

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LCP-MR - Laboratoire de chimie physique -
matière et rayonnement

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Sorbonne Université

Centre national de la recherche scientifique -
CNRS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 13/03/2024



Au nom du comité d'experts :

Philippe Balcou, président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

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

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

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

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président : M. Philippe Balcou, CNRS Talence

Experts : M. Pascal Boulet, Aix-Marseille université - AMU (représentant du CNU)
Mme Claire Laulhé, Université Paris-Saclay
M. Franck Para, Aix-Marseille Université - AMU (personnel d'appui à la recherche)
M. Luc Patthey, Paul Scherrer Institut, Suisse
Mme Anne Zehnacker-Rentien, CNRS Orsay (représentante du CoNRS)

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Jean-Luc Blin

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

Mme Souhir Boujday, Sorbonne Université
Mme Florence Epron, CNRS
M. Mehran Mostafavi, CNRS
Mme Marie-Aude Vitrani, Sorbonne Université

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire de Chimie Physique - Matière et Rayonnement
- Acronyme : LCP-MR
- Label et numéro : UMR 7614
- Nombre d'équipes : 7 équipes
- Composition de l'équipe de direction : M. Richard Taieb (directeur) / M. Ahmed Naït Abdi (directeur adjoint)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST4 Chimie

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

La thématique générale du LCP-MR est l'étude des propriétés physico-chimiques de la matière grâce à ses interactions avec les rayonnements, tant au plan expérimental que théorique. Les milieux étudiés comprennent des systèmes en phase solide ou gazeuse – atomes, molécules, surfaces et couches minces, et plus récemment des liquides. Les irradiations relèvent largement des sources de rayonnements de courtes longueurs d'onde – synchrotrons, lasers à électrons libres X, harmoniques d'ordre élevé, ou des lasers infrarouges (interaction laser/matière, lasers intenses). Les travaux touchent aux domaines des réactivités, des nanosciences, des matériaux, du magnétisme et de l'attoscience.

Le laboratoire est structuré en sept équipes regroupées en trois axes : l'axe A, « Structure électronique de matériaux complexes, surfaces et interfaces », avec les équipes A1, « Systèmes fortement corrélés, matériaux magnétiques », A2, « Interfaces, multimatériaux -- sources et optiques » et A3, « Surfaces fonctionnalisées et environnementales » ; l'axe B : « Théorie des processus en couches internes et ultra-rapides », avec les équipes B1, « Structure électronique et processus en couche interne, de la phase gaz aux systèmes corrélés » et B2 « Dynamique de systèmes quantiques en champs forts » et l'axe C : « Réactivité sous rayonnement en phase gazeuse », avec les équipes C1, « Dynamique de relaxation d'atomes, molécules et agrégats excités en couche interne » et C2 « Photoionisation multiple étudiée par spectroscopie d'électrons en coïncidence ».

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le Laboratoire de Chimie Physique - Matière et Rayonnement est l'héritier du laboratoire de chimie-physique fondé par Jean Perrin en 1926. C'est aujourd'hui une unité mixte de recherche entre le CNRS et Sorbonne université, installée sur le campus parisien de Jussieu.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'unité a pour tutelles Sorbonne université et le CNRS, avec un double rattachement à l'Institut CNRS Chimie (institut principal) et à l'Institut CNRS Physique (institut secondaire).

Elle est membre de deux fédérations de recherches locales, l'Institut Parisien de Chimie Physique et Théorique (IP2CT), dirigé par un membre du laboratoire, et Plas@Par (physique des plasmas).

L'école doctorale de rattachement principal est l'ED388 : Chimie Physique - chimie analytique de Paris Centre dont un des membres du laboratoire est directeur adjoint.

Plusieurs membres du LCP-MR sont actifs dans différents groupements de recherche (GDR) ; de nombreux personnels de recherche du LCP-MR sont fortement impliqués dans la vie du synchrotron Soleil. Au-delà de Soleil, des relations étroites existent également avec d'autres très grandes infrastructures de recherche aux échelles européenne et mondiale, aussi bien pour les synchrotrons (Bessy, Max IV, Spring8, etc.), que pour les lasers à électrons libres X (European XFEL, Flash, etc.).

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	12
Directeurs de recherche et assimilés	6
Chargés de recherche et assimilés	6
Personnels d'appui à la recherche	12
Sous-total personnels permanents en activité	40
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	4
Doctorants	21
Sous-total personnels non permanents en activité	26
Total personnels	66

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
Sorbonne Université	15	0	4
CNRS	0	11	4
Autres	1	0	0
Total personnels	16	12	12

AVIS GLOBAL

Fort d'une histoire prestigieuse portée par d'anciens directeurs et directrices emblématiques, le LCP-MR bénéficie depuis longtemps d'une réputation scientifique de premier plan. Une étude de 1996 du LCP-MR a ainsi ouvert la voie à l'un des lauréats du prix Nobel de physique 2023, pour la découverte expérimentale des impulsions optiques attosecondes. Durant la période examinée, le LCP-MR a su maintenir une politique scientifique de pointe, par son rôle moteur au sein des communautés scientifiques auprès des synchrotrons (synchrotron français Soleil en particulier) et des nouvelles sources de lumière eXtrême Ultra-Violet (Génération d'Harmoniques d'Ordre Elevé, ou GHOE) et X (lasers à électrons libres X, ou XFEL).

Durant la période considérée, le LCP-MR a démontré une excellence scientifique au plus haut niveau, tant sur le plan expérimental que théorique. L'unité s'est ainsi illustrée par une production scientifique de premier plan avec des publications dans des journaux tels que Nat. Commun., Angew. Chem., Int. Ed. Engl., JACS, Nature, Nature Physics, Science, Science Advances. Plusieurs faits attestent d'une excellente visibilité et attractivité scientifique : les distinctions reçues par ses membres (deux médailles de bronze du CNRS dans la période examinée, un prix Aimé Cotton de la Société française de Physique, une distinction au Japon) ; les invitations pour présenter leurs travaux dans des manifestations nationales et internationales (117 invitations dont une dizaine de conférences plénières) ; le recrutement de trois nouveaux chercheurs. Globalement, cette qualité est partagée par les différents axes de recherche ; le comité a ainsi noté des résultats marquants dans l'ensemble des équipes. À titre d'exemple, le comité a relevé la description operando du mécanisme réactionnel de l'oxydation du monoxyde de carbone à l'interface ZnO/Pt, ou encore la modélisation d'une expérience pionnière visant à suivre sur une échelle de temps attoseconde l'excitation transitoire de niveaux intermédiaires quasi-résonnants de l'hélium dans une excitation à deux photons XUV+IR.

La gouvernance du LCP-MR est très bonne, suscitant une ambiance stimulante pour les travaux de recherche, en particulier pour les doctorantes et doctorants. Un effort devra toutefois être mené pour améliorer l'équilibre de genre dans les différents postes de responsabilité au sein du laboratoire, en veillant néanmoins à ne pas

handicaper prématurément la carrière scientifique des jeunes chercheuses par de trop lourdes responsabilités administratives.

Les défis auxquels le LCP-MR est confronté relèvent principalement :

- des questions de renouvellement générationnel des personnels de recherche et d'appui à la recherche. Le comité note l'arrivée de trois jeunes chercheurs CNRS et d'un maître de conférences durant la période examinée, ce qui représente un effort important à l'échelle du laboratoire. La pyramide des âges du LCP-MR reste néanmoins globalement inquiétante, voire très inquiétante en ce qui concerne les enseignants-chercheurs. Pour les personnels d'appui à la recherche, la mutualisation de fonctions support critiques avec des laboratoires voisins apporte beaucoup, mais ne doit pas masquer le besoin de voir aussi des personnels d'appui jeunes nommés à temps plein au LCP-MR ;
- de son positionnement dans le paysage scientifique et universitaire parisien de la chimie-physique, et plus largement de la chimie et de la physique, le LCP-MR étant historiquement un laboratoire à l'interface entre ces deux grandes sciences. Malgré des ressources limitées, l'action de la fédération de recherche IP2CT a été saluée pour son animation scientifique, ses actions d'intérêt commun avec deux laboratoires voisins de Chimie-Physique et pour la mutualisation du dialogue intra-universitaire avec l'UFR de Chimie ; ces fonctions sont importantes pour le LCP-MR, et doivent être poursuivies par toute approche fédérative possible.

La trajectoire scientifique de long terme devra donner lieu à des réflexions poussées au sein du laboratoire et avec ses deux établissements tutelles. En effet, le positionnement intrinsèquement interdisciplinaire du LCP-MR, à la frontière entre chimie et physique, reste délicat et l'équilibre entre la thématique majeure de chimie et celle mineure de physique devra être maintenu.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport mentionnait plusieurs recommandations importantes : équilibrer une pyramide des âges inquiétante, optimiser la structuration en équipes, rendre possible l'ouverture aux industriels des systèmes expérimentaux.

En ce qui concerne la pyramide des âges, le laboratoire a vu plusieurs départs en retraite, un départ à l'international et une fin d'éméritat. En regard, l'unité a bénéficié de l'arrivée d'une directrice de recherche en mutation, de trois chargés de recherche CNRS, d'un maître de conférences, et des personnels d'appui à la recherche, éventuellement mutualisés. L'ensemble n'est pas encore suffisant pour assurer un retour à une pyramide des âges équilibrée mais les variations des personnels de recherche et d'appui doivent être suivies sur plus qu'un contrat quinquennal ; ces arrivées successives sont déjà tout à fait remarquables et contribuent largement à rééquilibrer la pyramide des âges. Néanmoins, cette embellie reste largement circonscrite aux personnels de recherche CNRS, la situation restant tendue pour les personnels universitaires de recherche.

La seconde recommandation concernait les possibilités de rapprochement ou de regroupement entre équipes, principalement entre deux équipes de théorie et une équipe expérimentale. Une reconfiguration a minima a effectivement été mise en œuvre, sans aller jusqu'à suivre les recommandations précises du comité précédent, en partie du fait de l'échec du recrutement d'un directeur de recherche senior.

La dernière grande recommandation concernait l'ouverture du laboratoire au monde industriel. Des efforts ont bien été engagés, en particulier pour donner la possibilité à des partenaires industriels privés de bénéficier de l'expertise de premier plan du LCP-MR en spectroscopie de photoélectrons. Un brevet a également été déposé. Enfin, plusieurs thématiques de recherche ont été définies de façon à présenter un intérêt économique et sociétal à terme, par exemple dans le domaine du stockage électrochimique de l'énergie ou celui de la catalyse. Néanmoins, le LCP-MR reste un laboratoire de recherche fondamentale, dont l'essentiel des travaux n'est pas de nature à intéresser directement des partenaires industriels. En revanche, le LCP-MR peut naturellement venir en soutien et ressourcement scientifique auprès de centres de recherche en procédés ou en sciences de l'ingénieur, qui, eux, peuvent assurer le contact avec le monde économique. Sur plusieurs sujets, le LCP-MR semble s'orienter vers une telle stratégie.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs scientifiques de l'unité, résultant des évolutions des lignes de recherche des différentes équipes et thématiques, sont discutés au sein des divers conseils de l'unité : comité de direction, conseil d'unité, conseil scientifique. De ces débats découle la définition d'objectifs scientifiques respectant la liberté propre des chercheurs, tout en permettant à l'équipe de direction de synthétiser les lignes de recherche en trois grands objectifs principaux : dynamiques ultra-rapides, chimie-physique des thèmes environnementaux et systèmes complexes. Le comité approuve ces trois grandes orientations. Cette organisation et la dynamique de recherche de l'unité permettent de définir et de faire évoluer des objectifs scientifiques pertinents, novateurs et ambitieux au sein de chacune des équipes avec, par exemple, l'introduction de lignes de recherche de spectroscopies sur liquides ou surfaces, qui interroge la distinction entre phases liquides et gazeuses, l'exploration des molécules fortement irradiées sur XFEL ou les études électrochimiques operando d'intérêt pour la transition énergétique.

Appréciation sur les ressources de l'unité

L'unité a obtenu un nombre important de contrats ANR (13 dont 5 comme coordinateur), permettant de couvrir l'essentiel des besoins. Conséquence de l'attractivité importante du laboratoire, le LCP-MR est souvent sollicité pour des projets portés par d'autres laboratoires.

Le nombre de contrats européens est moins élevé ; le comité note néanmoins la participation à un International Training Network. Le simple nombre de contrats européens formalisés n'est toutefois pas un indicateur pertinent : l'implication forte du LCP-MR dans plusieurs très grandes infrastructures de recherche européennes est en soi le résultat d'une excellente insertion dans l'espace européen de la recherche.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement général de l'unité est de très bonne qualité, avec un conseil d'unité et un conseil scientifique opérationnels, une bonne organisation collective du travail et une direction d'unité attentive aux personnels. Le LCP-MR est un laboratoire de taille moyenne, ce qui permet de garder un contact direct entre la direction et tous les personnels et de discuter collectivement des grandes directions scientifiques.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

Les points forts suivants concourent à la définition d'objectifs scientifiques pertinents et ambitieux.

Les équipes expérimentales et les personnels d'appui à la recherche du LCP-MR possèdent une expertise reconnue en instrumentation X, plaçant naturellement le LCP-MR en pointe dans des projets novateurs aux échelles nationale et internationale. À titre d'exemple, cette expertise a conduit le CNRS à confier au LCP-MR la mise au point d'un diagnostic X pouvant être exploité sur l'European XFEL.

Les équipes théoriques ont développé des savoir-faire sur le plan numérique, qui les amènent à être sollicitées par de multiples équipes expérimentales au plus haut niveau mondial, sur des projets où l'interaction lumière-matière est à la fois moyen et objet d'étude.

Au plan international, les différentes équipes disposent d'un réseau très important de collaborations pérennes en Europe (Allemagne, Italie, Suisse, Suède), au Japon, en Chine, aux USA ; certains membres de l'unité montrent ainsi une activité majeure auprès des grands instruments, synchrotrons et lasers à électrons libres, en particulier européens comme Eu-XFEL ou Max IV.

Au plan national, l'unité collabore étroitement avec le synchrotron Soleil et y développe des instruments sur les lignes de lumière. Dans plusieurs équipes, on peut parler de symbiose scientifique LCP-MR / Soleil. Des personnels de l'unité sont également fortement impliqués dans des groupements de recherche du CNRS.

Au plan local, les personnels de l'unité se sont fortement impliqués dans la préparation des structures collectives de recherche, au niveau de Sorbonne université, comme des écoles universitaires de recherche. L'unité comprend également le directeur de la fédération de recherche IP2CT et le directeur adjoint de l'école doctorale 388. Ces implications locales jouent un rôle important pour accroître l'insertion de l'unité dans le tissu universitaire et sa participation à la dynamique de recherche du site.

L'interdisciplinarité structurelle des travaux de cette unité à la frontière entre chimie et physique est à relever. La recherche développée au sein de l'unité est fortement interdisciplinaire, comme en témoigne l'obtention de la médaille de bronze par deux chercheuses CNRS, l'une en physique (section 04) et l'autre en chimie (section 13).

La bonne définition des objectifs scientifiques résulte largement de la qualité du dialogue au sein de l'unité et de son conseil scientifique, ce qui permet d'accompagner au mieux des initiatives scientifiques, comme le développement original d'un NAP-XPS il y a quelques années, du spectromètre Mosarix breveté en 2018, ou celui plus récent d'un « hub » sur l'installation UHV-XPS du campus.

Points faibles et risques liés au contexte

La pérennité des activités de l'équipe A2 « Interfaces, multimatériaux -- sources et optiques » n'est pas assurée à l'échéance de quelques années, au-delà du départ en retraite prévisible de l'actuel responsable de groupe. À terme, la productivité de l'équipe ne pourra être maintenue sans nouvelle nomination sur cette thématique.

L'axe B, essentiellement théorique, connaîtra aussi à terme un problème de renouvellement générationnel des personnels de recherche. Les frontières des équipes B1 « Structure électronique et processus en couche interne,

de la phase gaz aux systèmes corrélés » et B2 « Dynamique de systèmes quantiques en champs forts », et de leurs sous-thématiques deviennent plus floues. Le comité s'interroge sur la nécessité de garder à terme des équipes distinctes au sein de l'axe B, d'autant que la montée vers la complexité des systèmes a le potentiel pour devenir un objectif fédérateur, en particulier autour des méthodes d'exploration théorique et numérique.

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

Avec 200 k€ de financement annuel des tutelles et 5,1 M€ de contrats obtenus sur la période, les ressources financières de l'unité sont suffisantes pour mener à bien la majorité de ses projets de recherche. Les dotations proviennent des deux établissements tutelles et d'un nombre important de contrats ANR (13). Quelques actions exceptionnelles sont venues renforcer les ressources, par exemple, une aide spécifique du CNRS pour développer un spectromètre auprès de l'European XFEL, ou des participations à trois PEPR (LUMA, H2, spintronic).

L'expertise au niveau de l'instrumentation X est impressionnante, et a été renforcée par le recrutement d'un ingénieur de recherche très expérimenté.

Le comité a pris note de l'arrivée récente d'une informaticienne œuvrant à temps partiel pour le LCP-MR ainsi que pour les laboratoires Lise et Phenix. Son apport est capital pour l'unité, notamment pour la maintenance du cluster de calcul Obelix, qui était auparavant géré par les chercheurs et les enseignants-chercheurs théoriciens du LCP-MR.

Points faibles et risques liés au contexte

Des points d'alerte ont été relevés au niveau des ressources humaines. Le comité a noté que le service administratif de l'unité manquait de soutien ; à la date de l'évaluation, une procédure de recrutement était en cours, dont l'issue restait incertaine. L'attention du comité a été attirée à de multiples reprises sur les retards ou absences de paiements de vacances d'enseignement effectuées par des doctorants dépendant administrativement d'un autre établissement d'enseignement supérieur. Il en va de même du versement retardé, ou du non-versement des primes ou accompagnements financiers prévus dans un contrat européen de type International Training Network. Ces soucis administratifs induisent des risques psycho-sociaux pour les personnels concernés, parmi les plus jeunes et financièrement fragiles ; ainsi que des risques organisationnels et scientifiques pour les équipes de recherche. À terme, ces dysfonctionnements peuvent également fragiliser les candidatures futures aux appels à projet européens de même nature.

Les activités d'accueil des utilisateurs à Soleil exigent un fort investissement scientifique et s'avèrent fortement chronophages. Cette situation est le revers de l'expertise majeure de l'unité en instrumentation X, qui a permis le développement de systèmes importants installés à demeure à Soleil, comme, par exemple, la NAP-XPS, amenant naturellement leurs développeurs membres du LCP-MR à faire bénéficier de nombreux utilisateurs de leur expertise. La forte demande d'utilisation de ces systèmes participe à l'attractivité de l'unité, et à sa production scientifique ; néanmoins, au-delà d'une charge raisonnable, elle peut finir par pénaliser le développement des projets de recherches propres des équipes du LCP-MR, en particulier en ce qui concerne les enseignants-chercheurs dont une partie du temps est consacrée à l'enseignement.

L'atelier de mécanique est un élément central dans tout laboratoire ayant des activités expérimentales comportant de l'instrumentation de pointe. Une seule personne œuvre principalement à la réalisation au sein de l'atelier mécanique de l'unité, qui pourra partir en retraite à l'échéance de quatre ans ; par ailleurs cet atelier ne dispose pas de machines à commande numérique, alors que les jeunes mécaniciens sont aujourd'hui formés exclusivement sur cette technologie. Ces deux facteurs juxtaposés induisent un risque sur la bonne continuité des activités de l'atelier de mécanique dès un horizon de cinq ans.

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

Aucun souci relié à l'éthique, à la protection du patrimoine ou à la gestion des données n'a été relevé par le comité. La thématique de l'unité ne prête pas à des problèmes éthiques particuliers, que ce soit sur les plans économiques, de défense, ou en lien avec les sciences du vivant.

La politique de gestion des ressources humaines menée par la direction du LCP-MR pour les personnels d'appui à la recherche est jugée exemplaire par le comité.

La direction réussit à donner une bonne dynamique de dialogue scientifique collectif et à créer une vie de laboratoire, avec une capacité de direction par le dialogue et par la persuasion qui a été saluée par le comité. Cette organisation doit grandement à la taille raisonnable de l'unité, qui permet des échanges avec tous les personnels, et ainsi d'allier efficacité et bonne ambiance.

Points faibles et risques liés au contexte

Le comité a identifié un problème sérieux d'Hygiène et Sécurité sur les installations expérimentales : les installations expérimentales des locaux du LCP-MR ne permettent pas de garantir une évacuation sécurisée des effluents gazeux des systèmes expérimentaux ou sorbonnes, alors qu'il peut s'agir de molécules ou d'éléments toxiques. Ce problème est apparu lors du déménagement depuis l'ancien site vers les locaux de Jussieu, et est connu de l'université. Le comité juge hautement anormal qu'aucune mesure corrective n'ait été entreprise par Sorbonne université, et ce depuis plusieurs années. Des inondations sont également récurrentes dans les sous-sols, avec une atteinte potentielle à la sûreté des installations ; enfin des soucis de propreté des locaux et des sanitaires ont été mentionnés, sujet relevant de l'hygiène au travail.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'attractivité scientifique du LCP-MR est de premier plan, comme en attestent les collaborations nationales et internationales mises en place par l'unité, l'implication de ses membres sur les sources de lumière X, le taux de réussite important au recrutement compétitif à l'entrée au CNRS, l'arrivée d'une directrice de recherche en mutation, le nombre de contrats de recherche nationaux obtenus, l'arrivée de nombreux doctorants dont plusieurs en co-tutelles, les prix scientifiques français et internationaux décernés aux membres de l'unité. Parmi les facteurs qui concourent à cette attractivité, le comité souligne notamment l'expertise en instrumentation X des équipes du LCP-MR.

- 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

Presque tous les indicateurs classiques montrent une excellente attractivité du LCP-MR.

Les équipes tant expérimentales que théoriques du LCP-MR sont très demandées pour des travaux collaboratifs basés sur les sources de lumière traditionnelles comme les synchrotrons (synchrotron Soleil à Saint Aubin, Bessy à Berlin, Max IV à Lund), ou émergentes comme les XFEL (European XFEL de Hambourg, FLASH, Fermi) ou les lignes de génération d'harmoniques d'ordre élevé (Lund Laser Center, AttoLab, Celia). Le LCP-MR se situe ainsi au centre de nombreuses collaborations, aux niveaux national et international. Cette attractivité doit beaucoup à l'activité de certains des membres de l'unité auprès de ces grands instruments : l'unité compte ainsi le responsable de la ligne Galaxies à Soleil, un membre du comité d'évaluation de programmes scientifiques du synchrotron Max IV à Lund en Suède, un membre du comité d'évaluation du SLS au Paul Scherrer Institut à Villigen en Suisse, la direction du GDR XFEL, etc.

Toutes ces collaborations se traduisent par un nombre élevé de conférences invitées (123) voire plénières (12). Les conférences invitées sont bien réparties parmi les membres du laboratoire, et les plus jeunes y participent.

Plusieurs prix scientifiques viennent récompenser la qualité des travaux de l'unité, notamment deux médailles de bronze du CNRS, avec une troisième au-delà de la période formellement examinée, et un prix de la division Chimie-Physique de la SFP. Un workshop scientifique fut organisé en 2018 en l'honneur de l'un des membres de l'unité, à l'université Sophia, l'une des plus prestigieuses universités privées du Japon.

Les flux entrants sur le plan des ressources humaines démontrent également une réelle attractivité scientifique : quatre recrutements de chercheurs permanents, dont trois au CNRS en compétition ouverte nationale, une mutation de directrice de recherche très expérimentée, et vingt-sept doctorants.

Le nombre de réussites à des appels à projets de type ANR est très élevé (treize dont cinq comme coordinateur), ce qui est un indicateur clair de la bonne santé scientifique de l'unité. Ce succès découle également d'une politique affirmée de collaborations nationales. L'ensemble contribue par ailleurs à un flux régulier et important de nouveaux doctorants, en moyenne cinq par an.

L'expertise technique des équipes du LCP-MR, en particulier au niveau de l'instrumentation X, est reconnue au plan international. Plusieurs spectromètres développés par ces groupes sont ainsi installés sur synchrotrons, en particulier sur Soleil : Nap-XPS sur la ligne de lumière Tempo, spectromètre AERHA sur la ligne de lumière Sextants, spectromètre Haxpes sur la ligne de lumière Galaxies. D'autres instruments ont été conçus pour des expériences sur les lasers à électrons libres X comme Flash2 (ligne FL24), ou comme l'European XFEL de Hambourg, avec le spectromètre Tresor, qui a bénéficié d'un soutien spécifique du CNRS.

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

Le LCP-MR semble avoir relativement peu recours aux possibilités de financements attribués par la Commission européenne, à l'exception notable de ceux d'un réseau ITN. Le comité a noté une appétence faible pour les demandes au Conseil Européen de la Recherche (ERC). Ces appels ont effectivement des taux de succès bas. Des échecs rencontrés lors de premières demandes ont pu décourager des membres de l'unité.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique est d'un niveau excellent, aussi bien sur les plans quantitatifs que qualitatifs, conférant au LCP-MR une forte visibilité internationale.

- 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 excellente tant du point de vue de la quantité de productions scientifiques, que de la qualité des meilleures d'entre elles, avec près de 400 articles publiés dans les meilleures revues de la discipline mais aussi dans des journaux à large audience, tels que Nat. Commun. (6), Angew. Chem., Int. Ed. Engl. (2), JACS (2) Nature (1), Nature physics (1), Science (2), Science Advances (4). Le comité a particulièrement remarqué l'accroissement du nombre de publications et de résultats marquants obtenus dans le cadre des XFEL, thématique pour laquelle le LCP-MR a joué un rôle essentiel pour entraîner la communauté scientifique française.

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

Le comité a noté trois points de vigilance.

Le synchrotron Soleil va prochainement passer par une période d'arrêt pour jouvence. Le fonctionnement de l'installation sera alors modifié, ce qui a des répercussions sur l'instrumentation X développée au LCP-MR et installée à demeure sur Soleil. Cependant, cette situation a été largement anticipée par les équipes, soit au plan de la modification des spectromètres que de l'évolution des thématiques et des partenariats.

Le comité a constaté que les maîtres de conférences nouvellement recrutés peuvent être happés par leurs activités statutaires d'enseignement lors des premières années d'exercice. C'est alors un facteur limitant pour la montée en puissance des activités de recherche.

Le fait que certains membres du LCP-MR assument un travail d'intérêt collectif auprès du synchrotron Soleil est d'une grande importance pour la communauté française. Ce type de fonction est cependant extrêmement chronophage, ce qui crée un risque de baisse de la production scientifique sur les sujets pilotés par l'unité.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

Les thématiques du LCP-MR sont globalement très fondamentales et peu adaptées à des interactions fortes avec le milieu industriel. On note néanmoins plusieurs objectifs de recherche (micro-structuration du lithium pour les batteries, réactivité aux surfaces, etc.) directement liés à la catalyse, et donc susceptibles de contribuer à ce domaine essentiel pour la chimie industrielle, ou à la transition énergétique.

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

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

Les membres de l'unité participent à des animations de la Fête de la science. L'unité accueille des lycéens et des collégiens pour les sensibiliser à la recherche académique (visite de laboratoire).

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

De par la nature des travaux poursuivis au sein de l'unité, les défis sociétaux ne constituent pas une question sur laquelle les membres du LCP-MR sont attendus. Les relations industrielles ou avec le monde économique en général sont assez faibles, malgré certains efforts. Ainsi, l'unité a déposé un brevet en 2018 sur le spectromètre Mosarix pour la détection efficace de photons X.

L'activité de médiation scientifique apparaît en retrait par rapport aux autres activités du laboratoire.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

L'unité met en avant une politique scientifique avec trois grandes directions de long terme : les dynamiques ultra-rapides, les sujets d'intérêt environnemental et la montée vers les systèmes complexes (systèmes multi-électroniques, corrélés, solvatés, etc.). Ces trois objectifs semblent tout à fait pertinents et ont un vrai potentiel fédérateur. Les dynamiques ultra-rapides bénéficient en cette fin 2023 d'un coup de projecteur prononcé, à la suite du prix Nobel de physique sur les impulsions attosecondes. Le LCP-MR collabore beaucoup avec le groupe d'Anne L'Huillier, qui a largement expliqué à la grande presse qu'un apport essentiel de la physique attoseconde serait de pouvoir suivre en temps réel les premières étapes d'une réaction chimique. On est là au cœur de l'expertise du LCP-MR, et les approches résolues en temps aux précisions optiques et X ultimes peuvent bénéficier à tous les axes du laboratoire.

Les sujets d'intérêt environnemental et en particulier la capacité de suivre en mode operando des réactions élémentaires ou de caractériser des matériaux comme les matériaux de batterie (équipes A2, A3, C1), confèrent un grand potentiel applicatif aux méthodes expérimentales de pointe développées au LCP-MR. Ces travaux peuvent représenter la contribution scientifique de l'unité aux thématiques d'importance sociétale.

Les études de systèmes de plus en plus complexes ouvrent de nouvelles pistes, par exemple par l'utilisation de la NAP-XPS sur des solutions aqueuses. Cela permet également à l'unité de s'ouvrir à des compétences nouvelles, par exemple, par la mise en œuvre de l'apprentissage profond concernant les œuvres d'art. Enfin, les études de systèmes moléculaires solvatés, ou de lumière avec moment orbital, donnent de nouvelles perspectives d'études. Chacun de ces thèmes doit permettre un dialogue avec les autres sujets faisant la force du laboratoire, dans une approche associant harmonieusement les études et les méthodes de la physique aux domaines et aux systèmes relevant de la chimie.

Sur le long terme, le LCP-MR poursuit donc une trajectoire dynamique, bien visible et très reconnue au plan national et international. Le laboratoire réussit à trouver des ressources financières, à construire de nouvelles collaborations internationales, et à attirer des jeunes talents, malgré un positionnement scientifique intrinsèquement inter-disciplinaire, ce qui, dans le monde réel, pose objectivement des difficultés, par exemple, pour les questions de promotion des enseignants-chercheurs habilités. La résolution de ce type de problème aigu passe par un dialogue renforcé avec la tutelle universitaire et des actions concrètes de cette dernière orientées vers l'interdisciplinarité.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

L'unité apparaît globalement bien organisée, mais différents points pourraient néanmoins être améliorés.

Le renouvellement des ressources humaines est crucial, aussi bien pour les personnels de recherche que d'appui. Concernant ces derniers, le comité a noté que les demandes en postes auprès de Sorbonne université semblaient moins fréquentes et moins appuyées qu'auprès du CNRS. Même si les possibilités de créations de postes à l'université sont réduites, le comité incite l'unité à équilibrer la pression pour les postes d'appui auprès des deux établissements tutelles.

La collaboration étroite avec Soleil est fondamentalement un point très fort de l'unité. Néanmoins, le comité recommande à l'unité d'engager un dialogue avec sa tutelle universitaire pour obtenir une prise en compte des implications d'intérêt collectif auprès de Soleil de la part de ses enseignants-chercheurs dans leurs demandes de décharges de service, ainsi que dans leurs dossiers de carrière. La même discussion pourra concerner la mise en place d'actions d'accompagnement aux maîtres de conférences, nouvellement recrutés, pour le démarrage de leurs activités de recherches, grâce à des décharges de service sur les premières années.

Un point spécifique concerne l'atelier de mécanique. Le comité encourage l'unité à préparer dès à présent le passage de relais entre personnel actuel et futur, même si l'échéance de transition n'est pas de très court terme. Un passage aux machines numériques semble s'imposer, ce qui pourra nécessiter une approche programmatique et pluriannuelle.

L'accueil des nouveaux entrants pourrait être notablement amélioré. Le comité recommande la mise en place d'un livret d'accueil au sein du laboratoire, pratique courante au sein de nombreuses unités mixtes. Un tel livret permet à la direction de vérifier après, par exemple trois mois, que le nouvel entrant a bien eu connaissance de tous les éléments de vie collective et a souscrit aux différentes chartes.

Au-delà du livret d'accueil, l'accompagnement des entrants internationaux dans les méandres de l'administration française est un sujet délicat. Cet accueil est actuellement principalement mené par les collègues proches. Un accompagnement par une cellule spécialisée et opérationnelle de Sorbonne université serait très souhaitable. Le comité encourage l'unité à une discussion sur ce point avec la tutelle universitaire.

Bien qu'aucun problème d'ambiance ne soit apparu entre les doctorants ou post-doctorants, il serait souhaitable de stimuler une vie collective plus fournie. Ainsi, le comité préconise que la journée scientifique annuelle des doctorants, qui est actuellement organisée par des permanents, le soit par les doctorants eux-mêmes. À l'échelle de l'unité, une journée festive collective pourrait également être envisagée.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Le LCP-MR bénéficie d'une excellente attractivité et le comité ne peut qu'encourager l'unité et tous ses personnels, toutes catégories confondues, à poursuivre dans cette voie.

Au-delà de la section CNU 31, le comité encourage l'unité à insister sur les demandes de profils de postes d'enseignants-chercheurs dans les sections CNU de la physique, en particulier la 28^{ème} section, dont le profil scientifique correspond aux expertises d'une partie des personnels. De telles demandes devraient concerner aussi bien des postes de maîtres de conférences que de professeurs, susceptibles de donner des opportunités aux enseignants-chercheurs en place de bénéficier de promotions.

Le comité incite les membres de l'unité à proposer un enseignement de master spécifique à l'interface chimie-physique, ce qui permettrait de lever une partie des questionnements sur les profils scientifiques des doctorants.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité incite les membres de l'unité à accroître leurs efforts pour obtenir des financements à l'ERC. En effet, l'apport de l'ERC est potentiellement important dans une compétition mondiale toujours plus vive. La responsabilité revient à chacun des personnels de recherche de l'unité susceptible de déposer une candidature à chacun des niveaux (starting, consolidated, advanced), et non à la direction de l'unité.

Le comité encourage le LCP-MR à poursuivre sa dynamique des soutenances d'habilitations à diriger des recherches.

Les postes à responsabilité collective (équipe de direction, responsables d'équipes) sont aujourd'hui exclusivement masculins. Un effort pour impliquer de plus en plus de personnels féminins serait le bienvenu, en faisant toutefois très attention à ne pas surcharger de travail les jeunes chercheuses du LCP-MR dans leurs années scientifiquement les plus prolifiques.

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

Certains des sujets de recherche récents ont été clairement choisis pour leur importance dans la problématique globale de la transition énergétique, par exemple au niveau des batteries. Cette approche visant à explorer des sujets très fondamentaux en gardant en tête un objectif final applicatif et sociétal est parfaitement adaptée au LCP-MR, unité de recherche fondamentale. Pour autant, il ne suffit pas d'afficher une finalité sociétale ultime aux travaux menés ; il faut aussi s'inscrire dans une approche collective du développement des retombées de ces travaux, et de leurs articulations entre unités de recherche, locales et nationales. Cette question de définition de la ou des meilleures structures fédératives susceptibles de rassembler le LCP-MR et les laboratoires géographiquement proches ou thématiquement complémentaires est donc centrale pour l'unité.

Le comité considère comme nécessaire de prendre le temps de réfléchir aux structures fédératives possibles, pour le dialogue scientifique entre laboratoires que pour les processus de concertations entre unités, ou entre unité et tutelles. La fermeture probable de la fédération IP2CT, sans recréation préalable d'une ou des fédérations, par exemple une fédération universitaire purement locale et une fédération CNRS thématique et nationale, est susceptible d'affecter le bon développement du projet de laboratoire du LCP-MR. Le comité recommande donc à l'unité d'engager avec ses tutelles une réflexion afin de définir la ou les meilleures structures fédératives. Le LCP-MR pourrait aussi réfléchir au meilleur contexte pour utiliser et mettre à la disposition de la communauté certains des outils qu'il a développés et qui sont très performants, au sein d'une plateforme ou d'une fédération.

Les relations industrielles directes sont toujours appréciables et le comité encourage les personnels à continuer la veille pour identifier d'éventuels partenaires économiques. Le LCP-MR développe des outils dans le domaine de l'émission X ou d'électrons qui pourraient conduire au dépôt de brevets même si ce point n'est pas central pour cette unité.

La médiation des sciences est une mission générale des personnels de recherche, et des unités. Le LCP-MR a mené des actions dans ce sens. Pour autant, les actions de médiation pourraient être renforcées.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe A1 : Systèmes fortement corrélés - Matériaux magnétiques
 Nom du responsable : M. Georghe Sorin Chiuzbaiian

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe étudie les interactions électroniques et magnétiques dans des solides nanostructurés présentant ou non de fortes corrélations électroniques, ainsi que leurs dynamiques ultrarapides (< 1 ps). L'approche expérimentale se base sur l'absorption des rayons X et son dichroïsme magnétique, ainsi que sur la diffusion résonante des rayons X, éventuellement exploitées dans un schéma pompe-sonde. Dans ce cas, la matière étudiée est portée hors équilibre puis sondée aux échelles de temps femtoseconde. L'équipe contribue fortement au développement de l'usage avancé des sources synchrotron, X-FEL (X-ray Free Electron Laser) et sources pulsées de lumière eXtrême Ultra-Violet, par le test de nouveaux instruments et le développement de stations expérimentales.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La précédente évaluation conseillait un renfort en matière de personnels d'appui à la recherche et de doctorants ou de post-doctorants. La période évaluée a vu les départs d'un directeur de recherche émérite et d'un professeur émérite, tous deux spécialistes de spectroscopies (résonantes) de rayons X. Un professeur spécialiste des dynamiques ultrarapides a également quitté l'équipe, étant nommé directeur scientifique d'un institut à l'international (Helmholtz Zentrum Berlin). Ces départs n'ont été compensés que par un seul recrutement au CNRS. En revanche, un appui conséquent aux activités de recherche a été apporté par six doctorants et deux post-doctorants au cours de la période d'évaluation.

Une recherche de financements au niveau européen était également recommandée. Durant la période d'évaluation, deux contrats à l'échelle internationale ont été conclus : un PICS (Projet International de Coopération Scientifique) et une thèse CSC (China Scholarship Council). L'équipe a cependant principalement bénéficié de financements nationaux, notamment ceux de trois contrats de l'ANR et deux du CNRS (Momentum et TGI). Les financements obtenus ont permis de soutenir les activités de recherche de l'équipe lors de la période d'évaluation.

Un renforcement de l'animation scientifique de l'équipe était préconisé, notamment par des collaborations plus fortes entre membres de l'équipe. L'extension récente des mesures de diffusion inélastique résonante au schéma pompe-sonde démontre un effort dans ce sens.

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

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

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe dispose d'une excellente expertise dans l'utilisation de sources de rayons X avancées et développe une instrumentation de pointe pour la réalisation d'expériences nouvelles en France et dans plusieurs centres européens. Les membres de l'équipe sont par ailleurs très impliqués dans le pilotage scientifique des recherches menées sur grands instruments. La production scientifique de l'équipe reflète l'excellente qualité des instrumentations développées et leur apport unique pour l'étude des matériaux magnétiques présentant ou non de fortes corrélations électroniques.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe dispose d'une expertise reconnue dans l'utilisation de sources de rayons X avancées, ce qui la rend capable d'accompagner ou de mener les plus récents développements de sources ou d'instrumentation, sur accélérateur comme au sein de laboratoires utilisant des lasers à forte puissance crête. Cela s'est illustré, durant la période d'évaluation, par la coordination des campagnes de mesures pilotes de la ligne « Spectroscopy and Coherent Scattering » de l'European X-FEL par un membre de l'équipe. La participation active d'un second membre de l'équipe aux toutes premières expériences de diffusion inélastique résonante de rayons X en mode pompe-sonde, sur les X-FELs Fermi et Flash, constitue un autre exemple.

Le développement d'une instrumentation de pointe adaptée aux lignes de lumière favorise des liens institutionnels et collaboratifs privilégiés avec les sources de lumière, ainsi que l'obtention de temps de faisceau. À titre d'exemple, le spectromètre AERHA conçu par un membre de l'équipe a été installé de façon pérenne au synchrotron Soleil et a fait l'objet d'une convention d'accueil assurant deux semaines de temps de faisceau à l'équipe jusqu'à la fin de l'année 2019.

L'expertise des membres de l'équipe est très recherchée, comme le montre la participation à cinq comités d'évaluation de propositions d'expériences pour des synchrotrons et X-FELs, en Europe et dans le monde : Swiss Light Source, Diamond au Royaume-Uni, MAX IV en Suède, Linac Coherent Light Source aux États-Unis, Taiwan Photon Source. Les membres de l'équipe ont également examiné trois projets de lignes de lumière et un projet de jouvence de synchrotron en dehors de nos frontières : ligne SIX@NSLS2 aux États-Unis, ligne 47A@ NSRRC à Taiwan, ligne HAXPES@Max_IV en Suède et projet de jouvence de Bessy_III en Allemagne. Enfin, un membre de l'équipe a été choisi pour coordonner les campagnes de mesures pilotes sur la ligne de lumière « Spectroscopy and Coherent Scattering » de l'European XFEL (Hambourg), aboutissant à une publication rassemblant une centaine de futurs utilisateurs.

Un total de 109 publications est rapporté durant la période d'évaluation, dans de nombreuses revues comme Physical Review X, Structural Dynamics, ou Journal of Material Chemistry. Bien qu'une partie de ces articles soit liée aux activités d'accueil d'utilisateurs extérieurs par un des membres de l'équipe en détachement à Soleil, la production scientifique peut être qualifiée de très dynamique. Celle-ci reflète l'excellente qualité des instrumentations développées à Soleil, Flash, Fermi et Eu-XFEL, l'implémentation d'expériences novatrices sur les sources d'harmoniques d'ordre élevé, et les observations d'une résolution temporelle, spectrale et spatiale sans précédent auxquelles ces développements donnent accès. La production et l'attractivité de l'équipe A1 la placent ainsi à un niveau international.

Points faibles et risques liés au contexte

Les activités de recherche de l'équipe se basent presque exclusivement sur l'usage des synchrotrons et des lasers à électrons libres, ce qui les rend très dépendantes du taux d'acceptation des propositions d'expériences. En période de crise sanitaire ou de hausse des prix de l'énergie, cette situation peut devenir problématique. En outre, un nombre non négligeable d'installations subissent ou vont subir dans les prochaines années de conséquentes opérations de jouvence, réduisant d'autant le temps de faisceau distribué aux utilisateurs.

L'axe de recherche lié à la spectroscopie de niveaux électroniques localisés reste porté par un seul enseignant-chercheur, ce qui peut potentiellement fragiliser l'activité.

Le caractère très fondamental des recherches menées par l'équipe limite de fait leur inscription dans les enjeux sociétaux à court et moyen terme. Il est à noter toutefois que les recherches en femto-magnétisme pourraient déboucher sur de nouveaux concepts de mémoires pour les technologies de l'information.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Le projet de l'équipe s'appuie sur les nombreux développements instrumentaux et expérimentaux réalisés lors de la présente période d'évaluation, et sur deux questions scientifiques d'actualité : (1) la compréhension des mécanismes sous-tendant les dynamiques d'aimantation ultrarapide, y compris l'évolution hors équilibre du spectre des excitations électroniques et magnétiques s'agissant des composés de magnétisme localisé, et (2) la détermination des excitations électroniques et magnétiques de basse énergie dans les matériaux quantiques. L'usage de sources laser générant des harmoniques d'ordre élevé apparaît comme une opportunité intéressante pour ces travaux de recherche, de par leur bonne accessibilité au niveau de temps de faisceau. La stratégie d'unification des efforts de l'équipe autour de la dynamique des excitations électroniques et magnétiques permettra certainement de collecter des résultats inédits et originaux, en excellente place dans le contexte international.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe mène de front deux ambitieux programmes de recherche, d'une part, sur les structures électroniques locales et leurs dynamiques et, d'autre part, sur les dynamiques d'aimantation ultrarapides. Le comité recommande de veiller à maintenir un appui à ces recherches, en maintenant au bon niveau actuel le recrutement de doctorants et de post-doctorants, et en menant une politique active de présentation de candidats aux différents concours de chercheurs et enseignants-chercheurs. Le comité recommande par ailleurs de dynamiser la participation aux programmes européens, afin d'assurer la continuité du déploiement d'une instrumentation de pointe au rythme imposé à l'international.

Équipe A2 : Interfaces, Multimatériaux, Source et Optique X

Nom du responsable : M. Philippe Jonnard

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe se consacre à la caractérisation de surfaces composées de multicouches d'épaisseur nanométrique pour concevoir des optiques dans les domaines de l'extrême UV ou des rayons X mous. Une part importante de son travail concerne la caractérisation de ces interfaces par des méthodes non destructives reposant pour beaucoup sur la spectroscopie d'émission X. L'équipe a développé une méthode de diffraction des rayons X émis par la surface (diffraction de Kossel) dans laquelle elle fait autorité (article de revue en 2019). Une évolution récente de ses activités est l'application de ces optiques à la spectroscopie du lithium dans un but de microanalyse X, avec une résolution micrométrique, une bonne résolution spectrale, et une sensibilité à l'environnement chimique, dans le cadre de l'étude des batteries Li ion.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le comité précédent suggérait la prise de brevet, ce qui n'a pas été fait. En revanche, on peut noter l'évolution des travaux de l'équipe vers une claire démarche applicative. Le rapport précédent mentionnait en effet la nécessité de faire apparaître les potentielles applications des optiques conçues dans l'équipe et de leur trouver des débouchés concrets. La cartographie du lithium est une évolution intéressante qui répond à cette recommandation avec un fort impact dans un domaine actuellement stratégique lié au lithium.

La taille de l'équipe reste sous-critique avec peu de changement par rapport à la période précédente : un DR et une MCF, un ou deux doctorants et un ingénieur. En revanche, l'équipe a réussi à augmenter ses capacités budgétaires (419 k€ pour 2017-2020).

Un rapprochement accru a été développé avec plusieurs laboratoires nationaux et internationaux. Il n'est en revanche pas clair pour le comité sur quel point l'équipe a renforcé les synergies au sein de l'unité, bien qu'il y ait deux publications communes avec les équipes A1 et B1.

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

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

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe possède une compétence rare dans la caractérisation des optiques à base de multicouches minces et propose une application de ces optiques à un sujet novateur, la cartographie du lithium dans des systèmes complexes. Elle a une très bonne activité de publication (39 articles dont 22 avec un doctorant) dans d'excellents journaux du domaine (Eur. Phys. J. Appl. Phys., J. Nanosci. Nanotechnol., J. Synchrotron radiation) et de formation d'étudiants (6 thèses durant la période évaluée, activité notable au regard de la petite taille de l'équipe).

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe est très présente sur les lignes de lumière (synchrotron et X-FEL) où elle a obtenu beaucoup de temps de faisceau. Elle dispose d'un parc instrumental de deux spectromètres dans le domaine des X mous qu'elle améliore régulièrement, en particulier grâce au recrutement d'un ingénieur de recherche. Ces instruments sont très performants et parfois uniques. L'équipe trouve régulièrement de quoi les financer, par exemple : un Projet Instrumentation du LabEx MiChem (40 k€) « Energy dispersive X-ray CCD camera for Scanning Free Wavelength Dispersive Spectrometry », le projet ANR SQLX (322 k€) « Spectroscopie et quantification du lithium par microanalyse X » porté par un membre de l'équipe.

L'équipe a de nombreuses collaborations nationales (par exemple Institut de Physique et Chimie de Strasbourg, Institut d'Électronique Fondamentale, Institut des Matériaux de Nantes) et internationales (par exemple Elettra en Italie, Institute of Physics of Microstructure en Russie). On relève en particulier une collaboration très suivie avec la Chine (Tongji University).

Les doctorants sont très bien encadrés. Malgré sa petite taille, l'équipe arrive à trouver des financements de thèses (2 contrats doctoraux de l'école doctorale Chimie Physique et Chimie Analytique de Paris Centre - ED 388, 2 contrats CEA, 1 contrat ANR, 1 programme Sorbonne université – National Science Foundation of China). Parmi les 38 articles de l'équipe au cours de la période considérée, vingt-et-un impliquent un ou plusieurs doctorants de l'équipe.

L'équipe a organisé la conférence internationale « PXRNMS2018, « Physics of X-Ray and Neutron Multilayer Structures ». La production et l'attractivité de l'équipe A2 la placent à un niveau international.

Points faibles et risques liés au contexte

Une partie du parc expérimental est vieillissant, comme le spectromètre IRIS. Les équipements principaux de l'équipe, pour certains en fin de vie, bénéficient d'un soutien pour la maintenance mais aucune stratégie de remplacement n'est proposée au long terme.

Malgré les défis liés à la pyramide des âges, l'équipe a su conserver un effectif de personnel constant mais reste largement sous-critique en vue du nombre croissant de projets. De nombreux axes de recherche sont mentionnés, ce qui est une preuve du dynamisme de l'équipe mais présente un risque sur le plan de la masse critique. Par exemple, l'inversion de population dans les multicouches, sous irradiation X, semble avoir des limitations expérimentales fortes et on peut se demander si la taille de l'équipe lui permettra de mener ce sujet difficile en parallèle avec ses autres axes de recherche.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les projets de l'équipe s'orienteront vers la quantification du lithium dans des matériaux complexes, un sujet nouveau dans l'équipe (projet ANR SQLX). L'équipe a donc élaboré une stratégie prometteuse avec des débouchés concrets pour l'analyse spectroscopique X de lithium. Ce sujet s'inscrit parfaitement dans le challenge sociétal actuel concernant le domaine de l'énergie et relatif à une utilisation circulaire du lithium en tant que matériau de batterie. Ces nouveaux projets sont pertinents et pourraient à terme augmenter les actions de valorisation de l'équipe.

Des développements expérimentaux sont aussi prévus pour élargir les possibilités de la technique de diffraction de Kossel; il s'agira en particulier de la rendre compatible avec un montage de laboratoire et non plus uniquement avec le rayonnement synchrotron. L'évolution des sujets de l'équipe vers la cartographie du lithium est très positive et entre dans le cadre d'un projet ANR PRC.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'évolution des thématiques vers l'analyse de la cartographie du lithium est très positive. Rendre le montage de diffraction de Kossel compatible avec un montage de laboratoire pourrait s'accompagner d'une réflexion sur une application plus large de cette technique, peut être au sein d'une plateforme de l'université.

Vu la petite taille de l'équipe, il serait souhaitable que tous ses membres aient l'habilitation à diriger des recherches.

Pour assurer la pérennité à terme de la thématique, le comité encourage l'équipe à rechercher dès maintenant des candidats potentiels susceptibles de prendre la relève scientifique à l'échéance de quelques années.

Équipe A3 : Surfaces fonctionnalisées et environnementales

Nom du responsable : M. Fabrice Bournel

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe s'intéresse aux mécanismes des réactions catalytiques et électrochimiques, aux phénomènes d'oxydation et aux mécanismes de dépôt de couches atomiques (ALD). La réactivité de surface est analysée à travers les changements de structure électronique des différentes espèces chimiques, en lien avec la morphologie à échelle locale des surfaces et interfaces de matériaux à fort potentiel technologique. L'approche expérimentale repose principalement sur l'usage de deux appareils de photoémission développés et entretenus par l'équipe, l'un sous ultra-haut vide (UHV-XPS@Jussieu) et l'autre à pression proche de l'ambiante (NAP-XPS@Soleil). Ces mesures sont éventuellement complétées par la microscopie à sonde locale en conditions dites environnementales (e-STM) et par spectroscopie Raman.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent comité recommandait une ouverture plus large au monde industriel. Des efforts ont été faits en ce sens, avec le développement d'un projet de recherche autour de l'étude operando de catalyseurs d'intérêt pour les questions environnementales. Des contacts ont été pris avec des industriels et le laboratoire Ircelyon, pour l'instant sans contrat de collaboration établi. L'utilisation des appareils de photoémission par des industriels est également recherchée, par la mise en plateforme de l'instrument UHV-XPS ou encore la prise de contact avec la cellule « Relations industrielles et valorisation » de Soleil où est installée la NAP-XPS. Cependant, ces pistes n'ont pas encore abouti. Le précédent rapport mentionnait le dépôt de brevets en lien avec les développements instrumentaux réalisés : ce point est resté en retrait.

Le précédent comité notait le large champ d'études ouvert par l'installation de la NAP-XPS à Soleil, et préconisait un agrandissement de l'équipe pour en tirer tout le bénéfice en évitant de s'orienter vers une activité qui pourrait être dominée par la prestation de services. La taille de l'équipe reste critique au regard de ses activités et de l'implication de deux de ses membres en tant que « local contact » à Soleil. Le recrutement d'un chercheur CNRS durant la période évaluée n'a pu aboutir. Cette problématique a pour l'instant été résolue par la poursuite et le renforcement de partenariats aux échelles locale, nationale et internationale.

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

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

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'attractivité de l'équipe réside dans ses savoir-faire reconnus dans le domaine de la spectroscopie de photoémission. La NAP-XPS, développée par l'équipe et installée en 2013 au synchrotron Soleil, est l'une des stations expérimentales les plus demandées. L'UHV-XPS@Jussieu a bénéficié d'une jouvence complète en 2019 et la mise en service du « HUB » favorisera son utilisation à plus grande échelle. La production scientifique est de haut niveau et les manifestations organisées ou auxquelles a participé l'équipe témoignent de son rayonnement scientifique de premier plan.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe se distingue par son rayonnement scientifique (publications dans des revues à large audience telles que ACSNano, Sci. Adv. et Angewandte Chemie Int. Ed.), pour ses thématiques originales d'intérêt sociétal. Ce rayonnement résulte également de sa présence dans des conférences de haut niveau (e.g. MRS Spring Meeting NanoTN 2022, Workshop in Operando Science ; ECOSS 34). La production et l'attractivité de l'équipe A3 la placent ainsi à un niveau international.

Une partie des recherches de l'équipe est orientée vers les thématiques énergie, climat, environnement.

Un point important est la participation active de l'équipe à l'évolution de la ligne Tempo au synchrotron Soleil, et l'assurance de pouvoir récupérer la place NAP-XPS après la jouvence de Soleil prévue à l'horizon de cinq ans.

Le spectromètre de photoémission mis en plateforme sur le campus de Jussieu est à la pointe du domaine, et possède un potentiel d'utilisation large par les équipes des laboratoires voisins et au-delà.

Durant la période d'évaluation, l'équipe a formé six docteurs et accueilli deux post-doctorants. Tous les docteurs de l'équipe ont au moins une publication en premier auteur. La formation des étudiants est de haut niveau et reconnue. On peut noter que tous les étudiants formés par l'équipe se sont rapidement insérés dans le monde professionnel (CNRS, CEA, Total, ST-Microelectronics).

Points faibles et risques liés au contexte

La taille de l'équipe en regard du fort investissement humain nécessaire à la plateforme NAP-XPS interroge sur la pérennité de l'organisation de la recherche.

Le manque de considération de l'investissement que demande la NAP-XPS en tant que « Local contact » impacte l'évolution des carrières des enseignants-chercheurs.

Les instruments UHV-XPS et NAP-XPS représentent un patrimoine scientifique de 2.5 M€, et ont un coût de fonctionnement élevé. Malgré la participation de Soleil et le succès du projet Numen auprès de l'ANR, l'obtention des financements nécessaires reste un problème récurrent.

En vue d'un accroissement de l'usage externe de l'instrument UHV-XPS, un appui technique apparaît nécessaire.

Un fort déséquilibre des genres est constaté au sein de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les objectifs de l'axe Nanomatériaux et catalyse modèle in situ/operando sont ambitieux et s'appuient sur une approche stratégique et de long terme pour comprendre les mécanismes de réactions catalytiques d'intérêt pour la problématique Environnement et Énergie, dans des conditions industrielles. Cet axe met en valeur les solides compétences de l'équipe touchant à la synthèse de couches ultraminces et de nanoparticules, à la microscopie par effet tunnel et aux spectroscopies Raman et XPS. Il s'appuie sur d'intéressantes collaborations notamment au sein de SU pour l'usage de matériels de pointe tel que le spectromètre Raman operando.

L'installation de la NAP-XPS couplée à la source synchrotron de Soleil a permis d'ouvrir de nombreux axes de recherche, en donnant accès aux mécanismes de réactions chimiques aux interfaces ainsi qu'à leur cinétique. L'équipe accompagne l'évolution des thématiques en développant de façon active des environnements

d'étude adaptés (dépôt ALD, cellule électrochimique, lampe de simulation solaire, etc.), ce qui suscite de nombreuses collaborations en France et à l'international (e.g. ligne HIPPIE@MAX_IV et J. Schnadt en Suède, S.B. Mun en Corée). Après une jouvence en 2019, l'installation UHV-XPS se situe au meilleur niveau aux plans de la résolution en énergie et de seuil limite de détection. Un nouveau système d'introduction est en cours d'installation et permettra d'enchaîner des expériences nécessitant différentes chambres de préparation. Ainsi, l'équipe maintient au plus haut niveau ses deux spectromètres et se place dans la démarche de rendre accessible l'analyse fine des réactions de surface à une large communauté.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande vivement que le rôle d'accueil d'utilisateurs extérieurs sur la NAP-XPS à Soleil soit redistribué sur un plus grand nombre de personnes. Le recrutement d'un ingénieur de recherche ou bien d'un jeune chercheur apparaît indispensable à court terme pour assurer la pérennité de l'activité NAP-XPS et de son pilotage par le LCP-MR.

Le comité encourage la démarche de développer des thématiques susceptibles d'intéresser le monde industriel.

Un développement des prestations externes réalisées sur l'instrument UHV-XPS permettrait de couvrir de façon plus pérenne le coût de fonctionnement des instruments, en plus de développer les collaborations.

L'équipe étant exclusivement masculine, un futur recrutement féminin serait opportun.

Équipe B1 : Structure électronique et processus en couche interne : De la phase gaz aux systèmes corrélés

Nom du responsable : M. Stéphane Carniato

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'activité de l'équipe porte essentiellement sur l'étude théorique des processus électroniques et nucléaires ayant lieu lors de l'interaction d'une molécule avec un champ électromagnétique externe, qu'il soit de nature rayonnement ou espèces chargées. On dénombre sept thèmes étudiés : 1) la désexcitation électronique non-radiative (p. ex. effet Auger, effet de décroissance coulombienne interatomique), et radiative (p. ex. transfert radiatif de charge) ; 2) l'interaction des RX avec les molécules ; 3) les processus électroniques lors de collisions avec les calculs de sections de croisement ; 4) la simulation de défauts dans les oxydes ; 5) les processus de double ionisation/excitation (K-2V) en couche interne ; 6) les états dans les solides : isolant/métallique, magnétique et transition de phases ; 7) les pigments dans le domaine du patrimoine en utilisant l'intelligence artificielle (IA).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Suite à la précédente évaluation, le rapport a mentionné plusieurs points de vigilance, à savoir le risque lié au nombre important de thèmes abordés, risque qui pourrait être compensé par un recrutement de chercheurs, de post-doctorants et de doctorants, et le dépôt de licences afin de protéger les codes de calculs développés dans l'équipe et ainsi accroître la notoriété et la reconnaissance de l'équipe au sein de la communauté. Ces deux points ont été satisfaits : une chargée de recherches CNRS a intégré l'équipe en cours de contrat (on note toutefois le départ en retraite de l'un des membres) et une bonne réussite aux appels à projets a permis à l'équipe de former cinq doctorants et d'accueillir deux post-doctorants. Le second point a, quant à lui, été concrétisé, pas sous la forme de dépôts de licences, mais par un rapprochement entre l'équipe et le Laboratoire de Chimie Théorique (LCT) qui développe le programme Quantum Package dans le but d'intégrer les codes « maison » dans ce programme.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	2
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	7
Total personnels	12

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe possède une expertise reconnue nationalement et internationalement dans le domaine de la spectroscopie XUV et l'étude des excitations/déexcitation des électrons de cœurs. Cela se traduit par des conférences invitées (5 internationales et 4 nationales), des séminaires invités (10), et par l'organisation de rencontres (e.g. workshop on coupled electron-nuclei dynamics for electron capture process). L'équipe est bien intégrée dans sa communauté, elle entretient des collaborations nationales et internationales (concrétisées en particulier, par des cotutelles de thèse). L'équipe est dynamique : ses succès aux appels à projets compétitifs sont notables (bourse Marie-Curie, ANR-JCJC, labex). Elle s'implique dans la formation doctorale et post-doctorale (5 doctorants et 2 post-doctorants). Sa production scientifique (75 articles) est très bonne, bien qu'inhomogène au sein de l'équipe.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe possède une solide compétence en modélisation de la spectroscopie XUV. Elle est reconnue dans sa communauté tant aux niveaux national qu'international comme en témoignent les invitations à participer à des jurys de thèse (5 nationales et 4 internationales), les conférences invitées (9 dans des manifestations telles que 2nd International Congress on AI and Machine Learning, 5th international conference on physical and theoretical chemistry, XXXI International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions) ou encore l'obtention du prix Aimé Cotton par un membre de l'équipe.

Même si le vivier local et national paraît restreint, l'équipe est attractive vis-à-vis des étudiants (5 doctorants) et des chercheurs (intégration d'une chargée de recherche).

L'équipe développe ses propres outils de calculs et commence à les porter dans des programmes d'accès à un plus large public afin d'accroître sa visibilité.

Le dynamisme de l'équipe peut également se mesurer au travers de ses nombreuses réponses aux AAP et du bon niveau de succès à ces appels (p. ex. 1 ANR JCJC et 1 ANR PRCI comme coordinateur, 3 financements labex).

Avec 75 articles publiés dans des revues telles que J. Chem. Phys. (5), Nat. Commun. (2), Phys. Rev. A (8), sa production scientifique est soutenue et de très bon niveau. La production et l'attractivité de l'équipe B1 la placent ainsi à un niveau international.

Points faibles et risques liés au contexte

La diversité des thèmes abordés par l'équipe est remarquable, mais le potentiel humain de celle-ci semble insuffisant pour être à même de mener à bien toutes ces recherches.

Le nombre de chercheurs post-doctorants dans l'équipe est faible (2).

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Fort du développement théorique pionnier des processus K-2V de la spectroscopie X, l'équipe souhaite développer davantage cet axe de recherche et l'élargir à ces processus induits par des sources XFEL. La modélisation des spectres des niveaux de cœur au seuil 2p de métaux de transition en milieu liquide devrait prendre également de l'ampleur dans les années prochaines et s'accompagner des développements logiciels correspondants. Le développement logiciel étant un point très fort de l'équipe, le comité considère positivement la poursuite de son activité dans cette voie.

L'effet de l'environnement chimique sera étudié dans le cadre de l'effet de capture coulombienne interparticulaire d'électrons (ICEC) qui sera modélisée par dynamique quantique.

La trajectoire de l'équipe montre que la complexité des systèmes étudiés sera augmentée au cours des prochaines années, avec le souhait de traiter des modèles s'approchant de plus en plus de la réalité expérimentale. Ces développements vers plus de complexité paraissent très souhaitables afin de maintenir le haut niveau de reconnaissance nationale et internationale de l'équipe dans son domaine.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Compte tenu des objectifs que l'équipe s'est fixés, à savoir poursuivre ses sujets de recherche actuels, élargir certains d'entre eux et accroître la complexité des systèmes étudiés, le comité l'incite à envisager d'augmenter son potentiel humain, en particulier grâce à des étudiants de master, des doctorants et des post-doctorants (peu présents dans l'équipe). Le comité recommande également à l'équipe de proposer des candidats aux concours du CNRS.

Compte tenu du vivier restreint d'étudiants, le comité encourage les enseignants à s'impliquer dans les parcours de licence et master afin d'attirer davantage d'étudiants et peut-être, à terme, d'ouvrir des parcours plus orientés vers les thématiques du laboratoire. D'autres leviers sont possibles permettant d'atteindre cet objectif tels que la réponse à des appels à projets internationaux (en s'appuyant sur les nombreuses collaborations qu'entretient l'équipe) ou nationaux (PRC, PRCI).

Le développement de programmes « maison » est chronophage et difficile à valoriser. Compte tenu de la complexification des projets envisagés lors du futur contrat, le comité recommande d'envisager une approche plus collaborative avec des groupes extérieurs sur ce sujet.

Équipe B2 : Évolution temporelle de systèmes quantiques en champs intenses

Nom du responsable : M. Jérémie Caillat

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe travaille sur deux thématiques proches : les collisions atomiques et moléculaires et l'interaction laser/atomes ou molécules en régime d'irradiation extrême. Les études de collisions se concentrent sur les processus électroniques à des énergies intermédiaires, qui requièrent des études de dynamique quantique de systèmes à plusieurs corps, pour des applications dans différents types de plasmas. Les études d'interaction s'intéressent au comportement dynamique de systèmes atomiques ou moléculaires sous des irradiations extrêmement brèves (femto- ou attoseconde) ou intenses.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport mentionnait le risque de disponibilité moindre pour la recherche d'un membre de l'équipe par sa prise de responsabilités à la direction du laboratoire. En réalité, cette équipe a donné au LCP-MR pas moins de trois directeurs d'unité en une trentaine d'années ; c'est donc une situation habituelle, que l'équipe sait assez clairement bien gérer.

Le second sujet de préoccupation souligné par le précédent rapport est celui du temps pris par les contraintes non directement liées à la recherche, en particulier l'enseignement et les organisations de cours ou d'animation universitaire. L'équipe a accueilli un nouveau maître de conférences et fait son maximum pour lui donner le plus de possibilités d'intégration en recherche, malgré la situation vécue par la plupart des maîtres de conférences nouvellement recrutés de devoir initialement s'investir fortement dans l'enseignement au détriment de leur temps de recherche. Grâce à l'appui de l'équipe et du laboratoire, le nouveau maître de conférences a pu commencer à développer des travaux de recherches dans plusieurs directions.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	4
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	3
Sous-total personnels non permanents en activité	4
Total personnels	8

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe développe une recherche qui la place au meilleur niveau international dans la modélisation des systèmes quantiques complexes, positionnement qui se traduit par ses implications dans les groupes de recherche nationaux (par ex. GDR), ses collaborations internationales (Grèce, Suède, Chine, etc.) et ses succès aux appels à projets. La production scientifique est de très bon niveau.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a une expertise reconnue nationalement et internationalement dans les méthodes théoriques et numériques d'études de systèmes quantiques complexes comme en témoignent son implication dans une collaboration internationale sur les rapports de branchement dans la capture mono-électronique dans des ions à couches ouvertes, ou celle dans une expérience nationale ayant permis de mesurer les amplitudes complexes d'états proches du seuil, excités transitoirement dans la photo-émission à deux couleurs de l'hélium.

La production scientifique sur les deux thématiques est de très haut niveau : 36 articles ont été publiés dans des journaux tels que Science, Sci. Adv. J. Phys. Chem. Lett. Phys. Rev. Sur la thématique « collisions atomiques », le nombre de publications (22) est en croissance, grâce au retour à la recherche à plein temps d'un des membres de l'équipe. La production et l'attractivité de l'équipe B2 la placent ainsi à un niveau international.

Le taux de réussite aux appels compétitifs est très bon (3 projets de l'ANR, 1 projet émergence de SU).

L'implication de l'équipe au sein du GdR « Ultrafast Phenomena » (membre du bureau) est un reflet de la reconnaissance de l'expertise de ses membres dans le domaine des phénomènes ultra-rapides.

L'équipe est fortement impliquée dans la gouvernance de l'unité (direction du laboratoire).

Points faibles et risques liés au contexte

L'effectif de l'équipe reste relativement limité, malgré l'apport très significatif de nombreux doctorants et d'un post-doctorant.

Les actions de médiation scientifique sont peu développées.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Sur le plan thématique, le comité approuve les deux grands axes définis par l'équipe : aborder les systèmes de plus en plus complexes, faisant ainsi le lien avec le monde de la chimie théorique, ce qui est dans l'ADN du laboratoire ; et s'intéresser aux questions de décohérence. Cette dernière thématique donne lieu à un projet financé par l'ANR. On peut signaler que cette thématique devient très à la mode au niveau mondial.

Les fondamentaux de l'équipe resteront stables, caractérisés par des interactions nombreuses avec des équipes d'expérimentateurs, beaucoup en France, mais également à l'international (par exemple, Suède, Grèce, Chine).

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe est très sollicitée pour de multiples collaborations nationales et internationales ; le comité encourage fortement l'équipe à garder une activité propre, non nécessairement collaborative, pour explorer de nouveaux concepts, émergents au plan international, ou proposés par un membre de l'équipe. Les travaux en cours sur les temps de passage par effet tunnel, et son lien avec l'accélération en polarisation circulaire, en sont une parfaite illustration.

Le comité incite l'équipe à mener une réflexion sur la thématique « collisions atomiques » afin de la poursuivre au-delà du départ en retraite d'un membre de l'équipe ayant un rôle central sur cette question, ou éventuellement de l'associer harmonieusement aux autres thématiques théoriques de l'axe B. En effet, la montée en complexité des systèmes étudiés et la proximité de plus en plus forte avec la chimie réactionnelle et la femto-chimie sont au cœur du projet du laboratoire ; les études de collision y ont évidemment une place

centrale. Une possibilité à discuter serait d'aller progressivement vers le rassemblement de tout l'axe B en une grande et unique équipe.

Plus largement, le comité encourage l'équipe et le laboratoire à rester au centre d'une nouvelle ère de compréhension ultime des mécanismes réactionnels entre systèmes quantiques, avec ou sans résolution temporelle ultime.

Le comité suggère enfin d'accroître les actions de médiation et de faire valoir à sa juste place, au niveau du grand public mais aussi des tutelles, le rôle séminal joué par le LCP-MR dans la physique sous-jacente du prix Nobel de Physique 2023. Pierre Agostini et Harm-Gert Muller reconnaissent volontiers que l'invention de la méthode Rabbit doit beaucoup à l'article de Valérie Véniard et al., Physical Review A de 1996. Cette percée scientifique, au plus près d'un prix Nobel de physique, et le fait que l'équipe collabore activement avec l'équipe d'Anne L'Huillier, doit pouvoir être expliquée et mise en avant, comme exemple remarquable du rôle que peut jouer une équipe théorique proche des sujets de recherche des expérimentateurs, au cœur d'une thématique émergente, et qui n'hésite pas à proposer de nouvelles idées.

Équipe C1 : Relaxation de molécules excitées en couche interne

Nom du responsable : M. Marc Simon

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe étudie les processus suivant l'ionisation de molécules en couche interne par des rayons X tendres (1-13 keV), principalement en phase gazeuse. Ces expériences reposent sur des mesures en coïncidence, qui utilisent la durée de vie très courte des lacunes comme horloge interne. Les processus particulièrement étudiés sont les interactions post collisionnelles, la distribution de l'énergie de recul dans l'ion résultant de l'émission d'un électron très énergétique, les états à double lacune en couche interne. Ce travail repose sur un parc expérimental original, développé dans l'équipe, et des expériences auprès des sources de rayonnement synchrotron avec une utilisation plus récente et croissante des lasers à électrons libres (X-FEL).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport soulignait l'excellence de l'équipe et ne faisait pas de recommandation particulière, à part le fait que certaines thématiques pourraient intéresser des industriels. L'équipe a conservé voire amplifié son excellence et suivi cette recommandation en déposant un brevet en 2018.

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

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

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe mène une activité très soutenue et de très haut niveau, avec 76 publications pendant la période considérée, dans des journaux de très bon niveau (Nature, Science, JACS, PNAS, Phys. Rev. Letters, etc.). Le rayonnement international est attesté par de nombreuses conférences invitées (34 dont 7 plénières), bien réparties sur les membres de l'équipe. La nature interdisciplinaire des études réalisées s'illustre aussi par deux médailles de bronze du CNRS, une à l'INP et l'autre à l'INC. L'équipe est très bien implantée auprès de la source de rayonnement synchrotron Soleil et s'implique de plus en plus dans des projets X-FEL.

Points forts et possibilités liées au contexte

Sur le plan scientifique, l'équipe a réalisé des avancées marquantes sur la dynamique des doubles lacunes en couche interne, sur les interactions entre le photoélectron lent et l'électron Auger rapide émis lors d'une excitation de cœur.

L'activité scientifique de l'équipe est très reconnue internationalement ce qui se reflète par son implication dans de nombreuses collaborations internationales (par exemple l'université de Berlin, EuXFEL et CFEL à Hambourg, l'université de Trieste et Elettra en Italie), l'accueil de quatre professeurs invités, des participations dans des comités éditoriaux (par exemple Journal of Physics B, Scientific Reports) et des comités scientifiques de conférences internationales (par exemple International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure, International Symposium on Correlation, Polarization and Ionization in Atomic and Molecular Collisions). L'équipe a également organisé diverses manifestations scientifiques internationales (par ex. International conference on hard X-ray photoelectron spectroscopy et l'International Workshop on Photoionization - Resonant Inelastic X-ray Scattering) dont le premier workshop international PCI.

L'équipe bénéficie d'un parc expérimental unique comme le spectromètre Mustache qui permettra, à terme, de réaliser des coïncidences entre des électrons Auger et des ions avec des électrons ayant plusieurs keV d'énergie cinétique.

L'équipe est active dans la réponse aux appels à projets nationaux et internationaux. Elle voit régulièrement ses projets acceptés (2 ANR JCJC, le projet Tresor financé par le CNRS, participation à un ITN, financement des activités au XFEL par l'appel à projet GotoXFEL). L'obtention de financement est équilibrée entre les membres permanents de l'équipe.

Bien que limitée en taille, l'équipe est très soudée et arrive à atteindre la masse critique nécessaire pour assumer une activité de mesures, auprès des grands instruments, exigeante sur le plan des ressources humaines.

Le parc instrumental est conséquent et requiert des ressources humaines pour maintenir un bon fonctionnement ; le recrutement prévu prochainement d'un ingénieur de recherche (IR) est très positif à cet égard. Sur l'ensemble, la production et l'attractivité de l'équipe C1 la placent ainsi au plus haut niveau mondial.

Points faibles et risques liés au contexte

Cette équipe présente peu de points faibles. Elle est certes de taille limitée, mais a une bonne pyramide des âges.

L'activité de l'équipe sur la ligne Galaxies de Soleil, dont un des membres est chercheur associé, ou sur la ligne Pléiades sera forcément tributaire de l'arrêt de Soleil prévu dans les années à venir et pourrait impacter fortement les activités de l'équipe. Toutefois, l'engagement croissant de l'équipe auprès d'autres sources de lumière (X-FEL) devrait permettre de compenser ceci.

Les doctorants n'ont que peu de possibilités de présenter oralement leurs travaux dans des congrès.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les projets de l'équipe sont variés, avec une implication croissante dans les X-FEL qui est très pertinente, compte tenu des performances de telles sources de lumière sur le plan de la résolution temporelle, en particulier. L'équipe va approfondir la compréhension des processus fondamentaux comme les doubles lacunes et le recul vibrationnel/rotationnel lors de l'émission d'un électron rapide, les interactions post collisionnelles, qui ont fait sa réputation. La photoémission résolue en temps (expériences pompe-sonde) tient une place importante (dispositif Tresor récemment financé).

Les projets sont portés de façon équilibrée par les différents membres de l'équipe. L'implication de l'équipe dans un nouvel instrument auprès du XFEL européen est à souligner et ouvre des perspectives importantes, pour l'équipe mais, plus généralement, aux plans national et européen.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité préconise que les doctorants aillent davantage présenter oralement leurs travaux dans des congrès.

Le comité recommande de veiller à ce que les membres dont le dossier le permet, passent leur habilitation à diriger des recherches (HDR) rapidement.

Équipe C2 : Corrélations électroniques étudiées en couche interne

Nom du responsable : M. Jérôme Palaudoux

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'activité de l'équipe porte principalement sur l'ionisation en couche interne de systèmes allant de la phase gaz jusqu'aux molécules solvatées par spectroscopie d'électrons (photoélectrons et Auger). L'objectif est l'étude des processus d'ionisation en couche interne et la compréhension des processus impliqués lors de leur désexcitation. Une nouvelle thématique est venue se rattacher au domaine d'expertise de l'équipe. Celle-ci concerne l'interaction entre les vortex optiques et des vapeurs atomiques pour étudier l'échange du moment orbital angulaire (OAM) du photon lors d'interaction non linéaire, en considérant ses aspects quantiques, et l'utiliser dans des processus de mélanges à quatre ondes qui produisent de l'intrication quantique d'OAM.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le comité précédent recommandait à l'équipe de poursuivre son investissement en matière de réponse aux AAP. L'équipe a suivi cette recommandation : deux projets ont été acceptés par l'ANR depuis 2017 et plusieurs financements obtenus auprès des Labex Michem et Plas@Par.

Le comité recommandait également, si possible, de viser des partenariats impliquant des industriels mais les possibilités de collaborations industrielles n'ont pas été exploitées.

Le comité précédent notait le très faible nombre de doctorants de l'équipe (1 thèse soutenue pendant la période considérée). Concernant ce point, la situation s'est considérablement améliorée : neuf thèses ont été soutenues et quatre sont en cours. Le comité précédent notait aussi un personnel d'appui à la recherche insuffisant, l'équipe a recruté un ingénieur de recherche en 2018.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	4
Sous-total personnels non permanents en activité	4
Total personnels	9

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe est attractive (1 PR et 1 DR accueillis en mutation). Dans son ensemble, l'activité est soutenue et l'équipe produit une recherche de très haut niveau (42 publications, 34 communications), visible et compétitive à l'échelle internationale (par exemple MB-TOF, Corrélation d'OAM). Elle a en particulier développé un type de spectroscopie très original reposant sur l'ionisation d'un électron de cœur avec excitation simultanée d'un second électron de cœur en couche de valence. Elle a aussi mené des développements expérimentaux de premier plan (spectromètre d'électrons de type bouteille magnétique couplé à la génération de micro-jet de la ligne Pléiades au synchrotron Soleil).

Points forts et possibilités liées au contexte

La recherche de l'équipe se situe au premier plan international. L'interprétation des spectres résultant de l'ionisation multiple est un outil original et puissant par rapport à d'autres méthodes de spectroscopie X grâce à une approche originale de détection en coïncidence des différents électrons et ions issus de ce processus. La spectroscopie d'électrons solvatés en micro-jet liquide est peu développée au niveau mondial et représente une des originalités de l'équipe.

L'activité de publications est globalement de très haut niveau avec 42 articles publiés dans les journaux du domaine (par ex. Rev. Sci. Instrum. Phys. Chem. Phys. Rev. A). La production et l'attractivité de l'équipe C2 la placent ainsi à un niveau international.

L'équipe possède un rayonnement scientifique national et international de très bon niveau comme en témoignent le nombre d'invitations en conférences (5), l'accueil de chercheurs étrangers (9), les sollicitations de ses membres pour réaliser des expertises (par exemple participations à des jurys de thèse, expertises de projets ANR) et sa capacité à attirer de nouveaux chercheurs (un recrutement et une mutation CNRS).

Le taux de succès (35 %) aux appels d'offres locaux et nationaux est très bon (par exemple 2 projets de l'ANR comme partenaires, 3 financements Labex, 1 financement de fédération de recherche PLAS@PAR).

L'équipe est très dynamique dans l'encadrement d'étudiants de master et en doctorat (actuellement quatre doctorants).

Les membres de l'équipe sont très impliqués dans l'organisation d'événements locaux (par exemple les journées annuelles de la chimie du département de chimie, la journée de la fédération IP2CT), nationaux (par exemple le GDR AFURS dont un des membres est secrétaire), dans la vie collective et l'organisation de la recherche au niveau local (par exemple la sous-direction de l'école doctorale).

L'intégration du thème de recherche TWIST a été faite de façon rapide et efficace permettant à cette nouvelle partie de l'équipe d'être rapidement opérationnelle. Elle a, par ailleurs, un réseau de collaborations très développé avec des laboratoires français (LKB) ou étrangers (universités de Récife, de Mayence ou de Buenos Aires).

Le comité note également une animation régulière au niveau de l'équipe (par exemple des réunions d'équipe tous les deux mois) ainsi qu'un dynamisme permettant des collaborations et des synergies très intéressantes entre les thématiques développées au sein de l'équipe.

L'équipe a conservé une excellente synergie interne au laboratoire avec des publications communes avec les équipes B1, B2, C1.

Points faibles et risques liés au contexte

Au regard de la taille de l'équipe, il existe un risque de dispersion des forces au détriment des thématiques de recherche.

Compte tenu de son profil d'activité fortement tourné vers le développement instrumental et méthodologique, le nombre de personnels d'appui à la recherche au sein de l'équipe est probablement insuffisant pour épauler de manière cohérente les enseignants-chercheurs et les chercheurs dans leurs recherches et en particulier dans

une nouvelle thématique innovante (Twist). Ce risque est renforcé par la forte pression qui pèse sur les enseignants-chercheurs pour prendre des responsabilités pédagogiques chronophages.

L'obtention de temps de faisceau (Synchrotron) est un risque identifié qui pourrait directement impacter la recherche de l'équipe et ses contrats au cas où l'équipe ne trouverait pas de solution de remplacement.

L'équipe a des difficultés pour attirer des post-doctorants.

Les possibilités de collaborations industrielles n'ont pas été exploitées.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'activité de l'équipe s'articulera autour de trois axes : Interfaces (molécules solvatées ou déposées sur surfaces et irradiées), Gaz (molécules en phase gaz irradiées) et Twist (lumière twistée appliquée à des atomes). Ces axes s'ancrent dans la continuité mais également s'ouvrent vers un nouvel axe (Twist). Ce dernier sera accompagné de la construction de nouveaux détecteurs.

Des expériences utilisant d'autres sources de lumière (GHOE, lampe à hélium) visant à limiter le besoin de temps de faisceau et donc la dépendance au synchrotron sont également prévues.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Afin de maintenir et de soutenir une production scientifique de haut niveau dans tous les axes de recherches, le comité encourage l'équipe à diversifier les sources de lumière nécessaires aux expériences qu'elle conduit.

Le comité incite l'équipe à poursuivre son dialogue avec la direction afin que la politique de recrutement du LCP-MR prenne en compte le faible nombre de personnels techniques dans cette équipe (IGR à 50 %) et la nécessité de recrutement dans le but d'accompagner efficacement la recherche.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 8 novembre 2023 à 08h30

Fin : 9 novembre 2023 à 17h00

Entretiens réalisés en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Mercredi 8 novembre

- 08h30-09h00 : Réunion démarrage du comité
- 09h00-09h15 : Présentation du comité aux membres de l'unité
- 09h15-10h15 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'unité par le directeur (35 minutes présentation + 25 minutes discussion)
- 10h15-10h45 : Pause
- 10h45-11h15 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'équipe « Systèmes fortement corrélés - Matériaux magnétiques » (20 minutes présentation + 10 minutes discussion)
- 11h15-11h45 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'équipe « Interfaces, multimatériaux – Sources et optique X » (20 minutes présentation + 10 minutes discussion)
- 11h45-12h15 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'équipe « Surfaces fonctionnalisées et environnementales » (20 minutes présentation + 10 minutes discussion)
- 12h15-13h00 : Visite des équipes
- 13h00-14h00 : Réunion du comité + pause déjeuner
- 14h00-14h30 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'équipe « Structure électronique et processus en couche interne : de la phase gaz aux systèmes corrélés » (20 minutes présentation + 10 minutes discussion)
- 14h30-15h00 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'équipe « Évolution temporelle de systèmes quantiques en champs intenses » (20 minutes présentation + 10 minutes discussion)
- 15h00-15h30 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'équipe « Relaxation de molécules excitées en couche interne » (20 minutes présentation + 10 minutes discussion)
- 15h30-16h00 : Exposé du bilan et de la trajectoire de l'équipe « Corrélations électroniques étudiées en couche interne » (20 minutes présentation + 10 minutes discussion)
- 16h00-16h15 : Pause
- 16h15-17h30 : Visite des équipes
- 17h30-18h00 : Entretien avec les chercheurs et les enseignants-chercheurs
- 18h00-18h30 : Réunion du comité

Jeudi 9 novembre

- 08h45-09h00 : Réunion du comité
- 09h00-09h30 : Entretien avec les tutelles
- 09h30-10h00 : Entretien avec les doctorants et les post-doctorants
- 10h00-10h30 : Entretien avec les personnels d'appui à la recherche
- 10h30-11h00 : Pause
- 11h00-11h30 : Entretien avec le directeur, l'équipe de direction et les responsables d'équipes
- 11h30-12h00 : Entretien avec le directeur
- 12h00-13h30 : Session poster + buffet
- 13h30-17h00 : Réunion du comité

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Marie-Aude Vitrani
Vice-Présidente Vie institutionnelle et démarche
participative
Sorbonne Université

à

Monsieur Eric Saint-Aman
Directeur du Département d'évaluation de la recherche
HCERES – Haut conseil de l'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur
2 rue Albert Einstein
75013 Paris

Paris, le 29 février 2024

Objet : Rapport d'évaluation LCP-MR - Laboratoire de chimie physique - matière et rayonnement

Cher Collègue,

Sorbonne Université vous remercie ainsi que tous les membres du comité HCERES pour le travail d'expertise réalisé sur l'unité de recherche « LCP-MR ».

Sorbonne Université n'a aucune observation de portée générale à formuler sur le rapport d'évaluation transmis.

Je vous prie d'agréer, Cher Collègue, l'expression de mes cordiales salutations

Marie-Aude Vitrani
Vice-Présidente Vie institutionnelle
et démarche participative



Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

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



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

hceres.fr

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

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

