) et d'une partie du LERMA (formation et évolution des galaxies, milieu interstellaire, plasmas).

Cette restructuration ouvrira de nouvelles possibilités de collaborations, notamment dans les domaines de la cosmologie et de la formation des galaxies, permettant la création d'une grande équipe à forte visibilité dans ce domaine. Elle offrira également une chance de placer dans une cohérence thématique les recherches en cosmologie traitées actuellement, pour des raisons personnelles récentes, au sein de l'équipe ROC de l'unité. De plus, les équipes PHE et ROC de l'unité actuelle pourront fusionner, renforçant leur visibilité et elles pourront être rejointes par le personnel spécialisé dans l'astronomie multi-messagers du GEPI, permettant par exemple une synergie entre les missions SVOM et CTA. L'élargissement du laboratoire facilitera également la mise en place d'initiatives visant à coordonner les activités de diffusion des connaissances auprès du grand public et à potentiellement améliorer la gestion des fonctions de support. La restructuration à venir permettra également de faire croître le nombre de séminaires réguliers, et d'offrir la possibilité d'échanges pouvant mener à la mise en place de nouvelles collaborations à Paris.

La création d'un laboratoire de plus grande envergure ne sera pas compatible avec la gouvernance actuellement plutôt informelle au sein de l'unité. Ceci concerne tant les aspects logistiques, de communication et de circulation de l'information, que les arbitrages scientifiques. L'équipe de préfiguration s'apprête donc à gérer les défis liés à l'implantation sur trois sites de l'unité, en tentant de garantir à la fois la cohérence et l'organisation de celle-ci. Les questions de proximité géographique du support administratif et informatique se poseront, ainsi que celle de l'évolution de carrière des personnels administratifs qui seront regroupés au sein du « Labo 3 ».

Il existe également un risque de perte de visibilité du laboratoire pour sa tutelle INP, car les chercheurs de la section 02 deviendront largement minoritaires au sein du « Labo #3 ». Cela pourrait compromettre la possibilité de recruter en section 02, et donc réduire l'attractivité du laboratoire de ce point de vue. En revanche, la tutelle universitaire UPCité du LUTH sera remplacée par celle de Sorbonne Université (SU) avec la restructuration au 1^{er} janvier 2025, ce qui pourrait ouvrir la possibilité de nouveaux recrutements dans ce cadre.

Le manque de support informatique de proximité, en administration des systèmes et réseaux (ASR), peut s'aggraver dans un laboratoire réparti entre plusieurs sites. Il y a un risque que la fusion dans un laboratoire de plus grande taille engendre une perte de soutien aux « petits » projets, par exemple de nature théorique et menés par quelques chercheurs, voire un seul. La restructuration à venir présente en outre des risques pour l'évolution de carrière des personnels administratifs dans le cadre de leur future mise en commun, et de perte de support administratif de proximité dans un laboratoire situé sur deux sites très distants.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

En termes de soutien aux activités de recherche, le comité recommande que, parmi les activités actuelles de l'unité, la priorité reste mise sur les développements numériques et sur les activités de gestion de données. En outre, au vu des thématiques théoriques exploratoires qui font l'une des spécificités du laboratoire actuel, le comité recommande de veiller au soutien aux « petits » projets menés dans ce cadre. Cette recommandation concerne à la fois le soutien par des personnels d'appui à la recherche et le soutien financier des théoriciens qui ne peuvent travailler uniquement avec un financement par projet.

Dans le cadre d'un futur laboratoire implanté sur trois sites distants, le comité recommande de conserver un maximum de proximité géographique dans les services de support, tant informatique qu'administratif.

Dans le cadre de la future mise en commun des services administratifs, liée à la restructuration, le comité recommande de mettre en place un plan d'évolutions possibles des fonctions des personnels concernés au sein de la nouvelle unité, avec un plan de formation adéquat.

L'élargissement à venir du laboratoire lié à la restructuration impliquera la nécessité de mise en place de procédures plus formalisées concernant l'organisation du laboratoire et les arbitrages. Afin de conserver la disponibilité actuelle de la direction, particulièrement appréciée des personnels, il sera nécessaire que celle-ci partage son temps équitablement entre les différents sites du laboratoire à venir.

Au vu de départs prévus et dans un contexte de restructuration, il s'agira de rester vigilant à ce que ces départs n'en entraînent pas d'autres.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Le comité recommande de profiter de la restructuration à venir pour mettre en place des équipes plus grandes, élargissant le spectre des thématiques abordées tout en restant cohérentes, et bénéficiant ainsi naturellement d'une plus grande visibilité tant au niveau national qu'international.

Le comité encourage l'unité à poursuivre les demandes de financements européens individuels (ERC, MSCA), qui devraient pouvoir être obtenus au vu de l'excellence des recherches qui y sont menées.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité n'a pas identifié de recommandation particulière à mettre en avant concernant l'excellente production scientifique du laboratoire.

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

Le comité encourage le laboratoire à profiter de la restructuration à venir pour mettre en place des actions incitatives en direction des personnels afin de coordonner les activités de diffusion des connaissances auprès du grand public.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE OU PAR THÈME

Équipe 1 : Cosmologie : origine et structures (COS)

Nom du responsable : M. Pier-Stefano Corasaniti

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe « Cosmologie : origine et structures » (COS) étudie la structuration de l'Univers à grande échelle, et notamment le contenu matière-énergie des grandes structures comme les amas de galaxies. Ce travail s'effectue dans et hors du cadre du modèle standard de la cosmologie, avec un intérêt particulier pour les modèles alternatifs d'énergie et de matière noire, ainsi que de gravitation modifiée. Les méthodologies utilisées reposent sur le calcul numérique à haute performance (*High Performance Computing* – HPC), avec production de simulations numériques d'ampleur permettant de proposer de nouvelles méthodes d'interprétation des futurs grands relevés cosmologiques (par ex., Euclid) ou d'observations d'amas de galaxies.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent comité avait émis essentiellement deux recommandations à l'équipe COS. La première concernait la mise à disposition et la diffusion des résultats de simulations à la communauté dans son ensemble ; elle a été complètement suivie. Un grand nombre de nouvelles simulations (cônes de lumière, *snapshots*) ont été mises à disposition dans le cadre du projet RayGalGroupSims. De nouveaux spectres de puissances sont mis à disposition publiquement avec différentes cosmologies (projet DEUS – Dark Energy Universe Simulation – en collaboration notamment avec le Max-Planck-Institut für Astrophysik à Garching bei München, Allemagne).

La deuxième recommandation était un encouragement à l'équipe à s'engager davantage dans des collaborations avec les équipes de cosmologies de la région parisienne, notamment au travers de cotutelles de thèse. Même si le groupe est impliqué dans les mêmes collaborations que d'autres équipes parisiennes (comme la mission Euclid), aucune des quatre thèses produites ou en cours pendant la période évaluée n'est en cotutelle ou codirection avec un autre laboratoire.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

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

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Bien qu'elle soit extrêmement petite (trois chercheurs permanents), l'équipe COS montre un très fort dynamisme et a obtenu des résultats importants et reconnus dans le dernier quinquennat concernant les théories alternatives au modèle standard de matière noire et énergie noire, notamment concernant la signature de l'éparpillement (sparsity) des halos de matière noire dans ce cadre. La visibilité des résultats tient à l'originalité des thématiques étudiées, qui sont en outre pleinement en phase avec les résultats récents ou futurs de grands projets observationnels en cosmologie (en particulier Euclid pour les grandes structures ainsi que les amas de galaxies massifs).

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe COS a obtenu plusieurs résultats majeurs au cours de la période d'évaluation. Les travaux concernant les halos de très faible masse en lien avec la mesure de la fonction de luminosité des galaxies très distantes ont reçu une grande visibilité au niveau international. En effet, plusieurs modèles alternatifs de matière noire donnent des prédictions différentes sur ces halos. La poursuite de ce travail d'interprétation de la fonction de luminosité semble prometteur pour les prochaines années.

Du côté des simulations numériques, le projet RayGal a produit des simulations uniques en leur genre pour tester des nouvelles sondes cosmologiques qui semblent très prometteuses pour interpréter les futurs grands relevés. La mise à disposition des produits de simulations a grandement augmenté la visibilité de ce résultat.

Enfin, un nouvel axe de recherche autour des amas de galaxies et de l'éparpillement (sparsity) de leurs halos de matière noire s'est développé, auquel on peut ajouter le recrutement tout récent d'une chargée de recherche (CR) du CNRS dans l'équipe. Il ne fait nul doute que le renforcement de cette thématique rend l'étude des amas de galaxies très prometteuse pour l'équipe dans les prochaines années. L'équipe s'est très bien positionnée au sein de la mission Euclid, avec une implication dans différents groupes de travail scientifiques et techniques. Leur travail est très bien mis en avant dans cette collaboration.

Points faibles et risques liés au contexte

Un risque majeur, déjà mentionné dans la précédente évaluation, concerne la taille de l'équipe qui reste très petite (trois chercheurs permanents et deux doctorants). On note aussi un manque de collaborations avec d'autres équipes de cosmologie de la région parisienne. D'autre part, certaines recherches en cosmologie sont traitées au sein de l'équipe ROC, pour des raisons historiques récentes, ce qui n'est pas idéal en termes de cohérence thématique.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La restructuration des équipes du LUTH dans le nouveau « Labo #3 » est une chance pour l'équipe COS de se rapprocher des équipes du GEPI et du LERMA travaillant sur des thématiques proches (galaxies et cosmologie). Il y a une volonté de l'équipe pour un tel rapprochement qui permettra d'avoir une réelle synergie entre les sites de Meudon et de Paris.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande de profiter de la restructuration à venir pour mettre en place une grande équipe à forte visibilité dans le domaine de la cosmologie et de la formation des galaxies, après le rapprochement avec les équipes du GEPI et du LERMA. Le comité recommande que cette nouvelle équipe préfigurée « cosmologie et galaxies » rassemble l'ensemble des thématiques de cosmologie actuellement traitées au LUTH, au-delà de l'équipe COS.

Le comité recommande également un renforcement des relations entre l'équipe COS et d'autres équipes en cosmologie au niveau de l'environnement parisien. Des liens existent dans les collaborations comme Euclid, mais pourraient être davantage renforcés par exemple au travers de collaborations entre observations et simulations, ou dans le cadre de thèses en cotutelle. Des connexions possibles existent également au niveau des amas de galaxies, ainsi que pour l'interprétation de données observationnelles du *James Webb Space Telescope* (JWST) avec la fonction de luminosité des galaxies à très grand décalage spectral (plusieurs projets à l'Institut

d'astrophysique de Paris – IAP) où la complémentarité est évidente avec les résultats des simulations produites par l'équipe COS.

Le nouveau service national d'observation RAMSES de l'ANO-CC de l'Insu, dans lequel le LUTH est l'un des laboratoires partenaires au travers de l'équipe COS, est une belle possibilité pour l'équipe de partager son savoir-faire, de renforcer des collaborations au niveau national et d'éventuellement recruter un astronome-adjoint.

Équipe 2 : Phénomènes de hautes énergies (PHE)

Nom du responsable : M. Zakaria Meliani

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe PHE observe, analyse et modélise les sources astrophysiques de haute énergie telles que les pulsars, les sursauts radio et les noyaux actifs de galaxies. Elle étudie les mécanismes physiques responsables des processus les plus violents de l'Univers, de l'accélération de particules ultrarelativistes à la production de jets relativistes. Elle couvre tout le domaine du spectre électromagnétique, des ondes radio jusqu'aux rayons gamma de très haute énergie, au-delà du Teraélectron-volt (TeV). Une part importante de son activité est consacrée à l'exploitation des données HESS (High Energy Stereoscopic System) et à la préparation des futurs grands instruments, notamment CTA. L'équipe PHE met à disposition de la communauté scientifique les nombreux outils numériques qu'elle développe dans le cadre de sa recherche.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Durant la période évaluée, l'équipe n'a pas réussi à prendre des responsabilités dans le SNO CTA. De plus, le départ à la retraite de deux membres fortement impliqués dans CTA devait être comblé par de nouveaux recrutements afin de ne pas porter préjudice aux retombées scientifiques de CTA pour l'unité. C'est chose faite avec le recrutement d'un astronome adjoint avec une tâche de service dans CTA et d'un ingénieur affecté à CTA.

L'équipe PHE était encouragée à continuer ses collaborations avec d'autres groupes au sein du LUTH, en particulier les équipes AME et ROC. Durant ces cinq dernières années, cette collaboration s'est concrétisée par plus d'une dizaine de publications communes entre PHE, AME, ROC et l'équipe informatique. L'équipe AME a en outre disparu et a été absorbée dans PHE.

Le développement instrumental n'étant pas le cœur de la recherche du LUTH, son implication dans la construction d'un prototype de télescope pour CTA, avait soulevé quelques inquiétudes. On constate que ce projet a été mené, avec succès, à son terme, bien que le design n'ait pas été retenu par le Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO). Le prototype de télescope GCT (Gamma-ray Cherenkov Telescope) aura une grande utilité dans le cadre de l'enseignement à l'Observatoire de Paris.

Enfin, suivant les précédentes recommandations du comité, l'équipe PHE a profité de nombreuses ressources financières en répondant à plusieurs appels d'offres.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	8
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	5
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	2
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	16

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe PHE démontre une activité de recherche de haut niveau et diversifiée, touchant à tous les aspects de l'astrophysique des hautes énergies avec une implication forte dans l'analyse, le traitement et l'interprétation des données. Elle maintient une importante activité dans le développement d'outils numériques. Les travaux se concrétisent par de nombreuses publications à comité de lecture.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe PHE a été très active en matière d'obtention de financements sur projets tant au niveau national qu'international. Ceci démontre sa compétitivité tandis qu'elle fait également preuve d'attractivité pour des jeunes chercheurs prometteurs, comme le démontre notamment le recrutement d'un astronome adjoint et d'un chargé de recherche. Son dynamisme, à la pointe de la recherche actuelle, se traduit par plus de 170 publications dans des revues à comité de lecture durant la période écoulée.

La force de cette équipe réside dans son aspect multi-messager, favorisant les synergies entre l'astrophysique des photons, des neutrinos, des rayons cosmiques et des ondes gravitationnelles. Elle est productive en termes de modélisation des phénomènes astrophysiques de haute énergie par l'intermédiaire du développement de plusieurs codes de simulation numérique, que ce soit pour le chronométrage des pulsars, l'étude cinétique ou fluide des plasmas et le transfert radiatif. Grâce à la richesse de ses thématiques, l'équipe PHE collabore avec les autres équipes du LUTH, tout particulièrement avec l'équipe ROC.

La restructuration du laboratoire représentera une chance de renforcer les liens, voire de fusionner, avec l'équipe ROC afin d'accroître le périmètre des thématiques hautes énergies et objets compacts et de les faire rayonner avec une visibilité internationale accrue. La restructuration offrira en outre des possibilités de nouvelles collaborations, avec par exemple une nouvelle synergie entre CTA et SVOM.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe comporte un certain nombre de chercheurs qui partiront à la retraite prochainement, impliquant une diminution significative de l'effectif de l'équipe. En effet, la pyramide des âges est fortement bimodale avec une partie du personnel née avant 1966 et une autre née après 1987, seulement deux chercheurs étant nés dans la période 1975-1979. Cette pyramide des âges est largement défavorable au seul projet instrumental de l'équipe, porté par une enseignante-chercheuse émérite. La poursuite de ces activités instrumentales par d'autres chercheurs et enseignants-chercheurs au sein de l'équipe présente un risque de surcharge de travail et de dispersion des activités des personnels concernés, qui pourrait être dommageable à l'investissement de l'équipe sur d'autres aspects du projet CTA. Le comité note également que, malgré la taille conséquente de l'équipe, la part du personnel temporaire y est faible. Seul un postdoctorant en activité et deux doctorants en cours sont dénombrés. Ce manque de formation pourrait significativement impacter le recrutement futur de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs et signifier le déclin à long terme de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les recrutements d'un astronome adjoint ainsi qu'un chargé de recherches du CNRS ces dernières années devraient compenser à court terme les départs à la retraite (l'un déjà acté, l'autre à venir à la fin de l'année) de chercheuses fortement impliquées dans la préparation de la mission CTA. Une nouvelle vague de départs à la retraite est à prévoir dans quelques années. Le nombre de personnels permanents atteindrait alors un minimum, possiblement critique pour la poursuite de certaines thématiques haute énergie. Les thématiques abordées au sein de PHE recoupant celles étudiées dans l'équipe ROC, un rapprochement des deux équipes est envisagé afin de renforcer la dynamique de l'astrophysique des hautes énergies et des objets compacts.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Bien que la construction d'un prototype de télescope GCT ait été un succès, le comité recommande que les développements instrumentaux restent gérés par les personnels émérites. Les autres personnels de l'équipe PHE impliqués dans CTA devraient concentrer leurs efforts sur l'analyse, le traitement et l'archivage des données en rayons gamma. De plus, à l'approche de la mise en service du télescope CTA, il faudra veiller à dégager un temps suffisant afin de maintenir l'activité de développement logiciel associée.

L'équipe devra saisir les possibilités offertes par la restructuration du LUTH, qui fusionnera à l'horizon 2025 avec une partie du LERMA et du GEPI en une nouvelle unité. Elle pourra se rapprocher de l'équipe ROC au sein d'une

nouvelle équipe englobant l'astrophysique multi-messager et élargir sa participation à d'autres projets internationaux tels que SVOM à travers l'engagement de personnels du GEPI dans cette mission spatiale.

Équipe 3 : Relativité et objets compacts (ROC)

Nom de la responsable : Mme Micaela Oertel

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe s'intéresse à la structure et à l'évolution des objets compacts (entités isolées, systèmes binaires), dans un contexte général de champ fort où la gravitation classique est insuffisante. Si la Relativité Générale (RG) est la théorie socle, l'équipe travaille aussi sur des alternatives à la RG, assorties de tests de validité. Les domaines d'expertise couvrent la physique subatomique et des particules, les fluides et plasmas, les questions d'équation d'état de la matière dense, les interactions de marées, la dynamique orbitale, ainsi que les calculs d'ondes gravitationnelles, en amont de grands projets à venir (Lisa, Einstein Telescope). L'activité de l'équipe se distingue aussi par la production publique de codes, d'outils de calculs formels et de bibliothèques numériques.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent comité avait émis essentiellement trois recommandations mineures. La première portait sur les retours mitigés des appels à financement nationaux et internationaux, en deçà des capacités scientifiques de l'équipe. Durant la période évaluée, l'équipe a pu résoudre ce point puisque trois contrats de l'ANR ont été obtenus au sein de l'équipe ROC au cours de la seule année 2022 (projets de 4 ans), dont deux avec un membre de l'équipe en tant que porteur national. Le second point concernait un positionnement vis-à-vis d'un instrument ou d'une mission autour des mesures d'ondes gravitationnelles. L'équipe est désormais insérée dans les projets Virgo et Einstein Telescope. Enfin, le comité avait remarqué une faible dotation en doctorants et en postdoctorants, alors que le sujet des ondes gravitationnelles est porteur, et ce, malgré l'implication de l'équipe dans l'enseignement au niveau master qui lui offre une visibilité avérée. Le comité a noté que ce problème était résolu et que l'obtention des contrats susnommés devait pouvoir pallier ce manque à court terme. Deux postdoctorants ont d'ailleurs récemment rejoint l'équipe.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	4
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	7
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	2
Doctorants	6
Sous-total personnels non permanents en activité	8
Total personnels	15

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe dispose depuis de nombreuses années d'une expertise internationale de tout premier plan grâce à ses travaux novateurs en physique des ondes gravitationnelles, astrophysique relativiste (RG et alternatives), physique microscopique et transport, mais aussi en physique numérique et mathématiques appliquées et formelles. Les activités de recherche et résultats scientifiques présentés s'inscrivent dans cette veine, au plus haut niveau international. Le dynamisme de l'équipe se lit dans la diversité et dans la qualité des résultats scientifiques obtenus.

Points forts et possibilités liées au contexte

De tradition, l'équipe mène une activité de recherche excellente dans le domaine de la relativité générale (RG) et de ses alternatives, par une approche analytique couplée à des simulations numériques, typiquement à base de méthodes spectrales. Les résultats obtenus par l'équipe sont majeurs étant donné la finesse des développements analytiques, les prédictions d'émission d'ondes gravitationnelles, la modélisation de la structure (intérieur et surface) des naines blanches et de étoiles à neutrons, la dynamique orbitale et la coalescence d'astres doubles, et les théories alternatives à la RG.

En particulier, les récents travaux mettant en lumière les effets de marées subis par un trou noir en rotation offrent des perspectives intéressantes sur l'émission et la détectabilité des ondes et sur la fusion de composantes dans les binaires. La prise en compte simultanée du transport convectif et de l'interaction des neutrinos avec la matière (production, transport) doit permettre de mieux approcher les mécanismes à l'œuvre lors de la phase rapide de formation d'une étoile à neutrons faisant suite à l'explosion de supernova. L'équipe possède de nombreux atouts permettant de participer activement aux avancées scientifiques en termes de modélisation, de prédiction et de compréhension de la physique des objets compacts et de leur environnement.

Avec le recrutement d'une jeune chargée de recherche du CNRS en 2019, l'âge moyen de l'équipe ROC s'est abaissé à 46 ans et le ratio homme-femme est passé de 4 à 2. L'équipe s'est enrichie d'une force supplémentaire sur deux thématiques, à savoir la dynamique orbitale et surtout les théories alternatives à la RG. On notera ainsi le calcul des ondes gravitationnelles émises par des systèmes binaires compacts dans une classe de théories scalaire-tenseur, à l'ordre 1.5 post-Newtonien (1.5 PN) au-delà du rayonnement quadrupolaire standard en RG. Par ailleurs, l'équipe a su se positionner favorablement sur les grands instruments (actuels et futurs) de la discipline. Avec la direction du groupement de recherche Paris-Caen, l'équipe s'est ancrée dans la contribution européenne à Einstein Telescope, ce qui offrira de nouvelles opportunités pour l'interprétation des futures observations de coalescences d'étoiles par exemple, et de tester les théories alternatives à la RG.

L'équipe a pu bénéficier d'un support informatique et numérique essentiel, dont la force réside dans la proximité avec les ingénieurs en calcul scientifique.

Points faibles et risques liés au contexte

Deux départs en mutation de membres confirmés de l'équipe, pour raisons personnelles et envisagés de longue date, ont été annoncés pour 2024. De ce fait, le devenir de la thématique des étoiles à neutrons, au sein de l'unité, est clairement menacé.

Un point de vigilance, déjà souligné par le précédent comité, concerne le caractère chronophage de la production d'outils de calcul numérique ouverts à la communauté des physiciens et mathématiciens. Le savoir-faire indéniable de l'équipe en physique mathématique l'a amené à gérer des codes de simulation, logiciels et base de données aux applications larges, aujourd'hui au nombre de six. Ceci peut empiéter sur le temps de recherche des chercheurs concernés et repose donc très fortement sur le soutien de l'équipe informatique.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les collaborations existantes avec l'équipe PHE sont un atout pour la construction du futur « Labo #3 » puisque ces équipes partagent un savoir-faire tant au niveau disciplinaire (hautes énergies, relativité) qu'au niveau méthodologique (développement de codes de simulation).

L'équipe et le LUTH seront rapidement amenés à se positionner sur la volonté ou la capacité à maintenir une activité sur la physique des étoiles à neutrons, soit par la venue d'un personnel déjà expert dans ce domaine, soit par l'accueil d'une jeune recrue, et ce dans le contexte du futur « Labo #3 ».

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande à l'équipe de profiter de la restructuration pour se rapprocher l'équipe PHE au sein d'une nouvelle grande équipe englobant divers aspects observationnels en synergie avec les recherches théoriques menées par l'équipe ROC.

Le comité recommande de maintenir la synergie des chercheurs de l'équipe avec les ingénieurs en calcul scientifique dans le cadre de la construction du « Labo #3 ».

Le comité recommande de garantir au sein du « Labo #3 » le soutien aux projets théoriques actuellement menés en petits groupes, voire individuellement, au sein de l'équipe ROC. En effet, malgré l'implication croissante de l'équipe dans les grands projets de la discipline, la recherche purement théorique ne peut pas se contenter de compter uniquement sur un financement basé sur de tels projets.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 09 octobre 2023 à 08h30

Fin : 10 octobre 2023 à 18h00

Entretiens réalisés : en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Lundi 9 octobre					
Début	Fin	Intitulé	Intervenants	Participants	Lieu / salle
08:30	09:00	Huis clos comité		Comité seul	Bât 18 salle S. Gordon
09:00	09:15	Introduction Hcéres + présentation du comité	H. Wozniak	Tous = comité + personnel de l'unité + observateurs	Bât 18 salle 204
09:15	10:45	Présentation générale de l'unité (50% présentation + 50% discussions) : faits marquants, trajectoire	P. Grandclément	Tous	
10:45	11:00	Pause			
11:00	11:40	Equipe Cosmologie (50%-50%) : focus fait marquant, trajectoire	P.-S. Corasaniti	Tous	
11:40	12:20	Equipe Phénomènes haute énergie (50%-50%) : focus fait marquant, trajectoire	Z. Meliani	Tous	
12:20	13:00	Equipe Relativité et objets compacts (50%-50%) : focus fait marquant, trajectoire	M. Oertel	Tous	
13:00	14:00	Déjeuner (plateaux repas) + huis-clos comité		Comité seul	Bât 18 salle S. Gordon
14:00	14:30	Service informatique (50%-50%) : focus fait marquant, trajectoire	S. Méné	Tous	Bât 18 salle 204
14:30	15:00	Service administratif (50%-50%) : focus fait marquant, trajectoire	M. Marduel	Tous	
15:00	16:00	Huis-clos personnels d'appui à la recherche (ITA, BIATSS...)		Comité + personnels concernés	
16:00	16:15	Pause		Tous	
16:15	17:00	Huis-clos doctorants		Comité + personnels concernés	
17:00	17:45	Huis-clos postdoctorants		Comité + personnels concernés	
17:45	19:00	Huis clos comité		Comité seul	
Mardi 10 octobre					
Début	Fin	Intitulé	Intervenants	Participants	Lieu
08:30	09:00	Huis clos comité		Comité seul	Bât 18 salle S. Gordon
09:00	10:00	Huis-clos chercheurs et enseignants-chercheurs permanents		Comité + personnels concernés	Bât 18 salle 204
10:00	10:15	Pause		Tous	
10:15	11:15	Huis-clos tutelles		Comité + représentants tutelles	
11:15	12:00	Huis-clos équipe préfiguration laboratoire #3		Comité + équipe de préfiguration #3	
12:00	13:00	Huis-clos direction		Comité + comité de direction	
13:00	18:00	Déjeuner (plateaux repas) + huis-clos comité		Comité seul	Bât 18 salle S. Gordon

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Arnaud TOURIN

Vice-président recherche, sciences et société

+33 1 80 48 59 13
arnaud.tourin@psl.eu

Paris, le 14 février 2024

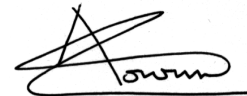
M. Eric SAINT-AMAN
Directeur
Département d'évaluation de la recherche
HCÉRES

Référence : DER-PUR250024144 - LUTH - Laboratoire univers et théories

Monsieur le Directeur,

Les tutelles de l'Unité de recherche LUTH adressent leurs remerciements aux experts du comité HCERES pour la qualité de leur rapport d'évaluation et la pertinence de leurs recommandations, et confirment ne pas avoir d'observations de portée générale à apporter.

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

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

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

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

