

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ  
MPQ - Matériaux et Phénomènes Quantiques

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET  
ORGANISMES :

Université Paris Cité

Centre national de la recherche scientifique -  
CNRS

---

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

Rapport publié le 27/03/2024



Au nom du comité d'experts :

Odile Stephan, présidente du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

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

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

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

## MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

<b>Présidente :</b>	Mme Odile Stephan, Université Paris-Sud
	Mme Liliana Buda-Prejbeanu, Grenoble INP
	M. Alfredo Derossi, Thales Research & Technology, Palaiseau
	M. Olivier Durand, INSA Rennes (représentant du CNU)
<b>Expert(e)s :</b>	Mme Isabelle Philip, CNRS, Montpellier (représentante du CoNRS)
	M. Serguei Skipetrov, CNRS, Grenoble
	M. Raphaël Weil, CNRS (personnel d'appui à la recherche)
	M. Guillaume Schull, CNRS, Strasbourg

## REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Mohamed Aziz Dinia

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

M. Atef Asnacios, Université Paris Cité  
M. Frédéric Petroff, CNRS  
M. Laurent Royon, Université Paris Cité

## CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Matériaux et Phénomènes Quantiques
- Acronyme : MPQ
- Label et numéro : UMR 7162
- Nombre d'équipes : 7
- Composition de l'équipe de direction :
  - M. Cristiano Ciuti, Directeur
  - M. Vincent Repain, Directeur Adjoint

## PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST2 Physique

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Les thématiques de l'unité sont centrées sur l'exploration expérimentale et théorique de matériaux - en particulier ceux possédant des fonctionnalités quantiques -, de métamatériaux et de dispositifs quantiques d'avant-garde. La recherche menée est principalement de nature fondamentale, mais une part des lignes de recherche est toutefois à vocation applicative. Elle se décline au sein de sept équipes de recherche : DON (Dispositifs Optiques Nonlinéaires), MEANS (Microscopie Électronique Avancée et NanoStructures), QITE (Quantum Information Technologies), SQUAP (Spectroscopie de Quasi-Particules), STM (Auto-organisation de nanostructures et microscopie à effet tunnel), TELEM (Transport Électronique à l'Échelle Moléculaire) et THEORIE. Le cœur des activités des équipes DON, TELEM et QITE s'inscrit majoritairement dans la conception de nouveaux dispositifs et systèmes artificiels alors que les équipes MEANS, SQUAP et STM se focalisent sur l'exploration de nouveaux matériaux. Le périmètre thématique de l'équipe THEORIE est quant à lui transverse à ces deux grands axes.

Les activités des équipes bénéficient du soutien d'une unité technique mutualisée créée en 2018 et de l'accès à trois plateformes expérimentales :

- une salle blanche dédiée à la fabrication de nanostructures et de dispositifs
- une plateforme de microscope électronique en transmission (TEM) offrant une résolution inférieure à l'angström.
- une plateforme dédiée à l'imagerie Raman ouverte en 2020.

## HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

L'unité "Matériaux et Phénomènes Quantiques" (MPQ) est une unité mixte de recherche (UMR 7162) qui a été créée en 2005. L'ensemble des personnels s'est entièrement installé dans les locaux actuels (Bâtiment Condorcet de l'Université Paris-Cité) en 2007. L'unité est constituée de 55 membres permanents (enseignants-chercheurs (EC), chercheurs (C) et personnels d'appui à la recherche (PAR)) de l'Université Paris Cité et du CNRS et d'une cinquantaine de membres non permanents (hors stagiaires).

## ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'unité MPQ est une unité mixte CNRS - Université Paris Cité, l'UP Cité étant labellisée idex en 2019. Elle est impliquée dans les instances de l'Université Paris Cité, en particulier à la Présidence du Conseil Scientifique de l'UFR de physique. Elle est fortement impliquée dans de nombreux dispositifs du PIA (avec un engagement important dans les instances de direction et de pilotage): les EUR de l'Université Paris Cité « Matériaux Innovants » et « QuanTech » (à laquelle est rattaché le Master 2 « Quantum Devices » coordonné par une EC de l'unité), le labex « Science and Engineering of Advanced Materials and devices » (SEAM) qui soutient l'unité pour de nombreux projets locaux et enfin l'Equipex+ « Nanofutur », coordonné par le CNRS et le réseau Renatech, qui va co-financer l'extension de la salle blanche de l'université implantée dans l'unité. Cet investissement repose également sur un abondement du PEPR "Électronique" et sur un financement de type CPER. L'unité est impliquée dans la gouvernance du Paris Center for Quantum Technology qui fédère les activités en information quantique au sein d'un consortium impliquant les trois universités parisiennes (UP Cité, Université PSL, Sorbonne Université) le CNRS et l'Inria.

L'unité assure la direction scientifique et technique de la salle blanche de l'université et de la nouvelle plateforme d'imagerie Raman créée en 2020. La plateforme de microscopie électronique est partie intégrante du réseau parisien PANAM (Groupement De Service Paris Network for Advanced electron Microscopy) dédié au partage des compétences et des équipements TEM les plus performants entre les équipes de recherche de l'Université Paris Cité et de Sorbonne-Université; son équipement superTEM est aussi intégré depuis 2013 à la plateforme nationale METSA coordonnée par le CNRS et le CEA.

À l'échelle régionale, l'unité participe activement aux activités du programme sur les technologies quantiques de la région Île-de-France (Domaine de recherche et d'Innovation Majeur ex-SIRTEQ devenu QUANTIP en 2022).

Sur le plan national, les membres de l'unité s'impliquent dans de nombreux GDR (plus de sept) et en particulier dans le pilotage du GDR « NANOPERANDO », et dans les instances des GDR « Ultrafast Phenomena », « NEMO » (New molecular Electronics), « Optomécanique et Nanomécanique Quantiques », « Information Quantique Fondements et Applications », « Nanosciences with near-field microscopy under ultra high vacuum (NS-CPU) ».

Indicatif de sa reconnaissance internationale, l'unité est par ailleurs impliquée en tant que partenaire dans des projets européens d'ampleur : trois programmes FET-Open ou FET-Flagship et un ITN, et trois projets soutenus par l'ERC.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	13
Maitres de conférences et assimilés	12
Directeurs de recherche et assimilés	6
Chargés de recherche et assimilés	7
Personnels d'appui à la recherche	14
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>52</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	6
Doctorants	39
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>47</b>
<b>Total personnels</b>	<b>99</b>

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

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
Université Paris Cité	22	0	6
CNRS	0	12	8
Autres	3	1	0
<b>Total personnels</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>14</b>

## AVIS GLOBAL

MPQ est une unité emblématique sur le plan national dans les domaines de l'exploration de nouveaux matériaux et la conception de dispositifs quantiques. Les recherches menées, essentiellement de nature fondamentale, sont de très haut niveau voire à l'état de l'art pour certaines d'entre elles. Il en résulte une excellente production scientifique, au meilleur niveau international. Une activité contractuelle particulièrement conséquente permet d'accompagner efficacement des projets très ambitieux. Sur quelques thématiques, l'unité se distingue par une activité de valorisation et une politique partenariale industrielle très dynamique.

L'unité est dotée de plateformes de pointe bénéficiant d'un très grand savoir-faire technologique et bien insérées dans des réseaux locaux et nationaux, garanties d'un fonctionnement optimal.

L'attractivité de l'unité est remarquable vis-à-vis de doctorants et de postdoctorants. L'implication de l'unité dans la formation par la recherche est excellente, aussi bien au niveau doctoral que dans les formations de l'université Paris Cité en Licence et en Master.

L'unité a su par ailleurs s'attacher des personnels techniques très compétents et renouveler son effectif, voire recruter sur de nouvelles fonctions techniques. Cette attractivité est indéniable vis-à-vis de chercheurs ou enseignants-chercheurs aux premiers stades de leur carrière ou plus expérimentés. Ainsi des recrutements récents ont permis de renforcer des lignes de recherche originales tant théoriques qu'expérimentales, en particulier pour le développement d'approches instrumentales innovantes. L'apport de nouvelles compétences en micro et nanotechnologie a insufflé une réelle dynamique aux activités « top down » de la salle blanche de l'unité ; l'initiative promouvant le développement futur d'une approche "bottom up" dédiée aux matériaux de basse dimensionnalité confèrera à cette salle blanche de proximité un caractère unique.

Après près de vingt ans d'existence, MPQ est à présent une unité mature, au rayonnement scientifique national et international incontestable. Elle s'est imposée comme une unité phare et un acteur structurant majeur en recherche et en formation dans son environnement universitaire local.

# ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

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

Le précédent comité d'évaluation avait listé plusieurs sources de préoccupations sur le plan des ressources humaines, en particulier concernant le pôle de gestion administrative (départ en retraite de l'administratrice) et la salle blanche dont le personnel était jugé sous-critique. L'unité a mené des actions tout à fait adaptées, répondant de manière optimale à ces inquiétudes. Ainsi, une nouvelle administratrice a été recrutée. La gestion financière et des ressources humaines de l'unité est assurée par un service dynamique et efficace. En outre, les recrutements prévus de deux ingénieurs de salle blanche offrent des perspectives très encourageantes pour répondre à l'inquiétude exprimée concernant la pérennisation du savoir-faire technologique.

Le précédent comité d'évaluation avait incité à augmenter le recours aux dispositifs Cifre et le nombre de contrats industriels. Les collaborations avec des partenaires industriels ont été renforcées comme en témoigne en particulier la mise en place de quelques conventions Cifre, le dépôt de plusieurs brevets (au nombre de sept) auxquels il faut ajouter un projet de prématuration labellisé par le CNRS. L'activité de recherche applicative est donc dynamique et son intensité en croissance pour certaines thématiques de l'unité.

## B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

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

L'unité s'est forgé une notoriété incontestable dans les champs de l'exploration de nouveaux matériaux et la conception de métamatériaux et dispositifs quantiques. Ses objectifs actuels s'alignent de façon cohérente sur ces domaines d'excellence et le positionnent au plus haut niveau national et international dans nombre de thématiques. L'unité joue un rôle clé dans la stratégie de l'université Paris Cité, tant en recherche qu'en formation. Elle contribue significativement aux stratégies nationales et à sa communauté scientifique, notamment par une participation à divers projets et réseaux d'ampleur.

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

L'unité bénéficie d'importantes ressources financières contractuelles, fruit de nombreux succès à des appels à projets très divers et dont certains sont très compétitifs. Quoiqu'inégalement réparties, ces ressources irriguent toutes les thématiques et toutes les équipes. Malgré plusieurs départs, l'unité a su maintenir ses effectifs et même les renforcer. Quelques équipes et quelques plateformes approchent cependant la limite de la taille requise pour mettre en œuvre la stratégie ambitieuse qu'elles se sont assignées.

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

Le mode de gouvernance, reposant sur une équipe de direction resserrée composée du directeur et de son adjoint et secondée par une équipe de responsables aux portefeuilles clairement définis dans l'organigramme, est efficace. La collégialité des débats est garantie par un conseil d'unité bien représentatif des équipes, des services et de la diversité des statuts du personnel. La gestion des carrières IT est optimisée, comme en témoigne un taux de promotion élevé.

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

#### Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité a bâti sa renommée dans le domaine de l'exploration de nouveaux matériaux aux fonctionnalités originales et celui de la conception de métamatériaux et nouveaux dispositifs classiques et quantiques. Ses objectifs actuels s'inscrivent de manière très cohérente dans cette ligne, exploitant des synergies fortes entre la science des matériaux, l'optique quantique, la photonique et le développement de technologies quantiques.

Il en résulte un positionnement au meilleur niveau national, voire international sur nombre des thématiques abordées.

Ces objectifs scientifiques sont des axes forts de la stratégie de l'université Paris Cité dont l'unité est un acteur important tant en recherche qu'en formation (codirection du labex SEAM, direction des EUR "Matériaux Innovants" et "QuanTech" par exemple). Ils sont également en parfaite adéquation avec la stratégie nationale (participation à plusieurs PEPR, inclusion de la plateforme MET et de la salle blanche dans les réseaux METSA et Renatech+ respectivement) et avec la stratégie de la communauté (participation aux programmes FET-Open, FET-Flagship ou ITN).

Ces objectifs sont déclinés au sein des sept équipes de recherche de l'unité qui mettent en œuvre leur stratégie propre avec succès. À ces orientations spécifiques, se superposent de manière très complémentaire des orientations stratégiques définies à l'échelle de l'unité lors de débats collégiaux tenus en conseil de l'unité.

### Points faibles et risques liés au contexte

Plusieurs membres de l'unité exercent des responsabilités importantes soit à l'université soit au CNRS. Si cette implication constitue un atout pour la visibilité de l'unité et en particulier son inscription dans le contexte local, et renforce son impact dans la définition des orientations stratégiques à différents niveaux, cela constitue un vecteur d'affaiblissement de certaines thématiques scientifiques pour des raisons de disponibilité.

## *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

Le volant de ressources contractuelles est particulièrement élevé (environ 90 % du budget total, hors salaire, soit plus de 18 M€ en cinq ans, dont les financements associés aux trois bourses de l'ERC) gage d'un très bon positionnement sur des thématiques très actuelles et de l'insertion de l'unité dans son environnement. La reconnaissance internationale de l'unité et sa capacité à lancer des collaborations avec des équipes de premier plan lui permettent de prendre part à de nombreux projets ou réseaux. Son insertion dans les réseaux locaux et nationaux lui donne accès à des moyens essentiels pour le fonctionnement de ses plateformes et leur développement.

La mutualisation d'une partie des ressources contractuelles fournit un levier stratégique intéressant au bénéfice du développement des moyens ou des projets communs.

Il faut noter une augmentation opportune du nombre de thèses sous convention Cifre par rapport à la précédente période d'observation.

L'unité a bénéficié de plusieurs recrutements de chercheurs, d'enseignants-chercheurs et de personnels d'appui à la recherche, assurant un rajeunissement du personnel et le renforcement de certaines équipes et services. La parité de genre est moins déséquilibrée grâce à ces arrivées.

Le personnel d'appui à la recherche est très investi dans ses missions assurant un service efficace et rigoureux. Très motivés, les personnels savent trouver les ressources assurant leur montée en compétences, lorsque cela s'avère nécessaire.

### Points faibles et risques liés au contexte

L'équilibre entre chercheurs et enseignants-chercheurs varie selon les équipes, malgré un rééquilibrage partiel grâce aux récents recrutements.

Certaines équipes approchent la taille critique nécessaire pour atteindre leurs objectifs ambitieux.

Les ressources financières sont inégalement distribuées, ces inégalités entre équipes sont toutefois compensées par la mutualisation partielle des ressources contractuelles.

La diminution des crédits récurrents de l'université menace certaines activités instrumentales de l'unité.

La fragilité des services centraux et des infrastructures de l'université nécessite une attention particulière afin de maintenir des activités de recherche de haut niveau de l'unité.

Les départs à la retraite d'une gestionnaire et d'un ingénieur de recherche en microscopie électronique sont un risque en termes de perte de compétences et de maintien d'un service minimum d'appui à la recherche.

Le contexte défavorable de promotion des maîtres de conférences pourrait entraîner une démotivation.

Le pôle technique de l'unité rencontre des difficultés pour stabiliser les emplois, mettant en péril le bon fonctionnement du service.

Le comité partage la préoccupation que la maintenance et l'exploitation des équipements suivant les nouvelles solutions envisagées d'approvisionnement en hélium pourraient nécessiter un investissement RH important.

L'espace limité alloué à l'unité limite l'accueil de visiteurs et de nouvelles activités ou équipes.

*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

L'unité s'appuie sur des instances adaptées et un mode de gouvernance efficace: les portefeuilles de responsabilités de l'équipe de direction adjointe, en appui à l'équipe de direction, sont clairement identifiés dans l'organigramme et la collégialité des débats est assurée par un conseil d'unité dont la composition inclut deux tiers de membres élus et assure une bonne représentativité des équipes et des différentes catégories de personnels (chercheurs, enseignants-chercheurs, personnel d'appui à la recherche, et non permanents). En complément, des prises de décision et arbitrages sont opérés directement par le directeur d'unité et le directeur adjoint ce qui permet une grande réactivité.

La gestion des personnels d'appui, basée sur un pilotage par la direction et les encadrants de proximité, est bien adaptée à leurs enjeux de carrière : l'unité a bénéficié d'un taux de promotion élevé dans de nombreuses catégories de personnels.

L'unité a consenti, avec succès, des efforts pour la préservation de son patrimoine scientifique en mettant en place un système de sauvegarde des données.

#### Points faibles et risques liés au contexte

Si l'unité a très bien su relever le défi de maintenir son activité pendant la période Covid, ce qui s'est avéré difficile dans le contexte d'une grande métropole et en raison de l'accueil d'un grand nombre de non-permanents internationaux, la vie de l'unité n'a pas encore retrouvé un régime de croisière pré-Covid. En dépit d'une dynamique positive, certains évènements n'ont pas repris l'ampleur souhaitée. C'est le cas des séminaires doctorants qui n'attirent que partiellement le public visé. Plus généralement la tenue d'évènements ou d'échanges informels entre non-permanents reste limitée.

La prise de décision en comité restreint peut être source de frustration. Il serait utile de s'assurer que les modalités de gouvernance actuelles font bien l'objet d'un large consensus.

## DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

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

L'unité bénéficie d'un excellent rayonnement scientifique. L'important volant de ressources contractuelles, l'originalité des approches et des expériences mises au point, l'appui sur des plateformes technologiques de pointe, lui confèrent une forte attractivité, illustrée notamment par le nombre important de recrutements de doctorants et de postdoctorants de très bon niveau.

- 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

Le rayonnement scientifique de l'unité est excellent. Il se mesure en particulier au nombre de distinctions obtenues par l'unité (Fellow APS, Fellow Optica, Prix Friedel-Volterra de la SFP, cinq prix de thèses nationaux, deux nominations à l'Institut Universitaire de France) et au nombre d'invitations à des conférences internationales (de l'ordre de 250). Cette reconnaissance résulte également d'une implication significative des chercheurs et des enseignants-chercheurs dans l'animation de GDR, leur participation à des sociétés savantes (treize) ou à l'organisation de conférences internationales (43 conférences).

Les nombreux succès aux appels à projets à des guichets très variés dont certains très compétitifs (labex SEAM, DIM QuanTip, ANR, Europe dont ERC) combinés à l'implication dans des plans nationaux (Plan Quantique, PEPR Quantique et Electronique) soutiennent le développement dynamique d'un large éventail de lignes de recherche très ambitieuses.

L'unité bénéficie de plateformes expérimentales et technologiques en constant développement et dont certaines hébergent une instrumentation à l'état de l'art. Leur très bonne réticulation avec le tissu local et national et leur adossement à un savoir-faire reconnu garantissent un fonctionnement optimal.

Ces nombreux atouts confèrent à l'unité une attractivité remarquable vis-à-vis des doctorants et des postdoctorants de très bon niveau. Le recouvrement des thématiques de l'unité avec celles de l'ED PIF, l'actualité des thématiques de recherche concourent à cette attractivité. L'implication notable des équipes de l'unité dans les formations de l'université Paris Cité est un atout supplémentaire pour attirer des étudiants de la licence au doctorat.

L'attractivité de l'unité s'apprécie également au nombre conséquent de recrutements récents de chercheurs ou d'enseignants-chercheurs et de personnels techniques. De nombreuses équipes ont bénéficié de l'arrivée de forces vives.

Le dynamisme insufflé dans les activités de la salle blanche, renforcé par un recrutement récent, est un autre exemple du fruit de cette attractivité.

Le comité tient à saluer la politique active menée par la direction pour gagner des espaces supplémentaires et aménager des salles fonctionnelles dans un contexte contraint en surfaces de bâtiment disponibles.

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

Le rayonnement scientifique est hétérogène entre les équipes.

En raison de la localisation géographique de l'unité dans Paris intramuros, les possibilités d'extension sont limitées. C'est un facteur limitant pour l'implantation de nouvelles expériences, mais aussi pour l'accueil des doctorants et surtout de visiteurs.

L'hétérogénéité dans le succès aux appels à projets (en particulier européens), limite pour certaines équipes les ressources pour l'accueil de doctorants et de postdoctorants.

La thématique "matériaux" souffre d'un intérêt légèrement moins marqué des étudiants par rapport aux domaines liés aux technologies quantiques, ce qui entraîne une attractivité hétérogène entre les équipes de l'unité lors du recrutement de doctorants.

## DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

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

La production scientifique est excellente tant en quantité qu'en qualité. Les membres de l'unité font preuve d'une excellente implication dans la formation par la recherche. L'unité mène une politique active de sensibilisation aux bonnes pratiques en recherche.

- 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 est excellente tant en quantité (environ 400 publications durant la période et une moyenne supérieure à deux publications par an et par membre permanent) qu'en qualité ; plus de la moitié des publications ont paru dans des revues majeures des disciplines concernées (Phys. Rev. A et B), voire dans des revues à audience large et prestigieuses (Phys. Rev Letters, Nature et revues associées, ACSNano, Nanoletters et Nanophotonics). Cette qualité concerne toutes les équipes et rend compte de l'originalité des approches théoriques et expérimentales mises en œuvre.

Sauf à de rares exceptions, tous les membres des équipes participent à l'activité de publication (au moins une publication par ETPR/an) ; quelques chercheurs ou enseignants-chercheurs ont une production exceptionnelle, avec un nombre élevé de publications dans des revues prestigieuses. Le nombre variable de publications entre les différentes équipes repose moins sur des différences dans le dynamisme des recherches menées que sur des spécificités des approches utilisées. Rapportés aux usages des communautés équivalentes sur le plan national, les niveaux de publication sont globalement excellents. Le choix des revues est bien adapté aux activités et thématiques de recherche, ce qui garantit aux résultats publiés d'être bien visibles pour les communautés de recherche concernées.

Le nombre de conférences invitées est élevé (plus de 250 au cours de la période) et concerne une très large part de l'effectif de recherche de l'unité : 80 % des chercheurs et enseignants-chercheurs ont ainsi donné au moins une conférence invitée, la majorité de ces invitations relevant d'une conférence internationale.

Les membres de l'unité sont très investis dans la formation par la recherche (113 doctorants, 71 thèses soutenues, 34 post-doctorants accueillis).

Une très forte proportion des chargés de recherche et maîtres de conférences sont titulaires de l'habilitation à diriger les recherches, ce qui confère à l'unité un très fort potentiel d'encadrement doctoral. De façon très opportune, les doctorants sont souvent co-encadrés, en impliquant en particulier de plus jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs non encore titulaires de l'HDR, en vue de l'obtention de celle-ci. Ainsi, sauf très rare exception, tous les chercheurs et enseignants-chercheurs sont ou ont été impliqués dans le co-encadrement ou la direction d'au moins une thèse.

La production scientifique des doctorants est très bonne, de l'ordre de 3,2 articles par doctorant avec toutefois des disparités. Dans certains cas (très rares) le doctorat n'a pas donné lieu à publication. Par ailleurs, en très grande majorité, les doctorants ont participé à au moins une conférence (parfois en ligne, en raison du contexte pandémique).

La direction de l'unité mène une politique très active d'incitation aux bonnes pratiques en recherche (mise en place d'une sauvegarde optimisée des données, incitation à l'utilisation systématique de logiciels anti plagiat, encouragement à la soumission des publications sur arXiv ou HAL et à des journaux en Green Open Access, dissuasion à la participation à des conférences prédatrices, etc).

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

Même en tenant compte des spécificités des recherches menées au sein de chaque équipe, la production apparaît légèrement plus faible pour certaines équipes, tant en termes de quantité que de portée.

Une part, très faible, de chercheurs ou enseignants-chercheurs présente une faible production.

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

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

Sur quelques thématiques, l'unité se distingue par une activité de valorisation et une politique partenariat industrielle très dynamique. C'est le cas en particulier en matière de développement de dispositifs optiques innovants ou en nano-optomécanique. L'unité est par ailleurs très fortement impliquée dans des initiatives spécifiques ou ponctuelles de diffusion de la science auprès du grand public notamment au travers d'actions emblématiques exploitant la supraconductivité. Ces actions prennent de l'ampleur.

- 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'unité a su développer une activité de recherche finalisée fructueuse sur quelques thématiques (développements de dispositifs classiques et quantiques optiques innovants, applications en nano-optomécanique, développement de procédés de fabrication de multicouches de semi-conducteurs), donnant lieu à trois conventions Cifre et à sept brevets déposés.

Les technologies et les matériaux quantiques sont des sujets intéressant une large audience. Ces thématiques se prêtent donc à des actions de communication vers le grand public et l'unité s'y investit pleinement. Les membres de l'unité interviennent régulièrement dans des émissions de radio ou dans la rédaction d'articles pour des magazines grand public. Ils s'impliquent également dans le cadre de la fête de la science, de visites dans des classes de lycées ou dans l'accueil de stagiaires de collège.

Le projet MagSurf (expérience de lévitation supraconductrice) évolue, la collaboration de l'unité avec le Palais de la découverte sur ce projet en particulier lui donne une très bonne visibilité auprès du grand public.

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

Les brevets déposés ne semblent pas souvent donner lieu à une concession de licence d'exploitation.

Le nombre de thèses sous convention Cifre reste faible ; le comité est cependant conscient du taux d'encadrement général déjà élevé dans les équipes qui pourraient tout particulièrement accueillir des doctorants relevant du dispositif Cifre.

## ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

L'unité a su relever de nombreux défis dans un contexte très particulier et exigeant. Ainsi, dans un contexte de crise Covid, de création de l'université Paris Cité ou encore de crise d'approvisionnement de l'hélium, l'unité a su parfaitement s'adapter pour assurer la continuité de service et celle des recherches. La mise en place d'un pôle technique mutualisé a permis de rationaliser et d'amplifier le soutien aux expériences et a offert un renforcement essentiel en informatique. Cette nouvelle structure a de très belles réalisations techniques à son actif. Les perspectives d'évolution sont bien identifiées et adaptées tant sur le plan technique qu'en termes de support RH (avec des réflexions explorant les possibilités de mutualisation avec les unités de physique voisines ou d'optimisation des interactions avec les supports de l'université).

Le projet d'extension de la salle blanche est ambitieux et témoigne du dynamisme de l'unité pour s'étendre dans un contexte difficile de surfaces limitées et pour trouver des solutions de financement. La nouvelle activité résultant de cette extension, concernant la nano fabrication « bottom up » de matériaux 0D, 1D, 2D et organiques, confèrera une spécificité unique à cette salle blanche de proximité et élargira plus encore son impact auprès des équipes de l'unité.

L'unité est fortement impliquée dans les différents organes et structures de l'université Paris Cité ainsi que dans les formations et le restera lors du prochain contrat. Une évolution importante de cet environnement sera liée à la redéfinition des contours du labex SEAM dont la fin est programmée pour 2024 et la possible création de nouveaux labex. Il ne fait aucun doute que l'unité saura s'impliquer dans cette réflexion et peser sur la définition des lignes stratégiques scientifiques qui seront portées par ces nouveaux labex.

Le projet scientifique de l'unité sur les nouveaux matériaux et dispositifs quantiques occupe un premier plan sur la scène internationale. Le comité a été particulièrement impressionné par la multitude de projets de développements expérimentaux novateurs, certains renforcés ou impulsés par de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs nouvellement recrutés. Plus largement, les perspectives de recherche envisagées devraient maintenir l'unité à un niveau de compétitivité élevé dans des domaines fortement concurrentiels.

Malgré le contexte budgétaire contraint actuel, le comité insiste sur la nécessité pour les tutelles de continuer de soutenir cette dynamique remarquable.

Une évolution importante de l'organisation scientifique de l'unité concerne la création d'une nouvelle équipe, l'équipe LIME (Light and MEchanics) issue de l'actuelle équipe DON. Cette nouvelle structuration prend en compte la taille devenue trop importante de l'équipe DON qui se divisera ainsi en deux équipes d'une taille de l'ordre de dix membres chacune, ce qui devrait fluidifier la vie d'équipe. Cette décision apparaît d'autant plus pertinente que les deux futures équipes ont prévu de conserver des interactions régulières afin de maintenir un savoir-faire et des connaissances communs sur les procédés technologiques et les méthodes de modélisation utiles à leurs activités de recherche.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Veiller à garantir la pérennité des emplois d'ingénieurs en salle blanche : l'extension de la salle blanche et les développements liés alourdiront la charge des ingénieurs. Le comité recommande une implication effective de l'ensemble du personnel des équipes concernées par ces activités dans la gestion de la salle blanche, dans l'installation de nouveaux équipements et dans la mise en œuvre des nouveaux procédés.

Veiller à la montée en compétences du pôle technique sans pour autant étendre le spectre de manière trop large afin de garantir aux agents la préservation d'une bonne technicité. Les procédures pour la soumission de projets auprès du pôle technique pourraient être allégées pour les projets de faible envergure.

Capitaliser sur le calcul de l'empreinte carbone de l'unité effectué par un doctorant avec l'outil du collectif Labos1point5 pour explorer des pistes visant à réduire l'impact environnemental de la recherche de l'unité.

En prévision de la mise en place d'une procédure de récupération de l'hélium, un investissement en personnel sera nécessaire. Il faudra veiller à ce que ces nouvelles missions restent compatibles avec les autres activités du personnel de l'unité. Une fonction mutualisée sur plusieurs unités pourrait être envisagée.

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

L'unité gagnerait à afficher explicitement et de façon systématique le devenir des doctorants. Cela constituerait un levier d'attractivité supplémentaire.

Continuer sur l'excellente dynamique en termes de rayonnement scientifique.

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

Compte tenu de la grande qualité de leurs résultats, certaines équipes pourraient ambitionner de publier dans des journaux à plus fort impact. Cela leur permettrait de gagner en visibilité.

Continuer sur l'excellente dynamique en termes de qualité et de quantité de production scientifique.

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

Le manque de temps pour un investissement dans des activités de diffusion et dissémination vers le grand public ressort souvent de l'autoévaluation. L'unité pourrait considérer l'accueil de stagiaires de licence pour la conception de produits ou d'expériences à l'intention du grand public.

# ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

**Équipe 1 :** Dispositifs Optiques Nonlinéaires (DON)

Nom du responsable : M. Giuseppe Leo

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe conduit des activités de recherche sur des dispositifs photoniques en semiconducteur sur puce suivant trois axes : la photonique non-linéaire, l'optoélectronique et l'opto-mécanique. Ces recherches en optique classique et quantique s'étendent depuis la conception et la fabrication jusqu'à la caractérisation et la valorisation des dispositifs pour la mesure et le traitement du signal. Elles sont développées en forte synergie au sein de l'équipe et en collaboration étroite avec l'équipe THEORIE et plusieurs partenaires nationaux et internationaux.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La dynamique de l'équipe est toujours excellente. Elle a étendu ses lignes de recherche.

Avec le recrutement d'un maître de conférences et d'un ingénieur de recherche, ainsi que l'arrivée en mutation d'un chargé de recherche, le nombre de membres permanents a doublé durant la période, en adéquation avec les recommandations du précédent rapport.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>5</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	3
Doctorants	10
<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

L'excellence et la portée des travaux de l'équipe se traduisent par une production scientifique du plus haut niveau et une très forte attractivité. Les recherches s'inscrivent dans de nombreuses collaborations solides et de qualité, nationales et internationales, conduites avec des partenaires académiques et industriels, reflétant la large palette des recherches entreprises. En parallèle des activités de recherche, l'équipe est impliquée dans la formation, la direction de l'école d'ingénieur Denis Diderot, ainsi que dans l'animation de la communauté scientifique.

## Points forts et possibilités liées au contexte

Les recherches de l'équipe sont développées suivant trois axes dans lesquels plusieurs résultats de premier plan ont été obtenus. En optique non-linéaire, on peut citer : le contrôle local de la seconde harmonique dans les nano-antennes diélectriques optimisées. Des perspectives originales de recherche sont envisagées, comme la génération de paires de photons corrélés par des métasurfaces ou l'ingénierie de méta-lentilles ultrafines permettant un contrôle du front d'onde en temps réel et qui fait l'objet d'un projet de prématuration pour des applications ophtalmiques. De nombreux résultats marquants ont aussi été obtenus en optomécanique : le développement d'une sonde AFM optomécanique de résolution temporelle dans la gamme des nanosecondes, l'observation de l'instabilité de modulation dans les résonateurs optomécaniques en matériau semi-conducteur ou encore le suivi avec une résolution de la milliseconde de l'évaporation d'une nanogouttelette. D'autres résultats de premier plan sont aussi à noter en optoélectronique : la génération de vortex optiques par des ensembles d'émetteurs individuels couplés à des hologrammes plasmoniques ou encore la mise en évidence d'un effet d'absorption induite plasmoniquement par des métasurfaces. L'équipe explore des perspectives prometteuses dans le domaine du photovoltaïque.

La recherche conduite est excellente à plusieurs niveaux. La production, qui était déjà de grande qualité durant la précédente période, est en progression avec une moyenne de quinze articles par an (plus de 3,5 articles/ETPR/an), et ce, dans des journaux de très haut niveau. La portée internationale des travaux est indéniable avec plus de douze conférences internationales invitées par an, dont des « keynotes ». L'attractivité est remarquable, avec l'accueil de onze postdoctorants et vingt-deux doctorants (onze thèses en cours). La durée des thèses est désormais proche de la durée cible, en adéquation avec les recommandations.

Un des points forts des recherches est de couvrir un large spectre depuis les sciences fondamentales jusqu'aux potentielles applications. Ce souci de valorisation s'illustre par le dépôt de cinq brevets, un accord de partenariat entre l'unité et le LETI et une collaboration avec III-V Lab.

L'originalité des travaux est le fruit de la très grande synergie entre les différents axes. Ces recherches bénéficient de nombreuses collaborations solides avec des équipes réputées des mondes académique et industriel, au niveau national (10) et international (7). Ces collaborations sont soutenues par un grand nombre de contrats nationaux (9 dont 4 en tant que porteur) et internationaux (5 dont 2 de l'ERC), apportant un financement conséquent.

L'équipe est impliquée dans la formation (sept cours en école doctorale, direction de l'école d'ingénieur Denis Diderot), ainsi que dans l'animation de la communauté scientifique (DIM, labex, GdR, coordination locale d'un Equipex+, CES de l'ANR...).

## Points faibles et risques liés au contexte

Les activités de recherche entreprises par l'équipe, reposent très fortement sur les moyens de fabrication de la salle blanche de l'unité, tant en termes d'équipement que de RH. Or, le personnel permanent de la salle blanche est actuellement sous-critique pour assurer un maintien des savoir-faire et s'atteler au développement de nouveaux procédés à l'état de l'art. Le recrutement prévu de deux ingénieurs est crucial pour l'équipe. Par ailleurs, l'installation de nouveaux équipements et l'extension de la salle blanche, nécessaires et bienvenues, pourraient néanmoins résulter en une surcharge de travail sur le personnel permanent et aussi poser des problèmes de place pour des équipements existants et fragiliser les activités qui en dépendent.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

Le projet scientifique de l'équipe DON est original et ambitieux. Il prolonge essentiellement les lignes de recherche en cours, tout en renforçant les activités à l'interface entre nano-optoélectronique et métasurfaces non-linéaires. En regard de l'ampleur prise par l'activité autour de l'optomécanique, l'équipe propose de se séparer en deux nouvelles équipes : l'une centrée autour de l'optique non-linéaire et optoélectronique, et l'autre autour de la nano-optomécanique.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Poursuivre l'excellente dynamique de l'équipe en termes de production scientifique et attractivité.

Veiller à assurer la pérennité et la transmission du savoir-faire entre et dans les deux nouvelles équipes formées dont le nombre de permanents devient faible et pourrait devenir critique.

Préserver une synergie entre les deux nouvelles équipes.

Veiller à renforcer l'effectif du personnel de la salle blanche, en appui aux activités de l'équipe, mais aussi de toute l'unité.

Lors de l'extension de la salle blanche, porter une attention particulière à la gestion des espaces pour ne pas fragiliser les activités en cours.

**Équipe 2 :** Microscopie électronique Avancée et NanoStructures (MeANS)

Nom du responsable : M. Damien Alloyeau

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe MeANS mène ses recherches sur la synthèse, l'étude des propriétés thermodynamiques et la caractérisation à l'échelle atomique de nanomatériaux pour des applications biomédicales et en catalyse. Elle étudie les mécanismes de croissance des nanomatériaux fabriqués par voies physiques et chimiques, afin d'établir le lien entre leur structure atomique et leurs propriétés physico-chimiques. Un de ses points forts est d'étudier à l'échelle atomique les mécanismes de croissance, de transformation ou de dégradation de nano-objets en conditions réalistes grâce à la microscopie électronique environnementale en cellule étanche permettant des études in situ en environnement liquide ou gazeux de composition et température contrôlées.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport soulignait la nécessité de fiabiliser le volet concernant les ressources à la fois humaines et financières, pour maintenir le haut niveau d'expertise et de qualité de l'équipement de microscopie électronique. En termes d'investissement, l'équipe a obtenu 1,5 M€ pour l'optimisation du superTEM. Les ressources de l'équipe ont été consolidées grâce à sa participation à un grand nombre de projets collaboratifs (dont un du programme H2020 et sept de l'ANR). De plus, l'équipe a réussi à s'adjoindre le concours de deux chercheurs invités dont un DR2 ONERA pour une longue période (2020-2027), et a présenté plusieurs candidatures CNRS confirmant son attractivité.

L'équipe a partiellement renforcé ses collaborations avec le milieu industriel. Bien qu'elle ne bénéficie pas de conventions Cifre - recommandation du précédent rapport - elle collabore avec l'ONERA et IFPEN ; la collaboration avec l'ONERA se matérialise par la codirection de deux doctorants.

Le nombre moyen de publications par doctorant - point de vigilance du précédent rapport - est tout à fait convenable (3,5 publications).

L'opération de jouvence du superTEM (neuf mois) ne semble pas avoir affecté les projets et la production scientifique de l'équipe.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>5</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	5
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>5</b>
<b>Total personnels</b>	<b>10</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe MeANS est l'une des principales équipes de recherche européennes dans le domaine du TEM in situ et de l'étude des nano-alliages. Elle a fortement contribué à la structuration de la communauté scientifique aux échelles nationale et européenne. Son rayonnement s'illustre par de multiples collaborations locales, nationales et internationales, une production scientifique en hausse et de qualité, et une activité de recherche collaborative soutenue, lui permettant de rester une équipe de premier plan. L'équipe est aussi fortement impliquée dans l'administration de la recherche et dans la formation.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe MeANS est composée de chercheurs et d'enseignants-chercheurs très expérimentés. Sa recherche qui s'appuie sur de nombreuses collaborations et projets collaboratifs, fait l'état de l'art dans le domaine en termes de compétences et d'équipement (comprenant un super TEM in situ mis au niveau récemment, un TEM STEM/EDX in situ, et un MEB). L'équipe est notamment leader au niveau international dans les analyses TEM operando des nano-alliages, position renforcée grâce à l'amélioration du superTEM. Un des résultats marquants obtenu durant la période concerne l'étude, à l'échelle atomique, de l'effet de la ségrégation de l'or dans des nanoparticules d'alliage cuivre et or. Un autre point fort de l'équipe est d'inscrire son savoir-faire dans un contexte applicatif très intéressant, la catalyse, les applications biomédicales, et le stockage du dihydrogène grâce à ses travaux pionniers sur les études in situ en environnement gazeux et liquide. Plusieurs résultats marquants ont été obtenus impliquant notamment des travaux théoriques et expérimentaux sur le cycle de vie et la biodégradation de nanomatériaux *in vivo*.

La production scientifique est de très haut niveau, tant qualitativement que quantitativement, avec 57 publications, 3,7/ETPR/an, dont la moitié dans des revues de renommées.

Le rayonnement de l'équipe s'illustre par les 32 conférences invitées dont 14 au niveau international, ainsi que par une implication dans un grand nombre de projets résultant d'AAP. L'activité contractuelle collaborative est en effet soutenue (23 projets de recherche dont un du programme H2020 et sept de l'ANR), incluant quelques collaborations avec des entités internationales (TUD-Danemark, Univ. Sherbrooke-Can, Shangai Inst. of appl. Phys.-China, AIST-Jn) et des collaborations avec l'IFPEN et l'ONERA. Son leadership se traduit par la coordination de plusieurs projets : trois projets de l'ANR, un projet soutenu par l'idex, un projet soutenu par le labex SEAM, un projet MITI-CNRS, le projet superTEM (1.5 M€ impliquant de nombreuses sources de financement).

En parallèle de ses recherches, l'équipe s'est impliquée dans l'organisation de plusieurs conférences sur les nano-alliages et les analyses TEM in situ.

L'équipe est active en matière de pilotage et d'organisation de la recherche au niveau national (participation à la création du GDS PANAM, participation à la fédération METSA, direction du GDR NANOPERANDO, coordination ou codirection ou membre de plusieurs labex, par exemple).

L'équipe MEANS participe activement à la formation des jeunes chercheurs avec un effectif de cinq doctorants durant la période, ainsi qu'à des activités de médiation scientifique.

### Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe MeANS ne s'appuie que sur quatre membres permanents, très pris par des tâches administratives et de management, ainsi qu'un DR2 de l'ONERA. Ce nombre sous-critique est le point de vigilance principal, au regard des moyens nécessaires au maintien d'une activité contractuelle collaborative indispensable. Cependant, une nouvelle chargée de recherche CNRS a très récemment rejoint l'équipe.

L'équipe MeANS ne mentionne son implication que dans un projet Européen, terminé fin 2021, et ne fait pas mention de collaborations avec un industriel.

Les coûts d'entretien et de fonctionnement du parc de microscopes électroniques sont conséquents. Si ces coûts ont pu être couverts jusqu'à présent grâce au succès de l'équipe pour obtenir des financements et grâce à son implication dans des réseaux et plateformes subventionnées par les tutelles, ceci est un point de fragilité, compte tenu du contexte de diminution des crédits récurrents de la part de l'université Paris Cité.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe MeANS est sur une trajectoire ascendante avec une production scientifique et un nombre de thèses soutenues en hausse. La réussite de la mise à niveau du superTEM, effectuée sans diminution de la production scientifique, lui permettra de rester à l'état de l'art. Ses perspectives de recherche, autour de la dynamique des nanomatériaux (propriétés de formation et conditions d'applications), sont en bonne adéquation avec les compétences de l'équipe et ciblent des enjeux intéressants en catalyse ou dans le champ des applications biologiques par exemple.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Une montée en gamme des projets collaboratifs est recommandée. En effet, l'attractivité des compétences de l'équipe et les domaines d'applications visées devraient la conduire à participer à plus de projets collaboratifs s'appuyant sur des financements européens, à plus haute valeur ajoutée que les projets de l'ANR, ainsi qu'à des projets partenariaux impliquant des industriels.

**Équipe 3 :** Quantum Information Technologies (QITE)

Nom du responsable : M. Luca Guidoni

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les recherches de l'équipe QITE, expérimentales et théoriques, s'inscrivent dans le champ des technologies quantiques. Deux plateformes expérimentales intégrées sont à l'étude, depuis leur conception jusqu'à leur caractérisation avancée, en passant par leur fabrication : des sources semiconductrices de photons paramétriques et des dispositifs à ions piégés refroidis par laser. Les travaux entrepris, bien qu'orientés vers le déploiement des technologies quantiques, s'étendent depuis des questions fondamentales jusqu'à l'ingénierie de dispositifs pratiques et de protocoles.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La stratégie de l'équipe pour renforcer ses interactions avec les acteurs académiques et industriels, au niveau national et international, a été très fructueuse. En sus de ses partenaires de longue date, l'équipe a initié une collaboration avec NTU à Singapour ; elle participe au projet Européen QNSP ; enfin, elle a intensifié ses interactions avec des partenaires industriels appuyées par des conventions Cifre (avec STMicroelectronics, et à venir avec Nokia Bell Labs).

Les acteurs des recherches sur les ions piégés, ont poursuivi leurs efforts pour mieux valoriser leurs résultats, avec au moins sept publications dans des revues internationales à comité de lecture dont certaines dans des revues de bon niveau.

Bien que cela ne transparaisse pas encore au travers d'une production scientifique commune, une ligne de recherche se construit entre les axes photonique et ions piégés. Il convient de noter la proactivité de l'équipe pour renforcer cette ligne de recherche, par le biais de réponses à des appels à projets, grâce à l'accueil de stagiaires et le recrutement d'un maître de conférences. Une autre ligne de recherche se développe aussi entre les axes théorie et ions piégés, sur l'application des équations de Lindblad aux ions piégés.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>9</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	6
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>6</b>
<b>Total personnels</b>	<b>15</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

Le dynamisme de l'équipe se traduit par une production scientifique importante et en progression. La reconnaissance de son expertise et son intégration dans un réseau de recherche actif, à la fois académique et industriel, lui permettent d'être impliquée dans un grand nombre de contrats. Son excellence lui confère une forte attractivité qui se traduit par un grand nombre de doctorants. Il convient de souligner l'implication notable de l'équipe dans le pilotage de la recherche (CNU, présidence du conseil scientifique du département de physique...) et l'animation de la communauté scientifique ainsi que sa participation dans des activités de dissémination.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe est équilibrée en chercheurs et enseignants-chercheurs à la fois expérimentés et en début de carrière.

Elle poursuit trois directions de recherche. La première, expérimentale, porte sur les sources paramétriques robustes pour l'optique quantique et les technologies quantiques. Les résultats, obtenus grâce à l'originalité et la polyvalence de la source développée, leur confèrent une très grande visibilité internationale. Plusieurs résultats majeurs ont été obtenus, comme l'intégration des sources dans des tests-beds de communication quantique ou le contrôle de la statistique des états quantiques produits.

La seconde direction de recherche vise le développement de dispositifs miniaturisés et intégrés à ions piégés où un des résultats importants obtenu avec NTU, est l'intégration de guides d'ondes photoniques sur les puces à ions. Ces travaux sont prometteurs pour interfacier ces dispositifs avec des plateformes photoniques quantiques.

La troisième direction de recherche est théorique, avec à la fois des travaux en lien avec les expérimentateurs (de l'équipe mais aussi d'autres unités) et des recherches avancées en théorie quantique fondamentale, notamment en optique quantique et métrologie avec des variables continues.

Une des richesses de l'équipe est sa grande diversité d'expertises complémentaires, la variété de ses plateformes expérimentales et le lien entre théorie et expérience. Tout en poursuivant des objectifs propres à chaque ligne de recherche, l'équipe sait tirer avantage de cette richesse liée au couplage expérience-théorie, tout en initiant une nouvelle ligne de recherche sur l'interfaçage plateformes photoniques et à ions piégés.

Son lien avec les technologies quantiques, associé à son intégration dans les réseaux nationaux (plan quantique) et internationaux (quantum Flagship) est un atout. L'obtention de dix-huit contrats dont une grande partie en tant que porteur, permet à l'équipe de disposer de moyens expérimentaux à l'état de l'art et ainsi d'obtenir des résultats de portée significative. L'effort de l'équipe pour élargir son cercle de partenaires à des industriels (ST Microelectronics, Nokia Bell labs, Crystal Quantum Computing) est à noter.

L'excellence de l'équipe se traduit ainsi par une production scientifique remarquable tant en volume qu'en qualité. Elle repose sur un grand nombre de communications invitées à l'international (plus de cinq par an) et de publications (plus de 2,3 articles/ETPR/an), dont certaines dans des journaux de très haut niveau.

Tout ceci lui confère une forte attractivité, reflétée par le grand nombre de doctorants accueillis (dix-sept thèses durant la période dont cinq en cours).

### Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe a formé un grand nombre de doctorants mais n'a accueilli qu'un seul postdoctorant.

L'activité sur les ions piégés a significativement accru l'ampleur de la production scientifique mais celle-ci reste encore en retrait au regard des résultats obtenus. L'arrivée d'un maître de conférences sur une thématique nouvelle interfaçant ions et photons, est une vraie opportunité ; elle devrait permettre de renforcer et consolider cette ligne de recherche.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

Le projet proposé par l'équipe prolonge pour partie ses directions de recherche actuelles. Il englobe l'ingénierie avancée des états photoniques et leur utilisation dans des protocoles de communication quantique, l'ingénierie de pièges à ions adaptés pour le projet GBAR, ainsi que l'étude théorique des états à variables continues pour la mesure et le calcul quantique basé sur la mesure. Trois nouvelles lignes de recherche originales et prometteuses s'ouvrent aujourd'hui : la manipulation des états photoniques sur puce grâce à des réseaux de guides d'onde intégrés, l'interface optique et intégrée entre plateformes quantiques photoniques et à ions piégés, ainsi que l'imagerie et la spectroscopie THz à partir de paires de photons intriqués.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Continuer à soutenir les nouvelles lignes de recherche prometteuses exploitant une synergie entre les trois axes (manipulation sur réseaux de guides, interfaces ions-photons, imagerie quantique THz) ; continuer à tirer profit des expertises complémentaires présentes dans l'équipe.

Maintenir les interactions fortes de l'équipe avec ses partenaires académiques et industriels, sur les plateformes optiques quantiques et plus particulièrement sur les ions piégés (LKB, NTU) pour consolider cet axe.

Poursuivre les efforts de l'équipe pour tirer profit au mieux des AAP européens et internationaux à plus haute valeur ajoutée que les projets nationaux ou locaux.

Continuer sur l'excellente dynamique de recherche de l'équipe, tant en termes de qualité des travaux de recherche et d'innovation scientifique, que d'ouverture vers des acteurs du monde socio-économique.

**Équipe 4 :** Spectroscopie de Quasi-Particules (SQUAP)

Nom du responsable : M. Alain Sacuto

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les recherches de l'équipe portent sur l'étude des propriétés des électrons dans les matériaux quantiques au sein desquels les corrélations électroniques sont responsables d'une large variété d'ordres électroniques et topologiques. Pour étudier ces matériaux quantiques, l'équipe utilise principalement la spectroscopie Raman et plus récemment la spectroscopie THz dans un environnement d'échantillon dédié (à basses/hautes températures, sous pression hydrostatique et uni-axiale ou sous champ magnétique). En parallèle, l'équipe s'implique dans le développement de plateformes de caractérisation innovantes et adaptées aux problématiques de recherche qu'elle entreprend.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe a mené des actions concrètes et efficaces pour répondre aux précédentes recommandations.

- Une première version du spectroscope Raman résolu en temps a été implémentée avec succès.
- Malgré de multiples efforts, les demandes de financement européen ne se sont pas concrétisées.

L'arrivée de plusieurs permanents dans l'équipe, lui permet de consolider ses activités sur le développement de nouvelles plateformes de caractérisation innovantes et d'ouvrir de nouvelles lignes de recherche prometteuses. Une maîtresse de conférences de l'université Paris Cité a été recrutée pour explorer des effets dynamiques dans des matériaux quantiques en utilisant la spectroscopie TéraHertz résolue en temps. Un ingénieur de recherche a été recruté par l'université Paris Cité pour gérer la nouvelle plateforme d'imagerie Raman ouverte à l'unité en 2020 et s'impliquer dans le développement de mesures Raman et THz. La composition de l'équipe vient de s'équilibrer par un recrutement CR CNRS qui intégrera l'équipe début 2024 pour développer des recherches sur le contrôle par la lumière de matériaux quantiques par spectroscopie Raman sous excitation MIR et THz.

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

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

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe possède une large expertise dans l'utilisation de la spectroscopie Raman en physique des matériaux fortement corrélés qui lui vaut une très grande reconnaissance. Le nombre d'équipements originaux de spectroscopie Raman et THz opérés est remarquable. L'activité de recherche est de très haut niveau avec une très bonne dynamique. Ceci confère à l'équipe une forte attractivité illustrée par trois recrutements. Les perspectives de l'équipe se trouvent ainsi renforcées par l'ouverture de nouvelles lignes de recherche originales à fort potentiel.

## Points forts et possibilités liées au contexte

Au cours des cinq dernières années, l'équipe a apporté des contributions majeures au domaine de la supraconductivité non conventionnelle dont plusieurs contributions à la compréhension des diagrammes de phases complexes des cuprates et des ferropnictides. Des résultats de premier plan ont été obtenus notamment dans le contexte d'une collaboration fructueuse avec l'équipe THEORIE.

L'équipe a produit des résultats originaux dans la compréhension des propriétés de multiferroïcité ou de magnétisme dans des films minces d'oxydes.

Des résultats particulièrement marquants ont été obtenus sur les dichalcogénures de métaux de transition (TMD)  $2H-NbSe_2$  et  $2H-TaS_2$ ; par exemple, la première mise en évidence expérimentale du "mode de Higgs supraconducteur" a été réalisée, validant une prédiction théorique datant de plus de 40 ans.

Ces travaux de recherche s'accompagnent de développements instrumentaux ambitieux, essentiels pour conduire des lignes de recherches innovantes et ouvrir de nouveaux sujets. La mise au point des équipements de spectroscopie Raman et THz résolues en temps représente un investissement important et stratégique pour le positionnement de l'équipe. La première version du dispositif Raman résolu en temps a déjà fourni des premiers résultats sur le composé isolant excitonique  $Ta_2NiSe_5$  avec la démonstration du rôle marginal joué par le réseau dans l'établissement de la phase isolante au profit d'une instabilité électronique.

L'équipe jouit d'une solide réputation au niveau national et mondial, confirmée par le grand nombre de conférences invitées (32 à l'international). La production scientifique (environ 4 RICLs/ETPR/an) est excellente, incluant des publications dans des revues à forte audience.

L'implication dans des projets nationaux est significative. Le bon taux d'encadrement doctoral mérite d'être souligné.

L'équipe s'investit d'autre part dans diverses tâches de pilotage: parmi les quatre membres permanents, trois sont chargés de mission (valorisation, sécurité, organisation de séminaires) au niveau de l'unité. L'équipe tire profit des dispositifs du PIA. Depuis la rentrée 2023, un membre de l'équipe occupe les fonctions de doyen de la Faculté de Sciences ce qui souligne à nouveau la forte implication de l'unité dans les tâches d'intérêt collectif.

## Points faibles et risques liés au contexte

En interne à l'unité, les interactions sont principalement limitées à l'équipe THEORIE.

L'exploitation des équipements dépend de la disponibilité des échantillons. L'équipe bénéficie de collaborations de longue date avec des unités essentiellement dans la région parisienne. Cependant, une stratégie pour garantir l'accès aux échantillons devrait être envisagée, en cherchant par exemple des partenaires à l'international. Le dépôt de projets aux AAP européens en serait stimulé.

L'activité de l'équipe autour de matériaux multiferroïques va se retrouver ralentie par le fait que le chercheur porteur se trouve investi doyen de la Faculté de Sciences.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

La dynamique de l'équipe en termes de thèmes de recherche, d'activités de soutien et de ressources humaines et financières est excellente. La diversité des actions et son ancrage en tant que leader en techniques de spectroscopie ultra-rapide font de l'équipe SQUAP une équipe d'un potentiel remarquable.

Sa trajectoire scientifique, pour partie en prolongement de ses recherches actuelles, poursuit cette approche fructueuse associant développement instrumental ambitieux et questions actuelles sur les matériaux quantiques. On peut ici citer pour exemple les travaux entrepris sur le développement de la spectroscopie Raman et THz résolue en temps pour l'étude de semi-métaux topologiques.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Poursuivre l'équilibre fructueux entre développement instrumental et recherche de haut niveau.

Développer les efforts pour élargir le périmètre des collaborations, notamment à l'international, afin de répondre aux appels à projets européens.

**Équipe 5 :** Auto-organisation de nanostructures et microscopie à effet tunnel (STM)

Nom du responsable : M. Jérôme Lagoutte

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe STM s'intéresse aux propriétés électroniques, magnétiques et structurales de matériaux organiques et inorganiques aux plus petites échelles spatiales. Elle s'appuie sur l'utilisation de microscopes à effet tunnel fonctionnant sous ultra-haut vide et à basses températures ainsi que sur des mesures de diffusion X réalisées au synchrotron SOLEIL. Ses recherches se déclinent suivant deux sujets : (i) la croissance et la caractérisation des propriétés électroniques et structurales de matériaux 2D et notamment de l'effet généré par la présence de dopants de taille atomique, et (ii) l'étude des propriétés de molécules organiques dont les états de spin sont modifiés sous l'effet de différents stimuli (électroniques, optiques...).

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport avait souligné le faible nombre de financements (nationaux et européens) obtenus. Avec plusieurs "petits" projets locaux, trois projets de l'ANR où l'équipe STM apparaît comme porteuse, et un projet européen de type FET où MPQ est partenaire et obtient un financement conséquent (615 k€), la principale recommandation du précédent comité a été pleinement prise en compte.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>8</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>12</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe STM est indéniablement une des équipes les plus actives en champ proche à l'échelle nationale. Historiquement connue pour ses travaux sur les nano-alliages métalliques, l'équipe a fait évoluer ses thématiques de recherche, et est devenue une actrice importante dans les deux thématiques principales qu'elle développe aujourd'hui. Cette reconnaissance peut se mesurer au grand nombre d'articles publiés, beaucoup dans d'excellentes revues, mais également aux financements (certains très compétitifs) obtenus pendant la période.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a obtenu plusieurs résultats importants sur les deux sujets de recherche qu'elle poursuit. On peut ici mentionner l'observation de « jonctions planaires » de toutes petites tailles entre deux zones d'une couche de graphène à partir d'une méthode consistant à utiliser une monocouche de C60 comme masque pour le dépôt

de dopants, ou encore l'observation d'une commutation anormale de l'état de spin induite par la lumière, observée pour une couverture sous-monocouche de molécules à transition de spin.

La qualité des travaux entrepris se traduit par un nombre important de publications (56) sur les deux thématiques étudiées ainsi que sur des sujets connexes, notamment en relation avec des études au synchrotron.

Pour conduire ses recherches, l'équipe s'appuie sur un accès privilégié à la ligne DEIMOS du Synchrotron SOLEIL mais surtout sur un parc instrumental important comprenant deux UHV-STM basse température et deux UHV-STM fonctionnant à température variable. Appuyé par la qualité des travaux entrepris sur des thématiques variées, ce large éventail de dispositifs expérimentaux est un élément d'attractivité fort de l'équipe qui compte un nombre conséquent d'étudiants en thèse (10). Dans un contexte de prix très élevé et de difficultés d'approvisionnement de l'hélium liquide (à l'échelle mondiale), la mise en place d'un STM basse température en cycle fermé (un des tout premiers à être opérationnel) est un atout de premier plan, qui permet de voir l'avenir avec un minimum de sérénité.

Les travaux de l'équipe bénéficient d'un nombre significatif de contrats soutenant la diversité des lignes de recherche entreprises. Ainsi l'équipe est impliquée dans trois projets soutenus par l'ANR portés par trois membres permanents de l'équipe. Le projet européen FET, porté localement par un autre membre de l'équipe, atteste de la reconnaissance internationale acquise sur la thématique des molécules à transition de spin.

### Points faibles et risques liés au contexte

Si l'équipe publie de manière conséquente dans de très bons journaux, certains de ses travaux mériteraient d'être publiés dans des revues ayant davantage de visibilité. Le rayonnement international de l'équipe en serait accru et l'accès à des financements européens en serait facilité.

Les problèmes d'approvisionnement en hélium restent une source d'inquiétude majeure, qui a conduit à une réduction des projets réalisés à basses températures originellement au cœur des thématiques conduites par l'équipe. La mise en place de la récupération voire la re-liquéfaction de l'hélium est à soutenir.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe STM est indiscutablement sur une trajectoire ascendante s'appuyant sur deux thématiques fortes portées par des membres différents et identifiés de l'équipe. Ses travaux les plus récents laissent entrevoir de belles perspectives. Dans ce cadre, la possibilité de combiner les thématiques « molécules à transition de spin » et « matériaux 2D » apparaît comme une évolution naturelle et particulièrement attractive pour laquelle l'équipe STM serait idéalement placée.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Continuer dans la voie tracée au cours des dernières années en s'appuyant sur des thématiques fortes et identifiées pour lesquelles l'équipe apparaît comme un acteur majeur.

Étendre le rayonnement international de l'équipe, par la publication d'articles dans les revues les plus visibles.

**Équipe 6 :** Transport Electronique à l'Echelle Moléculaire (TELEM)

Nom du responsable : Mme Maria Luisa Della Rocca

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'activité de recherche de l'équipe concerne les propriétés fondamentales du transport de charge, de spin et de chaleur dans les matériaux bidimensionnels (2D) et dans des structures hybrides couplant ces matériaux avec des métaux ou des couches moléculaires (graphène, dichalcogénures de métaux de transition, molécules organiques). L'équipe mène une activité importante de fabrication des systèmes 2D et de caractérisation par plusieurs techniques (FMR spin pumping, spin Hall).

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe a répondu avec profit à la plupart des recommandations précédentes.

L'activité de recherche a été fortement recentrée sur l'étude des propriétés des matériaux 2D (dichalcogénures de métaux de transition, graphène, hBN) et sur l'exploration de leur intérêt potentiel pour concevoir des dispositifs électroniques innovants. Plusieurs lignes de recherche ont été développées : le volet du transport thermique a été étendu aux jonctions à base de matériaux 2D ; un nouveau procédé de fabrication des hétérostructures de type van der Waals a été mis au point.

De nouvelles collaborations ont été initiées tant sur des aspects théoriques qu'expérimentaux. Elles se sont traduites par une augmentation du nombre de publications et de communications.

Par ailleurs deux membres de l'équipe ont obtenu l'HDR.

## EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : 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	0
Chargés de recherche et assimilés	0
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	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	3
<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 jouit d'un bon ancrage et rayonnement au niveau national, attesté par son réseau actif de collaborations et sa réussite aux AAP nationaux. L'activité de recherche est marquée par un recentrage très important et pertinent vers l'étude des matériaux 2D. Ceci s'illustre par le développement d'un nouvel axe de recherche sur les phénomènes thermoélectriques dans ces matériaux et par l'accueil d'un EC de Sorbonne Université sur la thématique de l'injection dynamique de spin dans ces systèmes 2D.

## Points forts et possibilités liées au contexte

Durant la période, l'équipe a recentré son activité sur les matériaux 2D et vers les nanostructures hybrides interfaçant matériaux 2D, molécules ou métaux ferromagnétiques. Des avancées ont été obtenues dans les deux axes de recherche mis en œuvre. Un premier axe porte sur l'étude des propriétés thermiques et thermoélectriques des hétérostructures de van der Waals, avec, comme résultat marquant, la mise en évidence de la dépendance de la réponse électrique et thermoélectrique dans les transistors hBN/WSe<sub>2</sub> en fonction du matériau formant le contact. Un second axe de recherche porte sur la physique du transport de spin dans les nanostructures hybrides. Un résultat particulièrement marquant est l'observation, dans les valves de spin latérales à base de molécules de nitrobenzène greffées sur un nanotube de carbone multi-parois, de signaux magnéto-résistifs extrêmement importants résultant de longueurs de diffusion de spin record de plusieurs millimètres.

Ces résultats prennent appui sur la mobilisation d'une double compétence développée dans l'équipe, c'est-à-dire la fabrication et la caractérisation de systèmes 2D originaux. Pour cela, l'équipe bénéficie d'un large éventail d'équipements - mis à jour - lui permettant de répondre au mieux aux besoins en termes de caractérisation (sous champ magnétique, à basse température...).

L'activité de l'équipe est principalement ancrée dans un réseau national actif de collaborations avec des unités académiques. Ces collaborations sont soutenues par trois financements de l'ANR.

L'équipe est impliquée dans des tâches de pilotage de la recherche ; notamment, elle a participé à la direction adjointe de l'unité.

Elle s'investit dans la formation en s'impliquant notamment dans l'EUR QuanTech, dans la coordination du M2 Quantum devices ou dans la direction adjointe de l'école doctorale. Elle porte une remarquable activité de formation par la recherche en accueillant un grand nombre de doctorants (9). Les récentes soutenances de deux HDR renforcent le potentiel de l'équipe à cet égard.

## Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe est très bien positionnée au niveau national ; cependant, sa visibilité au niveau européen gagnerait à prendre de l'ampleur. Seules deux collaborations internationales sont mentionnées, l'une avec l'Université Catholique de Louvain et l'autre avec le Trinity College de Dublin sur des aspects théoriques. De fait, l'équipe est peu impliquée dans des projets européens (à l'exception d'un projet COST). Enfin l'équipe n'est constituée que d'enseignants-chercheurs dont certains ont des responsabilités importantes.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

La redéfinition des axes de recherche de l'équipe a été bien pensée, avec des mesures d'implémentation efficaces. La trajectoire scientifique de l'équipe s'inscrit de fait dans le prolongement des deux lignes de recherche actuelles, en bonne adéquation avec l'environnement, les moyens techniques et humains. Cela inclut la physique du spin (filtrage, injection et transport) dans les nanostructures hybrides ou les matériaux 2D en cavité, ainsi que l'étude des propriétés thermoélectriques et thermiques dans les hétérojonctions de matériaux 2D. De telles perspectives, fondées sur les compétences maîtrisées par l'équipe, impliquent des développements instrumentaux, tant pour la fabrication des matériaux 2D par exfoliation que pour leur caractérisation à basse température et sous champ magnétique.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le recrutement ou l'accueil par mobilité d'un personnel CNRS permettrait un équilibrage de forces au sein de l'équipe.

Afin d'augmenter les chances d'accéder aux financements européens, il conviendrait de lancer et renforcer des collaborations au niveau européen.

Équipe 7 : THEORIE (THEORIE)

Nom du responsable : M. Cristiano Ciuti

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe THEORIE s'intéresse à des thématiques variées allant des matériaux quantiques fortement corrélés à la physique des systèmes à N corps en équilibre ou hors équilibre thermodynamique, à l'optique, l'information quantique et les phénomènes critiques. Les études théoriques menées trouvent des applications pour la description des systèmes photoniques et polaritoniques, des dispositifs nanoélectroniques, des ensembles d'atomes froids désordonnés ou en interaction, ainsi que des phénomènes d'électrodynamique quantique en cavité. Une thématique lancée récemment concerne l'apprentissage automatique (« machine learning ») en physique quantique. Les approches sont analytiques ou numériques et impliquent des collaborations multiples avec des équipes d'expérimentateurs.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du rapport précédent ont été prises en compte dans la mesure du possible. L'espace des bureaux de l'équipe a été augmenté pour permettre d'accueillir plus de visiteurs. L'équipe a accueilli durant la période deux doctorantes et deux postdoctorantes, la parité de genre s'en voyant, par ailleurs, mieux respectée. D'autre part, un professeur et un CR CNRS ont été recrutés, venant renforcer l'équipe.

Toutefois, malgré les efforts de l'équipe, des solutions définitives aux problèmes de manque d'espace n'ont pas été trouvées, pour des raisons objectives.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maitres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	0
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>7</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	3
Doctorants	7
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>11</b>
<b>Total personnels</b>	<b>18</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe THEORIE produit des résultats scientifiques de très bon niveau, voire de niveau exceptionnel, dans des domaines d'actualité. Des résultats purement théoriques sont complétés par des publications co-signées avec des équipes d'expérimentateurs. Le haut niveau scientifique est attesté par de nombreuses invitations aux conférences internationales ainsi que par des prix scientifiques. L'équipe a une importante activité de formation de jeunes chercheurs. Elle participe à un nombre très conséquent de projets qui ont rencontré le succès aux AAP. Les membres de l'équipe s'impliquent dans l'animation de la recherche.

## Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe se distingue par la variété et la qualité de ses recherches. Ses membres s'attaquent à des sujets ambitieux et mènent leurs recherches au plus haut niveau international. Un des axes forts concerne l'étude des systèmes quantiques complexes dans lesquels le désordre, l'interaction entre un grand nombre de particules, et les phénomènes quantiques doivent être pris en compte simultanément.

La capacité de l'équipe à combiner les études théoriques des phénomènes fondamentaux dans ces systèmes avec la modélisation des expériences, est remarquable. Le nouvel axe de recherche sur le « machine learning » est à saluer. Plusieurs faits marquants ont été obtenus sur la période, parmi lesquels on peut mentionner : la collaboration avec l'ETHZ qui a mis en évidence la modification de l'effet Hall quantique par les fluctuations du vide électromagnétique, le travail sur la transition de phase super-radiante dans un système d'électrons en interaction placé dans une cavité électromagnétique ainsi que l'article de revue sur les méthodes théoriques pour la description des interactions fortes entre la lumière et la matière.

L'excellence des recherches est reconnue par des distinctions internationales : prix Friedel-Volterra, Fellowship APS.

Les recherches reposent sur de nombreuses collaborations locales, nationales et internationales. La plupart des équipes partenaires sont parmi les leaders mondiaux dans leurs domaines respectifs. Les membres de l'équipe sont coordinateurs de quinze projets collaboratifs incluant quatre projets internationaux financés par l'ANR ou le CNRS. Même si les membres de l'équipe ont chacun leur propre spécialisation, ils collaborent sur des projets communs, assurant la cohésion de l'équipe. Le dynamisme et la qualité des travaux permettent d'attirer un grand nombre de jeunes chercheurs (doctorants, postdoctorants, stagiaires). Treize thèses de doctorat ont été soutenues durant la période de référence.

La production scientifique est excellente aussi bien en termes de quantité (94 articles publiés) et de conférences données (123) qu'en termes de qualité (30 articles dans les journaux de tout premier plan). La volonté de rendre librement accessible l'ensemble de la production scientifique grâce aux archives ouvertes arXiv et HAL, dans le respect des principes de la science ouverte, est à souligner. Un brevet déposé lors de la période de référence illustre la préoccupation de l'équipe d'intégrer le monde socio-économique dans sa stratégie.

Le comité note la dynamique de l'équipe avec une augmentation de 40 % du nombre de publications, de 120% du nombre de thèses soutenues, et de 70 % du nombre de contrats de recherche conclus par rapport à la période précédente. Le nombre de collaborations avec les expérimentateurs et le nombre de jeunes chercheurs encadrés est en augmentation. L'équipe a été attractive ; elle a recruté un professeur et un CR.

## Points faibles et risques liés au contexte

Malgré un effectif restreint (sept permanents), l'équipe mène des recherches très diverses dans des domaines où la compétition internationale est forte. Des collaborations entre membres sont en place mais ne sont pas très nombreuses. Un risque existe lié à la ressource humaine et matérielle pour rester au niveau international.

Un grand nombre de contrats de recherche repose sur l'activité d'un petit nombre de membres de l'équipe tandis que les autres membres ne participent que peu aux AAP compétitifs.

Un déséquilibre est observé dans le nombre de doctorants encadrés par membre de l'équipe, au risque que les différentes thématiques ne se développent pas avec le même dynamisme.

Les interventions auprès du grand public ou des étudiants des premières années universitaires ne sont pas nombreuses.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'activité de l'équipe a vu une accélération significative durant la période, accompagnée du lancement de nouvelles lignes prometteuses, tel que le « machine learning ». Les thématiques de recherche envisagées sont pertinentes et se développeront suivant trois axes : matériaux quantiques fortement corrélés et transitions de phase ; électrodynamique quantique en cavité dans les systèmes de matière condensée et circuits EDQ ; machine learning sur des systèmes physiques. Plusieurs de ces projets ont d'ores et déjà assuré leur financement propre en raison de la réussite rencontrée aux AAP nationaux (six projets soutenus par l'ANR).

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Il convient de poursuivre les collaborations existantes et d'en initier de nouvelles. Tous les membres de l'équipe sont encouragés à s'engager dans les démarches de réponses aux AAP pour assurer le financement de toutes les activités de l'équipe.

Une politique proactive pourrait être mise en place pour attirer et recruter de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs afin de rééquilibrer la pyramide des âges de l'équipe.

Un recours plus systématique au co-encadrement de thèses pourrait permettre à tous les membres de l'équipe de contribuer à la formation par la recherche.

Une participation plus importante aux activités de médiation de la science visant le grand public pourrait être envisagée.

La publication dans les journaux à accès ouvert « diamant » pourrait être envisagée.

## DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

### DATES

**Début :** 04 décembre 2023 à 08h30

**Fin :** 06 décembre 2023 à 12h00

**Entretiens réalisés : en présentiel**

### PROGRAMME DES ENTRETIENS

#### JOUR 1 – LUNDI 4 DÉCEMBRE 2023

Horaire	Déroulé de la journée	Salle	
08h45 – 09h00	Présentation du comité et du programme	Luc Valentin	
09h00 – 10h00	Présentation du directeur devant comité, tutelles et personnel	Luc Valentin	
	9h35 - Présentation de l'administration 9h45 – Présentation et faits marquants du Pôle Technique		
10h00 – 10h30	Questions du comité et échanges	Luc Valentin	
10h30 - 11h00	Huis-clos et pause	Luc Valentin	
11h00 – 12h30	<b>Présentations scientifiques des faits marquants par équipe</b>		
	11h00 à 11h20 - MEANS	Luc Valentin	
	11h20 à 11h40 - THEORIE		
	11h40 à 12h00 - STM		
12h00 à 12h20 - SQUAP			
12h30 – 13h00	Huis-clos	Luc Valentin	
13h00 - 14h30	Déjeuner		
14h30 – 15h30	<b>Présentations scientifiques des faits marquants par équipe</b>		
	14h30 à 14h50 - TELEM	Luc Valentin	
	14h50 à 15h10 - QITE		
15h10 à 15h30 - DON			
15h30 – 16h00	Huis-clos du comité ou pause	Luc Valentin	
16h00 - 18h30	<b>Visites des plateformes, salles de manip et Pôle Technique</b>		
	16h00 - Administration	665A	
	16h05 - DON	666A	
	16h15 - QITE	683A	
	16h25 - Pôle Technique	695A	
	16h35 - QITE	566A	
	16h45 - STM	S72A	
	16h55 - MEANS & Plateforme SUPERTEM	S66A	
	17h05 - SQUAP & Plateforme Raman	S97A	
	Pause		
	17h20 - Atelier de mécanique	S42B	
	17h30 - LIME	531B	
	17h40 - TELEM	706B	
17h45 à 18h30 - Salle blanche	241-246B		

#### JOUR 2 – MARDI 5 DÉCEMBRE 2023

09h00 – 10h30	<b>Trajectoires et discussions avec tous les membres des équipes</b>	
	9h00 à 9h25 – MEANS	Luc Valentin
	09h25 à 9h50 - QITE	
10h15 – 10h45	Huis-clos du comité et pause	Luc Valentin
10h45 – 11h30	Echange comité – PAR (ITA/BIATSS/CDD/CDI)	Luc Valentin
11h30 - 12h15	Echange comité – Doctorants et Postdocs	Luc Valentin
12h15 – 12h45	Huis-clos du comité	Luc Valentin
12h45 - 14h15	Déjeuner	
14h15 – 15h00	Échange comité – C/EC	Luc Valentin
15h00 – 15h45	Échange comité-tutelles	Luc Valentin
15h45 – 16h15	Huis-clos du comité ou pause	Luc Valentin
16h15 - 18h30	<b>Trajectoires et discussions avec tous les membres des équipes</b>	
	16h15 à 16h40 - THEORIE	Luc Valentin
	16h40 à 17h05 - STM	

	17h05 à 17h30 - TELEM	
	17h30 à 17h55 - DON	
	17h55 à 18h20 - LIME	

### JOUR 3 – MERCREDI 6 DÉCEMBRE 2023

9h00 - 10h30	Échange comité – Direction (& future direction)	Luc Valentin
10h30 – 11h30	Huis-clos du comité (discussion pour le rapport)	Luc Valentin
11h30 - 14h00	Huis-clos et déjeuner	

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Le Président

Paris, le 4 mars 2024

HCERES  
2 rue Albert Einstein  
75013 Paris

**Objet : Rapport d'évaluation de l'unité DER-PUR250024245 - MPQ - Laboratoire matériaux et phénomènes quantiques.**

L'université Paris Cité (UPCité) a pris connaissance du rapport d'évaluation de l'Unité de Recherche **MPQ - Laboratoire matériaux et phénomènes quantiques**.

Ce rapport a été lu avec attention par la direction de l'unité, qui signale des erreurs factuelles (cf document joint), la vice-doyenne Recherche et le doyen de la Faculté des Sciences d'UPCité, de la part desquels vous trouverez un courrier également joint, par la vice-présidente Recherche d'UPCité et par moi-même.

Je remercie le comité pour la qualité de son évaluation, et vous informe ne pas avoir d'observations d'ordre général à apporter.

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Édouard Kaminski



Référence  
MC/NE/EB/2024-017

**Faculté des Sciences**  
**Université Paris Cité**  
5 rue Thomas Mann  
75013 Paris

Objet : DER-PUR250024245 - Évaluation HCERES de l'UMR 7162 MPQ - Retour Tutelle Université Paris Cité

Chères et Chers Collègues,

Nous souhaitons par ce courrier remercier les membres du comité de visite pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de MPQ, ainsi que pour leur écoute et le travail considérable qu'ils ont accompli.

La Faculté des Sciences est fière de compter MPQ parmi ses unités de recherche et rappelle la grande qualité de la recherche menée par tous les membres du laboratoire.

Après lecture du rapport provisoire d'évaluation de l'UMR 7162 MPQ, la Faculté des Sciences ne souhaite ajouter ni remarques générales ni remarques factuelles.

En vous priant, chères et chers collègues, d'accepter nos chaleureuses salutations

Maximilien CAZAYOUS  
Doyen  
Faculté des Sciences  
Université Paris Cité

Nathalie EISENBAUM  
Vice-Doyenne recherche Faculté  
des Sciences  
Université Paris Cité



Dossier suivi par : Nathalie MERLET  
☎ 01 57 27 62 61  
✉ nathalie.merlet@u-paris.fr

Paris, le 23 février 2024

Objet : Rapport d'évaluation HCERES - DER-PUR250024245 - MPQ - Laboratoire matériaux et phénomènes quantiques

Bonjour

Nous n'avons aucune observation générale à formuler au rapport d'évaluation HCERES - DER-PUR250024245 – MPQ.

Bien à vous



Cristiano CIUTI  
Professeur Université Paris Cité  
Directeur de l'unité MPQ UMR7162

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

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



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

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

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

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