

## RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LPL - Laboratoire de physique des lasers

### SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Université Sorbonne Paris Nord - USPN

Centre national de la recherche scientifique -  
CNRS

---

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

Rapport publié le 23/05/2024



Au nom du comité d'experts :

Isabelle Ledoux-Rak, 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 Isabelle Ledoux-Rak, ENS Paris-Saclay
	M. Rodolphe Antoine, CNRS Villeurbanne
	M. Jean-Claude Garreau, retraité du CNRS Lille
	M. Gaël Mouret, Université du Littoral Côte d'Opale - ULCO
<b>Expert(e)s :</b>	Mme Florence Nogrette, CNRS Palaiseau (personnel d'appui à la recherche)
	M. Aimeric Ouvrard, CNRS Orsay (représentant du CoNRS)
	M. Carlo Rizzo, Université Toulouse 3 (représentant du CNU)

## REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Laurence Pruvost

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

Mme Saïda Guellati-Khelifa, DAS de CNRS Physique  
Mme Pascale Molinier, USPN

## CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire de Physique des Lasers
- Acronyme : LPL
- Label et numéro : UMR 7538
- Nombre d'axes : 5 axes
- Composition de l'équipe de direction : Mme Anne Amy-Klein (directrice), Mme Hélène Perrin (directrice adjointe) / M. Belaïd Nait Sidnas (responsable administratif et financier)

## PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST2 Physique

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

De manière générale, le Laboratoire de Physique des Lasers (LPL) se consacre à différents aspects des interactions lumière – matière, notamment dans le domaine de la spectroscopie, de la physique atomique et des technologies laser, avec des débouchés dans l'étude du vivant, la métrologie et les micro-sources de lumière à base de matériaux organiques. Les thématiques correspondent en général aux cinq axes de l'unité, à savoir :

- 1 : Étude des interactions atome-surface, interférométrie atomique, effet Casimir-Polder, spectroscopie.
- 2 : Étude du magnétisme quantique, dynamique des condensats de Bose-Einstein, physique hors d'équilibre.
- 3 : Utilisation des lasers pour l'étude par spectroscopie d'action des structures de biomolécules et de complexes moléculaires, et de l'acousto-optique comme outil d'imagerie pour le médical.
- 4 : Métrologie laser, spectroscopie de précision, notamment par la stabilisation des sources laser, la mise au point de peignes de fréquences compacts, l'établissement de liaisons optiques ultrastables en fréquence, spectroscopie de haute précision dans l'IR.
- 5 : Sources électroluminescentes et lasers à base de composés organiques, ainsi que la photo-structuration de matériaux organiques.

## HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le LPL a été créé en 1974 comme unité associée au CNRS, puis est devenu une UMR en 1977 et l'est resté jusqu'à ce jour. L'unité est située sur le campus de Villetaneuse de l'Université Sorbonne Paris Nord (USPN). Ses locaux sont distribués sur plusieurs bâtiments, pour une surface totale de 2300 m<sup>2</sup>.

## ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'unité fait partie de l'Institut Galilée, qui regroupe des formations en licence et master, un EUR, une école d'ingénieurs – Sup Galilée – et sept unités de recherche dans le domaine des sciences fondamentales et appliquées.

L'unité peut accéder à une salle blanche de proximité.

L'unité est impliquée dans la structure fédérative de recherche NAP MOSAIC (Nanosciences et Applications : MOdélisation, Synthèse, CAractérisation et AppliCations), créée en 2019 et qui se consacre aux nanosciences et à leurs applications. Le LPL y participe dans le domaine de la photonique et des atomes froids.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	10
Maîtres de conférences et assimilés	19
Directeurs de recherche et assimilés	5
Chargés de recherche et assimilés	5
Personnels d'appui à la recherche	14
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>53</b>

Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	3
Post-doctorants	5
Doctorants	20
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>30</b>
<b>Total personnels</b>	<b>83</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 Sorbonne Paris Nord	29	0	3
CNRS	0	10	11
<b>Total personnels</b>	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>14</b>

## AVIS GLOBAL

Les thématiques choisies par le LPL sont porteuses, que ce soit dans les domaines fondamentaux (molécules et atomes froids, violation de parité, simulateurs quantiques) ou applicatifs (communication par fibre optique à fréquence ultrastable, mise au point de LED et lasers organiques, exploration multi-échelle du vivant, des biomolécules aux tissus). Le LPL est ainsi présent dans des domaines nécessitant des coopérations multidisciplinaires, non seulement en biologie, mais aussi en chimie des matériaux. La production scientifique (publications internationales, brevets, conférences) est très bonne, avec des articles dans des revues prestigieuses (Nature et Science portfolios, Phys. Rev. Lett.).

En termes de moyens humains, l'embauche de deux ITA durant la période a permis de maintenir et même de développer les activités de soutien en mécanique, électronique et informatique, grâce auxquelles le LPL se distingue par la qualité et la quantité des instruments de haute technologie élaborés au sein de ses ateliers. L'insertion d'ingénieurs de recherche au sein de certaines équipes représente un atout majeur à cet égard. La salle blanche de l'USPN, avec ses équipements de pointe, apporte en outre une réponse adaptée à certains besoins de l'unité en micro/nano-fabrication et en caractérisation.

Les financements obtenus par contrats et grâce à REFIMEVE sont élevés ; à cela s'ajoute un taux de réussite aux ANR supérieur à la moyenne, ce qui permet à l'unité d'acquérir de nouveaux appareillages. Le soutien financier des tutelles a vu une augmentation non négligeable des crédits récurrents, permettant aux personnels de recherche de bénéficier d'un financement annuel hors ressources propres tout à fait appréciable.

Les nouveaux entrants bénéficient de bonnes conditions pour démarrer leur recherche, grâce à des décharges d'enseignement les deux premières années, et grâce à un financement additionnel. Cependant, la charge de travail, notamment administratif, pèse lourdement sur l'ensemble des enseignants-chercheurs et ralentit le rythme de leurs publications.

En termes d'attractivité, l'unité rencontre parfois des difficultés à attirer des post-doctorants ou des candidats aux concours de chargés de recherche CNRS. C'est surtout l'attractivité et la diversité des thématiques, porteuses et bien visibles, qui permet de pallier, au moins en partie, ce problème.

L'implication de l'unité dans la société est tout à fait remarquable, avec de nombreuses interactions avec le monde économique, plusieurs dépôts de brevets, ainsi que le partage des connaissances scientifiques avec la société civile.

L'unité va bénéficier en 2024 de l'embauche de trois maîtres de conférences et d'un poste de professeur, ce qui lui permettra d'accroître le nombre d'enseignants-chercheurs.

# ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

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

Une première recommandation portait sur la réduction des disparités entre équipes en termes de production scientifique. Ces disparités ont été réduites, mais n'ont pas entièrement disparu. Le LPL souligne avec raison que certaines équipes se sont consacrées à de nouveaux développements expérimentaux complexes qui exigent un fort investissement des personnels, au prix d'une production scientifique momentanément plus réduite. Ces nouveaux dispositifs expérimentaux, maintenant opérationnels, ont permis d'obtenir de premiers résultats en cours de publication. Le comité approuve la politique de soutien à ces activités innovantes, qui peuvent entraîner provisoirement un taux de publication plus faible. Il s'agit d'une vision à long terme qui mérite d'être encouragée.

Une seconde recommandation concernait l'augmentation des HDR. Pendant la période, neuf HDR ont été soutenues, auxquelles s'ajoutent deux autres en 2023. Le taux de MCF et CR avec HDR est passé de 19 % à 44 %. Le comité estime que cette recommandation a été bien respectée.

Une troisième recommandation concernait la diversification des sources de financement des contrats doctoraux. Le LPL souligne qu'une partie des contrats doctoraux attribués au LPL par l'USPN ont été fléchés vers des thématiques précises. Cette affirmation ne répond pas directement à la recommandation, mais il semble que ce fléchage ait permis d'attirer davantage d'étudiants de bon niveau, pouvant être présentés à des appels d'offres assez compétitifs pour l'obtention d'autres financements, comme ceux du DIM SIRTEQ. Au cours de la période, quinze doctorants sur 34 ont obtenu des financements en dehors de l'école doctorale de l'USPN.

Le comité précédent avait également recommandé à la gouvernance d'accroître ses contacts avec ses tutelles et l'Institut Galilée. L'équipe de direction s'est donc pourvue d'une directrice adjointe, et y a inclus le responsable administratif (IE). Un IR est chargé du suivi des personnels techniques. Par ailleurs, la prise de direction de l'Institut en 2022 par un membre de l'unité permet de renforcer l'implication locale du LPL.

Il était demandé à l'unité d'entreprendre une « action volontariste » auprès des Instituts du CNRS concernés pour améliorer l'attractivité de candidatures à des postes CNRS. Le LPL a lancé plusieurs actions de sensibilisation à ce problème auprès des axes et de l'INP pour attirer un plus grand nombre de candidats. Le résultat de cette action reste à confirmer car il n'y a eu qu'un seul recrutement (en 2021). Le comité estime que ces difficultés de recrutement, notamment de chercheurs, ne sont pas à imputer principalement à l'unité et à sa direction, mais à la politique nationale de recrutement.

Le précédent comité avait demandé à la direction du LPL de veiller au renouvellement des responsabilités d'axes. Il apparaît que quatre responsables ont été changés.

Le comité note la promotion au niveau professeur de deux MCF déjà présents dans l'équipe PON. Le recrutement d'un CR CNRS, et celui de deux MCF (n'incluant pas ici les personnels en disponibilité) compense tout juste le départ, au cours de la même période, de deux MCF et d'un PREM.

Signalons également que, malgré la persistance d'un fort déséquilibre des effectifs H/F au sein des permanents, l'unité a rétabli un bon équilibre au sein du groupe des doctorants, le nombre de femmes y étant actuellement presque égal à celui des hommes.

Une dernière recommandation portait sur l'importance à accorder à une « culture de la valorisation et du transfert ». Le LPL a maintenu la fonction de chargé de valorisation et a mis en place des contrats de collaboration et de valorisation, ainsi que des transferts de savoir-faire qui ont permis la commercialisation de certains des produits de la recherche du LPL.

## B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

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

Le LPL s'est donné des objectifs scientifiques et technologiques ambitieux dans des niches qui sont en adéquation avec les moyens disponibles et les conditions de travail, ce qui lui permet de se placer au meilleur niveau international dans certains domaines, notamment en métrologie, comme en témoigne le rôle pilote qu'il exerce dans le cadre du réseau REFIMEVE, ou en optoélectronique organique avec la création d'un IRP du CNRS avec le Japon. Les travaux de l'unité se placent dans le long terme, le renouvellement des thématiques n'est donc pas très rapide.

Il existe une bonne adéquation entre le contexte/moyens/environnement et les sujets qu'il se donne. Sa production scientifique, tout à fait satisfaisante, dépasse le domaine de la physique fondamentale pour atteindre des domaines pluridisciplinaires en lien avec la biologie, la physique moléculaire et la science des matériaux.

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

Les performances de l'unité s'appuient sur des moyens humains et matériels adaptés. Les recrutements réalisés récemment ou prévus en 2024 permettront à l'unité de conserver au meilleur niveau – international- son savoir-faire et ses compétences dans ses domaines scientifiques d'excellence, notamment grâce à l'implication d'un personnel technique de haut niveau au sein des équipes comme des services communs.

Les ressources financières sont élevées, grâce à de nombreux contrats dont certains très importants (REFIMEVE) et aussi du fait d'un bon soutien des tutelles en termes de subventions d'État. La mutualisation de 5 % des ressources venues des contrats permet en outre à l'Unité de pouvoir mener une politique de recherche dans de nouveaux domaines ou d'accompagner les nouveaux entrants.

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

L'organisation en axes de recherche demandée lors des évaluations précédentes, respecte l'autonomie de chaque équipe et, dans certains cas, facilite les collaborations internes à l'unité. Cependant, le comité encourage l'unité à veiller que cette organisation ne se limite pas à une structuration formelle.

L'unité doit définir dans les prochains mois de nouvelles modalités de fonctionnement pour sa direction, sachant que la gouvernance actuelle restera provisoirement en place pour donner le temps à une nouvelle organisation de se mettre en place.

Le comité a apprécié la bonne synergie entre les personnels de recherche et les services techniques, qui assurent un travail au fil de l'eau efficace et de grande qualité.

La présence d'IR ou IE dans les équipes est un atout pour le déroulé des thèses.

Le comité a nettement apprécié la bonne atmosphère de travail, la cohésion et la solidarité qui règnent au sein du LPL, et les échanges particulièrement fructueux avec le groupe des doctorants.

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

#### Points forts et possibilités liées au contexte

Le LPL développe des collaborations à différentes échelles, à commencer par l'USPN, autour de thématiques communes, grâce notamment à la structure fédérative de recherche Nap-Mosaic dans le domaine des nanosciences. La participation du LPL à la gouvernance de la salle blanche a permis de renforcer ces interactions. D'autre part, le DIM Quantip a permis au LPL de susciter de nouvelles relations avec les laboratoires LAGA et LIPN.

Le LPL joue un rôle moteur dans l'équipex Refimeve+ devenu ensuite T-Refimeve, visant à mettre à disposition de la communauté scientifique et des industriels, au meilleur niveau international, un ensemble complet de signaux de temps et de fréquence et des solutions technologiques associées, en propagation guidée par fibres optiques. Ce réseau lui apporte un soutien financier considérable. L'unité est devenue une référence en la matière, et l'extension de ce réseau à l'échelle européenne est en cours.

L'unité a mis en place des collaborations nationales, et internationales de caractère interdisciplinaire (chimie, sciences de l'ingénieur). Mentionnons en particulier l'IRP (destiné à devenir IRL) avec l'université de Kyushu au Japon.

Au niveau interne, l'unité a également encouragé les interactions entre les axes.

Cette stratégie a permis au LPL de développer des objectifs scientifiques « de niche », notamment par rapport à la concurrence internationale, de façon à s'adapter aux contraintes et limites en moyens humains et financiers. Ce choix s'avère tout à fait pertinent au vu de sa production scientifique.

Les activités de valorisation, très développées au LPL, constituent également l'un de ses points forts, tout en gardant cependant un équilibre entre recherche fondamentale et appliquée.

Une attention particulière est portée au renouvellement des thématiques au sein des axes, notamment avec l'organisation de demi-journées thématiques, de discussions entre la direction et les responsables d'axes, et la mise en place d'un appel d'offres interne annuel pour financer, entre autres, des expériences pouvant conduire à des preuves de principe, en vue de présenter des projets plus conséquents en réponse aux différents appels d'offres externes.

La continuité des expériences et du savoir-faire associé est assurée grâce à la présence d'ingénieurs de recherche et d'études au sein des axes.

### Points faibles et risques liés au contexte

L'unité doit rester vigilante pour éviter une trop grande dispersion thématique, et doit veiller à maintenir un équilibre réaliste entre la diversification et la continuité de ses orientations de recherche.

L'unité doit aussi veiller à rendre plus visible l'implication de ses membres dans les instances de l'université et aider ses personnels à mieux connaître le fonctionnement des instances locales et leur pouvoir de décision. Ses membres sont encouragés à s'impliquer dans les conseils ou le pilotage de l'USPN pour faire infléchir la politique locale, notamment pour la promotion en interne des MCF de l'USPN vers des postes de professeur. Actuellement, l'université n'autorise cette promotion interne qu'aux candidats ayant postulé à d'autres universités et retenus pour audition, ce qui comporte un risque non négligeable de départs de jeunes enseignants-chercheurs vers d'autres institutions, et revient à confier de facto une partie du processus de leur recrutement à d'autres universités.

Certains axes comportent des équipes ayant peu de relations entre elles, ce qui peut nuire au développement d'activités communes, et accentuer l'effet de niche ainsi que la dispersion des sujets.

*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 ressources financières du LPL sont en croissance depuis 2012 grâce à un retour satisfaisant des réponses aux appels d'offres locaux, régionaux et nationaux, ainsi qu'au financement par l'équipex T-REFIMEVE.

L'unité possède un parc instrumental de tout premier plan, notamment des sources lasers stabilisées sur des peignes de fréquence ou des puces à atomes, ainsi qu'une salle blanche disposant d'une large palette de moyens de productions et de caractérisation de matériaux organiques.

L'unité va bénéficier également d'un recrutement conséquent en enseignants-chercheurs dans un très proche avenir (trois MCF et un PR en 2024).

### Points faibles et risques liés au contexte

L'avenir incertain des labex dans lesquels l'unité est impliquée risque d'affaiblir ses ressources financières dans le prochain exercice.

La faible accessibilité aux publications de recherche liée à des abonnements limités par exemple, constitue un problème très sérieux pour le bon fonctionnement de la recherche au sein de l'unité.

Le financement (même partiel) d'infrastructures des bâtiments (comme la climatisation) par les ressources de l'unité grève ses moyens financiers.

La difficulté à recruter du personnel administratif durant la période a engendré des problèmes d'organisation et de fonctionnement, obligeant certains chercheurs et enseignants-chercheurs à assurer des tâches qu'ils ne sont pas censés effectuer.

Les difficultés de recrutement d'IR et d'IE en vue du remplacement des partants risquent d'affecter à terme le savoir-faire de l'unité et la poursuite de certaines de ses activités scientifiques pourtant reconnues au niveau international.

Le nombre de post-doctorants reste très faible.

La superficie des locaux du LPL est perçue comme trop faible par ses membres.

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

#### Points forts et possibilités liées au contexte

Le LPL a respecté les règles de déontologie pour la composition des jurys de recrutement, et a sensibilisé ses personnels à l'éthique scientifique en faisant nommer un référent intégrité scientifique.

La direction de l'unité a incité ses personnels à suivre des formations (dont l'offre s'est nettement étoffée lors de la période) et à développer leurs compétences en vue d'une meilleure évolution de carrière.

Un système de sauvegarde des données, ainsi qu'un plan de continuité d'activité, ont été mis en place, notamment pour éviter les effets néfastes de coupures électriques.

En ce qui concerne le développement durable, deux correspondants ont été nommés. Les membres du LPL tentent de privilégier des moyens de transport à meilleur bilan carbone pour leurs déplacements.

La direction a également tenté d'améliorer l'environnement de travail des personnels et favorisé le télétravail.

La proportion de femmes parmi les doctorantes et doctorants a fortement augmenté durant l'exercice, atteignant quasiment la parité. Deux correspondants ont récemment été nommés autour des questions d'égalité et parité.

#### Points faibles et risques liés au contexte

Les candidatures féminines ont baissé lors des derniers recrutements de permanents, la proportion de femmes au LPL dans cette catégorie de personnel tend donc à diminuer.

Les visites de médecine du travail sont devenues très intermittentes, voire inexistantes, pour les personnels de l'USPN. Pour les personnels CNRS, l'éloignement géographique du centre de prévention, situé à Villejuif, ne facilite pas le suivi, mais le principal problème reste la nécessité actuelle de devoir avancer les frais d'examen du fond d'œil, indispensable pour l'accompagnement du risque laser.

La surcharge de travail des enseignants-chercheurs, notamment en termes de responsabilités pédagogiques et administratives, et tout particulièrement pour ceux qui enseignent en IUT (surcharge d'au moins 50 % du service) pèse lourdement sur la production scientifique de l'Unité et sur la qualité de vie au travail de ses membres.

Le nombre de sauveteurs secouristes du travail semble très faible au regard des effectifs de l'unité.

## DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

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

L'unité est attractive par la qualité de ses recherches, ses thématiques porteuses et diversifiées, comportant des dimensions pluridisciplinaires, et par l'excellence de ses équipements et de son savoir-faire. Dans le domaine de la coopération internationale (notamment l'existence d'un IRP destiné à devenir un IRL avec l'Université de Kyushu), le LPL a mis en place des coopérations internationales de haut niveau. Ses compétences scientifiques dans des domaines de niche lui permettent d'avoir une bonne visibilité internationale.

L'attractivité auprès de candidats au doctorat est bonne, en particulier grâce au fléchage thématique des contrats doctoraux de l'USPN.

Il reste difficile pour l'unité de recruter des post-doctorants.

- 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

L'unité compte plusieurs collaborations internationales institutionnalisées (8 en tout), ce qui a permis de nombreux (27) séjours d'au moins une semaine à l'étranger, et l'accueil de 75 chercheurs et enseignants-chercheurs étrangers comme professeurs invités pour des séjours d'au moins deux semaines, ce qui est tout à fait remarquable pour une unité de taille moyenne telle que le LPL.

Les membres de l'unité ont participé à un grand nombre de conférences internationales, avec 70 communications invitées durant la période.

Deux distinctions ont été reçues par des membres du LPL (Cristal du CNRS et Prix Arnulf-Françon).

La direction de l'unité soutient les enseignants-chercheurs pour limiter autant que possible leur surcharge de travail en tant qu'enseignants. Elle incite les nouveaux MCF à prendre leur décharge et à refuser toute responsabilité ou heures complémentaires avant au moins deux ans. Elle les encourage à demander des délégations CNRS ou des CRCT.

Le LPL a mis en place une dotation aux nouveaux entrants.

Le LPL soutient concrètement les personnels dans leur demande de promotion et de repyramidage par de l'aide à la rédaction des dossiers. Ces efforts ont donné de bons résultats en termes de changement de corps et de grade.

Lors de la crise sanitaire, la direction a tenté de limiter l'impact des mesures de confinement sur les personnels, surtout pour les doctorants, en permettant pour ces derniers le retour au LPL dès mai 2020.

L'affichage des financements de thèse et un fléchage plus spécifique des sujets de thèse rendent l'unité plus attractive vis-à-vis des candidats à un doctorat. Le nombre de publications par doctorant est très satisfaisant (au moins deux par thèse et parfois davantage).

Le LPL participe au pilotage de plusieurs projets régionaux et nationaux (DIM Quantip, trois équipex).

Le LPL a obtenu près de 6 M€ de ressources propres durant la période, ce qui prouve sa capacité à obtenir des financements élevés sur des appels d'offres compétitifs. Près de la moitié de ces financements proviennent des équipex REFIMEVE+ et T-REFIMEVE. On note qu'il en gère plus du double comme coordinateur des équipex.

L'unité prélève 5 % sur la partie équipement et fonctionnement de ces contrats pour financer l'achat de matériels communs.

Les équipes ont réalisé des expériences très complexes qui constituent des défis technologiques parfois risqués.

L'unité bénéficie de services techniques bien pourvus en personnel et en matériel pour ce qui concerne les ateliers d'électronique et de mécanique. Ces services ont développé des expertises à forte valeur ajoutée. Le service mécanique a été renforcé récemment par la titularisation d'un AI et par un investissement significatif en équipement (tour à commande numérique). Le service informatique est également devenu pleinement opérationnel malgré les 17 mois de vacance du poste de son responsable.

Le travail de l'ensemble des personnels PAR des services techniques communs est dans l'ensemble bien intégré aux activités des équipes de recherche ; leurs réalisations originales et de grande qualité sont reconnues par les chercheurs dont ils réalisent parfois des éléments technologiques clefs (cellules minces extrêmement uniformes pour l'équipe AI, stations de régénération du signal transféré pour MMTF...). Leur expertise a même été mise à profit dans des collaborations externes au laboratoire.

Les équipes GQ et MMTF bénéficient chacun de deux ingénieurs de recherche.

Compétence devenue très rare en France, le LPL possède un service d'optique pour la découpe de matériaux, le polissage de surfaces à haute précision ( $\lambda/20$ ) et la fabrication de couches minces.

Le LPL bénéficie d'un accès privilégié à la salle blanche de l'USPN, qui comporte des équipements de pointe, notamment un bâti de lithographie électronique.

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

Les collaborations institutionnelles intra-européennes sont peu présentes (une action CNRS avec la république Tchèque, un Partenariat Hubert Curien avec l'Allemagne, appels d'offres avec l'European Association of National Metrology Institutes). Il en résulte que le LPL n'a obtenu aucune subvention européenne nouvelle depuis octobre 2020, et que les derniers versements de crédits européens à l'unité ont pris fin en 2023.

Des difficultés ont été rencontrées par certains doctorants lors des confinements, engendrant des retards parfois importants pour la soutenance de leur thèse.

L'unité rencontre des difficultés à recruter des post-doctorants, au point que certains financements obtenus pour des séjours postdoctoraux doivent être transformés en contrats doctoraux.

L'accès à certaines formations de l'école doctorale est limité faute d'un choix suffisant de dates. Ces formations sont dispensées en français, ce qui peut rendre plus difficile leur suivi pour les étudiants non francophones.

La surcharge administrative imposée aux MCF, ainsi que leurs salaires très inférieurs à ceux offerts par le secteur privé, rend le métier peu attractif auprès des doctorants et post-doctorants.

Si l'attractivité locale et nationale du LPL pourra être améliorée par la création d'un M2 « Technologies quantiques » à l'USPN, l'absence d'une licence de physique pèse sur l'existence d'un vivier d'étudiants pour le recrutement dans le cadre de stages de M2 et surtout de thèses.

L'unité n'a pas obtenu d'ERC, et le nombre de candidatures déposées reste modeste, peut-être à cause d'une forme d'autocensure.

Plusieurs départs à la retraite de personnels techniques sont prévisibles durant le prochain contrat et la perte de savoir-faire est possible. Le service d'optique est assuré par une seule personne proche de la retraite. Le polissage optique, dont le savoir-faire tel que pratiqué et mis à profit au LPL s'acquiert plutôt en années qu'en un semestre, cette perte de compétence est très vraisemblable.

L'unité gagnerait aussi à accéder plus fréquemment à la salle blanche.

## DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

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

La production scientifique de l'unité est bonne, la diversité des revues reflète celle de ses thématiques, On compte également un grand nombre de communications invitées et de participations à des conférences internationales. Un nombre significatif d'articles a été publié dans des revues prestigieuses. Le LPL dépose également des brevets. Les doctorants ont déjà publié un ou plusieurs articles au moment de leur soutenance. La surcharge des MCF en tâches administratives entraîne parfois des retards dans la publication de leurs résultats.

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

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

La production scientifique de l'unité est de qualité (3 articles dans *Nature publishing group*). Huit publications ont fait l'objet de plus de 30 citations pendant la période. On compte 150 publications dans des revues internationales à comité de lecture au cours de la période 2017-2022.

L'unité a présenté 242 communications orales, dont 70 invitées, et 228 posters.

Les doctorants ont publié au moins une fois et parfois bien davantage pendant et peu après leur thèse.

La production scientifique, bien alimentée par l'ensemble des axes, reflète leurs points forts et leurs priorités. On retiendra globalement une moyenne de 25 articles à comité de lecture/an, 7 actes de congrès ou chapitres d'ouvrages par an, des articles de vulgarisation scientifiques, et des brevets (7 brevets pour 2 équipes pendant la période d'évaluation).

On remarque trois articles communs entre équipes et on peut noter que l'activité des personnels PAR (notamment par la qualité de ses réalisations originales) contribue à une part des publications (14 articles, dont 2 articles hors laboratoire).

Plusieurs axes et équipes ont conçu et mis au point de nouvelles expériences, complexes et porteuses, prometteuses pour de futures publications.

L'USPN a créé son propre comité d'éthique de la recherche, et propose à son personnel un cycle de formation de trois conférences par an sur l'intégrité scientifique. Cette formation est obligatoire pour les doctorants et post-doctorants. Le LPL a nommé un correspondant intégrité scientifique auprès du comité d'éthique de l'université.

Les manuscrits de thèse sont soumis au dispositif anti-plagiat COMPILATIO avec la soutenance.

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

On constate comme dans le cadre de l'exercice précédent, une certaine disparité entre les productions scientifiques par permanent (chercheur, enseignant-chercheur et IR) entre les équipes. Comme mentionné dans le présent rapport, on peut espérer une réduction de cet écart lors du prochain exercice.

Rapportées au nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs (une quarantaine), la moyenne est inférieure à 1 article par an et par personne, mais il faut tenir compte du fort investissement de certains personnels dans la mise au point d'expériences innovantes et de grande complexité, pendant laquelle il est difficile pour les intéressés de conserver un rythme élevé de publication. Ce ralentissement est provisoire et va probablement se rectifier.

La surcharge administrative tend à ralentir le rythme des publications.

La direction de l'unité déconseille aux personnels de publier dans des revues avec abonnement et qui obligent les auteurs à payer pour l'Open Access.

Le dépôt des publications sur HAL reste limité.

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

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

L'unité est engagée dans de nombreuses coopérations avec les acteurs de la vie économique, avec le dépôt de plusieurs brevets, des actions de maturation, des contrats de recherche avec des entreprises. Son rôle majeur dans le programme T-REFIMEVE permet également des retombées dans le domaine des transmissions par fibre optique à haute précision (amplificateurs, stations de régénération optique), dont la commercialisation a démarré. On peut cependant regretter l'absence de contrats doctoraux de type Cifre. Enfin, le Laboratoire est fortement impliqué dans des actions de diffusion des connaissances au sein du grand public.

- 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 déposé six brevets durant la période, elle a bénéficié de trois contrats ANR PRC-E avec des entreprises et elle a réalisé quatre projets de collaboration avec des entreprises.

L'unité a passé trois contrats de transfert de savoir-faire et a obtenu quatre contrats de maturation, ce qui lui a rapporté 220 k€.

Le LPL est devenu une référence en France et en Europe concernant le transfert à longue distance de fréquences optiques ultra-stables par fibre optique.

Le LPL a développé des produits dont certains sont actuellement commercialisés (équipements pour liens optiques, amplificateurs bidirectionnels). D'autres produits sont en cours de développement et susceptibles de commercialisation (packaging d'OLED).

L'unité a établi des interactions avec le monde médical et l'agronomie. Elle développe également des OLED communicantes et photovoltaïques pour les emballages de produits cosmétiques.

Le LPL est très engagé dans des actions de diffusion des connaissances scientifiques auprès du grand public : association Atout Science, opération Savantes Banlieues, articles dans des revues et magazines, interviews et interventions à la radio et à la télévision.

Le LPL a participé à de nombreux événements, expositions, conférences et ateliers.

Le kit pédagogique sur l'optique « LightBox », labellisé par l'Unesco est mis à la disposition des enseignants du primaire et secondaire.

Le MOOC « La physique, vive[z] l'expérience » destiné à l'enseignement de l'optique dans l'enseignement supérieur ou visant à faire connaître l'optique au grand public a été suivi par 13 000 personnes entre 2018 et 2021 et a reçu le Prix Arnulf-Françon de la SFO en 2021.

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

Il n'y a pas de financements de thèse par des contrats Cifre, malgré les nombreuses interactions du LPL avec des entreprises.

L'engagement des personnels du LPL dans le domaine culturel, économique et social, bien que pleinement volontaire, vient s'ajouter à leur surcharge de travail, notamment pour les enseignants-chercheurs.

Le LPL pourrait engager un rapprochement avec les activités de recherche biomédicales de Villetaneuse.

Pour des raisons qui semblent être d'origine politique, et donc indépendantes du LPL, celui-ci a dû mettre fin au programme « Savantes Banlieues ». On peut déplorer l'arrêt de ce rendez-vous régulier et de grande ampleur qui touchait un grand nombre de jeunes de Seine Saint Denis.

## ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

La trajectoire de l'unité ne prévoit pas de changements majeurs dans son organisation et dans ses programmes scientifiques.

Durant le prochain exercice, il est prévu d'amplifier les incitations aux collaborations internes entre axes et entre équipes, notamment grâce aux appels d'offres internes, aux développements expérimentaux inter-équipes, et à la pérennisation, voire à l'extension des journées thématiques du laboratoire.

Le pilotage du LPL se rééquilibrera vers un rôle plus important du conseil de direction, en tant qu'instance de discussion sur les questions scientifiques et les besoins technologiques associés, notamment afin d'anticiper et de prévenir l'apparition de difficultés diverses déjà identifiées. Un pilotage collégial élargi est envisagé pour la nouvelle direction du laboratoire.

La direction de l'unité compte également tenter d'améliorer la parité au sein de l'unité, sachant que le problème est rencontré, pour la physique, à l'échelle nationale.

La direction de l'unité mettra l'accent sur le développement durable, en mettant en œuvre un bilan carbone du LPL.

Malgré sa grande visibilité dans le domaine des technologies quantiques, le LPL est géographiquement situé hors des grands sites du plan quantique. Il est donc prévu de renforcer sa position au sein du Paris Centre for Quantum Technologies, et d'intensifier les collaborations avec les autres unités de l'Institut Galilée qui travaillent dans le domaine, dans une perspective pluridisciplinaire (mathématiques, chimie des matériaux).

Il est également prévu d'étendre l'utilisation de la salle blanche de l'USPN en encourageant toutes les équipes de l'unité à l'utiliser si nécessaire.

Les collaborations internationales seront renforcées, notamment avec le groupe d'Adachi au Japon dans le domaine des lasers organiques, dans la perspective de former un IRL.

Le projet d'extension de T-REFIMEVE à d'autres pays européens est tout à fait remarquable.

La direction de l'unité veut par ailleurs mener une politique plus volontariste pour améliorer le rythme de publications, de préférence dans des revues de sociétés savantes.

Enfin, l'incitation à répondre aux appels d'offres sera maintenue, une attention particulière étant portée vers les projets européens.

L'attractivité locale et nationale du laboratoire devrait être améliorée par la création d'un M2 « Technologies » quantiques » à l'USPN, établissement où l'absence d'une licence de physique pèse sur l'existence d'un vivier d'étudiants pour un recrutement dans le cadre de stages de M2 et surtout de thèses.

En ce qui concerne la politique scientifique, le LPL veut soutenir les projets en cours de mise en place, notamment les montages sur les molécules froides, le laser super-radiant et les simulations quantiques, ainsi que la diffraction d'atomes excités ou de molécules, ce dernier point correspondant au projet de recherche du CR CNRS recruté en 2022.

Les ambitions scientifiques de l'unité sont très élevées, et se projettent dans des directions variées, notamment en métrologie et dans le domaine des sources laser et LED organiques. Il est prévu également d'augmenter la précision des mesures métrologiques dans le cadre du Modèle Standard, voire au-delà, ainsi que pour les études sur la violation de parité.

Les expériences qui ont été finalisées lors de l'exercice (magnétisme en réseau, molécules biologiques en phase gazeuse) seront stabilisées et devront être pleinement exploitées en vue de l'obtention de résultats originaux et publiables.

De manière générale, le LPL maîtrise le développement d'une instrumentation unique multi-échelle, depuis les problèmes de physique fondamentale jusqu'à l'étude du vivant.

Enfin, le développement de nouvelles expériences (technologies quantiques, spectroscopie à haute résolution par exemple) ne pourra être pleinement mis en œuvre que si l'unité parvient à recruter de nouveaux chercheurs et enseignants-chercheurs. La direction du LPL se consacrera plus particulièrement à la recherche de candidats adéquats et de haut niveau.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le comité recommande à l'unité de parvenir rapidement à une solution concernant sa future direction pour le prochain exercice, et encourage ses chercheurs et enseignants-chercheurs à poser leur candidature pour cette responsabilité.

Il l'incite à poursuivre sa politique de recrutement, notamment l'embauche de post-doctorants et de personnel d'accompagnement à la recherche, ainsi que d'ITA au sein des équipes et des plateformes.

Le LPL doit veiller à la jouvence des équipements existants, et au maintien du montant des financements, notamment compte tenu de l'arrêt prochain des labex. Il encourage les chercheurs et enseignants-chercheurs à postuler davantage à des financements européens de type ERC. Le comité rappelle que, malgré le lourd investissement requis pour ce type de candidature, les sommes récoltées sont considérables et les chances de réussite plutôt supérieures à celle d'autres appels eux aussi chronophages.

L'unité est encouragée à maintenir la parité observée actuellement entre hommes et femmes au sein du groupe des doctorants, et à diminuer le fort déséquilibre H/F parmi les permanents.

Elle est également encouragée à renforcer, dans la mesure du possible, la cohésion des axes ainsi que les interactions entre eux, par exemple avec des recrutements communs.

L'engagement des personnels dans les instances de l'université devra être encouragé.

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

L'attractivité dépend en partie de celle de l'établissement hôte. La question se pose tout particulièrement pour le recrutement de personnel permanent et non permanent.

La surcharge de travail des MCF, notamment en termes de tâches administratives liées à l'enseignement, qui pourraient être réalisées par d'autres catégories de personnel, est patente, au point de dissuader les doctorants actuellement en thèse au LPL de s'orienter vers ce métier. Le comité recommande à l'unité de mettre tout en œuvre pour permettre aux MCF de se consacrer essentiellement aux tâches pour lesquelles ils ont été recrutés, à savoir la recherche et les enseignements face aux étudiants, notamment en encourageant leurs demandes de délégation CNRS.

L'unité doit également améliorer son attractivité auprès de candidats potentiels à des postes de chercheurs au CNRS, afin de multiplier les candidatures de haut niveau.

Le problème de l'attractivité se pose de manière particulièrement aiguë au niveau des post-doctorants. Les postes de CDD disponibles n'étant pas toujours pourvus, ils se transforment parfois en contrats doctoraux.

En ce qui concerne les thèses, les nombreuses interactions entre l'unité et des entreprises devraient mener à la mise en place de contrats Cifre, ce qui peut améliorer l'attractivité des programmes de doctorat.

En ce qui concerne les cours doctoraux, il conviendrait de former rapidement au français les étudiants non francophones pour leur permettre de suivre ces formations dans de meilleures conditions.

Pour améliorer l'attractivité du LPL et de l'USPN dans le domaine de la physique, le comité recommande de donner au nouveau M2 de Technologies Quantiques la possibilité de s'ouvrir aux étudiants internationaux, par des enseignements en anglais, la mise en place d'un programme de bourses internationales de M2 au niveau de l'USPN, et la participation du futur M2 à des programmes internationaux de type Erasmus Mundus.

L'unité pourrait aussi s'insérer dans des programmes européens doctoraux et postdoctoraux tels que ceux proposés par les Actions Marie Skłodowska-Curie.

La rénovation du site internet - opération en cours - est à poursuivre ; cela peut améliorer la visibilité et aussi l'attractivité de jeunes.

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

Les enseignants-chercheurs du LPL ont fait part au comité d'un certain retard dans la rédaction de publications ou de brevets, du fait de la surcharge en tâches administratives mentionnée ci-dessus. Une augmentation de la production scientifique, déjà très satisfaisante à l'état actuel, passe donc par une réorganisation des missions des enseignants-chercheurs, qui doivent se recentrer sur leur cœur de métier de recherche et d'enseignement, les autres tâches devant être confiées à des personnels administratifs.

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

Le comité salue les activités tournées vers le grand public, notamment à travers l'association Atout Sciences, la mise au point du kit pédagogique « Light Box », de nombreuses interventions en conférences et dans les médias. Il recommande la poursuite et si possible l'extension de ces initiatives, avec peut-être l'espoir de reprendre le projet Savantes Banlieues si le contexte local y redevient favorable.

Compte tenu des interactions nombreuses avec les acteurs économiques, il serait souhaitable qu'un plus grand nombre des brevets déposés par l'unité soient exploités.

Le comité encourage les membres du LPL à poursuivre et à développer avec les entreprises des recherches contractualisées, et à mettre en place avec certaines d'entre elles des contrats doctoraux Cifre.

## ÉVALUATION PAR AXES

**Axe 1 :** Atomes aux Interfaces

Nom des responsables : M. Gabriel Dutier / M. Athanasios Laliotis

### THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe « Atomes aux interfaces » étudie les interactions à l'échelle nanométrique de type Casimir-Polder entre atomes et surfaces. Ces interactions sont dues aux fluctuations du vide quantique électromagnétique à proximité d'une surface réfléchissante. L'axe est constitué de deux équipes : l'une développe des techniques de spectroscopie en cellule (équipe Spectroscopie Atomique aux Interfaces, SAI) l'autre base ses recherches sur l'utilisation de jets d'atomes froids qui traversent des nanostructures (équipe Optique et Interférométrie Atomique, OIA). Le but affiché par l'axe est donc le test des interactions fondamentales dans le cadre de l'électrodynamique quantique.

### PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent recommandait d'augmenter la synergie entre les deux équipes. Il s'inquiétait du devenir des équipes dont des personnalités scientifiques sont devenues émérites et, dans le cadre d'une compétition internationale très forte, il recommandait une plus grande ouverture à des nouveaux thèmes.

La lecture du rapport, ainsi que les entretiens avec les membres de l'équipe n'ont pas permis d'identifier des avancées significatives concernant cette recommandation.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	5
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
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	0
Doctorants	4
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>5</b>
<b>Total personnels</b>	<b>12</b>

### ÉVALUATION

#### Appréciation générale sur l'axe

Depuis la dernière évaluation, les effectifs en permanents de l'axe n'ont pas sensiblement évolué (un départ de MCF ayant été compensé par une arrivée de CR). Si on y ajoute le personnel non permanent (doctorants), le nombre est aussi maintenu, à une unité près. C'est un effectif très convenable au vu des objectifs affichés.

Le taux de publication (15 publications dans des revues pour 7 permanents) n'est pas très élevé mais reste acceptable, compte tenu des obligations d'enseignement et administratives de plus en plus lourdes pour les enseignants-chercheurs et chercheurs.

Bien que le but scientifique des équipes soit le même (métrologie de l'effet Casimir-Polder), elles n'ont pas collaboré étroitement pendant la période. Cependant, un projet concernant la nano-structuration de la surface des microcellules est envisagé pour le futur. L'axe est encouragé à poursuivre cette démarche de rapprochement et de clarification de la stratégie.

Les deux équipes ont développé des techniques de classe mondiale mais leur motivation fondamentale gagnerait à être mieux précisée. L'effet Casimir est un sujet vaste et très actif, il serait désirable que le positionnement de l'équipe dans le contexte mondial apparaisse plus clairement. Il faudrait indiquer plus précisément quelle est la prévision théorique testée, en quel sens cela constitue un test de la QED, la sensibilité atteinte, les sources de bruit présentes. Ces points n'ont pas été suffisamment explicités.

Il semble judicieux qu'une réflexion de fond soit menée sur les évolutions à plus long terme de l'axe, précisant les buts visés en adéquation avec les caractéristiques des montages expérimentaux et le potentiel humain disponible.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'axe a développé des techniques innovatrices et à fort potentiel scientifique.

L'axe a su trouver des niches scientifiques qui lui sont propres.

Le potentiel humain de l'axe a été préservé.

L'axe est bien intégré dans le laboratoire.

La nano-structuration de la surface de la microcellule qui est en projet ouvre la voie à une plus forte synergie entre les deux équipes.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les perspectives et la stratégie pour les deux équipes, ainsi que la stratégie globale de l'axe, ne paraissent pas avoir fait l'objet d'une réflexion bien développée, tant sur la poursuite de l'activité scientifique et le renouvellement des sujets que dans la gestion de son potentiel humain. Le vieillissement d'une partie des permanents (DR émérites) crée un « gap » avec les effectifs plus jeunes qu'il conviendrait de combler, notamment en encourageant des soutenances HDR aussitôt que possible.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire semble essentiellement inchangée depuis la dernière évaluation.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité recommande de voir les points suivants :

Une clarification de la stratégie à moyen terme, et une meilleure définition des champs de recherche et de leurs objectifs.

Une plus grande synergie entre de SAI et OAI.

Une focalisation sur les aspects plus innovants technologiquement ou scientifiquement.

L'intensification des collaborations avec des théoriciens.

Une plus grande ouverture vers les évolutions du domaine.

Saisir l'opportunité du projet commun lié à la nano-structuration de surface pour réfléchir à des rapprochements.

**Axe 2 :** Gaz Quantiques

Nom des responsables : Mme Hélène Perrin et M. Martin Robert de Saint-Vincent

## THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe s'organise en deux thématiques principales, l'une autour du magnétisme atomique dans des gaz ultra froids dégénérés (Gaz Quantiques Magnétiques, GQM) et l'autre autour de la superfluidité dans des condensats de Bose-Einstein (Bose-Einstein Condensates, BEC). Les deux équipes mènent à la fois des recherches théoriques et expérimentales, et ont développé plusieurs montages permettant d'explorer un grand nombre de phénomènes et facettes de leurs sujets de recherche. L'activité est globalement structurée autour des montages expérimentaux. BEC exploite un montage « Rubidium », centré principalement sur des phénomènes de superfluidité dans des géométries innovantes, notamment en anneau à deux dimensions, et un dispositif « Sodium », mis en place récemment, centré sur la dynamique d'un gaz unidimensionnel. GQM exploite trois montages, le montage « historique » autour du Chrome, qui permet d'étudier un gaz avec de très fortes interactions dipolaires, un dispositif « Strontium » consacré plutôt à l'étude de systèmes magnétiques confinés dans un réseau, et, très récemment, le montage sur le « laser super-radiant », pouvant notamment être utilisé comme référence de fréquences hyper précise, qui vise principalement à démontrer le fonctionnement d'un tel dispositif en régime continu. L'activité théorique ou de support théorique des deux équipes est bien fournie et compte de nombreuses collaborations nationales et internationales de premier plan.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'axe a augmenté le nombre de HDR et comptait, au moment de l'écriture du rapport, sur d'autres soutenances à court terme.

La gouvernance, la stratégie et les nouvelles initiatives nées dans l'équipe sont conformes aux recommandations du précédent rapport.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	2
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>11</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	3
Post-doctorants	0
Doctorants	3
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>6</b>
<b>Total personnels</b>	<b>17</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'axe

L'axe a développé une activité de haut niveau reconnue internationalement. Il a une production scientifique considérable, publiée dans les revues de pointe du domaine et dispose d'un haut degré de visibilité, tant national qu'international. Il a diversifié son activité et lancé de nouveaux projets prometteurs et bien en phase avec les tendances du domaine. Le potentiel humain est compatible avec ses ambitions.

L'attractivité de l'axe a permis de recruter, durant la période, des candidats doctorants et postdoctorants de très bon niveau, capables d'exploiter ces expériences de haute complexité. L'axe s'appuie également sur la présence de deux ingénieurs de recherche à forte expertise et pleinement intégrés à l'axe.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'axe GQ se positionne sur des sujets porteurs et des thèmes d'actualité.

Son potentiel humain et ses compétences sont très développés. Il y existe une bonne intégration entre les chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs.

L'axe GQ a misé sur la qualité des dispositifs expérimentaux.

L'axe est attractif en doctorants et postdoctorants.

Il y règne un bon dynamisme interne et entre les thématiques, avec passage de responsabilités, ce qui offre la possibilité aux plus jeunes d'être acteurs décisionnaires.

La pyramide des âges de l'axe est relativement équilibrée.

L'axe GQ bénéficie d'une visibilité nationale et internationale, et est bien intégré à la communauté.

La responsable du DIM Quantip est membre de l'axe, ce qui contribue à une visibilité accrue de l'équipe.

### Points faibles et risques liés au contexte

Il n'y a pas de point faible à proprement parler.

La diversification de l'activité est certainement un point favorable, mais il est aussi très important de préserver les équilibres entre activité et besoins en potentiel humain et financiers en tenant compte des tendances de développement de la recherche en France, particulièrement dans le moment présent.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

La diversification des activités est une tendance à encourager (voir cependant le dernier commentaire dans le paragraphe précédent). L'équipe est bien ancrée dans la communauté nationale et internationale des atomes ultra-froids, aussi bien par ses résultats scientifiques que par la visibilité de ses membres et les responsabilités qu'ils exercent ou ont exercées. Les projets et études en cours sont cohérents, solidement construits et prometteurs, les verrous techniques et technologiques semblent avoir été bien identifiés. L'étendue et la qualité des collaborations internes, nationales et internationales sont un gage pour des développements futurs.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité recommande aux membres pouvant passer une HDR de le faire dès que possible.

Même si l'équipe a bénéficié de financements suffisants et obtient un taux de succès tout à fait convenable auprès des instances régionales et nationales, elle ne peut qu'être encouragée à « tenter sa chance » auprès de financeurs internationaux, notamment l'ERC. Il est évident qu'obtenir un tel financement serait grandement bénéfique à sa visibilité et apporterait un regain d'attractivité, notamment sur les recrutements de post-doctorants.

L'axe compte des membres à différents stades de leur carrière, et il ne serait pas inutile d'avoir une stratégie claire sur l'évolution des responsabilités dans le futur.

**Axe 3 :** Lasers pour le Vivant

Nom des responsables : M. Nicolas Nieuwjaer / M. Jean-Michel Tualle

## THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe Lasers pour le Vivant, constitué des deux équipes « BioMolécules et Spectroscopie » (BMS) et « Optique en Milieux Aléatoires » (OMA), consacre ses travaux à des applications à l'interface physique-chimie du vivant, voire aux sciences de la vie, avec des approches « in vacuo » (étude structurale par spectroscopie d'action de biomolécules ou de complexes organométalliques isolés ou en phase gazeuse) et « in vitro » (imagerie à l'intérieur de tissus épais). BMS développe une instrumentation innovante, (source sous vide de microgouttelettes de biomolécules et couplages à la spectroscopie d'action vibrationnelles (domaine IR)), accompagnée de calculs de chimie quantique (type DFT). OMA développe de nouvelles méthodes d'imagerie acousto-optique en milieux diffusants avec pour principal objectif le diagnostic médical ou encore la surveillance de la maturation des fruits par auto-fluorescence.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le comité avait recommandé d'amplifier le rayonnement national et international pour attirer davantage de collaborations (académiques ou industrielles), de doctorants, de post-doctorants et des candidats potentiels à présenter sur des concours de CR ou de MCF. Il est clair que l'équipe OMA, à travers les projets collaboratifs (dont 3 ANR) financés, a amplifié son portefeuille collaboratif avec notamment l'émergence de nouvelles thématiques (diagnostic de maturation de fruits, agents de contraste théragnostiques). L'équipe BMS, grâce à son fort réseau francilien et européen de « temps de faisceau » sur grands instruments continue de rayonner à l'international, bien que le nombre de projets collaboratifs financés soit très faible (1). Par contre ces équipes ont un nombre actuel de doctorants (1) et post-doctorants (0) trop bas, et restent peu visibles au regard des AAPs financés et/ou de l'appartenance à des réseaux européens (EIC-Pathfinder, COST, MSCA-DN ou -PF, ...), qui permettraient le recrutement de doctorants et post-doctorants et d'élargir le nombre de candidats à présenter sur des concours de CR ou de MCF.

Le comité précédent avait évoqué des recommandations quant au potentiel de valorisation et s'était inquiété de la production scientifique très modeste. Le potentiel de valorisation est toujours bien présent avec le dépôt de deux nouveaux brevets (en 2018), mais les transferts effectifs, avec l'aide de la SATT ou des cellules de valorisations, semblent toujours sous-exploités. Le développement d'une expérience en phase gazeuse, lourde, ambitieuse et à fort potentiel de risque, la multiplication de projets ANR courts et morcelés, peut expliquer une production scientifique qui reste modeste.

## 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	1
Chargés de recherche et assimilés	1
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	1
Post-doctorants	0
Doctorants	1
<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

Bien que regroupées dans le même axe, les deux équipes (BMS et OMA) présentent une dichotomie thématique : bio-imagerie *in vitro* (voire *in vivo*) vs approches « biologie structurale » *in vacuo*. Les interactions entre OMA et BMS restent donc réduites.

Le travail scientifique des deux équipes constituant cet axe est indéniable et se traduit par un taux de publications raisonnable (18). Les deux équipes participent aussi à des comités scientifiques ou d'organisation de conférences nationales et internationales.

BMS développe un dispositif original et unique en France, à savoir une source sous vide de microgouttelettes de biomolécules. En parallèle, l'équipe mène des études structurales en phase gazeuse d'agrégats métalliques ligandés et présente un beau renouveau thématique.

De son côté, OMA poursuit ses travaux dans le domaine des applications de l'optique au biomédical. Cette équipe a su appliquer son expertise en spectroscopie de fluorescence au contrôle qualité dans l'industrie bio- et agro-alimentaire, ainsi que dans le domaine théragnostique.

### Points forts et possibilités liées au contexte

BMS possède une expertise indéniable dans le domaine de la spectroscopie d'action des biomolécules et complexes biomoléculaires « environnementées », grâce à l'accès entre autres à de grandes installations comme le Laser à Électrons Libres (LEL).

OMA possède une grande expertise dans l'étude de la propagation de la lumière dans des milieux diffusants et absorbants notamment en imagerie acousto-optique. Cette expertise l'implique dans de nombreuses collaborations financées par l'ANR et le plan cancer.

La réorientation de l'activité ASIC (avec un support du service ingénierie électronique) vers le diagnostic de la maturation des fruits est une réussite.

Les projets, notamment ceux comportant une ouverture vers le théragnostique, paraissent intéressants, novateurs et ambitieux. Ils prévoient du développement instrumental en lien avec une recherche fondamentale, et seront source de collaborations industrielles et de partenariats.

### Points faibles et risques liés au contexte

La nouvelle expérience de gouttelettes, originale et très prometteuse, tarde pourtant à porter ses fruits. Bien que cette source représente une avancée, son développement expérimental est extrêmement chronophage et sans doute peu adapté aux forces humaines actuellement disponibles.

Clairement, l'axe « Laser pour le vivant » manque de doctorants et de postdoctorants pour garder son leadership dans ce domaine compétitif.

Son implication dans les AAP ou l'appartenance à des réseaux européens (EIC-Pathfinder, COST, MSCA-DN ou -PF, ...) sont trop faibles et doivent se renforcer, ce qui permettrait le recrutement de doctorants et post-doctorants et d'élargir le nombre de candidats à présenter sur des concours de CR ou de MCF.

### Analyse de la trajectoire de l'axe

La diversification des activités est une tendance à encourager ; attention cependant à ne pas précariser les activités de recherche uniquement sur financement court et ponctuel type ANR. L'équipe reste bien ancrée dans la communauté nationale et internationale, notamment grâce au tissu collaboratif de l'outil ANR-PRC ou encore à l'accès aux grands instruments (type LEL). L'étendue et la qualité des collaborations internes, nationales et internationales est un gage pour des développements futurs. Ainsi des approches multi-échelles (spectroscopie/imagerie) allant de l'*in vacuo* à l'*in vitro* sur des nanostructures organo-métalliques permettraient d'établir des ponts entre les deux équipes. Des choix sur ces développements lourds, nécessitant un équilibre entre forces humaines et temps d'implication sont à envisager pour le prochain contrat. L'expérience « gouttelettes » doit porter ses fruits notamment grâce aux récentes levées de verrous. Globalement, la production scientifique reste modeste. Cet aspect doit être corrigé afin d'améliorer, entre autres, l'attractivité de l'axe. Également, le potentiel de valorisation (notamment des activités de l'équipe OMA) semble sous-exploité et devra être renforcé.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE

Les projets sont intéressants, novateurs et ambitieux, le comité note les volets exploratoires vers les nanoclusters comme agents de contraste en théranostique. Néanmoins le comité recommande à l'axe d'analyser la faisabilité à court terme au regard des ressources humaines.

Avec une pyramide des âges peu favorable associée à des charges administratives et d'enseignements lourdes, il faudrait veiller à ne pas se disperser et assurer une bonne intégration des futurs recrutés autour des points forts de l'équipe.

Le comité recommande de répondre aux appels à projets et de s'intégrer dans les réseaux européens pour recruter des doctorants et des postdoctorants et élargir le vivier de candidats CR ou MCF.

Les thématiques et les méthodes des deux équipes sont trop éloignées pour leur permettre d'envisager à court terme des projets communs. OMA et BMS ont effectivement des approches historiquement très différentes, même si le thème du « vivant » a permis de les réunir en un axe. Le comité encourage l'axe à poursuivre le dialogue qui a été initié, et suggère de réfléchir à la thématique autour des agents de contraste théranostiques à base de nanoclusters, et aux approches multi-échelles allant de l'*in vacuo* à l'*in vitro* permettant des ponts entre les deux équipes.

**Axe 4 :** Métrologie, Molécules et Tests Fondamentaux

Nom du responsable : M. Benoît Darquié

## THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe « Métrologie, Molécules et Tests Fondamentaux » (MMTF) focalise ses recherches expérimentales sur la métrologie des fréquences optiques, les sources lasers ultrastables, la spectroscopie moléculaire ultraprécise et les peignes de fréquence. Avec des lasers de qualité métrologique et des méthodes de spectroscopie ultra-haute résolution, l'équipe teste la physique fondamentale, explore les limites du modèle standard et améliore les mesures de précision et la recherche en métrologie. Les sujets abordés concernent la brisure de symétrie de parité dans les molécules chirales, la mesure du Kelvin, le rapport de masse proton/électron et le transfert de temps et fréquence à travers le pilotage des équipex REFIMEVE. Les activités de MMTF forment un ensemble pertinent et cohérent.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Dans un contexte de surcharge de travail, les liens avec les autres axes restent limités. MMTF s'est concentré de façon raisonnée sur ses activités afin d'éviter la dispersion, et a eu l'occasion de collaborer avec l'axe AI du LPL en spectroscopie de précision, donnant lieu à une publication, ainsi qu'avec les axes GQ et LV pour une seconde publication transverse au LPL.

Un vivier possible d'étudiants provenant de la spécialisation « instrumentation » du cursus ingénieur de l'Institut Galilée avait été identifié. Cette possibilité n'a pas été évoquée, probablement du fait que cette formation ne répond pas aux attentes de l'axe MMTF.

Le comité note les transferts de savoir effectués dans le cadre de l'équipex REFIMEVE+ pour les équipements de liens optiques. Il salue le développement de leurs partenariats industriels avec Exail et Lumibird. Néanmoins, on peut de nouveau regretter l'absence de contrat Cifre parfois très attractif pour les étudiants.

La parité F/H des non-permanents s'est fortement accrue à 30-35 %, répondant ainsi à la précédente observation.

Les nouvelles responsabilités de la directrice, un départ d'un MCF, un départ en retraite et le manque d'HDR avait été identifié comme un danger lors de la précédente évaluation. MMTF a, durant la période d'autoévaluation recruté un IR et un MCF et une HDR a été défendue. Le comité note un possible recrutement d'un MCF (section 30) en 2024. L'équipe est très lucide sur ses moyens humains et sur la pyramide des âges peu favorable.

La forte cohérence thématique et la visibilité à l'international sont confirmées par les activités de pointe de MMTF et contribuent à sa forte attractivité.

La crainte d'un déséquilibre de l'équipe dû aux évolutions récentes ne semble pas tout à fait écartée comme l'atteste la répartition inégale des financements. Toutefois, une politique de valorisation et de transfert a bien été menée avec quatre projets de valorisation.

## EFFECTIFS DE L'AXE : 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	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	2
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>9</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0

Post-doctorants	0
Doctorants	5
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>6</b>
<b>Total personnels</b>	<b>15</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'axe

MMTF possède une expertise de pointe, à l'échelle internationale, en métrologie et spectroscopie moléculaire avec un réel savoir-faire dans le développement instrumental, notamment de sources lasers ultrastables. Les différentes équipes émergent à de très nombreux contrats et réseaux nationaux et internationaux qui permettent de financer les équipements nécessaires et de nombreux personnels non-permanents ce qui donne lieu à une production scientifique soutenue et de grande qualité. La forte cohérence thématique entre les différentes activités de l'équipe conduit à une recherche de très haut niveau, à la fois fondamentale et appliquée, avec des aspects valorisation, de transfert de savoir-faire et d'activités de services. On peut citer les équipex REFIMEVE+ et son successeur T-REFIMEVE portés par l'équipe Métrologie qui a pour ambition d'étendre le réseau actuel à l'Europe. L'équipe mène une recherche de pointe en spectroscopie à ultra-haute résolution, intéressant la physique de l'atmosphère, l'astrophysique et les tests fondamentaux en physique. Pour cela, elle s'investit fortement dans l'exploitation de lasers à cascade quantique ultrastables dans l'IR, pour développer des dispositifs de spectroscopie de haute sensibilité de diverses natures. Elle développe aussi des peignes de fréquences transportables et autonomes pour l'instrumentation embarquée. De telles activités ont évidemment un rayonnement international très fort et un impact scientifique certain.

### Points forts et possibilités liées au contexte

MMTF combine des compétences reconnues en métrologie de fréquence optique et en spectroscopie moléculaire de précision.

La très forte cohérence thématique entre les différentes activités permet une réelle émulation collective et une activité de recherche à la fois fondamentale et appliquée, avec des aspects de valorisation et de transfert de savoir-faire.

MMTF possède une réelle expertise dans le développement instrumental en méthodes de spectroscopie, associé au développement d'environnements d'échantillons parfois très complexes et uniques en France, de sources lasers stabilisées, d'électroniques bas bruit et de technologies optiques temps-fréquence de référence.

MMTF dispose d'un ensemble de plateformes et d'équipements souvent uniques pour aborder efficacement les objectifs scientifiques qu'elle s'est assignée avec de réelles possibilités d'ouvrir de nouveaux partenariats.

L'axe jouit d'une excellente visibilité nationale et internationale grâce à la qualité de sa production et grâce à ses actions de vulgarisation et de rayonnement. Citons le MOOC « La physique, vive[z] l'expérience ! » qui a été suivi par plus de 15 000 apprenants de plus de 120 pays et qui a été récompensé en 2021 par le Prix Arnulf-Françon de la SFO.

MMTF dispose d'un vaste réseau pour établir des collaborations de qualité et fait preuve d'un fort investissement dans l'encadrement de jeunes chercheurs non-permanents grâce à des financements variés. Le comité souligne aussi le nombre moyen de publications par doctorant/postdoctorant, très satisfaisant. On notera également une bonne représentativité des femmes dans les personnels non-permanents.

### Points faibles et risques liés au contexte

Si l'équipe a pu recruter deux personnels (IR et MCF) durant la période, cela compense juste les deux départs (retraite et mise à disposition).

Compte tenu des nombreux projets d'envergure, des nombreuses collaborations et des responsabilités importantes des membres (équipex, DU), la pression est très importante sur les personnels permanents, ce qui peut compromettre la gestion des activités de l'équipe, la publication régulière des résultats, la valorisation des développements et l'encadrement des non-permanents. Un risque de dispersion est possible.

Le nombre de thèses soutenues (3) pendant la période apparaît faible vis-à-vis du potentiel de l'équipe. Des encadrants confirmés n'ont pas l'Habilitation à Diriger les Recherches.

Bien que les partenariats et la valorisation avec le monde industriel se soient renforcés dans le cadre des équipex REFIMEVE et du labex First-TF, le potentiel semble sous-exploité. Le report du dépôt de brevet concernant la réalisation d'équipements pour les liens optiques est à regretter. Durant la période d'autoévaluation, il n'y a pas eu de thèse financée dans le cadre d'une Cifre.

Un risque se profile également avec la fin prochaine du labex FIRST qui fut une source de financement conséquente pour l'axe et une occasion d'établir des collaborations pertinentes.

## Analyse de la trajectoire de l'axe

Dans la continuité des activités précédentes, le projet scientifique à cinq ans est très cohérent et ambitieux. La cohérence thématique de l'équipe permettra de mutualiser des équipements clés et certains savoir-faire, ce qui reste plutôt rassurant dans un contexte où la recherche est financée quasi uniquement sur appels à projets. Pour chaque développement les collaborations envisagées sont identifiées.

En ce qui concerne les « liens optiques », il sera question de finaliser le développement et l'optimisation de l'infrastructure de recherche REFIMEVE pour l'étendre à d'autres pays européens et exploiter les performances métrologiques pour des études fondamentales sur la limite de stabilité, la compensation du bruit ou l'intérêt de la très grande sensibilité pour la sismologie et les communications quantiques. Des partenaires industriels semblent déjà identifiés. Ce type d'action apportera sans doute une grande visibilité à l'équipe et au LPL.

La thématique « mesures de précision » poursuivra des développements expérimentaux conséquents autour d'un spectromètre utilisant des QCL stabilisés d'excellente pureté spectrale (sub-Hz) et d'un système cryogénique de production de molécules polyatomiques froides. Les objectifs sont de mener des mesures spectroscopiques de précision d'intérêt pour la physique moléculaire et les tests fondamentaux qui nécessitent une précision de détermination de la fréquence de  $10^{-15}$ , une cible très ambitieuse que se fixe l'équipe. Les débouchés de ces développements sont nombreux et peuvent de fait offrir d'excellentes opportunités.

Enfin, le développement et l'amélioration de peignes de fréquences compacts et transportables se poursuivront avec pour objectif de produire une référence optique autonome pour de l'instrumentation embarquée. Les collaborations envisagées avec l'équipe AI du LPL s'étofferont pour produire une référence de fréquence transportable autour de 1,5 micromètre.

Tous ces projets sont parfaitement réalisables grâce à la grande expertise de cette équipe et à ses sources de financement importantes, ce qui devrait lui permettre de consolider sa place de leader au niveau mondial dans le domaine de la métrologie des fréquences et de ses applications.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité encourage les personnels permanents qui le peuvent à soutenir l'Habilitation à Diriger les Recherches pour renforcer les capacités d'encadrement et de prise de responsabilités de l'équipe.

Les surcharges administratives ou d'enseignements associées à une trajectoire très ambitieuse demanderont peut-être une réflexion générale afin de prioriser ou de mettre en veille certains projets.

Il apparaît possible d'envisager de partager certaines tâches et responsabilités entre l'ensemble des membres de l'axe. Le comité encourage à cette réflexion.

L'équipe doit continuer d'être proactive et tirer profit de sa grande visibilité pour être en mesure de recruter de futurs chercheurs CNRS.

Elle doit pouvoir aussi tirer profit de ses liens privilégiés avec certaines entreprises pour définir des thèses Cifre qui peuvent être aussi un facteur d'attractivité pour certains étudiants.

Étant donné le nombre de partenariats dans des secteurs clés de métrologie temps/fréquence, l'équipe doit rester vigilante sur la propriété intellectuelle.

Une réflexion générale sur les actions de valorisation est conseillée ainsi que la possibilité de créer un Labcom notamment autour des activités de référence temps-fréquence.

**Axe 5 :** Photonique Organique et Nanostructures

Nom des responsables : M. Azzedine Boudrioua / M. Sébastien Chénais

## THÉMATIQUES DE L'AXE

Les thématiques de l'axe Photonique Organique et Nanostructures (PON) sont la photonique organique et l'interaction lumière-matière dans des nanostructures. L'axe se présente sous la forme de trois équipes indépendantes : OPAL (Organic Photonics And Lasers), ILM (Interaction Lumière Matière) et ADOOP (Advanced Devices of Organic Optoelectronics and Photonics). Les recherches d'OPAL et d'ADOOP ont un recouvrement thématique fort et se concentrent sur le développement de sources lumineuses organiques et hybrides (OL et OLED) et sur leur optimisation. Cette activité s'appuie sur des moyens intégrés en salle blanche et sur de nombreuses collaborations, et se concentre non seulement sur des développements innovants mais aussi sur les applications. Enfin l'équipe ILM étudie les processus photo-physiques permettant de structurer les matériaux.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Malgré les efforts consentis pour recruter un IR pérenne, les HDR défendues et les promotions obtenues, l'axe fait toujours face à des difficultés en termes d'attractivité pour recruter des personnels permanents.

Il n'apparaît pas de possibilité à court terme de faire émerger une dynamique collective, malgré des recouvrements thématiques notables, en particulier entre OPAL et ADOOP, ce qui pourrait permettre d'alléger le poids des responsabilités pour certains et de mutualiser compétences et outils.

Les problématiques liées à l'absence de chercheurs CNRS et à la diversité thématique restent d'actualité et maintiennent ce sentiment de surcharge de travail et de taille critique des équipes de l'axe.

Le potentiel de valorisation est très fort et source de réflexions dans l'axe, mais reste peu développé. Par ailleurs la production est toujours aussi bonne. L'axe, qui a déploré un délai entre l'obtention des résultats et leur publication, mène actuellement une réflexion pour pallier ce problème.

Des réflexions sont en cours dans certaines équipes pour pallier les difficultés liées à la structure de l'axe, la charge de travail et les thématiques abordées.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
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>8</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	3
Post-doctorants	0
Doctorants	4
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>7</b>
<b>Total personnels</b>	<b>15</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'axe

PON est constituée de trois équipes (OPAL, ILM, ADOOP) travaillant sur des domaines connexes pour l'élaboration de matériaux organiques fonctionnels pour la photonique. Les travaux concernent la réalisation de sources laser ou de diodes électroluminescentes utilisant des matériaux organiques ou hybrides, l'optimisation des performances de ces sources, leur exploitation pour diverses applications, ainsi que la structuration de matériaux hybrides sous rayonnement laser. La production scientifique est soutenue et de très bonne qualité. L'axe possède des moyens importants et une grande expertise reconnue internationalement sur les lasers et les LED organiques. Les membres sont investis pour la communauté et le grand public (MOOC), malgré leurs charges de gestion de la recherche et de l'enseignement.

OPAL concentre son activité sur les lasers pompés optiquement et la photonique organique. Il donne un sentiment de grande maîtrise du domaine à l'interface entre la photo-physique et la chimie organique. Ses projets sur les lasers organiques à capsules de colorant ou les lasers verrouillés en phase, récemment financés, sont ambitieux compte tenu de la taille de l'équipe mais réalistes grâce à l'expertise reconnue de ses membres, et le réseau solide de ses partenaires. Les collaborations avec le Japon sur de nouveaux composés organiques ont connu des avancées importantes dans le fonctionnement de lasers organiques en régime continu, ce qui a donné lieu à la création d'un IRP du CNRS en 2023 en partenariat avec des équipes de chimistes et photo-physiciens français et japonais. ADOOP est spécialisé dans le développement de lasers et LED organiques pompés électriquement en répartissant équitablement ses efforts dans les différentes composantes d'un laser (milieu à gain, cavité, pompage électrique). ADOOP exploite pleinement les moyens de fabrication et de caractérisation de la Centrale de Proximité en Nanotechnologies de Paris Nord (C(PN)2), faisant partie du réseau RENATECH+. ADOOP cherche à identifier les meilleurs matériaux organiques à gain, et exploite les couplages avec des structures plasmoniques, l'emploi de cavités planaires ou à cristaux photoniques pour améliorer les performances (seuil, diagramme de rayonnement). Enfin, il a obtenu des résultats au-delà de l'état de l'art sur les densités de courant et la durée d'impulsions dans des OLED pompées électriquement, ce qui ouvre la voie à une valorisation en télécom (ANR et consortium européen). ADOOP est très dynamique sur le plan du recrutement des non-permanents, ce qui lui permet de faire avancer de front ses différentes thématiques.

ILM a une activité principalement tournée vers la caractérisation de matériaux sous forme de nanostructures périodiques obtenues sous illumination laser. L'activité est autosuffisante avec des financements par contrats qui reposent sur des collaborations extérieures avec des installations relativement indépendantes des deux autres équipes.

### Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs de recherche de l'axe sont ambitieux mais réalistes et ses membres possèdent une expertise reconnue en photonique, physique des lasers, électronique organique et interaction lumière-matière. Les activités de cet axe sont très reconnues et ont donné lieu à de nouvelles collaborations et valorisations (SATT Ergané).

La production est constante et de bonne qualité et reflète le caractère pluridisciplinaire des recherches. On relève la mise en œuvre d'un laser organique impulsé par diode où l'impact sur les pertes de la lentille thermique est discuté par OPAL, le contrôle morphologique des structures périodiques induites par irradiation laser en fonction du retard entre impulsions laser et de l'orientation cristalline par ILM, ainsi que l'influence de structures plasmoniques sur les propriétés d'émission de molécules organiques ou encore le développement d'OLED picoseconde et intenses au-delà de l'état de l'art.

Un renforcement du rayonnement et de ses collaborations à l'étranger et un investissement fort dans la communauté scientifique française ont été menés et contribuent à la bonne attractivité.

Les expertises variées permettent une très bonne insertion dans plusieurs communautés (photonique et électronique organiques, plasmonique moléculaire et optique non-linéaire). PON a de nombreux partenaires nationaux et internationaux (Taiwan, Japon, Grèce, Laser Lab Europe) et présente un bon taux de succès aux appels à projets nationaux (3 ANR) ou européens (1 projet Horizon SNS-JU) qui lui permettent une indépendance financière.

L'impact des travaux de l'axe dépasse largement l'amélioration des connaissances scientifiques dans un domaine en plein essor. Les brevets déposés montrent une volonté de valoriser les réalisations.

On note l'effort de vulgarisation scientifique (MOOC, récompensé en 2021 par le Prix Arnulf Françon de la SFO) et la participation active à des instances nationales ou internationales de plusieurs de ses membres.

### Points faibles et risques liés au contexte

Le départ de l'IR en 2017 et la difficulté à embaucher des doctorants affectent en partie les performances de plusieurs équipes de l'axe, concernant les délais de publication ou la valorisation.

La multiplicité des thématiques abordées peut rendre difficiles les interactions entre les différentes équipes, malgré une forte proximité des recherches menées dans les équipes par OPAL et ADOOP.

Par ailleurs, la salle blanche ne profite pas à tout l'axe ni à l'ensemble du laboratoire.

Les activités de ILM semblent assez découplées de l'activité du reste de l'axe.

PON ne possède aucun chercheur CNRS et ses effectifs ont diminué, alors que ses activités de recherche et de valorisation augmentent. Cela soulève la question de la taille critique pour assurer le développement des activités de manière pérenne, d'autant plus que plusieurs de ses membres participent à des instances nationales ou internationales.

### Analyse de la trajectoire de l'axe

Dans la continuité des activités précédentes, le projet scientifique est cohérent et très ambitieux.

Pour OPAL, le financement ANR finalement obtenu en 2020 permettra de réaliser le tout premier laser organique verrouillé en phase afin de produire des impulsions ultra-brèves. L'équipe sera également impliquée dans le développement de concentrateurs lumineux dans une ANR partenaire jusqu'en 2025. L'équipe, qui est leader français des lasers organiques, continuera ses activités avec le Japon dans le cadre de l'IRP du CNRS. Enfin, dans le contexte de l'électronique organique, les verrous liés aux aspects matériaux seront abordés en renforçant le lien entre dispositif, photo-physique et chimie afin d'aboutir à la création d'un laboratoire de recherche international pour fédérer les acteurs du domaine.

ILM développe un projet proportionné et dans la continuité de ses activités en cours. D'abord il étudiera la structuration multi-échelle, en régime de forte excitation électronique, dans le TiO<sub>2</sub> et le ZnO, et il utilisera les installations LaserLab et NFFA en collaboration avec ses partenaires théoriciens. Il poursuivra l'étude à DESY de la luminescence de céramiques de types spinelles. Enfin, une réflexion est menée sur l'élaboration de matériaux hybrides par polymérisation 3D pour réaliser des microstructures magnétiques.

ADOOP propose un programme très ambitieux en quatre thèmes au potentiel de valorisation fort. Un premier volet concernera le contrôle de la cohérence et de la directionnalité de l'émission des OLED en couplant les émetteurs organiques à des métasurfaces diélectriques. Un deuxième projet vise la démonstration de la diode laser organique où gain et cavité sont étudiés et optimisés pour atteindre le seuil laser. Enfin deux thèmes plus prospectifs, dans le cadre d'un projet européen en construction, exploreront l'emploi d'OLED ultrarapides pour les télécommunications en espace libre ou la génération de bits aléatoires par un laser d'intérêt pour la sécurité des données.

## RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité recommande de réfléchir à la cohérence globale de l'axe pour favoriser l'émergence d'une dynamique collective autour de certaines thématiques ou pour redéfinir les périmètres de recherche et ainsi pallier le manque de temps et d'attractivité.

PON devrait profiter de sa situation de leader sur les lasers et diodes organiques pour exploiter davantage le potentiel de valorisation de ses réalisations. Un rapprochement avec le milieu industriel pourrait être opéré.

L'absence de chercheur CNRS et le départ de certains membres nécessiteraient de mettre en place une stratégie de recrutement à l'échelle de l'axe afin de ne pas être limité par un effet de niche thématique et attirer des profils plus larges. Le comité incite à améliorer son attractivité en recrutant aussi des étudiants venant d'autres masters de la région parisienne.

Le comité encourage l'axe PON à continuer ses activités de recherches à la pointe sur les sources de lumière organiques et à développer davantage ses réseaux internationaux afin de renforcer sa visibilité, son attractivité et sa position de leader dans le domaine.

## DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

### DATES

**Début :** 26 février 2024 à 08h00 (arrivée du comité le 25 et réunion de travail au diner)

**Fin :** 28 février 2024 à 17h00

### Entretiens réalisés en présentiel

### PROGRAMME DES ENTRETIENS

#### Jour 1 : ampli Copernic

<b>08h45 – 09h00</b>	Présentation du comité et du programme	
<b>09h00 – 10h00</b>	Présentation du directeur devant le comité, les tutelles et tout le personnel	
<b>10h00 – 10h30</b>	Questions du comité et échange	
<b>10h30-11h00</b>	<i>Huis-clos et pause (café) – Salle D007</i>	D007
<b>11h00 – 12h00</b>	Présentation GQ (40') et questions (20')	
Pause déjeuner	Plateaux-repas	D102
<b>13h00– 13h45</b>	<b>Échange comité – PAR (ITA, BIATSS, CDD, CDI)</b>	D102
<b>13h45-14h45</b>	Présentation MMTF (40') et questions (20')	
<b>15'</b>	<i>Huis-clos du comité ou pause</i>	D007
<b>15h00-16h00</b>	Présentation PON (40') et questions (20')	
<b>15'</b>	<i>Huis-clos du comité ou pause</i>	D007
<b>16h15 - 17h45</b>	Visites des manips GQ et MMTF Comité réparti en sous-groupes	

#### Jour 2 : ampli Fermat

<b>09h00 – 9h45</b>	Présentation AI (30') et questions (15')	
<b>09h45 – 10h30</b>	Présentation LV (30') et questions (15')	
<b>30'</b>	<i>Huis-clos et pause café</i>	D102
<b>11h00 – 12h00</b>	Visite des ateliers et de la salle blanche Comité réparti en sous-groupes	
Pause déjeuner	Buffet-posters	F003-4
<b>13h30– 14h15</b>	<b>Échange comité – C&amp;EC</b>	D102
<b>14h15– 15h00</b>	<b>Échange comité – doctorants et postdocs</b>	D102
<b>30'</b>	<i>Huis-clos du comité ou pause</i>	D102
<b>15h30 - 17h45</b>	Visites des manips PON, LV et AI Comité réparti en sous-groupes	

#### Jour 3 : salle D102

<b>09h00 – 9h15</b>	<i>Huis-clos du comité</i>	
<b>9h15 – 9h45</b>	<b>Échange comité avec les responsables d'équipes</b>	D102
<b>15'</b>	<i>Huis-clos du comité ou pause</i>	
<b>10h00-10h45</b>	<b>Échange comité-tutelles</b>	D102
<b>30'</b>	<i>Huis-clos du comité ou pause (Café)</i>	
<b>11h15 – 12h15</b>	<b>Échange comité – direction actuelle</b>	D102
Pause déjeuner	Plateaux-repas	D102
<b>14h00 – 16h00</b>	<i>Travail en huis-clos du comité</i>	D102

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Monsieur Eric Saint-Aman  
Directeur du département d'évaluation de la  
recherche  
Hcéres  
2, rue Albert Einstein  
75013 PARIS

Villetaneuse, le 22 avril 2024

*Objet : Rapport d'évaluation DER-PUR250024497 - LPL – Laboratoire de physique des lasers*

Cher Monsieur,

Nous faisons suite à votre courriel du 3 avril 2024 par lequel vous nous avez transmis le rapport d'évaluation du Laboratoire de physique des lasers (LPL).

L'université Paris XIII – Sorbonne Paris Nord souhaite remercier au nom de l'ensemble des personnels de l'unité de recherche Madame Isabelle Ledoux-Rak, Présidente du Comité, ainsi que les membres du Comité pour la qualité des échanges lors de la visite d'évaluation, ainsi que pour la qualité du rapport provisoire d'évaluation de l'Unité.

Le dynamisme du LPL est remarquable et bien mis en valeur par le rapport. Nous voudrions particulièrement souligner les capacités de coopérations avec d'autres unités dont fait preuve l'UMR. Par exemple, les financements des Equipex ont été obtenus conjointement par le LPL et le SYRTE, avec un effort commun pour élaborer le projet. Les ressources ainsi obtenues sont utilisées pour construire et maintenir l'équipement et ne sont pas utilisées spécifiquement au LPL. L'USPN, via sa direction de la recherche, continuera de soutenir le grand équipement, qui est un fleuron de la recherche dans notre université.

Comme le rapport le souligne également, les ambitions scientifiques de l'unité sont très élevées, et se projettent dans des directions variées, en métrologie et dans le domaine des sources laser et LED organiques. Les recherches du LPL se développent également dans les technologies quantiques, en particulier en ce qui concerne les simulateurs quantiques et les capteurs quantiques. L'USPN soutient ce développement et veut souligner aussi l'importance de la direction du DIM Quan TiP qui s'illustre tant dans l'innovation que dans la valorisation auprès des publics. Là encore le LPL montre sa capacité au travail en commun.

Nous voudrions revenir sur le rapport d'évaluation de l'équipe 1 qui fait apparaître certaines analyses pour lesquelles nous souhaitons apporter des éclairages complémentaires. Tout d'abord, l'équipe a été pro-active pour recruter un chargé de recherche, ce qui a permis d'élargir les compétences de l'équipe et de renforcer fortement les capacités de travail de l'équipe. Le maître de conférences parti en retraite était associé à l'équipe mais travaillait sur des études théoriques à la marge de ses activités.

Ensuite, l'équipe a mis en place des collaborations avec deux groupes de théoriciens en Allemagne, celui de S. Scheel (avec une ANR internationale) et celui de N. Gaaloul (Université de Hanovre, groupe de E. Rasel). Ces collaborations se sont intensifiées ces dernières années, avec des séjours réguliers des doctorants en Allemagne et, en 2023, le début d'une thèse en co-tutelle. Le groupe SAI collabore aussi avec Paolo Pedri, théoricien du LPL (deux publications communes).

Les deux groupes ont fait évoluer les thèmes de recherche, avec le démarrage des études des interactions atomes de Rydberg-surfaces ou molécules-surface pour le groupe SAI et des projets de diffraction d'atomes excités pour le groupe OIA. Leurs dernières publications (PRL, Nature Comm) montrent qu'elles ont une capacité de réflexion reconnue au niveau international dans leur domaine. L'équipe a ainsi su trouver des niches scientifiques qui lui sont propres au niveau international.

Il apparaît que les deux groupes interagissent par le biais de discussions approfondies sur la physique et les outils de modélisation de l'interaction Casimir-Polder ainsi que par le partage de compétences sur les nanotechnologies et la nanofabrication.

Enfin, pour résumer la stratégie et le positionnement des deux groupes de cette équipe, dont les objectifs sont différents et complémentaires :

Le groupe OIA a pour objectif de mesurer précisément le potentiel d'interaction entre atomes et surface, en ajustant les courbes expérimentales avec un modèle théorique de plus en plus raffiné (potentiel 2D, effet de retard, cohérence de la source). Son objectif est d'atteindre une incertitude totale, incluant les effets systématiques et statistique, de l'ordre de 1%, ce qui nécessite de varier les conditions expérimentales de diffraction sur le nano-réseau. Avec une telle incertitude, il est possible d'étudier des effets quantiques de très faibles amplitudes, comme par exemple la friction quantique du vide ou de tester les limites du modèle standard en contraignant les paramètres d'une hypothétique cinquième force. Ces études seront ensuite étendues aux atomes excités puis à des molécules froides, ce qui créera de nouvelles synergies avec le groupe SAI.

Le groupe SAI étudie les effets d'un confinement en dimension sub-longueur d'onde sur la spectroscopie d'atomes ou de molécules. Ceci permet, entre autres, de mesurer des interactions Casimir-Polder avec des particules excitées et d'étudier l'effet des interactions résonnantes avec les polaritons de surface. Le groupe s'est orienté récemment vers l'étude des interactions de surface pour des atomes de Rydberg, d'un intérêt à la fois fondamental pour approfondir la description de l'interaction Casimir-Polder au-delà du terme dipôle-dipôle et avec des applications potentielles pour les capteurs ou dispositifs quantiques à température ambiante. Le groupe a également développé de nouvelles techniques expérimentales pour la spectroscopie des molécules confinés afin de mesurer des interactions molécule-surface et en développer la modélisation théorique.

Nous espérons que le laboratoire physique des lasers continuera son expansion grâce à une politique de recrutement ajustée des enseignants-chercheurs, dans un contexte qui devient plus concurrentiel, mais aussi en attirant des CR et DR au niveau du CNRS, tout en renforçant ses coopérations au niveau national et international. Nous avons une grande confiance dans la capacité de l'unité à se renouveler au niveau de sa gouvernance, ce qui est le point d'attention pour les mois qui viennent.

Je vous prie de croire, Monsieur le Directeur, en mes sincères salutations.

Le Président de l'Université Sorbonne Paris Nord



Christophe Fouquier

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)

