

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ  
CPHT - Centre de physique théorique

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET  
ORGANISMES :

École polytechnique - Institut Polytechnique de  
Paris

Centre national de la recherche scientifique -  
CNRS

---

**CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2024-2025  
VAGUE E**



Au nom du comité d'experts :

, 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.

**Cette version du rapport est confidentielle au titre du décret n° 2021-1537 du 29 novembre 2021. Les parties considérées comme confidentielles ainsi que les réponses aux points d'attention des tutelles ne figureront pas dans la version publique du rapport disponible sur le site du Hcéres.**

## MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

**Président :** M. Fabio Pistolesi, Centre national de la recherche scientifique, Talence

M. Maxim Chernodub, Université de Tours

M. Marco Cirelli, Centre national de la recherche scientifique, Paris  
(représentant du CoNRS)

**Experts :** Mme Geneviève Moguilny, Institut de Physique du Globe de Paris  
(Personnel d'Appui à la Recherche)

Mme Michela Petrini, Sorbonne Université

M. Xavier Ribeyre, CEA, Le Barp

## REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Annette Calisti

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

M. Kees Van Der Beek, Directeur de la recherche de l'École Polytechnique,  
Vice-Président Recherche de l'Institut polytechnique de Paris

M. Bertrand Georgeot, Directeur adjoint scientifique au CNRS

## CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Centre de Physique Théorique
- Acronyme : CPHT
- Label et numéro : UMR 7644
- Nombre d'équipes : 5
- Composition de l'équipe de direction : M. Jean-René CHAZOTTES (directeur)

## PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST : Sciences et Technologies

ST2 : Physique

ST1 : Mathématiques

ST3 : Sciences de la Terre et de l'Univers

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

L'unité comporte cinq thématiques :

- Théorie des systèmes quantiques corrélés : des matériaux cristallins aux systèmes mésoscopiques ou nanoscopiques, gaz d'atomes ultrafroids et systèmes couplant matière et rayonnement ;
- Théorie quantique des champs, systèmes dynamiques, physique statistique et écologie mathématique ;
- Chromodynamique quantique ;
- Théorie des cordes : des aspects mathématiques aux applications en gravitation, physique des particules, cosmologie et matière condensée ;
- Modélisation théorique et numérique de plasmas du système solaire, de plasmas de laboratoires (tokamaks), et étude de l'interaction laser/plasma pour la fusion par confinement inertiel.

## HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Fondé en 1961, le Centre de Physique Théorique (CPHT) fut d'abord localisé à Paris, avant de déménager à Palaiseau en même temps que l'École polytechnique en 1976. D'un effectif d'une dizaine de personnes à ses débuts, le CPHT s'est développé et diversifié scientifiquement pour atteindre aujourd'hui un effectif stable d'une quarantaine de permanents, dont plus de 80 % sont chercheurs au CNRS. D'abord dédié à la physique des particules et aux théories des champs, avec déjà une forte composante mathématique, l'unité a ensuite créé une équipe autour des plasmas lors de son emménagement à Palaiseau. Cela a été suivi d'un développement constant, notamment marqué par la montée en puissance du groupe de matière condensée à partir de 2006.

## ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'unité participe à plusieurs Labex (EDOM, PALM, P2iO), à une fédération de recherche (PLAS@PAR), à une EUR (PLASMAScience), à un DIM (Domaine de recherche et d'Innovation Majeur, QUANTIP), ainsi qu'à huit GdR, parmi lesquels la direction du GdR LEPICE et la codirection du GdR IAMAT. Elle est également impliquée dans un programme de recherche et d'innovation financé par l'Union européenne dans le cadre d'Horizon 2020' (STRONG-2020), dans une initiative européenne menée par l'ESA (Virtual Space Weather Modelling Center), dans deux contrats CNRS IRP (International Research Project) avec la Pologne et l'Uruguay, ainsi que dans une Chaire Modélisation Mathématique et Biodiversité. L'activité de recherche de l'unité nécessite des moyens de calcul importants. L'unité s'appuie sur l'Infrastructure - Données - Calcul Scientifique (IDCS), qui mutualise les ressources en calcul haute performance ainsi que les compétences humaines de plusieurs unités.

## EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	8
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	11
Chargés de recherche et assimilés	11
Personnels d'appui à la recherche	9
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>39</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	12
Doctorants	29
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>44</b>
<b>Total personnels</b>	<b>83</b>

## RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2023. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
CNRS	0	22	4
EC POLYTECHNIQUE	6	0	5
Autres	2	0	0
Total personnels	8	22	9

## AVIS GLOBAL

Le CPhT mène une activité scientifique de pointe dans les domaines suivants : la théorie de la matière condensée, la physique mathématique, la physique des particules, la théorie des cordes et la théorie des plasmas.

L'unité adopte une stratégie scientifique cohérente, où le choix des sujets et des objectifs scientifiques est effectué par les chercheurs dans leurs domaines de compétence. L'unité bénéficie d'un excellent niveau de financement, avec 8,8 M€ obtenus sur contrats (dont sept ERC) et une dotation de 0,9 M€ pendant la période d'évaluation. L'unité connaît un grand succès dans le recrutement de doctorants, financés par diverses sources. Des marges de progression subsistent toutefois dans la réponse aux appels d'offres de l'ANR.

Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles définies par les tutelles. Le service administratif répond aux besoins de l'unité. Le service informatique, mutualisé avec d'autres laboratoires, joue un rôle clé pour les thématiques nécessitant des moyens de calcul importants.

La structuration très légère des équipes, typique des unités de physique théorique, ainsi que les prises de décision assurées par le directeur, s'avère parfaitement adaptée à l'unité. Cette organisation permet une gestion des ressources souple et, selon les retours des membres de la structure, très satisfaisante. Toutefois, la nomination d'un directeur adjoint pourrait renforcer la future équipe de direction et alléger la charge du directeur. La diversité thématique de l'unité constitue un atout encore sous-exploité, qui pourrait renforcer le développement de la structure.

Les équipes sont bien intégrées dans l'environnement de l'École polytechnique (EP), avec un engagement fort dans les instances de l'EP et l'enseignement (direction et vice-direction du département). Certaines équipes jouent également un rôle actif au niveau régional. Toutefois, une implication internationale accrue de quelques équipes, notamment en physique des particules et en théorie des cordes, reflèterait encore mieux la qualité de leur recherche.

La répartition par genre reste déséquilibrée, avec peu de femmes parmi les chercheurs, les enseignants-chercheurs et les doctorants, et aucune au sein du service informatique. Cette situation reflète une tendance observée dans d'autres unités aux thématiques similaires.

Dans l'écosystème de l'unité, les relations avec l'administration de l'École doctorale de l'Institut polytechnique de Paris (IPP) posent parfois problème. Des difficultés de communication avec la Délégation Régionale du CNRS ont également été signalées.

Le CPhT est très attractif, avec sept recrutements au CNRS et quatre à l'EP pendant la période d'évaluation. Plusieurs prix prestigieux lui ont été décernés, tels que la médaille d'argent du CNRS et la Médaille Feenberg. De plus, l'un des membres de l'unité est membre de l'Académie des sciences.

L'encadrement moyen est d'un doctorant par membre permanent, bien que des disparités existent entre les équipes.

Dans l'ensemble, la production scientifique de l'unité se situe au meilleur niveau international, avec des résultats marquants ayant fait l'objet de publications dans les meilleures revues du domaine et ayant eu un retentissement notable dans les communautés scientifiques concernées.

Bien que l'unité participe à la vulgarisation de ses travaux, il apparaît qu'elle ne tire pas encore pleinement parti des opportunités offertes par ses thématiques de recherche et par l'environnement dynamique de la région Île-de-France.

La trajectoire du CPhT est clairement définie par les chercheurs, les équipes et la direction, avec des projets de pointe principalement financés par des contrats acquis. La diversité thématique et méthodologique reste un pilier pour le prochain contrat, consolidant l'identité de l'unité. Cependant, la taille des locaux limite son attractivité. Une solution est envisagée, mais son financement demeure incertain. La taille modeste de l'équipe 'Théorie des Plasmas' pourrait fragiliser son avenir.

Les recherches au CPhT nécessitent des ressources de calcul importantes. L'IDCS, mutualisant les ressources HPC et humaines de plusieurs unités, y répond partiellement. La création d'une UAR renforcerait sa visibilité et faciliterait le financement de la mise à jour de ses équipements.

Malgré ces quelques points d'attention, le Comité a un avis très positif sur le fonctionnement et les résultats du CPhT.

# ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

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

Les recommandations du précédent rapport étaient :

- Maintenir le niveau scientifique élevé constaté et l'engagement dans l'enseignement à l'École polytechnique pour attirer les étudiants en master et doctorat.

Il ne fait aucun doute que l'unité a maintenu un niveau scientifique élevé.

- Fusionner les deux équipes Plasma.

L'unité a procédé à la fusion des équipes Plasma sans difficulté.

- Organiser un colloque pour toute l'unité.

Un séminaire organisé par et pour les doctorants est désormais régulier et suivi. En revanche, la mise en place d'un colloque général a été perturbée par l'arrivée du COVID et n'a pas été poursuivie.

- Recruter un nouveau responsable pour l'équipe informatique.

Le service informatique dispose désormais d'un responsable et d'un nombre suffisant d'agents.

- Adopter une politique flexible et réactive dans les recrutements futurs.

L'unité a procédé à des recrutements satisfaisants pendant la période d'évaluation, avec un nombre suffisant de membres enseignant à l'EP. Cependant, le déséquilibre de genre n'a toujours pas été amélioré.

## B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

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

L'unité se positionne comme un acteur de la recherche fondamentale dans les domaines mentionnés précédemment. Le choix des sujets et des objectifs scientifiques est laissé à l'appréciation des membres permanents de la structure, évoluant au fil des années en fonction des avancées et des résultats scientifiques de la communauté. Ce positionnement assez courant parmi les unités, notamment celles spécialisées en théorie, s'avère pertinent. La qualité et l'ampleur des résultats scientifiques obtenus en témoignent pleinement.

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

L'unité dispose d'un excellent niveau de financement, avec 8,8 M€ obtenus sur contrats et 0,9 M€ de dotation pendant la période 2018-2023. Les ressources propres sont partiellement mutualisées.

Le CPhT bénéficie d'un service administratif adapté à ses activités et d'un service informatique mutualisé avec le CMLS, le CMAS et le LPP. Il joue un rôle déterminant dans le fonctionnement de l'unité de service IDCS de l'EP, qui mutualise les ressources HPC de ces unités. L'augmentation constante du nombre de personnes au sein de l'unité pose des problèmes de locaux.

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

L'activité du CPhT est structurée autour de cinq équipes, chacune dirigée par un responsable. Cette structuration reste très légère, car les équipes ne disposent pas d'un budget propre. Cependant, chaque chercheur bénéficie d'une petite dotation annuelle, tout comme les doctorants. Ce mode de fonctionnement est apprécié par les membres de l'unité et convient bien à l'activité d'une unité de physique théorique. Des conseils d'unité sont organisés régulièrement et, dans l'ensemble, le fonctionnement interne de l'unité est bien perçu par le personnel.

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

### Points forts et possibilités liées au contexte

La stratégie de l'unité accorde une grande liberté aux chercheurs, ce qui permet de s'adapter rapidement aux évolutions des thématiques. L'unité couvre un spectre très large de sujets et dispose également d'une palette variée de méthodes utilisées. Pour certaines équipes, la maîtrise des méthodes de pointe, qu'elles soient numériques ou analytiques, leur confère une avance significative par rapport à leurs concurrents dans le domaine.

L'unité est bien intégrée dans le tissu scientifique local et national, avec une forte participation à des initiatives telles que les GDR et Labex, et dispose de financements importants. À l'international, l'engagement est particulièrement fort pour certaines équipes, qui se distinguent par des collaborations actives et reconnues à ce niveau.

### Points faibles et risques liés au contexte

L'éventail très large des sujets et des méthodes représente une grande richesse pour l'unité, qui pourrait être mieux exploitée grâce à des interactions plus fortes entre les groupes.

Le fonctionnement administratif de l'école doctorale est considéré comme défaillant par plusieurs membres de l'unité, qu'ils soient permanents ou non-permanents. C'est un point d'attention important, car cela génère du stress et des difficultés pour les étudiants, surtout au début de la thèse, lorsqu'il faut établir les documents administratifs.

## *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 répond très efficacement aux appels à projets européens. Elle s'est dotée de sept contrats financés par l'ERC et un total de 8,8 M€ de ressources propres pendant la période. Elle a également connu un grand succès pour l'obtention de contrats doctoraux de l'École Doctorale IPP (20 durant cette période), des AMX (10), de l'ENS (9), ainsi que d'autres sources locales (PIA) ou internationales (CSC).

En pratique, cela permet d'utiliser les financements de l'ERC ou de l'ANR plutôt pour des salaires de postdoctorants ou l'achat de matériel et dans une moindre mesure pour le financement des thèses.

La mutualisation de l'équipe informatique avec celles d'autres unités est remarquable et particulièrement appréciée par le comité.

### Points faibles et risques liés au contexte

Au cours de la période, l'unité a obtenu huit contrats financés par l'ANR, ce qui est très satisfaisant mais qui reste en retrait par rapport au potentiel de l'unité. Certaines équipes ont signalé que les instruments de financement de l'ANR ne sont pas toujours adaptés à leurs communautés, car il est relativement difficile de trouver des partenaires au niveau national sur leurs sujets.

L'unité fait également part de son besoin de davantage de possibilités offertes par l'ED pour pouvoir recruter des candidats exceptionnels qui contactent l'unité. Par ailleurs, des difficultés ont été signalées concernant le dispositif PhD Track, qui, bien qu'apprécié par les membres du CPhT, limite parfois la flexibilité dans le recrutement.

## *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

Les effectifs du service informatique et de l'administration semblent en adéquation avec les besoins de l'unité, ce qui limite le risque de surcharge de travail. Suite aux entretiens réalisés avec le personnel (en visioconférence) et à la lecture du document d'autoévaluation, le comité a le sentiment que la gestion des ressources humaines est menée de manière conforme aux règles et aux directives définies par les tutelles.

L'unité met en place des actions pour fournir ou améliorer les outils et l'environnement de travail. Des conseils d'unité sont organisés trois ou quatre fois par an. L'ensemble du personnel est invité à y assister. L'unité indique qu'elle suit les recommandations des tutelles concernant la protection des données (chiffrement des ordinateurs portables).

Une politique de missions raisonnée est affichée, sans que des règles précises aient été fixées.

## Points faibles et risques liés au contexte

L'unité n'a pas encore effectué de bilan carbone, par exemple en suivant les méthodes de labos 1point5. Apparemment, un bilan sera bientôt réalisé.

Le personnel a indiqué que, bien que le bâtiment ait été partiellement rénové, il présente encore des problèmes, notamment au niveau de l'isolation thermique, ce qui génère de l'inconfort, avec des températures trop basses en hiver.

L'unité ne réalise pas encore de statistiques sur la consommation d'électricité des serveurs. Le comité comprend les difficultés liées à cet exercice, en particulier parce qu'une part importante des serveurs est délocalisée. Néanmoins, il souligne que des statistiques, même limitées, devraient être mises en place.

## DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

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

L'unité est très attractive, avec plusieurs points forts qui se distinguent clairement, tels que l'excellent taux de succès aux appels ERC, le nombre de recrutements au CNRS et à l'EP, le nombre de chercheurs non permanents recrutés et le financement de contrats doctoraux, ainsi que les prix prestigieux et la reconnaissance obtenus par les membres de l'unité. La présence d'un service informatique performant dédié au calcul haute performance constitue également un atout majeur pour l'attractivité de l'unité.

- 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

Les membres de l'unité occupent des responsabilités importantes aux niveaux local et national, incluant le comité national de la recherche scientifique, plusieurs comités (DIM, Labex...), des GDR et des comités internationaux.

Des prix prestigieux ont été décernés à ses membres (médaille d'argent du CNRS, Médaille Feenberg, prix Aneesur Rahman, Prix Thibaud, Accessit du prix Daniel Guinier, Prix Edward Teller), et l'un des membres de l'unité est également membre de l'Académie des sciences.

L'unité met en place une excellente politique d'accompagnement du personnel dès son arrivée. On notera l'organisation d'une journée dédiée aux doctorants ainsi qu'un séminaire animé par les doctorants, qui rencontrent un franc succès et jouent un rôle important dans la cohésion des membres de l'unité, en particulier des plus jeunes.

Le CPhT connaît un excellent succès aux appels ERC, à tous les niveaux, avec trois Starting Grants, trois Consolidator Grants et une Synergy Grant durant cette période. Il a également obtenu de bons résultats aux bourses MSC, avec quatre lauréats. La Simons Foundation représente aussi une source importante de financement pour l'unité.

Le CPhT a recruté durant la période, sept chercheurs CNRS et quatre à l'EP. Il s'agit d'un excellent résultat, qui témoigne de la très forte attractivité de l'unité et garantit son évolution future.

Le fonctionnement du service informatique et son intégration avec l'unité IDCs de l'EP apparaissent comme un atout majeur pour l'unité et son environnement. La capacité du CPhT à fournir à ses membres des moyens de calcul performants constitue un point d'attractivité essentiel, notamment pour un grand nombre d'activités développées nécessitant du calcul haute performance.

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

Certaines équipes pourraient mieux tirer parti des appels d'offres de l'ANR pour améliorer leur financement. Au vu de leur qualité scientifique, cela semble tout à fait envisageable.

Les serveurs commencent à ne plus être suffisamment performants pour certaines applications, comme l'IA qui nécessite des GPU de haute performance et plus récents. Une partie du cluster dépasse les 10 ans de vie et nécessite une mise à niveau.

Certains chercheurs sont partis avec leur financement ERC durant cette période. C'est inévitable dans un environnement très compétitif. Des recrutements ont compensé ces départs, mais ces départs peuvent affaiblir certaines thématiques de manière abrupte.

## DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

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

Dans l'ensemble, la production scientifique de l'unité se situe au meilleur niveau international, avec des résultats marquants ayant fait l'objet de publications dans les meilleures revues du domaine et ayant eu un retentissement notable dans les communautés scientifiques concernées. L'unité affiche une production scientifique importante, tant en quantité (plus de 640 articles) qu'en qualité, avec des choix de revues toujours exigeants. De plus, le CPhT adopte une politique rigoureuse de science ouverte, en déposant systématiquement toutes ses publications sur HAL.

- 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 (plus de 640 articles durant la période) est répartie sur un large spectre thématique et donc sur un éventail diversifié de revues. La totalité des revues choisies est reconnue dans les domaines de recherche du CPhT, attestant du sérieux des membres dans le choix de leurs éditeurs.

Certaines revues sont particulièrement sollicitées par les membres de l'unité, avec notamment 129 publications dans le Journal of High Energy Physics, 85 dans Physical Review D, 58 dans Physical Review B, dix-sept dans European Physical Journal C, et quinze dans SciPost Physics ainsi que dans Physics of Plasmas. Plusieurs résultats ont également été publiés dans des revues considérées de référence telles que dans Physical Review Letters (34), Science (1), Nature (1), Nature Physics (1), Nature Photonics (1), Review of Modern Physics (3), Science Advances (4), Physical Review X (8) et Communications in Mathematical Physics (6).

Dans l'ensemble, la production scientifique de l'unité se situe au meilleur niveau international.

Parmi les avancées scientifiques majeures en théorie de la matière condensée, on peut citer : une percée significative dans la compréhension du pseudogap dans le modèle de Hubbard dopé ; le développement d'une approche géométrique innovante pour la physique des cristaux topologiques ; la prédiction du diagramme de phase des bosons corrélés sur un réseau quasi cristallin, offrant une description pertinente des réseaux optiques quasi périodiques d'atomes froids ; la mise en évidence d'un ordre ferrooctupolaire dans les doubles pérovskites d'osmium ; ainsi que la démonstration que les fluctuations magnétiques, lorsqu'un traitement non local des corrélations est appliqué, inhibent la transition de Mott sélective en orbital (OSMT).

D'importants résultats ont également été obtenus en théorie conforme des champs (CFT) et en théorie quantique des champs (QFT), notamment dans l'étude des limites de grand N (associées aux symétries  $O(n)$  ou  $SU(N)$ ) et dans l'exploration approfondie des propriétés du groupe de renormalisation.

Dans le domaine de la physique des particules, plusieurs avancées notables sont à souligner : une meilleure compréhension des corrections de higher-twist dans les processus de production de mésons lors de collisions électron-positron ; des progrès significatifs dans la physique à petits x et dans l'étude du régime de condensat de verre de couleur ; l'obtention d'une solution asymptotique à l'équation de Kovchegov-Levin, décrivant la

diffraction dans les processus de deep-inelastic scattering ; ainsi qu'une contribution essentielle à la description de la QCD à longues distances (infrared), grâce au modèle perturbatif de Curci-Ferrari.

En théorie des cordes, l'unité a apporté des contributions fondamentales, parmi lesquelles : l'application de la dualité holographique à l'étude des propriétés des métaux supraconducteurs ; la compréhension de la dynamique des espaces carrolliens ; l'exploration des théories conformes sur la sphère céleste en vue d'établir une approche holographique en espace plat ; des avancées dans l'équation de Wheeler-De Witt ; la formulation d'une nouvelle conjecture de Swampland liée à la brisure de supersymétrie à très hautes énergies ; l'étude de nouvelles formulations de la supergravité basées sur les symétries exceptionnelles, particulièrement pertinentes dans le cadre de la dualité holographique et offrant un éclairage potentiel sur la physique des singularités cosmologiques.

En physique des plasmas, des recherches de pointe ont été menées sur plusieurs fronts : simulation des plasmas astrophysiques magnétisés, étude des instabilités dans les plasmas de fusion magnétique, physique de l'interaction laser-plasma dans le contexte de la fusion inertielle, ainsi que propagation non linéaire d'impulsions courtes dans les plasmas.

La répartition des publications est relativement uniforme entre les différentes équipes, dans la mesure où il est possible de comparer des domaines de recherche aussi variés.

Tous les articles sont déposés sur HAL, qui a été utilisé pour générer les résumés, garantissant ainsi un accès ouvert à l'ensemble de la production scientifique de l'unité.

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

Le comité ne voit pas de risques particuliers dans ce contexte.

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

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

Le CPhT mène des activités de vulgarisation et de médiation scientifique, mais elles sont assez limitées et elles s'appuient sur l'initiative de ses membres. L'unité ne semble pas exploiter toutes les possibilités qui sont offertes par l'intérêt que ses thématiques de recherche suscitent dans le grand public. Il pourrait avoir un rôle plus actif dans l'interaction avec écoles et lycées, ainsi que vers les acteurs culturels et participer à la réflexion autour du rôle de la science et du scientifique dans la société.

- 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

L'activité du CPhT, très axée sur des recherches fondamentales basées sur des techniques mathématiques et informatiques de pointe, n'est pas particulièrement adaptée au développement d'activités de valorisation ou de produits destinés au monde économique. Cependant, les thématiques de l'unité suscitent un grand intérêt auprès du public. Les membres de l'unité partagent leurs connaissances avec le grand public par le biais de diverses interventions dans la presse, lors des Fêtes de la science, ainsi que dans des émissions de radio.

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

Les sujets étudiés par l'unité font que naturellement les interactions avec le monde non académique sont moins évidentes, mais il est possible qu'il y ait des possibilités non encore explorées. L'unité pourrait augmenter les activités vers les écoles et les lycées, surtout concernant les stages d'élèves de troisième et de seconde.

## ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Le CPhT bénéficie d'une longue tradition en physique théorique, avec ces dernières années une augmentation du nombre de chercheurs non permanents et une stabilité des membres permanents. La trajectoire de l'unité est clairement identifiée par les différents chercheurs et équipes, avec des projets à la pointe de la recherche, majoritairement déjà financés par des contrats acquis.

La culture de la diversité thématique et méthodologique reste l'une des devises de l'unité pour le prochain contrat, continuant ainsi à constituer une force et une caractéristique majeure de l'unité.

On observe la poursuite de la croissance de l'équipe en matière condensée, qui compte actuellement environ le double des membres permanents (11) par rapport aux autres équipes (5 à 6). Ce déséquilibre de taille ne semble pas poser de problèmes au sein de l'unité.

De plus, compte tenu de la structure très légère des équipes et de leur fonctionnement peu hiérarchisé, le comité estime que cette différence de taille, qui pourrait encore s'accroître avec l'intégration probable d'un groupe qui vient du Collège de France, ne suscite pas d'inquiétude particulière.

Concernant le mode de fonctionnement et la structuration de l'unité, il est prévu de poursuivre selon le modèle actuel. Le comité a constaté un consensus au sein du personnel sur cette organisation, qui est largement appréciée. Cependant, une question persiste pour l'avenir, car aucun futur directeur ou directrice n'a encore été identifié. La charge de travail importante associée à cette fonction semble constituer un frein majeur. Un autre point concerne le sentiment, non fondé, que cette charge de travail ne soit pas suffisamment reconnue par les tutelles.

Dans une perspective de croissance, la taille des locaux constitue certainement un frein, ou du moins une limitation pour l'attractivité de l'unité. Une solution semble envisagée par l'unité, mais son financement reste, pour l'instant, incertain.

Par ailleurs, des départs à la retraite sont prévus dans un avenir proche, notamment au sein de l'équipe de physique mathématique et de l'équipe de théorie des plasmas. Une piste semble actée pour un recrutement au niveau de l'EP afin de compenser le premier départ, tandis qu'une autre option est en cours d'exploration pour le second. Cependant, le comité souligne un risque pour ces activités à moyen terme si aucun recrutement ne suit ces départs.

Les besoins en calcul numérique de l'unité ne diminueront pas dans les années à venir, notamment avec le développement de nouvelles activités en intelligence artificielle et l'arrivée de l'équipe en collaboration avec Inria prévue en 2025. La présence de l'unité IDCS de l'EP constitue un atout majeur. Une jouvence de ces ressources matérielles apparaît nécessaire.

Il semble néanmoins crucial de la renforcer et de la stabiliser, car elle repose actuellement sur l'engagement des unités qui y contribuent avec leurs personnels. La création d'une Unité d'Appui à la Recherche (UAR) sous l'égide du CNRS apparaît comme une piste prometteuse selon le comité.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le comité reconnaît le besoin de remplacer les deux départs à la retraite prévus à court terme au sein de l'équipe de physique mathématique et de l'équipe de théorie des plasmas.

Le comité renouvelle la recommandation formulée lors de l'évaluation précédente, à savoir la création d'un colloque destiné à réunir l'ensemble de l'unité. Ce colloque aurait pour objectif d'inviter un orateur ou une oratrice, interne ou externe, capable de présenter des résultats dans un format accessible et susceptible d'intéresser un large éventail de membres de l'unité. Les rencontres déjà organisées par les chercheurs non permanents, spécifiquement conçues pour eux, semblent rencontrer un certain succès. Il paraît donc tout à fait envisageable de reproduire cette dynamique, voire de l'amplifier, à l'échelle de l'ensemble de l'unité.

Pour le prochain mandat, il pourrait être pertinent de nommer un directeur adjoint ou une directrice adjointe afin de mieux répartir les responsabilités. Cependant, ce choix devra s'adapter au profil et aux préférences de la personne sélectionnée pour assumer la fonction de directeur ou directrice.

Bien que le CPhT ne s'éloigne pas trop des statistiques du domaine pour ce qui concerne la parité de genre, le comité recommande la plus grande attention à ce sujet et de multiplier les efforts pour attirer des chercheuses sur les postes permanents et non permanents. Au niveau de la mixité de genre, un effort pourrait également être fait pour les services d'appui à la recherche.

Le comité recommande un effort accru dans les réponses aux appels d'offres nationaux, en particulier ceux de l'ANR, pour certaines équipes qui connaissent actuellement un succès limité dans ce type de financement.

Le comité recommande un effort plus marqué dans la transition énergétique et le développement durable, incluant la mise en place du bilan carbone, du suivi de la consommation électrique des serveurs, et, de manière générale, une réflexion au niveau de l'unité sur ces enjeux.

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

Le CPhT est très attractif dans sa globalité, le comité n'a pas de recommandations spécifiques dans ce domaine.

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

L'unité publie dans un large spectre de revues, toutes reconnues, et dans certains cas il s'agit des meilleures revues dans les domaines. Le comité n'a pas de recommandation particulière à faire dans ce domaine.

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

L'inscription des activités de recherche dans la société n'est pas homogène au sein des équipes, mais, de manière générale, elle pourrait être améliorée pour l'ensemble de l'unité. Le comité encourage les membres du CPhT à faire des efforts pour augmenter les activités dans la vulgarisation des thématiques qu'ils développent, car celles-ci possèdent un potentiel encore inexploité, et autour de la médiation scientifique à différents niveaux : intervention dans les médias, interactions avec les écoles (proposition de stage de troisième et seconde, participation à l'activité d'associations comme Declic...), ou collaboration avec les acteurs de la médiation scientifique qui sont basés sur le plateau de Saclay, comme l'association S-cube, Scène de recherche à l'ENS-Saclay ou bien la Diagonale Paris-Saclay.

## RÉPONSES AUX POINTS D'ATTENTION DES TUTELLES

Concernant les points d'attention soulevés par une des tutelles :

Le comité ne considère pas que les différences en nombre de chercheurs permanents dans les équipes génèrent des problèmes, du moins pour le moment. Toutefois, il souligne la nécessité de rester vigilant face aux départs à la retraite dans les équipes 'plasma' et 'mathématiques'.

Le comité a un avis positif sur l'évolution vers une UAR de l'IDCS, ce qui devrait permettre une meilleure reconnaissance de l'activité de ce centre et contribuer à sa stabilisation à long terme.

Apparemment, la question de la tutelle secondaire du Collège de France a été réglée.

La recherche d'un nouveau directeur ou d'une nouvelle directrice semble encore difficile. Le comité recommande d'informer clairement le personnel sur les décharges d'enseignement et les éventuelles primes octroyées aux directeurs ou directrices d'unité, afin de clarifier les conditions d'exercice de cette responsabilité et d'encourager les candidatures.

# ÉVALUATION PAR ÉQUIPE OU PAR THÈME

**Équipe 1** Matière Condensée

Nom du responsable : Mme Silke Biermann

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe mène des activités scientifiques très variées, notamment par des approches des problèmes quantiques à plusieurs corps, avec des applications allant des matériaux à électrons corrélés à la matière quantique artificielle et aux systèmes hybrides lumière-matière. Ses travaux, soutenus par le développement de logiciels, se concentrent sur les phénomènes de corrélation, les ordres concurrents et les propriétés topologiques, ainsi que sur la supraconductivité à haute température et la dynamique de corrélation quantique dans les gaz atomiques ultrafroids. Les activités ont des applications industrielles potentielles, telles que les aimants efficaces sans terres rares, les matériaux fonctionnels pour les batteries et les technologies informatiques dans le cadre du plan quantique national.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent n'a relevé aucune faiblesse majeure sur la majorité des critères d'évaluation, concluant avec une recommandation de poursuivre l'excellent travail. En réponse au seul point de critique, l'unité a instauré un séminaire doctoral commun, incluant également les postdoctorants. Cette initiative collaborative, couronnée de succès, illustre une avancée significative dans le renforcement des interactions entre les équipes.

## EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>11</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	6
Doctorants	10
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>16</b>
<b>Total personnels</b>	<b>27</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe se distingue par une activité continue et une forte visibilité, notamment par des publications dans les meilleures revues internationales. Le groupe a reçu un soutien fort de diverses agences de financement au niveau national (ANR, PICS et IRP du CNRS), européen (ERC et Marie Skłodowska-Curie), et international (Fondation Simons), et a fait preuve d'un dynamisme scientifique remarquable.

## Points forts et possibilités liées au contexte

Le point fort du portefeuille scientifique de l'équipe est sa qualité et son excellent équilibre. L'équipe mène un ensemble très diversifié de projets qui reflètent pleinement la richesse thématique de la communauté de la matière condensée. Ses travaux englobent des études fondamentales sur les systèmes quantiques à plusieurs corps, l'exploration de matériaux à électrons corrélés, le développement de méthodologies informatiques avancées et la recherche appliquée sur les matériaux fonctionnels, en phase avec la portée et l'interdisciplinarité de ce domaine scientifique.

Malgré la diversité du domaine scientifique poursuivi par l'équipe, le groupe de matière condensée présente une solide cohérence interne, mise en évidence par une part notable d'articles rédigés par plus d'un chercheur de l'équipe.

L'équipe mène des recherches variées et emblématiques sur des problématiques actuelles de la matière condensée, en s'appuyant sur de solides collaborations locales (par exemple avec des chercheurs du Collège de France), nationales et internationales. Cette intégration dans un réseau de recherche plus large lui permet de combiner des approches théoriques avancées avec des études expérimentales, répondant ainsi aux défis sociétaux de demain. Les thématiques abordées, telles que l'informatique quantique et le développement de matériaux pour l'économie « bas carbone », illustrent le potentiel applicatif de ses travaux, touchant notamment aux domaines des batteries électriques et des matériaux fonctionnels innovants.

Parmi les résultats scientifiques remarquables obtenus au sein de l'équipe, on peut citer : une avancée majeure dans la compréhension du pseudogap dans le modèle de Hubbard dopé ; **le développement d'une nouvelle approche géométrique pour la physique des cristaux topologiques** ; la prédiction du diagramme de phase des bosons corrélés sur un réseau quasi cristallin, pertinent pour décrire les réseaux optiques quasi périodiques d'atomes froids ; la démonstration d'un ordre ferrooctupolaire dans les doubles pérovskites d'osmium ; et la mise en évidence que les fluctuations magnétiques, lorsqu'un traitement non local des corrélations est appliqué, empêchent la transition de Mott sélective en orbital (OSMT).

L'équipe a également d'excellents indices de reconnaissance (trois distinctions scientifiques : deux médailles prestigieuses et un prix (Médaille d'argent du CNRS, Médaille Feenberg, prix Aneesur Rahman) et a organisé quatorze conférences et congrès internationaux.

## Points faibles et risques liés au contexte

Aucun point faible ou risque majeur lié au contexte n'a été identifié.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les derniers recrutements de chercheurs permanents, de deux professeurs et de deux chargés de recherche s'inscrivent dans une combinaison bénéfique de diversité et d'excellence scientifique. La moyenne d'âge relativement basse de l'équipe donne une dynamique positive pour la période à venir.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

La stratégie et les projets sont solides. Le comité recommande de poursuivre l'excellente trajectoire déjà établie. Compte tenu de l'excellent dossier scientifique, il est recommandé que l'équipe renforce ses efforts de sensibilisation auprès du grand public et de la société en soulignant la pertinence de ses activités dans des domaines clés qui correspondent soit au cœur, soit au périmètre de l'expertise du groupe, telle que l'informatique quantique et la communication, la matière quantique artificielle et les développements qui peuvent contribuer à un transport électrique écologiquement responsable.

**Équipe 2 :** Physique Mathématique

Nom du responsable : M. Christoph Kopper

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe de physique mathématique couvre plusieurs thématiques :

- la théorie conforme des champs ;
- la théorie quantique des champs et le groupe de renormalisation ;
- systèmes dynamiques et modèles stochastiques.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent pointait deux aspects principaux :

- le fait que l'équipe de physique mathématique pourrait créer plus d'interactions scientifiques avec les autres équipes.

Il ne semble pas que les interactions avec les autres équipes de l'unité aient été particulièrement renforcées. Sur ce point, il n'y a donc pas d'amélioration notable. En revanche, de nombreuses interactions avec le CMAP ont été développées, ce qui est très positif.

- un manque de support de thèse (créant même des « frustrations » dues au manque de tels financements).

Outre des difficultés administratives rencontrées avec l'ED, il semble que l'accès à des supports de thèse se soit amélioré au cours de la période (en particulier grâce aux financements de l'ANR et de l'ERC obtenus depuis).

## EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	0
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>6</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	6
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>8</b>
<b>Total personnels</b>	<b>14</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe fait preuve d'un dynamisme remarquable, produisant des résultats de haut niveau publiés dans des revues de premier plan. Les avancées en "conformal bootstrap", notamment grâce à des collaborations récentes avec Slava Rychkov de l'IHES, sont particulièrement impressionnantes. Plusieurs membres de l'équipe ont obtenu des résultats majeurs en CFT/QFT à la fois dans les limites  $N$  grand (pour les symétries  $O(n)$  ou  $SU(N)$ ), mais aussi du côté du groupe de renormalisation. Un lien étroit est en train de s'établir entre une partie de l'équipe et le CMAP autour du thème de l'écologie théorique.

## Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a réalisé une levée de fonds exceptionnelle au cours de la période considérée, obtenant deux bourses ERC Consolidator, dont l'une a été attribuée à un chercheur, qui a rejoint depuis une institution en Allemagne. De plus, l'équipe a bénéficié d'un financement de la Simons Foundation. Compte tenu de la taille modeste de l'équipe (deux professeurs, deux directeurs de recherche, deux chargés de recherche), ces réussites sont particulièrement remarquables.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'arrivée d'un professeur a significativement enrichi l'équipe, introduisant la thématique émergente du « conformal bootstrap ». Ses contributions ont été renforcées par l'obtention de financements prestigieux, notamment une bourse ERC Consolidator pour son projet QFTinAdS et un soutien de la Simons Foundation. Par ailleurs, le départ d'un chercheur pour l'Institut de Physique Théorique de l'Université de Heidelberg en Allemagne a entraîné la relocalisation de sa bourse ERC Consolidator. De plus, le départ imminent du responsable d'équipe souligne la nécessité d'un recrutement stratégique pour maintenir l'excellence et la dynamique de l'équipe.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Comme déjà indiqué dans le précédent rapport, il serait souhaitable d'encourager davantage d'interactions entre les différentes thématiques de cette petite équipe. Bien que ces collaborations existent peut-être déjà, elles ne sont pas suffisamment mises en évidence.

**Équipe 3 :** Physique des Particules

Nom du responsable : M. Urko Reinosa

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe travaille sur un éventail de sujets concentrés autour de la thématique des interactions fortes, c.-à-d. de la Chromodynamique Quantique (QCD), dans différents régimes et conditions, et à différents niveaux (du théorique-mathématique jusqu'au phénoménologique au contact avec les expériences).

Les techniques employées relèvent principalement de la théorie quantique des champs, mais s'élargissent également à la physique mathématique et statistique, l'hydrodynamique et la physique computationnelle.

De nombreux sujets abordés figurent parmi les axes principaux de la recherche à l'échelle internationale, et sont au cœur des expériences menées dans des centres de renommée mondiale tels que le LHC au CERN, le Jefferson Lab et le futur Electron-Ion Collider (EIC).

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent recommandait d'augmenter les réponses aux appels à projet, surtout européens. Cette recommandation n'a pas été suivie par l'équipe et reste un point à considérer.

Le rapport précédent recommandait de participer davantage à des conférences internationales et d'attirer des postdoctorants. Cela n'est pas facile à évaluer, même si la visibilité de l'équipe est très bonne. Le nombre de postdoctorants relativement faible pendant la période (à part une Marie-Curie individual fellowship) reste un point d'attention. Cela changera avec l'arrivée prévue d'une lauréate d'un projet ERC.

Les relations avec les groupes expérimentaux sont bonnes. La physique étudiée par l'équipe est de pertinence directe pour les expériences, p. ex. à Jefferson Lab ou EIC.

Le rapport précédent recommandait d'intensifier les collaborations au sein de l'équipe. Quelques articles ont été co-écrits par deux membres de l'équipe et avec d'autres collaborateurs.

La répartition des effectifs par genre reste très déséquilibrée dans l'équipe.

Le rapport précédent encourageait la prise de responsabilités collectives. Pendant la période, certains membres de l'équipe ont pris des responsabilités, aux niveaux local ou national.

## EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2023

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

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe est globalement très active et bien visible au niveau international. Elle a publié plus de cent articles pendant la période de référence, et a participé à l'organisation d'une dizaine d'évènements nationaux ou internationaux. Du point de vue de l'encadrement, l'équipe est légèrement en retrait par rapport aux moyennes des autres équipes : pendant la période de référence, on peut comptabiliser six thèses soutenues ou en cours, pour quatre à six chercheurs et enseignants-chercheurs permanents. Quelques financements ont été obtenus dans le passé, notamment par l'ANR, pour le recrutement de postdoctorants, mais actuellement l'équipe est moins bien fournie. Cela changera bientôt avec l'arrivée prévue d'une porteuse de financements ERC dans l'équipe.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe est concentrée sur son cœur de métier qui constitue son point de force majeur : la recherche scientifique de haut niveau en chromodynamique quantique et physique hadronique. Elle a obtenu plusieurs résultats remarquables, qui ont été publiés dans des revues à comité de lecture et ont obtenu, dans certains cas, un impact considérable.

Parmi les résultats saillants : une meilleure compréhension des corrections de « higher-twist » pour les processus de production de mesons aux machines de collision électron-positron; des avancées significatives dans la physique « à petits x » et le régime de « condensat de verre de couleur »; l'obtention d'une solution asymptotique à l'équation de Kovchegov-Levin, décrivant la diffraction dans les processus de deep-inelastic scattering; la contribution à une meilleure description de la QCD à longues distances (« infrared ») avec le modèle perturbatif de Curci-Ferrari.

Certains de ces résultats ont été obtenus au sein de groupes impliquant plus d'un chercheur de l'équipe, ce qui est signe du bon travail collaboratif dans l'équipe.

D'autres résultats sont le fruit de collaborations locales (p. ex. avec les chercheurs du CEA), nationales ou internationales, ce qui montre une bonne insertion dans le tissu de la recherche à ces niveaux.

L'essaimage grâce une bourse Marie Curie et un retour avec une ERC est une valeur ajoutée pour l'équipe.

Pendant la période de référence, un chercheur de l'équipe a été récompensé par le prestigieux Prix Thibaud.

La distribution d'âges au sein de l'équipe est très favorable, avec la plupart des membres qui sont dans la première moitié de leur carrière scientifique.

### Points faibles et risques liés au contexte

La physique fondamentale fascine le grand public et est source de vocations. Malgré des opportunités de vulgarisation, et en région parisienne, l'équipe a une activité de diffusion des connaissances auprès du grand public qui est assez limitée.

L'équipe a eu des succès dans le passé pour la recherche de financements, ce qui est moins le cas récemment. Au sein d'une unité et d'une tutelle qui ont énormément de succès sur ce front, l'équipe n'exploite pas entièrement les possibilités.

L'équipe a encadré environ un doctorant par permanent pendant la période. Cela est en particulier dû au faible nombre de contrats doctoraux octroyés à l'unité.

Le nombre de postdoctorants encadrés reste en retrait par rapport aux attentes et aux possibilités de l'équipe.

Le déséquilibre de genre est maximal dans l'équipe, y compris parmi les doctorants.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

La thématique de l'équipe bénéficie d'une période à venir prospère en termes d'expériences et de données (p. ex. Jefferson Lab ou EIC). Les objectifs scientifiques déclarés par l'équipe sont tout à fait pertinents et en ligne avec l'expertise reconnue de ses membres.

L'âge moyen relativement faible de l'équipe est un atout pour que cette période à venir soit exploitée pleinement.

La trajectoire stratégique (p. ex. positionnement dans le panorama de la gestion de la recherche locale et nationale, recrutements envisagés, départs prévus, prévention des risques) est moins développée.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe est encouragée à continuer l'excellent travail scientifique de pointe qui fait sa renommée.

Elle est invitée à augmenter les efforts dans l'encadrement, la recherche de financements externes (ce qui participe à l'attractivité) et l'activité de diffusion des connaissances.

La trajectoire future en termes de stratégie (positionnement dans le panorama de la gestion de la recherche locale et nationale, recrutements envisagés, départs prévus, prévention des risques) pourrait être développée davantage.

L'équipe est encouragée à mettre à profit l'arrivée d'une personne porteuse d'ERC en particulier pour ajuster l'équilibre homme-femmes.

**Équipe 4 :** Théorie des cordes  
 Nom du responsable : M. Marios Petropoulos

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les intérêts de recherche du groupe couvrent un spectre très large qui reflète l'évolution et la diversification des sujets et approches dans les développements récents de la théorie des cordes : applications phénoménologiques et cosmologiques de la théorie de cordes, théories des supergravités, physique de trous noirs, dualité holographique et applications à la matière condensée, holographie dans l'espace plat.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent ne contenait aucune recommandation spécifique au groupe de théorie des cordes. Quant à la recommandation plus générale d'augmenter les activités d'outreach et envers la société, le groupe ne déploie pas énormément d'efforts.

## EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	0
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>5</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	5
Doctorants	8
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>13</b>
<b>Total personnels</b>	<b>18</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

Le groupe est très actif et a une production scientifique de très grande qualité (une centaine d'articles, pour les permanents, dans les revues les plus prestigieuses du domaine). Le groupe a été très efficace dans l'obtention de financements nationaux et internationaux, ce qui a permis un flux constant de doctorants, postdoctorants et visiteurs. Ses membres sont très actifs dans l'animation scientifique en région parisienne, avec l'organisation de séminaires et conférences. En revanche, l'implication dans le pilotage de la recherche aux niveaux national et international est moindre.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'activité de recherche du groupe de Théorie des Cordes est très diversifiée et de très grande qualité, dans des domaines de recherche très actifs et de grand intérêt.

Les membres du groupe ont obtenu des résultats importants et très reconnus dans leurs domaines de recherche. Voici quelques exemples : application de la dualité holographique à l'étude des propriétés des métaux supraconducteurs, progrès dans la compréhension de la dynamique des espaces carrolliens ou études des théories conformes sur la sphère céleste dans le but d'établir une notion d'holographie dans l'espace plat,

progrès dans la compréhension de l'équation de Wheeler- De Witt, détermination d'une nouvelle conjecture de Swampland reliée à la brisure de supersymétrie à très hautes énergies, étude de nouvelles formulations de la supergravité basées sur les symétries exceptionnelles, très utile dans le cadre de la dualité holographique et qui pourrait éclairer la physique des singularités cosmologiques.

La qualité de ces résultats retentit dans le prestige des revues où ils sont publiés (Journal of High Energy Physics, Physical Review Letters B, Physical Review D, etc.). Il faut noter que, en absence de portfolio pour le groupe, l'extraction des informations de HAL ou de INSPIRE donne des valeurs un peu approximatives.

Les membres du groupe sont des experts de renommée internationale dans leurs domaines, avec un vaste réseau de collaborateurs en France et à l'étranger. Ils profitent au maximum des interactions avec les collègues de la région parisienne et du plateau de Saclay en particulier, avec un journal club et des postdoctorants communs.

Le groupe a obtenu des financements importants, nationaux et internationaux, tels que deux ERC Starting Grants, un projet de l'ANR, quatre bourses Marie Curie et d'autres financements mineurs. Ceci a permis d'avoir une présence constante d'étudiantes et étudiants de doctorat, de postdoctorantes et postdoctorants, qui semblent être très satisfaits de l'accueil et des interactions au sein du groupe. Le développement de leurs carrières après le passage au CPhT (la majorité d'entre eux continue avec des postdocs et sept ont des postes académiques permanents) prouve de la qualité de l'encadrement.

Les membres du groupe sont aussi impliqués dans l'enseignement à l'EP et dans le master de physique théorique de l'ENS (ICFP). Ces activités leur permettent d'attirer d'excellents étudiants.

Les membres du groupe sont aussi très actifs dans l'animation scientifique en région parisienne et au niveau national, avec l'organisation de séries de séminaires, workshops et conférences, et la présidence de la Division Champs et Particules de la société française de physique.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les membres du groupe semblent centrés essentiellement sur les aspects recherche et enseignement avec peu d'intérêt pour d'autres aspects de l'activité de chercheur : le groupe n'est pas impliqué dans le pilotage de la recherche aux niveaux national et international (comités scientifiques, commissions d'évaluation, etc.) et les activités de vulgarisation sont aussi assez limitées.

Avec le départ d'une chercheuse, il n'y a plus de femmes parmi les permanents. C'est une situation assez commune dans les groupes de théories de cordes, qui reste problématique.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

Pendant la période en évaluation, le groupe de théorie des cordes a réussi dans son objectif de diversification des sujets et d'ouverture vers la matière condensée et la physique mathématique.

Grâce à deux ERC Starting Grant, le groupe a pu attirer un nombre important de postdoctorants et créer un environnement de recherche très riche et stimulant, comme le prouvent les excellents résultats scientifiques.

Pour le futur, le groupe compte poursuivre les directions de recherche existantes et ultérieurement renforcer les interactions avec le groupe de physique mathématique et ouvrir à des approches plus diversifiées à la gravitation en profitant aussi des synergies avec d'autres groupes à l'intérieur de l'IPP.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité ne peut que souhaiter que le groupe poursuive son activité de recherche de très grande qualité, qui est à la base de sa renommée internationale.

Le groupe est aussi invité à agir de manière proactive, dans les limites du système français, pour augmenter la présence de femmes parmi les membres permanents et non permanents.

Une réflexion plus approfondie sur les rapports entre science et société serait aussi souhaitable.

**Équipe 5 :** Théorie des Plasmas

Nom du responsable : M. Stefan Hüller

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe travaille principalement sur la physique des plasmas, plus précisément, sur la physique des plasmas magnétisés appliquée à l'astrophysique, la fusion par confinement magnétique (FCM), la physique de l'interaction laser-plasma appliquée à la fusion par confinement inertiel (FCI) et à la propagation d'impulsions courtes. Ces différents sujets sont abordés par la théorie et la simulation numérique, mais aussi par le biais d'observations et d'expériences. Les points de physique soulevés sont au centre de la recherche au niveau international que ce soit pour l'astrophysique concernant la météo solaire, les deux voies de fusion FCI et FCM pour la production d'énergie et l'interaction laser-plasma à haute intensité pour la production d'impulsion proche du cycle optique.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La fusion entre des deux anciennes équipes plasmas a été faite et ne semble poser aucune difficulté.

## EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	4
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>6</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	3
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>4</b>
<b>Total personnels</b>	<b>10</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

La nouvelle équipe formée par la fusion des deux anciennes équipes : interaction laser-plasma et plasmas magnétisés, est très active sur le plan international et national. Cette équipe rassemble environ 75 publications pendant la période de référence. Quatre thèses ont été soutenues pour sept permanents. Le taux d'encadrement est en progression par rapport la précédente évaluation. Aucun financement de l'ANR ou de l'ERC n'a été obtenu par l'équipe.

### Points forts et possibilités liées au contexte

La diversité des sujets traités par l'équipe est un point fort pour son attractivité. Les travaux scientifiques réalisés sont d'un haut niveau, le nombre et la qualité des publications en témoignent.

Les travaux scientifiques de l'équipe sont en pointe sur la simulation plasmas astrophysiques magnétisés (une publication dans Nature), mais aussi dans le domaine des instabilités dans les plasmas de fusion magnétique, sur la physique de l'interaction laser plasmas de fusion inertielle et la propagation non linéaire d'impulsion courte

dans les plasmas (une publication dans Nature Photonics). Cette équipe est équilibrée et sa diversité thématique fait sa richesse.

De nombreuses collaborations nationales et internationales, les projets financés par EUROfusion, les contrats CNES renforcent les points forts de cette équipe.

L'équipe est reconnue pour son importante activité de simulation numérique. Le développement de modèles multiéchelles des plasmas pour l'environnement solaire ou pour des installations de premier plan comme le laser Mégajoule ou ITER représente un atout majeur. Les membres ont obtenu des résultats importants. La modélisation MHD des cordes de flux magnétiques et des protubérances à la surface du soleil (code XTRASOL) permet une meilleure prévision des éruptions solaires. La description des modes MHD instables dans les tokamaks avec la prise en compte du dépôt d'énergie des particules alpha dans le plasma (Code XTOR) rend plus réaliste la simulation des plasmas de fusion. Dans le domaine de l'interaction laser-plasma, la génération d'impulsions ultracourtes (quelques cycles optiques) dans des fibres creuses a de nombreuses applications en sciences des phénomènes ultrarapides. La simulation de l'interaction laser-plasma dans le contexte de la fusion par confinement inertiel (code Harmony) est d'un intérêt majeur autant pour l'attaque indirecte que pour l'attaque directe. Depuis l'atteinte de l'ignition sur le NIF aux états unis, les recherches dans ce domaine sont d'un intérêt croissant.

Les membres du groupe ont une expertise reconnue et sont très impliqués dans plusieurs comités et GDR.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les demandes de financements externes ne sont pas toujours au rendez-vous pour renforcer la force de frappe de l'équipe.

Le nombre de chercheurs émérites rend plus difficile l'encadrement de thèses.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

Malgré une diminution d'effectif, l'équipe réussit à garder un excellent niveau de recherche. Les nouvelles perspectives scientifiques sont pertinentes. La volonté de renforcer l'équipe par de nouveaux recrutements n'est pas assez développée. Cependant, lors des entretiens, le comité a pris connaissance de l'arrivée dans l'équipe d'un chargé de recherche en décembre 2024. L'émergence d'une nouvelle thématique (QED, champs forts laser) est positive et permettra de nouer des collaborations notamment avec le LULI pour l'étude de cette physique avec l'appui de l'installation laser Apollon.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe est incitée à poursuivre ses travaux scientifiques de pointe.

Elle est encouragée à poursuivre ces efforts dans l'encadrement de thèse, de postdoctorants et à soumettre des réponses aux appels à projets de l'ANR ou l'ERC.

Concernant la trajectoire de l'équipe, une réflexion sur de futurs recrutements devrait être menée.

## DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

### DATES

**Début :** 16 décembre 2024 à 08 h 30

**Fin :** 17 décembre 2024 à 17 h 30

**Entretiens réalisés : en distanciel**

### PROGRAMME DES ENTRETIENS

#### 16 décembre 2024

08 h 45 - 09 h 00 : Présentation du comité et du programme

09 h 00 - 10 h 00 : Présentation du directeur devant le comité, les tutelles et le personnel

10 h 00 - 10 h 30 : Questions du comité et échange

10 h 30 - 11 h 00 : Huis clos et pause

11 h 00 - 11 h 50 : Présentations scientifiques : Matière condensée (S. Biermann, M. Ferrero, L. Sanchez-Palencia)

11 h 50 - 12 h 40 : Présentations scientifiques : Physique Mathématique (C. Kopper, S. Munier, B. van Rees)  
Huis clos

Pause déjeuner

14 h 30 - 15 h 20 : Présentations scientifiques : Physique des particules (U. Reinosa, R. Boussarie, C. Marquet)

15 h 20 - 16 h 10 : Présentations scientifiques : Théorie des cordes (M. Petropoulos, G. Bossard, H. Partouche)  
Huis clos du comité ou pause

16 h 40 - 17 h 30 : Présentations scientifiques : Théorie des plasmas (S. Hüller, H. Lütjens, T. Nicolas)

#### 17 décembre 2024

09 h 00 - 09 h 45 : Échange comité – PAR (ITA/BIATSS/CDD/CDI)

09 h 45 - 10 h 30 : Échange comité – Doctorants et Postdocs  
Huis clos du comité et pause

11 h 00 - 11 h 45 : Échange comité – C/EC

11 h 45 - 12 h 30 : Échange comité – responsables d'équipe  
Pause déjeuner  
Huis clos du comité

14 h 00 - 14 h 45 : Échange comité-tutelles  
Huis clos du comité

15 h 00 - 16 h 00 : Échange comité / Directeur et futur directeur

16 h 00 : Huis clos du comité (discussion pour le rapport)

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

On trouvera ci-dessous :

- soit les observations de portée générale des tutelles,
- soit l'indication suivante :  
« L'établissement responsable du dépôt, également responsable de la coordination de la réponse pour l'ensemble des tutelles de l'unité de recherche, n'a pas déposé d'observations de portée générale. ».

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



19 rue Poissonnière  
75002 Paris, France  
+33 1 89 97 44 00

