

## RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LPEM - Laboratoire de Physique et d'Étude des Matériaux

### SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris – université Paris Sciences & Lettres - ESPCI Paris-PSL

Sorbonne Université

Centre national de la recherche scientifique - CNRS

---

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

Rapport publié le 14/02/2024



Au nom du comité d'experts :

Hervé Courtois, président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

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

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

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

## MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

<b>Président :</b>	M. Hervé Courtois, Université Grenoble Alpes
	M. Marcello Civelli, Université Paris-Saclay (représentant du CoNRS)
	M. Bruno Grandidier, CNRS, Lille
<b>Expert(e)s :</b>	M. Jérémie Grisolia, INSA Toulouse (représentant du CNU)
	Mme Séverine Le Roy, CNRS, Toulouse
	Mme Valérie Reita, CNRS, Grenoble (personnel d'appui à la recherche)

## REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Mohamed Aziz Dinia

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

M. Constantino Creton, ESPCI Paris-PSL  
M. Guillaume Fiquet, SU  
M. Frédéric Petroff, CNRS  
M. Stéphane Regnier, SU  
Mme Marjolaine Robillard, CNRS  
M. Arnaud Tourin, Université PSL

## CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire de Physique et d'Étude des Matériaux
- Acronyme : LPEM
- Label et numéro : UMR 8213
- Nombre d'axes : 3
- Composition de l'équipe de direction : M. Dimitri Roditchev (directeur)

## PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST2 Physique

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Les onze équipes de l'unité sont regroupées en trois axes. Les thématiques scientifiques, principalement expérimentales, sont :

- Axe 1 : synthèse et caractérisation des matériaux confinés (nano-dots, boîtes quantiques, particules plasmoniques, ...) ;
- Axe 2 : élaboration et étude des phénomènes électroniques quantiques dans les matériaux et les nanostructures (systèmes dilués, matériaux à fort confinement et corrélations électroniques, matériaux topologiques, ...) ;
- Axe 3 : instrumentation amont.

S'ajoutent à cela une plateforme d'études, le service des basses températures, le service d'élaboration des circuits électroniques, la chambre anéchoïque.

## HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Au début des années 2000, un pôle sur la supraconductivité regroupa quatre laboratoires de l'ESPCI : physique quantique ; physique du solide ; optique physique et surfaces et supraconductivité. En 2006, ces quatre laboratoires fusionnèrent pour donner naissance au laboratoire Photons et Matière (LPEM). En 2009, les personnels originaires du laboratoire d'optique physique rejoignirent le laboratoire « Ondes et Acoustique » pour créer l'Institut Langevin. En 2010, le laboratoire devient une unité mixte et change également de nom pour devenir le Laboratoire de Physique et d'Étude des Matériaux, conservant ainsi le même sigle. Enfin, en 2014, les personnels du laboratoire d'électricité générale de l'ESPCI intégrèrent le LPEM.

## ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LPEM possède trois tutelles, l'ESPCI Paris-PSL, établissement-composante de l'université Paris Sciences et Lettres (PSL), le CNRS et Sorbonne Université. Il est donc dans le périmètre des deux index PSL et Sorbonne Université.

L'unité n'appartient pas à une fédération de recherche mais participe à de nombreux GDR : GDR 2426 « Physique Quantique Mésoscopique », GDR 2112 HOWDI « Hétéro-structures de van der Waals de basse dimensionnalité », GDR 2022 MEETICC « Matériaux, Etats Electroniques et Couplages non-Conventionnels », GDR 2096 NS-CPU « Nano-Sciences en Champ Proche sous ultraVide », GDR 24521 « Ondes » (GT2), GDR 2021 HPero « Halide Perovskites ».

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	14
Directeurs de recherche et assimilés	4
Chargés de recherche et assimilés	6
Personnels d'appui à la recherche	7
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>35</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0

Doctorants	33
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>33</b>
<b>Total personnels</b>	<b>68</b>

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

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
CNRS	0	9	7
ESPCI-Paris PSL	11	0	0
Sorbonne Université	7	0	0
Autre (Inserm)	0	1	0
<b>Total personnels</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>7</b>

## AVIS GLOBAL

Le LPEM présente un bilan de production scientifique de très haut niveau dans une large variété de thématiques scientifiques. Cette production inclut des publications dans des revues ayant une grande visibilité scientifique, des conférences internationales et des brevets. Les thématiques de recherche de l'unité couvrent un spectre très large : des études sur la supraconductivité à l'échelle atomique, la synthèse de nano cristaux et leur incorporation dans des microcavités, la mesure de charge et décharge dans différents matériaux, le développement de dispositifs radio-fréquence, l'imagerie en champ proche du champ électromagnétique, les ondes de spin. Le comité n'a pas identifié d'activité scientifique en retrait.

Ces travaux sont assis sur des méthodes expérimentales de haute volée grâce à des équipements scientifiques à l'état de l'art. Le prochain déménagement (partiel) de l'unité dans un nouveau bâtiment permettra le regroupement d'une grande partie de ces instruments au sein du plateau Nanotech, offrant ainsi une plus grande visibilité et une cohérence de fonctionnement.

L'unité est structurée selon trois axes, cohérents scientifiquement, qui regroupent au total onze équipes. Les équipes sont parfois d'effectif très réduit, ce qui obère leur stabilité face par exemple à l'évolution des missions de leurs personnels chercheurs ou enseignants-chercheurs.

La stratégie scientifique de l'unité est centrée sur l'excellence sans priorisation thématique, tout en étant contrainte par le manque de place pour accueillir des équipes extérieures. Les projets des nouveaux recrutés sur la mesure locale de la température par SQUID et sur la spectroscopie THz sont fortement prometteurs et très bien soutenus par le LPEM. De plus, un nouveau projet ERC Synergy va démarrer au LPEM. Globalement, l'unité est très attractive grâce à son dynamisme et à son environnement scientifiques. L'effort sur les projets européens est réel et mérite d'être poursuivi.

L'unité entretient des collaborations nombreuses avec le secteur privé et est le berceau de plusieurs startups, le tout à un niveau assez remarquable pour une unité de recherche fondamentale.

La direction de l'unité a réussi à pérenniser le fonctionnement du service de cryogénie en installant un petit service de liquéfaction soutenu par un ingénieur. Le soutien technique aux activités expérimentales s'est amélioré pendant la période de référence mais plusieurs départs à la retraite sont prévus, ce qui est un point de vigilance.

L'unité fait face à diverses difficultés pour la carrière des personnels : expertise à parfaire dans le montage des dossiers de carrière des IT CNRS, très peu ou pas de possibilité de recrutement d'enseignant-chercheur à Sorbonne Université, forte pression sur la promotion DR CNRS. Bien que consciente de la situation et volontaire pour pallier ces difficultés, la direction ne convainc pas les personnels de ses efforts.

# ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

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

Concernant les produits et activités de la recherche, la première recommandation portait sur le nécessaire renforcement du soutien à la recherche. L'unité a obtenu un soutien significatif du CNRS avec deux recrutements d'ingénieur. Sur ressources propres, un IE a été recruté et formé en interne pour conforter le service de basses températures (SBT). Cet effort est remarquable, mais est difficile à tenir dans la durée sans mettre en danger d'autres actions collectives de l'unité. Un IR est en cours de recrutement au CNRS, qui prendra la responsabilité du SBT. Cette recommandation a donc été particulièrement bien suivie.

La deuxième recommandation portait sur l'incitation au dépôt de projets ERC par des jeunes recrutés. La direction du LPEM indique qu'elle « sensibilise en permanence les jeunes chercheurs du laboratoire sur l'importance de proposer leurs projets aux AAP et à l'ERC en particulier ». Le bilan en termes de projets ERC est satisfaisant au vu de la taille de l'unité : trois projets ERC soumis pendant la période, un projet ERC starting financé, un projet Synergy financé récemment, lié à la venue d'une nouvelle équipe.

Au sujet de l'organisation et de la vie de l'unité, le comité précédent recommandait au laboratoire de mener « une réflexion prospective plus collective sur les orientations futures ». Le LPEM est une unité très dynamique et active. Néanmoins ses perspectives scientifiques apparaissent encore comme la somme des perspectives de ses équipes, une vision globale restant manquante. Cette recommandation reste donc aujourd'hui encore d'actualité.

Enfin, le précédent rapport encourageait « fortement le LPEM à organiser une animation scientifique rassemblant les trois thèmes, sous la forme qui lui semblera la plus appropriée : séminaire interne, journées scientifiques, journées prospectives, journée des thèses, etc. ». L'unité a maintenant un séminaire général, qu'il convient de pérenniser. Le séminaire des doctorants a été stoppé dans le contexte Covid, il est en cours de redémarrage. Cette recommandation a donc été partiellement suivie, dans un contexte certes bien particulier et difficile.

## B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

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

Les objectifs scientifiques de l'unité apparaissent principalement comme la somme des objectifs scientifiques de ses équipes. Ces objectifs sont ambitieux et originaux, tout en étant faisables avec les forces de l'unité.

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

L'unité dispose de ressources financières significatives. L'ESPCI Paris-PSL finance de plus l'hébergement et la maintenance de divers appareils. Les ressources humaines sont un motif de vigilance pour la direction, à la fois pour les personnels d'appui qui sont en nombre limité, et pour les personnels chercheurs qui sont en effectif critique dans certaines équipes.

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

Les axes de l'unité regroupent pertinemment des activités de thématique ou de méthodologie proches, mais n'ont néanmoins pas de réelle fonction opérationnelle au-delà de la représentation de chacun par un membre du bureau de direction. La taille de certaines équipes est trop faible pour assurer leur pérennité.

La direction mène de façon éclairée diverses actions transversales au laboratoire, dont un appel scientifique interne qui contribue aux échanges scientifiques à l'échelle du laboratoire. Le fonctionnement du conseil d'unité reste à conforter.

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

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le LPEM développe une recherche de très haut niveau dans ses trois axes. L'unité est reconnue comme un laboratoire d'excellence par ses tutelles.

Le maintien de la cohésion de l'unité malgré la grande diversité thématique et méthodologique et le contexte du déménagement apparaît un comme un enjeu scientifique à la fois pertinent et essentiel. Les objectifs scientifiques de chaque équipe sont correctement positionnés, en accord avec les priorités des tutelles, ambitieux, faisables et pertinents.

Chaque équipe peut s'appuyer sur des partenaires académiques et privés pour la bonne réussite de son projet. Le LPEM est bien positionné sur plusieurs stratégies nationales d'accélération comme le quantique.

L'unité a une stratégie forte de développement de plateaux techniques et de services communs ouverts à ses personnels mais également à l'extérieur. Certaines installations expérimentales sont de très haut niveau, au premier plan mondial.

### Points faibles et risques liés au contexte

Il manque une stratégie scientifique globale, à l'échelle de l'unité, au-delà de la somme de stratégies individuelles de chaque équipe.

Le manque de locaux disponibles interdit d'attirer de nouvelles équipes sans le départ d'une équipe. Le déménagement dans les nouveaux locaux ne devrait pas changer cet état de fait.

La petite taille de certaines équipes est un handicap pour la bonne visibilité de l'unité.

## *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

Les dotations CNRS et SU ont augmenté significativement pendant la période, et l'ESPCI finance la maintenance de plusieurs équipements lourds.

La politique de prélèvement sur contrat du LPEM lui assure des moyens pour ses projets collectifs.

Les reliquats de contrats ont été mobilisés pour le financement d'un CDD ingénieur au SBT. Ce choix stratégique est justifié par le besoin vital d'hélium liquide pour plusieurs équipes du LPEM. De plus le LPEM fournit en hélium liquide les installations de RMN du site. Les personnels d'appui à la recherche sont affectés dans des équipes, mais contribuent pour une grande part de leur activité à des projets d'autres équipes, ce qui satisfait chacun. Les relations entre les différents personnels sont très bonnes.

Le nombre de permanents est resté stable durant la période, les trois recrutements à l'ESPCI (2 MCF, 1 PU) et au CNRS (1 CR) compensent les départs (1 MCF SU, 1 CR CNRS, 1 DR CNRS). Les nouveaux arrivants permanents sont bien soutenus par les tutelles du LPEM.

Les doctorants sont bien intégrés à la vie du laboratoire et bénéficient de très bonnes conditions de travail. Les thèses soutenues au cours de la période sont au nombre de 40, à comparer aux 28 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, soit en moyenne une thèse soutenue tous les quatre ans pour chaque permanent.

Le CPER finance le plateau Nanotech qui rassemble, dans de nouveaux locaux, des moyens expérimentaux existants ou nouveaux. Le LPEM s'appuie avec pertinence sur le réseau des salles blanches de Paris-centre, en bonne complémentarité avec ses propres moyens technologiques.

La répartition des dotations des établissements fait sens, en un quart distribué aux équipes per capita (de chercheur ou enseignant-chercheur), un quart au fonctionnement général, et une moitié est consacrée à un appel scientifique interne. Cet appel est organisé deux fois par an, il permet à chacun dans le laboratoire d'apprendre les nouvelles activités des différentes équipes.

### Points faibles et risques liés au contexte

La dotation financière par l'ESPCI est en baisse régulière.

Les ressources humaines en personnels de soutien à la recherche sont assez faibles, malgré les efforts de la direction et de la tutelle CNRS. Plusieurs départs à la retraite de personnel administratif ou technique sont prévus à court terme, ce qui met en danger le bon appui à la recherche du LPEM. Le personnel d'appui à la recherche n'a bénéficié que de peu de promotions pendant la période.

De nombreux personnels chercheurs et enseignants-chercheurs sont en attente d'une promotion, ce qui crée quelques tensions ou frustrations. Un point d'alerte est celui des personnels du CNRS ou d'organisme faiblement représentés.

La ressource en locaux est la plus rare au LPEM. Les travaux du site de la rue Vauquelin vont bientôt doter l'unité de locaux performants mais sans réelle marge de manœuvre. Seul le départ récent d'une équipe a permis d'accueillir une nouvelle équipe.

Concernant les postes d'enseignants-chercheurs de Sorbonne Université (qui représentent 29 % de l'effectif chercheur—enseignant-chercheur), le LPEM a fort à faire avec la concurrence venant d'unités plus grosses que lui et qui, par les modalités de décision, ont plus d'influence sur les décisions. Dans le contexte parisien de la coexistence de plusieurs idex, le non-renouvellement des prochains départs à la retraite semble malheureusement une hypothèse probable.

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

#### Points forts et possibilités liées au contexte

Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et directives définies par les tutelles. Les personnels s'impliquent dans les instances de l'ESPCI, du CNRS et de l'Université PSL.

Les expériences opérant en permanence sont informatisées, ce qui permet leur suivi à distance et l'alerte de leur responsable en cas de besoin. En cas de coupure électrique, un personnel peut arrêter et sécuriser les installations sensibles en lien avec le DU. Les travailleurs isolés utilisent un dispositif d'alarme du travailleur isolé.

Le bilan des émissions des gaz à effet de serre (BGES) de l'unité est réalisé chaque année depuis 2021. Des discussions sont en cours pour de premières mesures de réduction de l'empreinte carbone de l'unité. Le recyclage de l'Hélium liquide avec un taux de perte tout à fait honorable de 10 % contribue significativement à réduire l'empreinte carbone de l'unité.

Pendant la période COVID, l'unité a assuré une gestion du personnel appropriée à la situation. Une application de visio-conférence a été déployée par l'ESPCI.

La gestion des risques professionnels, de l'hygiène et sécurité est conforme à la réglementation.

#### Points faibles et risques liés au contexte

Les comptes rendus du conseil de laboratoire ne sont pas bien connus des agents.

Concernant les personnels d'appui à la recherche, les choix de l'unité pour promotions ne sont pas communiqués aux agents. Le travail sur les dossiers de carrière n'est pas perçu comme suffisant par les agents.

Certains chargés de recherche au CNRS en âge de passer le concours de Directeur de Recherches sont inquiets du grand nombre de candidats potentiels au LPEM. Des agents d'une section d'un organisme très minoritaire au LPEM se sentent isolés et en mauvaise position pour une promotion.

La protection des données est organisée au niveau des équipes et de façon un peu disparate.

Le personnel CNRS souhaiterait bénéficier d'une assistance plus stable de la part de la délégation dont il dépend.

## DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

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

L'unité est attractive par la qualité de son personnel, sa production scientifique, l'excellence de ses équipements de recherche, son environnement scientifique. Elle a fait de grands efforts pour renforcer son équipe de personnels d'appui à la recherche. L'unité mène de plus des actions fortes pour améliorer son attractivité : séminaire hebdomadaire avec personnalités extérieures, recherche active de candidats à un poste permanent, soutien à ses jeunes chercheurs, organisation de conférences internationales. La petite taille de l'unité est une limite à sa visibilité et à son attractivité.

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

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



- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

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

Les personnels du LPEM donnent un grand nombre de conférences invitées (73 pendant la période) et s'impliquent dans l'organisation de conférences nationales internationales (une vingtaine durant la période). Le séminaire hebdomadaire de l'unité est régulier et soutenu par l'unité.

L'unité mène une politique structurée de recherche de candidats à une visite scientifique ou à un poste permanent.

L'unité a une démarche structurée et réfléchie d'intégration des nouveaux personnels dans le collectif, que ce soient des stagiaires, doctorants ou permanents. 40 doctorants ont été accueillis au cours de la période.

Deux projets ERC ont été actifs pendant la période dont un obtenu au cours de cette même période. Un projet ERC Synergy vient d'être obtenu par une équipe entrante de grande valeur. L'unité participe fortement aux appels à projets et atteint globalement un très bon succès : ces financements représentent 80 % de son budget total.

La qualité des équipements techniques du LPEM est impressionnante. Il s'agit à la fois d'équipements commerciaux et d'outils développés par les chercheurs et ingénieurs de l'unité. La plateforme PPMS-VSM permet une caractérisation versatile de matériaux, elle est largement ouverte aux utilisateurs extérieurs, ce qui implique que son utilisation est quasi-permanente.

Le plateau Nanotech est particulièrement attractif par la variété et la qualité des équipements rassemblés. On peut souligner la jeunesse du microscope à transmission, avec une spécificité de microscopie de matière molle. Les équipements ont été choisis en complémentarité avec ceux de la salle blanche de l'ENS. Le fonctionnement est en cours de définition, en s'appuyant sur les personnels d'appui du LPEM. Il associera recherche et formation.

Le SBT permet de réaliser des expériences à basse température en assurant la disponibilité de l'hélium liquide à un coût raisonnable. Le développement de ce service est un actif important à mettre au crédit de la direction actuelle.

Le développement en cours de la microscopie SQUID ouvre des perspectives enthousiasmantes.

Une équipe technique resserrée, mais de haut niveau est en appui à la recherche sur ces équipements.

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

La taille de l'équipe de soutien à la recherche est la principale faiblesse de l'unité en termes d'attractivité. Un certain nombre d'infrastructures partagées au sein de l'ESPCI n'existe que par l'implication forte des enseignants-chercheurs et chercheurs, ce qui met en péril leur bon fonctionnement, voire leur pérennité. Un exemple en est le service électronique.

Avec deux projets ERC actifs pendant la période dont un obtenu en cours de période, l'unité a sans aucun doute une marge de progression significative à l'ERC.

L'accompagnement des personnels d'appui à la recherche dans leur carrière est à améliorer en prenant mieux en compte les attendus des dossiers de carrière.

### DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

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

L'unité a une production scientifique abondante et de haut niveau, néanmoins pas homogène entre les différentes équipes. Certaines équipes produisent un bon nombre de brevets. 20 à 25 % des publications sont multi-équipes.

La politique de science ouverte est bien prise en compte, même s'il subsiste quelques pratiques à parfaire.

- 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

Des contributions scientifiques majeures ont été réalisées, parmi lesquelles : les travaux sur la supraconductivité dans de nouvelles interfaces d'oxydes, la balisticité dans des structures unidimensionnelles, la super-ionicité de certains cristaux, et également des études remarquables sur la supraconductivité dans des plans atomiques.

La production scientifique de l'unité (352 publications dans les revues à comité de lecture, huit brevets déposés) est d'un volume important par rapport à la taille de l'unité. Est à souligner une quinzaine de publications dans des revues à très forte audience comme Science, les revues Nature, et Physical Review X. Ces succès sont reconnus par des invitations à des conférences internationales : cinq chercheurs ou enseignants-chercheurs de l'unité sont régulièrement invités.

Ainsi, la production peut être qualifiée d'un très bon niveau à l'échelle internationale.

Il n'y a pas de chercheur non-publiant et l'unité soutient particulièrement les chercheurs qui publient peu afin qu'ils retrouvent une bonne dynamique.

Les méthodologies et les thématiques scientifiques sont très diverses, à l'image de l'unité.

La collaboration scientifique entre équipes est forte, avec 20-25 % des publications qui font intervenir plusieurs équipes.

Les conférences prédatrices sont évitées, le nombre de voyages à l'international tend à diminuer, ce qui est positif en termes de BGES. Cependant, cela doit être équilibré par la construction nécessaire d'un réseau par les jeunes chercheurs et par le rayonnement de l'unité. Le dépôt sur HAL des publications est assuré.

Une licence « overleaf » est financée par le laboratoire, ce qui est fort utile pour favoriser le travail collaboratif sur les publications.

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

La sauvegarde des données est organisée de façon différente par les équipes, sans recours systématique à des bases de données comme Zenodo, ce qui n'est plus au niveau attendu, par exemple pour des projets européens.

La répartition de la production scientifique entre les équipes n'est pas très homogène, même si l'on considère la nécessaire diversité de la nature de cette production suivant le profil de chaque équipe.

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

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

Le LPEM a une activité remarquable d'innovation sous différentes formes : collaborations industrielles, transfert vers l'industrie, création de startup. Les startups créées durant la période de référence ont une superbe trajectoire avec de très beaux premiers succès. L'unité s'investit également dans le lien science-société.

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

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

L'unité a une vingtaine de contrats industriels durant la période. Son axe 3 est particulièrement actif de ce point de vue. La variété des partenaires et des sujets de collaboration est assez impressionnante.

Huit brevets ont été déposés pendant la période, ce qui est tout à fait remarquable au vu de la taille de l'unité. Une startup a été accompagnée avec succès sur l'utilisation des interactions lumière/matière dans les matériaux semi-conducteurs. Une autre est en cours de création sur les conducteurs ioniques à super-capacité colossale.

L'unité a eu une demi-douzaine de contrats doctoraux Cifre pendant la période.

L'unité est très active dans le partage de la science avec le grand public (film sur Pierre Curie et la mesure du magnétisme, édition d'un livre « Quantum Escape, évasion en supraconductivité », accueil régulier de classes scolaires à l'Espace Pierre-Gilles De Gennes).

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

L'activité de l'unité dans le lien avec la société est le fait d'une partie seulement du personnel.

## ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

La trajectoire scientifique de l'unité s'appuie principalement sur la trajectoire scientifique individuelle de chaque équipe. Le projet scientifique du LPEM s'appuie avec pertinence sur les travaux de la période de référence, sur les grandes compétences des personnels de l'unité, et sur la complémentarité des outils technologiques du LPEM avec ceux de son environnement proche.

Deux nouveaux projets liés à l'arrivée d'un nouveau personnel permanent s'y ajoutent. Ces deux projets sont ambitieux et originaux, leur succès permettra au LPEM de gagner en attractivité et réputation. De plus, un nouveau projet ERC Synergy vient d'être accepté, qui sera entièrement réalisé au LPEM. Ce projet bénéficiera de contributions de différentes équipes du LPEM, et enrichira significativement la dynamique scientifique de l'unité. La bonne intégration de cette équipe ne fait pas de doute.

Possédant une expertise reconnue dans la synthèse de colloïdes semi-conducteurs et la fabrication de dispositifs électroniques, l'axe 1 prévoit judicieusement de poursuivre le développement de ces deux activités : d'une part en étendant la complexité des colloïdes pour accroître leur accordabilité et leur fonctionnalité, d'autre part en diversifiant le nombre d'applications des dispositifs, notamment en interaction avec des problématiques de santé et de changement de paradigme en électronique. Ces activités pertinentes devraient permettre à l'axe d'obtenir de nouveaux contrats de recherche pour pallier la diminution actuelle de ses financements en raison de l'achèvement de plusieurs contrats, et ainsi poursuivre une recherche de haut niveau.

L'axe 2 poursuit son fort rayonnement international et continue à se positionner en pionnier sur des sujets de recherche pertinents liés aux matériaux quantiques ou fortement corrélés, grâce au développement d'une instrumentation de pointe. Il a su adosser aux expérimentations des calculs théoriques, menés en interne, qui stimulent fortement les travaux de recherche. Cet axe a également su tirer parti de ses recherches fondamentales sur une famille de matériaux propices au transport ionique solide pour déposer des brevets et, *in fine*, créer une entreprise ayant pour vocation la fabrication de supercondensateurs compatibles avec les enjeux écologiques de notre société. Pendant la période 2018-2023, l'axe 2 a poursuivi ses efforts pour mieux maîtriser les technologies du froid. Ce savoir-faire ainsi que la réussite du déménagement des équipements dans un bâtiment plus adapté ne pourront que favoriser l'entreprise de projets de recherche novateurs et ambitieux. Parmi ceux-ci, il est à souligner l'implication prépondérante des jeunes chercheurs nouvellement recrutés, qui ont pour objectifs d'approfondir les connaissances actuelles en physique de la matière condensée, que ce soit au travers de la réalisation de nouveaux résonateurs aux fréquences THz pour la mesure d'excitations collectives à l'échelle locale ou dans le cadre de la fabrication de dispositifs Squid sur pointe pour l'étude du transport hydrodynamique de phonons.

L'expertise de l'axe 3, acquise depuis de nombreuses années, reconnue sur le plan international, permet le développement d'une instrumentation de pointe directement utilisée pour des applications sociétales dans le domaine de l'énergie et des télécommunications. La proximité de l'axe 3 avec le milieu industriel n'empêche pas le développement d'une recherche plus fondamentale, que l'axe veut continuer à développer et soutenir financièrement dans le futur. Les collaborations nouvelles portant sur l'utilisation de nanocristaux colloïdaux (axe 1) pour le développement d'antennes micro-ondes reconfigurables ou sur la caractérisation de matériaux super-ioniques (axe 2), doivent notamment permettre de maintenir l'excellent niveau des recherches de l'axe.

Le déménagement du LPEM dans le nouveau bâtiment ne concernera que les axes 1 et 2 dans un premier temps. Néanmoins il va rapidement donner de superbes visibilité et attractivité au LPEM. En particulier, le plateau Nanotech est une opportunité assez exceptionnelle, qu'il appartiendra au LPEM de mettre en œuvre.

L'organisation de l'unité par axe fait sens et apparaît comme pertinente pour le projet d'unité. Néanmoins certaines équipes apparaissent comme fragiles du fait de leur faible effectif en personnel permanent. L'axe 3 est dans une situation particulière. Son avenir est incertain du fait de la difficulté à obtenir des recrutements enseignants-chercheurs auprès de la tutelle Sorbonne Université ou de CNRS Ingénierie. Le présage, formulé dans le DAE, d'une fermeture à moyen terme de l'axe 3 a peine à être démenti par les circonstances.

Globalement, les effectifs de l'unité sont prévus comme devant rester à peu près stables, les locaux affectés au LPEM ne permettant pas une augmentation, même après la fin du chantier du site Vauquelin.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le comité encourage l'unité à poursuivre ses efforts pour la consolidation de l'équipe d'appui à la recherche, notamment face aux prochains départs à la retraite.

Le comité recommande à l'unité de reconsidérer le périmètre de ses équipes, en particulier la formation d'équipes de plus grand effectif, qui pourraient être plus stables face à divers aléas comme une prise de responsabilité au niveau de l'unité ou autre. Au-delà de cette possible réorganisation, certaines équipes (théorie, 1.1) ont besoin de recrutement pour se renforcer, le comité recommande à l'unité de continuer à se mobiliser pour cela.

Pour le prochain mandat, le comité suggère la nomination d'un directeur adjoint ou une directrice adjointe qui soit officiellement nommé par les tutelles en même temps que le directeur ou la directrice. Cette direction adjointe permettrait de décharger la personne en charge de la direction. Une de ces deux personnes devra s'impliquer dans la rédaction des dossiers de carrière des personnels IT CNRS et ainsi mieux répondre aux attendus de ces dossiers.

Le comité recommande l'organisation d'une AG annuelle qui facilite l'expression des demandes du personnel. Par ailleurs, les comptes-rendus du conseil d'unité devraient être plus largement diffusés vers le personnel. Les propositions de promotion au choix des personnels IT doivent être communiquées au personnel, par exemple lors d'une réunion des personnels IT avec la direction.

L'unité est invitée à poursuivre son effort pour le montage de projets ERC. Le succès obtenu pendant la période pourrait être significativement amplifié au vu du profil de l'unité.

Le comité invite la direction à travailler sa communication interne afin de mieux mettre en valeur les contributions des différents axes, ces contributions pouvant être assez variées par la nature et la thématique des recherches menées.

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

Le LPEM est d'ores et déjà une unité fort attractive, le comité encourage l'unité à poursuivre sa politique sur ce point. Le nouveau bâtiment donnera un cadre élégant et efficace pour la plateforme technologique Nanotech. Le comité recommande à l'unité de travailler à la visibilité de la plateforme Nanotech et éventuellement à celle de ses autres moyens techniques vis-à-vis des utilisateurs académiques et autres (industriels).

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

La production scientifique du LPEM est aujourd'hui d'un volume important et d'un excellent niveau. Le comité encourage le LPEM à poursuivre ses efforts afin de maintenir voire améliorer ce résultat.

Le comité recommande à l'unité de construire, si possible en lien avec ses tutelles, quelques indicateurs du volume et de la qualité de sa production scientifique. Au-delà du nombre et de la qualité des revues, l'internationalisation et le niveau de citation des publications pourraient être suivis.

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

Le comité encourage le LPEM à poursuivre sa politique de valorisation et d'accueil de startup.

L'unité pourrait inciter plus largement ses personnels à tous contribuer au lien entre science et société.

# ÉVALUATION PAR AXE

**Axe 1 :** Nano-Matériaux quantiques: synthèse et propriétés

Nom du responsable : Mme Sandrine Lthurria

## THÉMATIQUES DE L'AXE

Les activités de recherche de l'axe 1 portent sur la synthèse et la caractérisation, principalement optique, de nanomatériaux et de nanostructures semi-conductrices. Deux grandes familles de matériaux sont plus particulièrement étudiées : les colloïdaux II-VI et les pérovskites hybrides halogénées. Leurs propriétés d'absorption et d'émission sont intéressantes pour plusieurs applications explorées par cet axe : l'optoélectronique, le photovoltaïque, l'imagerie biologique et l'instrumentation en champ proche.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'une des recommandations portait sur la communication vers l'extérieur. Des activités de vulgarisation et de dissémination des connaissances envers le grand public ont été réalisées, mais pourraient être renforcées au vu des résultats scientifiques obtenus.

La seconde recommandation était une interrogation sur l'implication éventuelle de l'équipe théorique, alors récente, dans les activités de l'axe. La question d'un soutien théorique aux activités expérimentales se pose toujours.

La troisième recommandation visait à mieux définir les perspectives en nano-optique et nano-thermie en champ proche. Les spécialistes de ces thématiques ayant quitté le laboratoire, cette recommandation n'est plus à considérer.

## EFFECTIFS DE L'AXE : 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	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	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	15
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>15</b>
<b>Total personnels</b>	<b>22</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'axe et les équipes de cet axe

Le bilan de l'axe est excellent. La qualité et le nombre des publications (139 articles dans des revues à comité de lecture pendant la période d'évaluation), les invitations dans les congrès (39 décomptées durant la période) témoignent d'un fort dynamisme scientifique au sein des deux équipes. Les nombreuses collaborations nationales et internationales démontrent d'un savoir-faire précieux et recherché.

## Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique de l'axe est excellente tant en quantité (de 2 à plus de 10 publications annuelles par scientifique) qu'en qualité avec plusieurs articles publiés dans des journaux scientifiques prestigieux (ACS Energy Letters, Advanced Materials, Chemical Reviews, Nature Nanotechnology, Nature Photonics, Science). On peut notamment citer l'émission à deux couleurs dans des nano-plaquettes cœur/couronnes, la synthèse de nanocristaux HgTe pour des applications dans le proche infrarouge, l'incorporation de nanocristaux dans des microcavités constituées de microsphères en polymères pour la biodétection, l'imagerie en champ proche des champs électromagnétiques par fluorescence, la fabrication de cellules photovoltaïques à pérovskite.

L'attractivité de l'axe se manifeste par un nombre important de doctorants (recrutement annuel de plus d'un doctorant par HDR).

La participation de l'axe à des projets internationaux et nationaux s'est déroulée à un niveau très compétitif (1 ERC, 1 ANR franco-allemande, 6 ANR de type PRC et PRCE), impliquant des laboratoires de grande renommée internationale (Cavendish Laboratory (UK), High Field Magnet Laboratory (The Netherlands), Center for Quantum Nanoscience (Korea), ARC Centre of Excellence in Exciton Science (Australia)), ce qui a permis une croissance continue des activités de recherche.

## Points faibles et risques liés au contexte

Dans le contexte actuel de financement de la recherche et du faible recrutement de personnel d'appui, le développement de nouvelles expériences et d'activités onéreuses de fabrication de dispositifs opto-électroniques dépendra des capacités des chercheurs à décrocher les projets et financements correspondants.

Un certain nombre de membres permanents de l'axe appartiennent à des tutelles, sections, ou organismes peu représentés au sein du laboratoire, ce qui peut constituer un handicap pour l'évolution de leur carrière.

Au vu de l'implication importante des enseignants-chercheurs dans les activités d'enseignement et de valorisation de l'ESPCI, la taille réduite des équipes peut être un handicap par rapport à l'agilité requise pour mener des recherches en rupture et également une possible prise de fonction plus importante au sein du laboratoire.

## Analyse de la trajectoire de l'axe

Les travaux de recherche de l'axe s'inscrivent dans la continuité des activités lancées bien avant la période évaluée avec pour but de poursuivre la synthèse de nanostructures colloïdales fonctionnelles et la fabrication de dispositifs opto-électroniques et thermoélectriques.

Au cours de cette période, l'axe s'est vu amputé d'une de ses équipes suite au départ de deux membres permanents. L'intégration judicieuse du membre restant à l'équipe impliquée dans la synthèse des nanocristaux renforce l'aspect applicatif lié à cette thématique. L'accueil d'un nouveau membre permanent équilibre bien le poids de chaque équipe dans l'axe. En outre, une ingénieure d'études CNRS a été recrutée par NOEMI pour pallier le manque de personnel en soutien à la recherche.

L'évolution des thèmes de recherche de l'axe vers la synthèse de nanocristaux pouvant émettre à plusieurs longueurs d'onde et la fabrication de dispositifs présentant une transition métal-isolant pour des applications en neuromorphique est pertinente à la vue de l'originalité de l'approche développée et également des applications potentielles en photonique et en électronique. La mise en commun des expertises complémentaires des axes 1 et 3 est un atout qui mérite d'être poursuivi notamment au travers des travaux portant sur les isolants de Mott.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE et aux équipes de l'axe

L'axe est encouragé à poursuivre les travaux de recherche avec le même dynamisme et la même motivation.

Les nombreuses collaborations internationales qui résultent du caractère unique des nanomatériaux et dispositifs développés par l'axe pourraient servir de tremplin pour diversifier les sources de financement, notamment en provenance de l'Europe.

La petite taille des équipes représente une fragilité à terme pour l'activité scientifique. Une embauche supplémentaire permettrait de renforcer ces équipes, de pérenniser les activités et de libérer du temps aux plus expérimentés pour s'investir dans les tâches à caractère général indispensables à la vie du laboratoire.

Au vu de la qualité des travaux de recherche à l'état de l'art et de l'aisance des membres de l'axe à publier, il est dommage de ne pas communiquer plus largement sur les résultats les plus marquants, en particulier vers le grand public.

**Axe 2 :** Matériaux, nanostructures et dispositifs quantiques : des phénomènes aux fonctionnalités

Nom du responsable : M. Nicolas Bergeal

## THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe 2 mène des travaux de recherche fondamentale sur les matériaux quantiques, avec un fort investissement dans le développement de dispositifs et d'équipements originaux. Les sujets traitent de la supraconductivité, du magnétisme, du couplage spin-orbite, de la ferroélectricité, des compétitions qui existent entre les différentes phases électroniques, du transport de charges et de chaleur. Les recherches ont un fort caractère expérimental avec néanmoins une contribution théorique importante dans la compréhension des effets de corrélations.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'inquiétude portait sur le faible nombre d'HDR à l'époque, inquiétude qui a été levée avec l'obtention de deux HDR au cours de la période.

Vu le niveau scientifique des équipes de l'axe et l'obtention de nombreux projets ANR, l'absence d'obtention de financements européens pendant la période d'évaluation pose une nouvelle fois question. L'évolution est favorable avec un projet ERC Synergy qui rejoint l'unité, et plusieurs dépôts de projets, en cours d'évaluation, par des chercheurs junior ou senior.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	0
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>13</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	13
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>13</b>
<b>Total personnels</b>	<b>26</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'axe et les équipes de cet axe

Toutes les équipes de l'axe possèdent une activité en recherche fondamentale abondante et de très haut niveau, attestée à la fois par une production scientifique riche et de grande portée, et par un nombre élevé d'invitations lors de conférences internationales. Les équipes principalement composées par des EC sont fortement impliquées dans la gestion de l'enseignement, avec d'importantes responsabilités au niveau master. Ces atouts rendent l'axe attractif non seulement aux étudiants, mais aussi aux jeunes scientifiques français (deux recrutements) et aux scientifiques étrangers, dont plusieurs ont été invités pendant la période. Certaines équipes excellent dans la réalisation et la maintenance d'instruments et de dispositifs de pointe, malgré le manque de soutien en personnel technique. Il en résulte une interaction très active avec l'industrie ainsi qu'une participation et un soutien aux startups. La création d'une équipe théorique a été bénéfique aux équipes expérimentales, la synergie ayant permis d'apporter un nouvel éclairage sur le comportement, encore mal compris, de matériaux fortement corrélés.



La vulgarisation auprès du grand public est assurée par de nombreux chercheurs à différents niveaux. Malgré les récentes difficultés dues à la pandémie, l'activité de l'axe est restée florissante, grâce à l'obtention de financements substantiels.

## Points forts et possibilités liées au contexte

Les équipes de l'axe 2 ont des activités assez hétérogènes. Toutes présentent des résultats scientifiques à l'état de l'art dans le domaine des matériaux quantiques ou fortement corrélés. On peut citer des travaux sur la supraconductivité dans de nouvelles interfaces d'oxydes, la balisticité dans des structures unidimensionnelles, la super-ionicité de certains cristaux, et également des études remarquables sur la supraconductivité dans des plans atomiques, le rôle clé des effets de corrélation sur la conductivité optique des pnictides de fer, la prédiction d'un point critique quantique dans un isolant de Mott dopé, la détection des ondes de spin.

Leurs ressources et spécialisations diverses, comme la fabrication de dispositifs pour l'industrie et la recherche fondamentale, la maintenance d'équipements de haut niveau, la gestion de plateformes mutualisées qui profitent à une large communauté, la gestion d'enseignements de niveau master qui attirent des étudiants, sont des atouts indéniables pour l'ensemble du laboratoire. L'axe parvient à assurer ses besoins financiers grâce à des subventions externes et il optimise son service des basses températures réalisant des économies substantielles sur l'approvisionnement en hélium liquide.

Avec 158 articles publiés dans des revues à comité de lecture, parmi lesquelles certaines sont prestigieuses (Advanced Materials, Nature Electronics, Nature Materials, Nature Physics, Science), la production scientifique est très élevée, quel que soit l'équipe considérée, démontrant le fort investissement de l'axe dans les activités de recherche. La participation des scientifiques en tant qu'orateurs invités à 42 conférences témoignent de la reconnaissance internationale des travaux. Certaines équipes sont aussi très actives dans la vulgarisation et la dissémination de ces travaux au grand public, par exemple ceux liés à la supraconductivité.

De nombreux échanges internationaux, en particulier l'accueil de 23 scientifiques étrangers pendant la période, et l'organisation de plusieurs conférences et séminaires soulignent la vitalité de l'axe. Cet environnement est propice à la résolution de questions scientifiques de grande actualité (isolants excitoniques, manipulation de la supraconductivité en surface, réponse optique de matériaux fortement corrélés) et au défrichage d'espaces encore vierges (détecteurs magnoniques pour la matière noire), qui sont financés par plusieurs contrats de recherche européens et nationaux (IERC, 8 ANR).

Le comité souligne le caractère fort ambitieux des projets de recherche proposés par les plus jeunes membres permanents (mesure locale de cohérence à partir de résonateurs THz et sonde locale de la température par SQUID), qui pourraient conduire à des ruptures scientifiques ou technologiques.

## Points faibles et risques liés au contexte

Le principal point faible est le petit nombre de personnels d'appui à la recherche. Presque toutes les équipes souffrent de cette situation, ce qui pourrait nuire à la qualité et à l'originalité des recherches conduites par l'axe.

Certaines équipes ne comportent qu'un seul membre, ce qui peut entraver les synergies au sein de l'axe et constituer un obstacle dans la prise de responsabilité au sein du laboratoire.

Le manque d'espace empêche le développement d'équipements supplémentaires, mais ce problème pourrait être partiellement résolu avec le déménagement du laboratoire en cours.

Certains projets de recherche reposent sur l'utilisation de matériaux uniques, qui ne sont pas fabriqués sur le site. Les obtenir d'autres laboratoires pourrait s'avérer critique.

Un point de vigilance concerne l'absence de financement propre de certaines équipes sur la période.

## Analyse de la trajectoire de l'axe

Malgré les difficultés contingentes au cours de la période d'évaluation, comme les travaux de rénovation de l'ESPCI, la pandémie et le manque de personnel de soutien à la recherche, l'axe 2 a poursuivi une recherche d'excellence avec des objectifs scientifiques à long terme bien définis, qui mêlent à la fois recherche fondamentale (supraconductivité multi-bande) et la réalisation de dispositifs originaux (développement de circuits pour le calcul quantique à base de qubits topologiques ou de spin).

La mise en commun des savoir-faire complémentaires des axes 2 et 3, dont une illustration réside dans la caractérisation des conducteurs ioniques à l'état solide, est un point fort.

L'axe a réussi à recruter de jeunes scientifiques et à faire venir une nouvelle équipe, dont les projets respectifs sont ambitieux. Ils contribueront à promouvoir l'excellence du laboratoire. Quelques équipes n'ont pas encore atteint la masse critique en chercheurs permanents et espèrent de nouvelles embauches. D'autres équipes pourraient élargir leur activité de recherche et accroître leur impact si du personnel technique est stabilisé au LPEM. L'embauche d'un IR (prise de fonctions prévue début 2024) pourra renforcer l'équipe d'appui à la recherche du laboratoire. La jouvence de l'instrumentation, notamment RMN, doit permettre la poursuite d'une production scientifique de qualité.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE et aux équipes de l'axe

Le comité encourage l'unité à poursuivre ses efforts de stabilisation des personnels d'appui à la recherche, notamment avec le déploiement du plateau NanoTech.

Une politique de recrutement pour l'équipe théorique, qui est plutôt jeune et en sous-effectif est souhaitable, afin de favoriser les interactions avec les autres équipes de l'axe. Le comité recommande aux équipes de taille réduite de réfléchir avec la direction du laboratoire à leur pérennité dans leur composition actuelle.

Un déficit de promotion pour plusieurs enseignants-chercheurs est constaté et mérite une attention particulière.

**Axe 3 :** Instrumentation amont: des propriétés aux applications

Nom du responsable : M. Stéphane Holé

## THÉMATIQUES DE L'AXE et des équipes de l'axe

Les activités de recherche de l'axe 3, « instrumentation amont », concernent l'étude de moyens de contrôle non destructif et d'analyse basés sur l'électrostatique, les ultra-sons, la thermique, ou l'électromagnétisme, ainsi que l'utilisation de l'interaction lumière/matière pour la réalisation de dispositifs micro-ondes reconfigurables. Ces études ciblent notamment les propriétés électriques des matériaux, la détection et l'analyse de défauts électriques dans des réseaux en fonctionnement, la synthèse de méta-matériaux 1D à propriétés de propagation particulières, et la réalisation et la validation de structures nanométriques complexes en interaction avec la lumière et les antennes nanométriques notamment.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Une des recommandations du précédent rapport portait sur le faible nombre de HDR dans l'axe, qui pouvait impacter le futur nombre de doctorants. Pendant la période, on note le passage d'une HDR, ce qui porte le nombre de HDR de trois à quatre, pour huit enseignants-chercheurs.

Une seconde recommandation portait sur la visibilité internationale, car l'axe présentait peu de conférences invitées en regard des autres axes de recherches. Cette situation est toujours d'actualité.

Le dernier point portait sur les interactions avec les autres thématiques, qui étaient peu visibles. Ce point est insuffisamment décrit dans le document d'autoévaluation, mais de nombreuses collaborations existent avec les équipes des différents axes.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	7
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>8</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	2
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>2</b>
<b>Total personnels</b>	<b>10</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'axe et les équipes de cet axe

Le bilan de l'axe 3 est de très bonne qualité, avec un très grand nombre de collaborations industrielles donnant lieu à des brevets. Il faut d'ailleurs noter que la totalité des brevets déposés au LPEM durant la période provient des trois équipes de l'axe 3. Le développement d'une instrumentation originale, guidée par le savoir-faire complémentaire de chaque chercheur, place les équipes de l'axe 3 parmi les rares équipes mondiales capables de maîtriser cette instrumentation. On peut notamment citer le développement de la mesure de charge dans différents matériaux solides, liquides ou aux interfaces ; la détection de décharges partielles avec un traitement mathématique des données par technique d'apprentissage ; le développement de nouveaux dispositifs RF utilisant des nanomatériaux mis en œuvre dans l'axe 1, permettant d'obtenir des switches photoconducteurs fonctionnels pour des illuminations à 1.55  $\mu\text{m}$ .

Les nombres de publications dans des articles de revues (un peu plus de 40 durant la période) et de conférences internationales sont bons, étant donné le nombre de projets industriels développés dans cet axe. Les équipes de l'axe sont attractives avec un nombre important de doctorants et post-doctorants. Le faible nombre de personnel technique (1/2 pour l'axe entier) n'empêche pas le développement et la mise en place de cette instrumentation de pointe.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le savoir-faire unique des permanents de l'axe 3, développé depuis de nombreuses années, est reconnu à l'international et permet le développement de moyens (expérimentaux et numériques). Les financements sont majoritairement industriels (plus d'une dizaine de contrats industriels avec des entreprises telles que Safran, Thalès, Codrah, Geoinstrumentation) mais des contrats régionaux (Ville de Paris), nationaux (ANR Mimetix, et contrats DGA) et européens (Nanosmart et Metamask qui sont portés par le LPEM, et Best Paths et Scarlet, pour lesquels le LPEM est partenaire) ont aussi été acquis durant la période.

La mise en commun de compétences de caractérisations électriques très fines et multiples (thermique, pression...) au traitement des données par l'utilisation d'intelligence artificielle rend l'approche de cet axe absolument unique et indispensable pour traiter des problématiques que les industriels ne sont pas en capacités de traiter.

Ce savoir-faire entretient de nombreuses collaborations industrielles, ce qui permet aux équipes de financer des projets plus « fondamentaux » sur ressources propres. Les équipes sont attractives, avec un nombre conséquent de doctorants (Cifre, projets européens ou ANR, CNRS). Les compétences très originales des équipes de l'axe 3 leur permettent de développer des collaborations avec les deux autres axes pour la mise en place d'une instrumentation unique et le développement d'applications industrielles dédiées. L'équipe a déposé un nombre impressionnant de brevets pendant la période, représentant la totalité des brevets de l'unité.

Il faut souligner le prix scientifique « Naval Group La Pérouse » (2021) dans l'équipe opto-électronique. Ces travaux favorisent l'embauche de jeunes ingénieurs-chercheurs dans la start-up ULTIMETAS, co-fondée en 2018. Cette Start-up permet l'industrialisation de nouvelles antennes développées dans l'équipe « opto-électronique, reconfigurables en temps réel, pour des applications de télécommunication à la fois civiles et militaires.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les équipes « Charge d'espace » et « Capteurs capacitifs » ont peu de perspectives à long terme, avec peu de moyens humains, peu de possibilités de recruter (section 63 CNU, institut CNRS en secondaire). On constate aussi une difficulté pour obtenir des promotions, ce malgré les activités originales, sociétales, financées en grande partie par les contrats industriels. Compte tenu des départs futurs à la retraite, ces équipes apparaissent comme vouées à disparaître dans les 10 ans.

Du fait de la concurrence de gros laboratoires parisiens sur les thématiques de recherche en ingénierie, et de la faible taille de l'axe dans une unité qui se consacre principalement à la physique, les équipes de l'axe ont du mal à recruter des doctorants.

Les équipes de l'axe 3 sont constituées uniquement d'EC, avec des responsabilités en enseignement. Cela laisse peu de temps pour répondre à des AAP et mettre en place des collaborations plus académiques.

L'équipe « opto-électronique » est constituée d'une seule permanente EC section CNU 63 (HDR en mars 2019) qui est aussi impliquée dans la start-up ULTIMETAS. Elle doit assurer à elle seule le développement scientifique des thématiques visées, la formation technique, la gestion des intervenants, la conformité, et la validation des résultats.

### Analyse de la trajectoire de l'axe

Au cours de la période d'évaluation, les EC de l'axe 3 ont poursuivi leurs activités de recherches, qu'ils ont su maintenir à un excellent niveau, malgré le manque de personnel technique, le manque de temps. Ils ont su maintenir leurs efforts et leur motivation, malgré un avenir incertain, les deux équipes Charge d'espace et Capteurs capacitifs ayant acté leur disparition d'ici 10 ans. Malgré ce manque de perspectives, l'axe 3 vit bien et forme un axe soudé, aux compétences complémentaires uniques, mais qui n'a que peu de possibilité de restructuration par rapport aux autres équipes et/ou aux autres axes pour éviter l'extinction de l'axe.

Les chercheurs de l'axe 3 prévoient de poursuivre leurs recherches pour le développement d'une instrumentation de pointe directement utilisée pour des applications sociétales dans le domaine de l'énergie et des télécommunications. Des recherches plus fondamentales entamées lors de la période d'évaluation, doivent permettre le développement de la modélisation de la génération de charges dans l'équipe 3.1. De même, les travaux entamés dans l'équipe 3.2, portant sur l'utilisation de technique d'apprentissage pour la reconnaissance des décharges partielles liées au vieillissement des matériaux isolants doivent se poursuivre au cours de la prochaine période. Enfin, des collaborations nouvelles avec d'autres chercheurs du LPEM, doivent permettre de maintenir les équipes de l'axe 3 au centre des recherches du laboratoire.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE et aux équipes de l'axe

Les trois équipes de l'axe 3 sont encouragées à poursuivre les activités de recherches développées actuellement, avec dans la mesure du possible selon les financements obtenus, une augmentation du nombre de publications. Une des problématiques principales de cet axe étant le nombre de départs prochains à la retraite et le manque de moyens humains qui à terme, si rien n'est entrepris par le laboratoire et par les tutelles, mettra en péril l'existence même de l'axe. Malgré ces difficultés, le comité encourage la direction de l'unité à travailler à un recrutement de CR CNRS section 08. Le comité recommande également aux enseignants-chercheurs de cet axe de passer leur HDR.

Enfin, le comité de sélection encourage les chercheurs de cet axe à entamer une réflexion avec l'ensemble des équipes du laboratoire et avec la direction sur une évolution possible des thématiques de recherches du laboratoire afin de pérenniser ces recherches de pointe.

## DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

### DATES

**Début :** 06 novembre 2023 à 08h30

**Fin :** 08 novembre 2023 à 12h00

**Entretiens réalisés : en présentiel**

### PROGRAMME DES ENTRETIENS

Jour 1 Lundi 06 novembre 2023

<b>08h45 – 09h00</b>	Présentation du comité et du programme		amphi Boreau
<b>09h00 – 10h00</b>	Présentation du directeur devant le comité, les tutelles et le personnel		amphi Boreau
<b>10h00 – 10h30</b>	Questions du comité et échange		amphi Boreau
<b>10h30-11h00</b>	<i>Huis-clos et pause</i>		Salle du Conseil
<b>11h00 – 12h30</b>	Présentations scientifiques faits marquants		amphi Boreau
	11h00-11h30	QuDots (S. Ithurria)	
	11h30-11h50	MNC (Z. Chen)	
	11h50-12h10	Quant Specs (S. Pons)	
	12h10-12h30	Quant Matter (K. Behnia ou B. Fauqué)	
30'	<i>Huis-clos</i>		Salle du Conseil
Pause déjeuner	Buffets-posters (50 pers.)		Mezz. EsPGG
<b>14h30 – 16h30</b>	Présentations scientifiques, Faits marquants		amphi Boreau
	14h30-15h00	Instrumentation (S. Holé)	
	15h00-15h30	PHASME (N. Bergeal)	
	15h30-16h00	Nouveaux projets (A. Marguerite, A. Jouan, T. Kontos)	
	16h00-16h30	Startups (B. Leridon, C. Tripon-Canseliet)	
	<i>huis-clos du comité ou pause</i>		Salle du Conseil
<b>17h00 - 18h30</b>	Discussion autour des plateformes (SBT et Nanotech) + <b>visite à 18h</b>		Salle du Conseil + nouv. bâtiment

Jour 2 Mardi 07 novembre 2023

<b>09h00 – 10h30</b>	Visite des équipes (en 2 sous-comités en parallèle)			Locaux LPEM
	09h00-09h30	MNC	QuantumSpecs	
	09h30-10h00	QuDots 1	Quantum Matter	
	10h00-10h30	QuDots 2	Elemag	
<b>30 mn</b>	<i>huis-clos du comité et pause</i>			Salle du Conseil
<b>11h00 – 11h45</b>	Echange comité – PAR (ITA/BIATSS/CDD/CDI)			Salle du Conseil ou Nobelium
<b>11h45-12h30</b>	Echange comité – Doctorants et Postdocs			Salle du Conseil ou Nobelium
30'	<i>huis-clos du comité</i>			Salle du Conseil
Pause déjeuner	<b>Plateaux-repas</b>			Salle du Conseil
<b>14h30 – 15h15</b>	Échange comité-tutelles			Salle du Conseil ou Nobelium
<b>15h15 – 16h00</b>	Échange comité – C/EC			Salle du Conseil ou Nobelium
<b>30'</b>	<i>huis-clos du comité ou pause</i>			Salle du Conseil
<b>16h30 - 18h30</b>	Visite des équipes (en 2 sous-comités en parallèle)			Locaux LPEM
	16h30-17h00	Instrumentation	PHASME	
	17h00-17h30		Théorie / Conductivité optique	

Jour 3 Mercredi 08 novembre 2023

<b>09h-10h30</b>	Échange comité – Direction (& future direction)	Salle du Conseil
11h-14h	Huis-clos et <b>plateaux-repas</b>	Salle du Conseil

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

**Arnaud TOURIN**

Vice-président recherche, sciences et société

---

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

Paris, le 12 février 2024

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

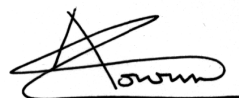
**Référence : DER-PUR250024141 - LPEM - Laboratoire de physique et d'étude des matériaux**

Monsieur le Directeur,

Les tutelles du LPEM remercient chaleureusement l'ensemble des experts du Comité pour leur travail d'évaluation.

Elles n'ont pas d'observations de portée générale à formuler sur leur rapport.

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



Arnaud Tourin



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

Évaluation des universités et des écoles

Évaluation des unités de recherche

Évaluation des formations

Évaluation des organismes nationaux de recherche

Évaluation et accréditation internationales



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

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

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

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