

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LSI - Laboratoire des solides irradiés

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

École polytechnique - Institut Polytechnique de Paris

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - CEA

Centre national de la recherche scientifique - CNRS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2024-2025
VAGUE E

Rapport publié le 24/04/2025



Au nom du comité d'experts :

Véronique Dupuis, présidente du comité

Pour le Hcéres :

Coralie Chevallier, présidente

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 la présidente 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

Présidente :

Mme Véronique Dupuis, Centre national de la recherche scientifique, Villeurbanne

Experts :

M. Marc Bescond, Centre national de la recherche scientifique, Marseille

M. Laurent Chaput, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy

M. Bernard Hehlen, Université Montpellier 2

Mme Amélie Juhin, Centre national de la recherche scientifique, Paris (représentante du CoNRS)

M. Grégory Marcos, Université de Lorraine, Nancy (Personnel d'Appui à la Recherche)

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Mohamed Aziz Dinia

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

M. Benoît Devincre, CNRS

M. Kees van der Beek, Ecole polytechnique et Institut Polytechnique de Paris

M. François Daviaud, CEA

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire des solides irradiés
- Acronyme : LSI
- Label et numéro : UMR 7642
- Nombre d'équipes : 3
- Composition de l'équipe de direction : Mme Michèle Raynaud (directrice), Mme Valérie Vénier (directrice-adjointe)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST2 Physique

ST4 Chimie

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le Laboratoire des Solides Irradiés (LSI) mène des activités de recherche fondamentale interdisciplinaires de physique du solide et des matériaux en interaction avec le rayonnement électronique, ionique et photonique. La recherche au LSI s'organise autour de cinq équipes de recherche : Spectroscopie Théorique (ST), Théorie de la Science des Matériaux (TSM,) Défauts, Désordre et Structuration de la Matière (D2SM), Nouveaux États Électroniques (NEE) et Physique et Chimie des Nano-Objets (PCNano), réparties sur trois axes thématiques :

T1 • Nanomatériaux et dispositifs innovants ;

T2 • Excitations électroniques, phononiques et photoniques ;

T3 • Défauts, Désordre et Structuration de la Matière.

Ce rapport d'évaluation est structuré selon ces axes thématiques.

Les équipes Spectroscopie Théorique (ST) et Théorie de la Science des Matériaux (TSM) ont des activités purement théoriques et numériques fondées sur des méthodes ab-initio pour décrire des propriétés des matériaux, des corrélations électroniques, des effets non linéaires et des spectroscopies en matière condensée. Les équipes utilisent deux clusters locaux (Nero pour le groupe ST et 3Lab pour le groupe TSM) et la plateforme ETSF (European Theoretical Spectroscopy Facility).

Les trois autres équipes développent essentiellement des activités expérimentales.

L'équipe Physique et Chimie des NANO-objets (PCNANO) développe et étudie des matériaux et nanodispositifs multifonctionnels pour des applications aux phénomènes de transport, au nanomagnétisme, à la nanodétection et la nanofiltration.

L'équipe Nouveaux États Électroniques (NEE) étudie les excitations électroniques en matière condensée relatives aux propriétés photo-induites et ultrarapides des matériaux : ferromagnétisme, ferroélectricité, ferroélasticité, supraconductivité, transition isolant-métal, plasmonique en s'appuyant sur le dispositif FEMTOARPES et sur la spectroscopie térahertz.

L'équipe Défauts, Désordre et Structuration de la Matière (D2SM) étudie le rôle des défauts ponctuels d'une vaste gamme de matériaux allant des semi-conducteurs et supraconducteurs aux verres en passant par des matrices cimentaires en s'appuyant sur la plateforme SIRIUS d'irradiation par électrons en particulier pour modifier leurs propriétés ou simuler leur vieillissement.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

En 2000, le LSI est devenu une unité mixte de recherche du CNRS et a adopté son nom actuel. Le LSI a alors étendu ses activités vers l'étude des propriétés fondamentales de l'état solide et les interactions avec d'autres types de rayonnements comme les photons et les ions. Le LSI fait partie des 23 laboratoires de l'École polytechnique (EP). Il occupe environ 2000 m² (bureaux et salles d'expériences) répartis en plusieurs lieux du site de polytechnique (rez-de-chaussée des ailes 5 et 8, et premier étage du bâtiment 83). La plateforme SIRIUS (Système d'Irradiation pour l'Innovation et les Utilisations Scientifiques) et quelques salles d'expériences sont situées au sous-sol de l'aile 60 et le TeraX-lab est localisé au sous-sol de l'aile 4. Seul, le dispositif de photoémission FEMTOARPES est localisé hors du site, dans les locaux du synchrotron SOLEIL.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LSI est une UMR avec trois tutelles : le CEA (Institut Rayonnement Matière de la Direction de la Recherche Fondamentale), le CNRS (CNRS Physique) et l'EP (département de physique). Il fait partie de l'Institut Polytechnique de Paris (IPP). Le LSI est partenaire de trois des Centres interdisciplinaires de l'IPP : le centre Energy For Climate (E4C), le centre Materials for Society (M4S) et le centre Sciences, Publics, Imaginations, Recherches, Arts, tous Liés (SPIRAL).

Le LSI a été membre des Labex PALM et NANOSaclay jusqu'à fin 2022. Il fait partie de l'EUR Plasma science de l'IPP qui réunit sept unités avec des formations attractives pour les étudiants. Le LSI est impliqué dans trois Programmes d'Équipements Prioritaires de Recherche : TASE pour l'énergie renouvelable, DIADEM sur les matériaux durables et SPIN sur les innovations en spintronique. Il est partenaire de la plateforme FEMTOARPES

avec SOLEIL et le LPS d'Orsay, installée au synchrotron SOLEIL et pour laquelle il a initié un programme d'upgrade par un projet SESAME en 2023.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	9
Chargés de recherche et assimilés	11
Personnels d'appui à la recherche	11
Sous-total personnels permanents en activité	34
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	6
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	8
Doctorants	11
Sous-total personnels non permanents en activité	25
Total personnels	59

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

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
CEA	0	11	2
CNRS	0	9	4
EC POLYTECHNIQUE	2	0	5
Autres	1	0	0
Total personnels	3	20	11

AVIS GLOBAL

Le LSI mène une activité de recherche au niveau international qui s'appuie sur des compétences et une synergie remarquables entre approches théoriques et expériences en sciences des matériaux. Le focus est fait sur les défauts et les propriétés électroniques, plasmoniques et phononiques. La recherche menée au LSI est en parfaite cohérence avec son environnement. Sa structuration en cinq équipes autour de trois axes scientifiques est pertinente.

Pour se donner les moyens d'atteindre ses objectifs ambitieux, le LSI a su identifier les équipes à renforcer, et les équipements à actualiser. Le LSI a établi une stratégie RH et financière cohérente, qui a été soutenue par ses tutelles, en matière de recrutements de personnel et en augmentation conséquente des subventions pendant cette période.

Le rayonnement international du LSI est attesté par une bonne production scientifique, par un bon nombre d'articles à fort taux de citation, par des conférences invitées et des succès aux appels à projets, ainsi qu'un fort pouvoir d'attractivité auprès des jeunes chercheurs. Le LSI est fortement impliqué dans les activités en lien avec la société.

Le LSI montre une vision de perspectives très réaliste compte tenu de ses compétences, de ses moyens et son savoir-faire. La plupart des activités mentionnées dans le projet scientifique à cinq ans s'appuient sur des financements sur ressources propres déjà acquis (équipements, ANR, contrats académiques ou industriels, contrats doctoraux...).

Un meilleur dialogue collectif au sein du laboratoire apparaît néanmoins nécessaire pour une construction plus positive encore de sa trajectoire.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La production scientifique et l'attractivité du LSI avaient été qualifiées d'excellentes dans le précédent rapport avec quelques points à améliorer. Voici les principales mesures prises par la direction pendant la période :

Des animateurs scientifiques ont été désignés en 2019 pour renforcer la cohérence des trois axes scientifiques. La communication horizontale entre équipes expérimentales et théoriciennes s'est exprimée sous la forme de séminaires internes, de journées scientifiques d'axe et de journées annuelles des doctorants. Il y a eu des publications communes.

À la question « pourquoi 80 % des doctorants au LSI viennent de l'étranger ? », il a été répondu que 41 étudiants de l'EP ont été accueillis au LSI en stages, mais peu ont souhaité poursuivre en thèse.

Pour faciliter le parcours de thèse, tous les doctorants vont au moins deux fois en conférences durant leur thèse. D'autre part, certains doctorants du LSI participent à l'association des doctorants de l'EP.

Pour sensibiliser à l'impact sociétal, un séminaire de formation à la propriété intellectuelle a été organisé en 2022 pour les personnels et un correspondant a été nommé pour la valorisation. On note quatre brevets déposés avec l'appui des cellules de valorisation du CNRS et du CEA.

La pyramide des âges a été rééquilibrée grâce aux recrutements de sept personnels d'appui à la recherche ayant moins de 40 ans.

Suite à des conflits sur la plateforme CIMEX, le LSI avait été amené à se retirer, abandonnant certains projets en microscopie électronique, mais depuis 2023, avec le recrutement d'un IR de l'EP sur CIMEX, le climat est redevenu propice aux échanges. Le LSI a pris l'option d'un mode d'utilisation de CIMEX par prestations.

Le LSI a rejoint l'IPP (créé en 2018), levant ainsi des incertitudes sur l'avenir de ses relations avec les autres unités du plateau de Saclay, et rendant sereines celles avec l'Université Paris-Saclay, ce qui a permis par exemple la participation au projet Quantum-Saclay.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Le LSI définit des objectifs scientifiques pertinents, alignés sur son expertise en sciences des matériaux en réponse aux enjeux sociétaux. Ses activités se distinguent par une forte synergie entre approches théoriques et expérimentales, avec des axes originaux comme la nanostructuration par irradiation (SIRIUS) et la spectroscopie résolue en temps (FEMTOARPES). Le développement de nouvelles thématiques autour de la gamme térahertz et de l'impression 3D/4D, témoigne de son dynamisme. Toutefois, l'abandon du projet Nan'eau suite au retrait de la plateforme CIMEX constitue une faiblesse.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Le LSI a mis à profit une augmentation conséquente des subventions allouées par ses tutelles pour moderniser et mettre à l'état de l'art des plateformes expérimentales innovantes, FEMTOARPES et Térahertz, et pour monter de nouvelles expériences de transport électrique, thermique et thermoélectrique sur des matériaux quantiques émergents. Par ailleurs, ces ressources ont été consolidées par un grand nombre de succès obtenus dans le cadre de projets européens H2020 (SIRIUS), Marie Curie, Eurotech, de l'ANR et par de nombreux contrats industriels.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le LSI s'applique à favoriser la parité et l'égalité professionnelle. Malgré des mouvements de personnel, l'effectif est resté stable avec plus d'un tiers de personnel permanent féminin, majoritaire dans les postes à responsabilité. Des difficultés de fonctionnement sont mentionnées pour les doctorants si la thématique de recherche n'est pas adossée à des ressources propres et certains locaux vétustes sont à rénover afin de réduire les dépenses énergétiques et d'améliorer les conditions de travail.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LSI a su s'assigner des objectifs scientifiques pertinents en regard de son expertise. Celle-ci est reconnue internationalement en matière du contrôle des modifications structurales et de la compréhension des facteurs qui déterminent la réponse de matériaux sous stimuli extérieurs.

Le LSI a su mobiliser ses compétences interdisciplinaires ainsi que des ressources financières et humaines pour faire émerger des activités originales autour de la nanostructuration de polymères, de nouveaux matériaux quantiques obtenus par création de défauts sous irradiation, de mesure magnétoacoustique et de spectroscopie de photoémission résolue en temps (FEMTOARPES).

L'investissement des chercheurs pour répondre aux AAP a permis le développement de nouvelles activités expérimentales et théoriques pour étudier des effets collectifs électroniques dans la gamme térahertz ou pour concevoir des matériaux fonctionnels nanocomposites par impression 3D/4D tout en renouvelant des dispositifs vieillissants tels que la RPE, et en mettant en place des clusters de calcul performants indispensables aux trois axes.

Points faibles et risques liés au contexte

Le retrait du LSI de la plateforme CIMEX a conduit à l'abandon d'un projet extrêmement original : Nan'eau (microscopie électronique à transmission en phase liquide), porté par des chercheurs du LSI qui devait permettre l'étude du comportement des piles à combustible en condition Operando, l'observation in situ de la synthèse de supracristaux et du processus de photopolymérisation en milieu liquide.

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

La dotation récurrente des tutelles a été multipliée par un facteur trois environ durant la période. Les ressources propres globales ont aussi augmenté, ceci a permis la rénovation de gros équipements mutualisés, la jouvence et l'avancement de plateformes interlaboratoires.

Ces actions ont été accompagnées de recrutement des personnels techniques qualifiés.

Les trois tutelles ont permis le recrutement de six chercheurs et enseignants-chercheurs, faisant ainsi face à huit départs. Cela a permis d'initier de nouvelles activités sans se disperser.

Points faibles et risques liés au contexte

Le départ en janvier 2021 des deux jeunes MCF est regrettable pour le LSI.

Le non remplacement de la gestionnaire partie fin 2021 par l'EP met le pôle administratif sous tension et ne permet pas la réalisation des activités administratives dans les meilleures conditions.

Le budget moyen annuel par personne, actuellement d'environ 1 200 euros, est faible, il peut nuire aux conditions de travail de certaines équipes (petites ou avec peu de ressources propres) et en particulier de leurs doctorants.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

Le LSI a nommé des référents et correspondants pour toutes les missions de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

La cohérence scientifique du LSI a été renforcée grâce à la structuration en trois axes et à la nomination d'un animateur pour l'organisation de journées thématiques favorisant les interactions entre les équipes.

Les retombées de la demi-journée thématique « dynamique ultra rapide » initiée par l'axe 2 ou de la discussion informelle ouverte à tous du groupe de Spectroscopie Théorique chaque mercredi sont positives.

La surcharge de certains personnels va être allégée par l'arrivée prochaine d'un IT dans l'axe 1 et l'affichage au recrutement d'un poste administratif par l'EP.

Points faibles et risques liés au contexte

Un épuisement et un mal-être sont apparus, probablement liés à des départs ou à un manque de personnel d'appui à la recherche (PAR). Les tutelles, conscientes de la situation, ont mandaté un cabinet pour une enquête (80 % des personnels ont participé) et analyse. Malheureusement, sa restitution à l'automne dernier a été très mal vécue par l'ensemble du personnel.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'impact scientifique et la reconnaissance des chercheurs du LSI se reflètent dans leurs publications dans des revues à large taux de citations et leurs nombreuses invitations à des conférences. Plusieurs membres jouent un rôle clé dans la gestion des plateformes et la participation à des instances de pilotage de la recherche. L'attractivité est confirmée par l'intégration de dix nouveaux permanents, ainsi que l'accueil de 36 doctorants et 22 post-doctorants. Cette dynamique a été rendue possible par des ressources financières conséquentes, obtenues grâce à un très bon taux de succès dans les divers appels à projets.

- 1/ L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

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

L'insertion des chercheurs du LSI dans l'espace européen de la recherche est bonne avec de nombreuses collaborations avec des partenaires académiques.

L'intégration de dix nouveaux permanents a été facilitée par des packages d'installation attractifs.

Par ailleurs, 36 doctorants et 22 post-doctorants ont été accueillis durant la période, bénéficiant de financements variés (école doctorale, contrats CEA, partenariats industriels, collaborations avec des gouvernements étrangers) et en particulier ceux obtenus grâce au succès de l'unité à des appels à projets compétitifs (18 ANR, 6 Labex, 4 DGA, 2 DIM IdF, 4 Marie-Curie, H2020 et UE Pathfinder).

Le LSI dispose de plusieurs plateformes, entièrement ou partiellement opérées par son personnel : l'ETSF, SIRIUS, DIFFRAX et FEMTOARPES. Grâce au renfort RH et des appuis financiers des tutelles, chaque plateforme a pu bénéficier d'une cure de jouvence pour rester performante. Ces infrastructures renforcent sa visibilité et son attractivité.

De nouveaux clusters de calcul sont disponibles permettant le développement de codes en local.

Le LSI possède des équipements uniques et à la pointe pour traiter par irradiation et analyser l'endommagement de matériaux. Ils permettent des applications à visées sociétales (isolants topologiques, supra et semi-conducteurs, pérovskites hybrides, matériaux 2D).

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

Malgré un accompagnement logistique pendant la période COVID 2020-2021, les échanges avec les extérieurs et entre les équipes ont ralenti et peinent à redémarrer pleinement.

L'utilisation de l'IA pour les matériaux, qui est une thématique émergente, est actuellement peu présente au LSI.

Les projets européens, qui pourraient servir pour maintenir le développement des outils de pointe exceptionnellement soutenus par les tutelles durant la période, sont peu nombreux.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique du LSI est toujours de très grande qualité avec un nombre important d'articles publiés dans des journaux à large audience et de participations à des congrès internationaux, sans déséquilibre majeur entre les cinq équipes de recherche. Au total, 300 articles ont été publiés dont 1/6 dans des revues avec un large taux de citations et 628 participations à des conférences dont un tiers sur invitation qui ont donné lieu à une communication orale par un membre du LSI. On peut aussi souligner l'organisation de 38 congrès ou colloques par des membres du LSI.

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 annuelle dans des revues à comité de lecture est en moyenne de deux articles par an par chercheur ou enseignant-chercheur permanent du LSI. Les PAR sont associés à 17 % des publications.

La production scientifique du LSI respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte dans le respect du principe européen "aussi ouvert que possible, aussi fermé que nécessaire". Les chercheurs ont été incités à déposer leur publication dans HAL et à utiliser le système international d'identifiants pérennes dans les systèmes d'information, Orcid.

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

Le recours au paiement de frais supplémentaires pour certaines publications est assez fréquent.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

Une grande partie de l'activité de recherche fondamentale au LSI permet d'aborder des questions sociétales fortes en matière de sobriété énergétique, de durabilité des constructions, du respect de l'environnement. Des actions de valorisation ont été initiées avec le soutien des trois tutelles, aboutissant à l'obtention de quatre nouveaux brevets durant la période. L'unité est soucieuse d'interagir avec le grand public et le monde socioculturel.

- 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

Dans le cadre de ses recherches sur des matériaux à fort impact sociétal, le LSI mène des études remarquables, notamment sur le rôle des interactions électron-phonon dans les pérovskites hybrides pour la conversion de la lumière solaire en énergie électrique ; Les études liées à SIRIUS sur le vieillissement des matériaux pour le stockage des déchets nucléaires, et CAPTOT permettant l'analyse sur site d'ions toxiques préoccupants pour l'environnement et la santé.

Le LSI a des partenariats stratégiques avec des entreprises pour les nanomatériaux, l'environnement, la santé, le spatial, l'optique non linéaire, les matrices cimentaires (Total Énergie, VINCI Construction, Renault, AzurSpace, Airbus, Navovation, l'ONERA, ATILH, France Ciment, Saint-Gobain ou BRUKNER). Ces collaborations se traduisent par le financement de stages, de thèses Cifre, de postdoctorants et d'ingénieurs.

Le LSI a été sollicité pour participer à des comités techniques de normalisation européenne.

Le LSI participe aux Centres interdisciplinaires Energy4Climate et Materials for Society de l'IPP. Il est membre du centre SPIRAL (Sciences, Publics, Imaginations, Recherches, Arts, tous Liés).

L'unité se distingue par un ancrage solide dans son environnement socioculturel. Elle s'engage sur des thématiques telles que la place des femmes dans la science et la diffusion des connaissances par le biais de MOOC, ayant atteint 14 000 apprenants pour les utilisateurs de la DFT.

L'unité dispose d'un portefeuille de neuf brevets actifs, dont cinq déposés durant la période. Cette augmentation notable, saluée par le comité, illustre une volonté de renforcer la valorisation.

L'unité participe régulièrement à des conférences à destination des acteurs du monde socioéconomique et a contribué à la publication d'un ouvrage d'histoire des sciences des matériaux.

Une dizaine de conférences, workshop ou écoles a été organisée à destination du grand public, dont plusieurs en relation avec la chaire Arts & Sciences.

Deux membres du groupe ST sont cofondateurs d'un groupe de travail « responsabilité sociale ».

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

Devant les succès de faisabilité enregistrés par le projet CAPTÔT, différents porteurs susceptibles de développer une startup ont été approchés en 2022 et 2023, malheureusement sans succès à ce jour.

Le LSI organise des stages pour les élèves de 3^e et participe également à la Fête de la Science. Cependant, l'unité ne propose pas d'autres événements vers les plus jeunes ni d'animation en dehors de l'EP.

La participation des doctorants à l'animation de la Fête de la Science ne valide que 15h de formation transverse à l'école doctorale ce qui est peu incitatif.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Depuis 2017, les missions du LSI se sont progressivement structurées autour de trois axes thématiques en physique du solide et des matériaux : la nanofabrication par irradiation et l'étude des phénomènes de transport (axe 1), l'étude des excitations électroniques, photoniques et phononiques, et notamment de la dynamique ultrarapide de ces excitations (axe 2), et l'étude des défauts, qu'ils soient natifs ou induits (axe 3). En cohérence avec les orientations prioritaires des tutelles et pour faire face aux grands défis sociétaux, de nouvelles activités comme l'étude des effets collectifs électroniques dans la gamme térahertz ou la conception de matériaux fonctionnels nanocomposites par impression 3D/4D ont été développées. Le domaine d'utilisation de l'irradiation par électrons sur la plateforme SIRIUS a été étendu à l'étude de matériaux nouveaux pour l'optoélectronique, pour les applications quantiques et pour l'énergie décarbonée. Récemment, l'ouverture vers le spatial semble solide pour pérenniser le fonctionnement de la plateforme.

Pour le prochain contrat, le LSI affiche une ambition forte et propose de poursuivre ses travaux tout en s'ouvrant à des thématiques stratégiques. Ces orientations incluent l'étude des phénomènes hors équilibre et sous conditions extrêmes, les caractérisations multiéchelle de la matière, les développements scientifiques et technologiques liés à l'adaptation au changement climatique, les recherches en amont pour le nucléaire, l'exploration de technologies de rupture pour la microélectronique, ainsi que les avancées en modélisation, en intelligence artificielle et en numérique écoresponsable. Le LSI envisage également de mobiliser son expertise pour explorer de nouvelles thématiques à risque, notamment dans le domaine des applications biomédicales. Toutefois, cette expansion nécessite une évaluation rigoureuse des ressources humaines et techniques disponibles afin d'assurer une mise en œuvre efficace et de limiter les risques de dispersion.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le LSI est encouragé à présenter de bons candidats au CNRS ; au-delà de l'apport RH cela peut équilibrer les contributions des trois tutelles.

Compte tenu de la pyramide des âges et de la taille critique de certaines équipes, il faudra probablement envisager le rapprochement des équipes de théoriciens.

Des mesures urgentes sont nécessaires pour augmenter le nombre de personnels support aussi bien en gestion qu'en technique et ainsi aller vers un fonctionnement plus serein de l'unité.

La future équipe de direction devra proposer un plan pour améliorer les relations au travail et le sentiment d'appartenance à l'unité. Le comité suggère de créer des espaces de dialogue permettant de débattre des questions de qualité de vie au travail ou une commission de type santé, sécurité et conditions de travail.

Le LSI est invité à mutualiser un peu plus ses ressources pour pouvoir soutenir les équipes qui n'ont pas de contrats ou pour soutenir des actions spécifiques. Cela peut passer par un prélèvement sur contrat, qui est à réfléchir.

L'organisation plus fréquente d'événements collectifs, scientifiques ou sociaux (Hors Les Murs, Journée d'axe, Journée interaxe, etc.) pourrait permettre de renforcer l'esprit collectif et la cohésion de l'unité.

L'engagement du LSI à accentuer ses efforts pour réduire son empreinte carbone concernant les demandes d'achats et les missions est encouragé.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Pour mener à bien ses recherches, le LSI a su mobiliser un potentiel scientifique unique autour de plateformes ou d'équipements performants et développer nombre de projets fédérateurs. Il faut veiller à le faire perdurer.

Le LSI bénéficie d'un pouvoir attractif auprès des jeunes chercheurs et chercheuses au regard des recrutements récents, et du nombre important de doctorants et de post-doctorants durant la période. Pour le maintien de cette attractivité, le comité conseille de mettre en place une journée d'accueil des nouveaux entrants, un livret d'information en français et anglais, de leur donner un local pour se rencontrer et un budget pour les inciter à des actions sociales et scientifiques.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité encourage le LSI à poursuivre dans la voie de l'excellence scientifique et à maintenir sa visibilité.

Le haut niveau de sa production doit être maintenu tant en quantité qu'en qualité, et pour cela, le LSI est encouragé à continuer à rechercher les financements nécessaires à tous les niveaux possibles.

Il faudra éviter de recourir au paiement de frais pour les publications (APC), notamment pour des journaux de moindre notoriété.

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

En s'appuyant sur sa large palette de connaissances et expertises, le LSI est encouragé à poursuivre son engagement pour relever des défis pertinents et les enjeux scientifiques dans les domaines de l'énergie et de la frugalité.

Des efforts devront être poursuivis pour valoriser les succès scientifiques obtenus sur les activités concernant le photovoltaïque, la nanoélectronique et la spintronique, pour la réduction de l'empreinte environnementale de certaines activités industrielles en matière de détection, de nanofiltration et d'élaboration comme pour l'industrie cimentière (grande contributrice des émissions de CO₂) ainsi que sur les modélisations prédictives en amont.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE OU PAR AXE

Axe 1 : Nano Matériaux et Dispositifs Innovants

Nom du responsable : Mme Marie-Claude CLOCHARD

THÉMATIQUES DE L'AXE

Les travaux de l'axe s'articulent autour de quatre domaines : l'électronique de spin et le transport, notamment dans les oxydes semi-conducteurs à ultragrand gap et à travers la thermodynamique hors équilibre, la magnétoacoustique, matériaux fonctionnels nanocomposites relatifs à l'impression 3D/4D, ainsi que les polymères nanostructurés fonctionnalisés par irradiation.

La fabrication de ces différents dispositifs et systèmes nécessite plusieurs techniques : lithographie par laser pulsé pour les matériaux magnétiques, impression 4D et nanostructuration de matériaux fonctionnels, irradiation ionique (GANIL), électronique des matériaux semi-conducteurs, ainsi que la fonctionnalisation par électrochimie.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Conformément aux recommandations, les membres de l'axe ont fait un effort significatif pour répondre aux appels à projets européens. Un membre a notamment déposé fin 2023, en tant que porteur, un projet EU PATHFINDER portant sur le développement d'une nouvelle génération de dispositifs acousto-magnéto-photoniques grâce à l'amélioration de la technologie laser femtoseconde. Par ailleurs, des membres de l'axe ont participé avec succès, en tant que partenaires, au projet EU PATHFINDER JUMP INTO SPACE, axé sur le développement de cellules solaires multijonctions flexibles et légères, offrant des performances améliorées pour des applications spatiales.

Concernant les activités liées au CIMEX, elles ont été suspendues de 2019 et début 2023, le LSI n'étant plus impliqué dans cette plateforme. Les personnels concernés, notamment ceux travaillant sur le projet Nan'eau, ont dû malheureusement réorienter leurs activités. L'accès aux caractérisations MEB et MET a cependant été maintenu par le biais de prestations ponctuelles. En 2023, le recrutement d'un ingénieur de recherche par l'École polytechnique pour la plateforme CIMEX a permis de relancer certaines activités du LSI, bien que le fonctionnement reste basé sur des prestations.

Une recommandation portait sur la protection des données : aucune réponse n'a été apportée à la problématique de sauvegarde des données.

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

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

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

Les quatre domaines de recherche sont déclinés en sous-thèmes, chacun porté par un ou deux permanents. Ces sous-thèmes explorent des sujets d'étude très originaux et ambitieux. La qualité scientifique de l'axe est de très bon niveau et attestée par des publications dans des journaux à taux de citations élevé. L'ensemble des sujets est soutenu par divers types de financements (CEA, DGA, Labex, PEPR, ANR, UE, contrats industriels et subventions de base). Bien que les recherches soient très fondamentales, elles ont également donné lieu à trois collaborations industrielles et deux brevets.

Points forts et possibilités liées au contexte

En termes d'attractivité, l'axe a recruté de nouveaux chercheurs, notamment dans le domaine de la magnétoacoustique avec l'arrivée d'un chercheur du CNRS pour une nouvelle activité, et dans celui des polymères nanostructurés fonctionnalisés par irradiations, renforcé par un chercheur du CEA.

Les membres de l'axe bénéficient d'une reconnaissance nationale et internationale, illustrée par vingt-huit conférences invitées et 84 articles publiés durant cette période, soit une moyenne supérieure à deux publications/an/ETP, ce qui les situe au-dessus de la moyenne nationale. Parmi ces articles, près de 15 % sont publiés dans des revues à comité de lecture ayant un taux de citations élevé. Parmi les résultats marquants, citons l'étude de la dynamique inertielle de l'aimantation dans les matériaux ferromagnétiques (Nature Physics 2020), en couplant expérience et théorie.

Les membres entretiennent des collaborations européennes solides : l'ANR MRSEI 2021 IRON-MAG associe des universités espagnoles et allemandes ; le projet EU Pathfinder JUMP INTO SPACE, dédié au développement de cellules solaires multijonctions, rassemble des partenaires de quatre pays européens.

Les domaines de recherche sont majoritairement financés par des fonds propres : projets DGA et PEPR SPIN pour « l'électronique de spin et le transport », ANR pour la « magnéto-acoustique », CEA et PEPR DIADEM pour les « matériaux fonctionnels nanocomposites », ainsi que Labex pour les « polymères nanostructurés fonctionnalisés par irradiations ». À cela s'ajoutent des subventions de base, apportant un soutien récurrent aux missions et au fonctionnement du laboratoire de chimie.

Les membres de l'axe sont fortement engagés dans des problématiques sociétales. Ils collaborent avec Total Énergies et VINCI Construction dans le cadre du projet CAPTOT, portant sur le développement de capteurs d'ions toxiques dans les eaux naturelles, et avec Renault pour la fabrication de structures actives composites. Une startup est en préparation sur les matériaux fonctionnels nanocomposites. Par ailleurs, un membre de l'axe siège au comité de pilotage de la « Chaire Arts et Sciences » de l'École polytechnique, où il développe l'usage des matériaux intelligents dans la recherche-crédation.

L'expertise de l'axe s'inscrit au cœur des enjeux de la transition énergétique ; ce domaine en plein essor offrant des possibilités de propriété intellectuelle. L'axe a un positionnement pertinent au sein de plusieurs PEPR (SPIN, DIADEM).

Un IR de l'EP va renforcer les activités expérimentales de l'axe en instrumentation.

Points faibles et risques liés au contexte

La majorité des activités de recherche sont chacune portées par un unique chercheur, ce qui limite leur développement et peut les rendre fragiles.

Cette situation a été exacerbée par le non-remplacement d'un poste de soutien dédié aux activités de caractérisation physicochimique pendant cette période.

Le temps alloué aux tâches administratives s'accroît au détriment de l'activité de recherche.

Analyse de la trajectoire de l'axe

La trajectoire de l'axe 1 suit de façon cohérente ses quatre domaines de recherche actuels, renforcée par le recrutement de deux chercheurs : un CR CNRS et un chercheur CEA.

Le premier domaine concerne l'électronique à faible consommation et les semi-conducteurs à ultragrand gap, avec deux axes principaux : la manipulation du spin pour des applications en spintronique, et l'étude des oxydes semi-conducteurs pour développer des composants électroniques « tout oxyde ». Ces activités sont soutenues par les projets PEPR SPIN et ANR GOSPELS. L'axe bénéficie d'une reconnaissance internationale dans cette thématique, comme en témoigne l'article publié dans Nature Physics.

Le second domaine porte sur la nanofabrication par laser ultrarapide et magnétoacoustique. La réhabilitation de locaux dédiés à ces activités est essentielle pour approfondir les études sur l'inertie magnétique et explorer de nouveaux procédés de nanofabrication. Soutenue par le projet ANR-DFG « U-FAMous », en partenariat

avec l'Université de Duisbourg-Essen, cette thématique bénéficie également d'une reconnaissance internationale, comme en témoigne une publication récente dans Nanoletters.

L'impression 4D de matériaux composites multifonctionnels, avec pour but la conception d'une imprimante modulaire capable de produire des matériaux composites nanostructurés répondant aux besoins des secteurs de l'énergie et de la santé. Des partenariats industriels, comme Renault, sont envisagés, de même que des prises de propriété intellectuelle et la création potentielle d'une startup. Cette activité, soutenue par le PEPR DIADEM, est encore récente, mais très prometteuse, offrant une opportunité pour l'unité de devenir leader international.

Le développement de membranes polymères nanoporeuses. L'objectif est la nanostructuration par l'inclusion de nanoobjets métalliques, organométalliques ou oxydes afin d'ajouter de la fonctionnalité. L'axe explore aussi des revêtements ultralégers et radiorésistants pour les panneaux photovoltaïques de satellites dans le cadre du projet européen JUMP INTO SPACE. Cette activité très dynamique combine excellence scientifique et fort potentiel de valorisation.

Ces quatre domaines de recherche témoignent de l'engagement de l'axe 1 à développer une recherche fondamentale originale et de grande qualité tout en répondant aux défis sociétaux.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

L'axe fait preuve d'une grande capacité à recruter de nouveaux chercheurs, favorisant ainsi son renouvellement et son attractivité, des atouts à poursuivre et à consolider avec l'arrivée d'un IR.

Les nouvelles activités d'impression 3D et 4D témoignent d'une innovation de pointe. Ces travaux ouvrent des perspectives prometteuses et méritent un soutien accru pour atteindre une reconnaissance internationale.

La participation à une chaire Arts et Sciences illustre une belle initiative de dialogue entre disciplines. Le comité encourage ces synergies pour en faire un modèle de collaboration transdisciplinaire.

Le développement des activités de lithographie laser positionne l'équipe en leader et devrait renforcer les collaborations académiques. La forte valorisation via CAPTOT, alliée à un partenariat industriel solide, reflète une excellente orientation vers l'application des résultats de la recherche. Nous recommandons de poursuivre ces efforts pour consolider les transferts technologiques.

La participation active dans les PEPR SPIN et DIADEM atteste de la visibilité nationale des thématiques associées. Maintenir cet engagement devrait amplifier l'impact de l'axe dans des projets nationaux stratégiques.

La capacité à obtenir des financements démontre un dynamisme remarquable. Nous encourageons à pérenniser cette stratégie pour garantir la durabilité des activités de recherche et d'innovation.

Axe 2 : Excitations Électroniques, Phononiques et Photoniques

Nom du responsable : Mme Valérie VENIARD

THÉMATIQUES DE L'AXE

Les activités de l'axe 2 s'articulent autour de l'étude de la réponse des matériaux à des perturbations électronique, phononique ou photonique pour comprendre les effets d'interaction avec les électrons ou les phonons, les phénomènes collectifs en résultant, et l'origine de propriétés physiques remarquables. Pour couvrir une importante partie des effets rencontrés en physique des solides, quatre domaines de recherche sont abordés : les corrélations électroniques, la dynamique temporelle dans les solides, le transport cohérent et incohérent, et les matériaux de basse dimension. Ces activités combinent approches théoriques, numériques et expérimentales. L'axe contribue au développement de méthodes théoriques, de codes de calcul et de dispositifs expérimentaux (FEMTOARPES et THz).

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations formulées dans le précédent rapport ont été prises en compte.

La plateforme FEMTOARPES a poursuivi son développement grâce à la bonne collaboration entre les trois laboratoires impliqués (LSI, LPS et SOLEIL). Elle a ainsi bénéficié d'un programme ambitieux de mise à niveau, soutenu financièrement par les trois tutelles en 2022-2023, ainsi que par la région Île-de-France par le biais d'un projet SESAME en 2023.

L'équipe QCMX créée autour des technologies quantiques, n'ayant pas réussi à s'intégrer au sein du LSI malgré les efforts déployés, les deux enseignants-chercheurs concernés ont quitté le laboratoire en 2021, entraînant l'abandon de cette thématique de recherche.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	5
Chargés de recherche et assimilés	5
Personnels d'appui à la recherche	4
Sous-total personnels permanents en activité	15
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	7
Doctorants	6
Sous-total personnels non permanents en activité	16
Total personnels	31

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'activité et la production scientifique de cet axe sont de très haut niveau, tant sur les aspects théoriques qu'expérimentaux. Son expertise reconnue et sa visibilité lui confèrent une grande attractivité. Les nombreux succès aux appels à projets, ainsi que le soutien récent à l'activité expérimentale, montrent un dynamisme propice à aborder dans de bonnes conditions la période à venir.

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique est remarquable, tant en quantité (145 publications) qu'en qualité, avec 35 articles dans des journaux à large taux de citations (PNAS, Physical Review Letters, Nature Communications, Science, Nano Letters, etc.), ainsi que les nombreuses citations. Parmi les résultats majeurs, on note la théorie du « connecteur », l'étude des propriétés optiques d'objets quasi bidimensionnels par TDDFT, la description des effets en champs forts sur la dynamique électronique ultrarapide et la description des propriétés thermoélectriques des matériaux à partir de méthodes ab initio.

Sur le plan expérimental, une première scientifique a été réalisée grâce à la plateforme FEMTOARPES sur le confinement de rayonnement THz dans des plasmons de surface de cavités semi-conductrices. Ces « faits marquants » montrent comment des études fondamentales peuvent répondre à des questionnements orientés vers des applications pratiques, mission essentielle de l'unité que l'axe remplit parfaitement. Certaines publications résultent d'une collaboration entre expériences et théorie, que ce soit au sein de l'axe ou au travers de collaborations extérieures (SOLEIL notamment).

Le haut niveau scientifique de l'équipe se traduit par une grande visibilité internationale, avec plus de 150 invitations à des conférences, notamment au-delà des communautés scientifiques proches, et l'obtention de prix prestigieux, tels que le prix Gentner-Kastler de la SFP-DFG et le prix L'Oréal-Unesco.

Le nombre conséquent de doctorants (dix thèses soutenues et cinq en cours) et de post-doctorants, témoigne de l'attractivité de l'équipe, renforcée par les recrutements en 2023 d'un enseignant-chercheur, d'un CR CNRS et de trois IR.

La reconnaissance et le dynamisme de l'axe sont également attestés par une réussite remarquable aux appels à projets, équilibrée entre projets nationaux (9 ANR en tant que porteurs), européens (3 en tant que porteurs), et financements locaux (dont un SESAME, quatre LabEx et quatre de l'EP). Les membres de l'axe sont par ailleurs très impliqués dans six GDR et deux PEPR (TASE et SPIN).

Les équipes théoriques bénéficient du soutien d'un IE en calcul scientifique et d'un IR, renforçant ainsi la recherche de haut niveau sur le long terme. Les codes de calcul sont développés et mis en accès libre, une activité souvent sous-estimée, mais essentielle.

Le comité souligne la réflexion engagée par les membres de l'axe sur l'inscription de leur recherche dans la société, avec des actions menées autour de la formation des jeunes, de la place des femmes en sciences, ou encore des enjeux éthiques et environnementaux.

Points faibles et risques liés au contexte

Il y a peu de publications communes aux équipes ST et TSM, malgré leur proximité thématique.

Le groupe TSM, réduit à deux membres permanents, pourrait voir ses activités fragilisées.

L'animation globale de l'axe pourrait être renforcée pour faire émerger de nouveaux sujets communs et de partager les avancées.

Analyse de la trajectoire de l'axe

La trajectoire de l'axe 2 s'inscrit pour une grande partie dans la continuité et le renforcement des activités scientifiques récentes, en capitalisant sur son expertise reconnue, l'obtention récente de plusieurs contrats de recherche et le recrutement de trois jeunes chercheurs, favorisant le développement de nouveaux sujets originaux et prometteurs au sein de l'axe.

Le groupe ST va poursuivre ses activités théoriques et numériques reconnues au niveau international et ses collaborations avec des expérimentateurs spécialisés en rayonnement synchrotron et en lasers. L'accent sera mis sur les spectroscopies résonantes et résolues en temps, en plein essor, ainsi que sur le rôle des interfaces et des défauts dans les matériaux de basse dimensionnalité. Les applications dans le domaine du photovoltaïque et des matériaux méta-valents seront renforcées par le jeune CR récemment recruté, ce qui est très pertinent vis-à-vis des missions du LSI. Par ailleurs, l'intégration réfléchie des outils d'intelligence artificielle dans ces activités de recherche sera envisagée. Le groupe poursuivra son rôle en matière de formation et d'accueil de jeunes chercheurs, et de structuration de la recherche collaborative au sein de l'ETSF.

Le groupe TSM portera ses efforts sur la prédiction des propriétés physiques des matériaux en fonction du temps, en couplant les dynamiques des électrons, phonons et plasmons chauds. Les développements fondamentaux alimenteront des applications dans le domaine de l'énergie, suivant trois axes très pertinents pour le LSI : la décomposition de gaz à effet de serre sous photo-excitation (en collaboration avec l'axe 3), la conversion thermoélectrique, et la thermoélectricité sous photo-excitation.

Les activités de recherche du groupe NEE vont se poursuivre avec une dynamique amplifiée par l'obtention de quatre projets ANR et l'upgrade de FEMTOARPES, maintenant la plateforme au meilleur niveau mondial. De nouvelles perspectives originales s'ouvrent sur les cristaux 2D submillimétriques, la tomographie temporelle des excitons, le couplage des supraconducteurs avec des cavités THz, ainsi que la réalisation d'émetteurs spintroniques couplés à des supraconducteurs. Les développements envisagés dans la gamme térahertz autour des résonateurs plasmoniques et de la magnéto-plasmonique sont particulièrement opportuns.

Une nouvelle activité expérimentale, pilotée par deux jeunes recrutés, va démarrer autour des propriétés des matériaux quantiques, tels que les supraconducteurs non-conventionnels, les liquides de spin et des phénomènes émergents comme l'effet Hall thermique des phonons. Cette activité s'accompagnera d'un développement expérimental en conditions extrêmes de température et de champ magnétique, ainsi que d'une collaboration avec l'axe D2SM et avec SIRIUS pour l'introduction de défauts. Elle s'intègre donc parfaitement dans le cadre scientifique du LSI et permettra de nouveaux ponts entre les axes 2 et 3.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

La recherche menée dans l'axe 2 est dynamique, fructueuse et d'excellente qualité. Le comité encourage vivement ses membres à continuer dans cette voie.

La proactivité dont ont fait preuve les membres de l'axe 2 dans la recherche de financements, en particulier sur les aspects fondamentaux, ainsi que dans le recrutement de jeunes chercheurs et chercheuses, aux profils très internationaux, devra être poursuivie.

Les activités d'enseignement, notamment à travers les MOOC, et les initiatives vers l'Afrique sont également saluées et encouragées par le comité.

L'animation de l'axe doit être renforcée grâce à l'organisation plus fréquente de (demi-)journées thématiques afin de favoriser les interactions entre groupes.

Concernant la petite taille du groupe TSM, le comité encourage ses membres à élaborer une stratégie de recrutements ou à envisager de collaborations avec d'autres groupes pour maintenir le très bon niveau de leurs activités de recherche.

Afin de préserver une activité de haut niveau, le comité recommande également une stratégie active de recrutement pour les groupes dont la pyramide des âges est déséquilibrée.

Axe 3 : Défauts, Désordre et Structuration de la Matière

Nom du responsable : Marie-Noëlle De Noirfontaine

THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe se concentre sur l'analyse expérimentale et numérique des défauts présents dans les verres, les ciments, les semi-conducteurs, les supraconducteurs, etc., qu'ils soient intrinsèques ou dus à un vieillissement causé par irradiation. L'objectif est de comprendre l'influence de ces défauts sur la structure et sur les propriétés physiques qui en découlent, tant d'un point de vue fondamental qu'appliqué. L'axe présente également un volet de modélisation atomistique utilisant une méthode de calcul ab initio (DFT), pour sonder l'impact des défauts sur les propriétés physiques de matériaux destinés à des applications dans le domaine quantique ou énergétique.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les nombreux contrats obtenus durant la période (6 ANR, 1 EU, 1 DGA, et 3 contrats industriels) ont permis de consolider les ressources propres de l'axe. La procédure de tarification sur la plateforme SIRIUS, a permis d'assurer son fonctionnement courant et de remplacer le dispositif d'analyse RPE. L'axe a également bénéficié de deux recrutements CEA, un chercheur et un technicien, pour soutenir les activités liées à SIRIUS. Ces évolutions budgétaires et en ressources humaines répondent aux recommandations du précédent comité.

En ce qui concerne la valorisation, le nombre significatif de contrats industriels témoigne de l'intérêt applicatif de la thématique. Bien qu'un brevet soit mentionné dans le document d'autoévaluation de l'axe, il n'apparaît pas dans le tableau récapitulatif des ressources financières. Par ailleurs, aucun contact avec des structures de valorisation, telles que la SATT, n'est mentionné, comme le préconisait le rapport précédent.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	2
Sous-total personnels non permanents en activité	4
Total personnels	13

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'activité est majoritairement soutenue par l'équipe D2SM, avec une contribution partielle des équipes NEE, TSM, et PCNano. Les collaborations internes illustrent une synergie transversale active autour du thème. Une part importante de l'activité expérimentale utilise la plateforme SIRIUS, dans un échange vertueux favorisant le développement des structures. La production scientifique est de très bon niveau, soutenue par un nombre important de contrats régionaux, nationaux, et industriels, reflétant un bon équilibre entre recherche fondamentale et appliquée.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'axe bénéficie d'une longue tradition historique et bénéficie d'une reconnaissance solide aux niveaux national et international, renforçant sa visibilité pour l'établissement de partenariats contractuels et de collaborations scientifiques.

Environ 75 publications durant la période, avec une moyenne de quatorze par an, hors année Covid (50 % de moins en 2019), dont des succès dans des journaux prestigieux comme Acta Materialia et Nature Communications.

L'axe joue un rôle clé dans la gouvernance et la vie scientifique de la plateforme d'irradiation SIRIUS.

Le développement sur SIRIUS d'un dispositif pour tester les cellules solaires dans des conditions proches de l'espace est un fait marquant. En quelques heures, Sirius reproduit une irradiation équivalente à plusieurs années en orbite, permettant d'étudier les dommages électroniques de façon réaliste.

Pour soutenir les activités scientifiques et instrumentales de la plateforme, le CEA a recruté un chercheur et un technicien.

Les ressources financières obtenues par contrat durant la période sont importantes, avec une progression notable ces dernières années, atteignant un sommet à 932 k€ en 2023. Ces financements ont contribué à la jouvence et au fonctionnement des instruments SIRIUS, DIFFRACT, et RPE, au remplacement de lasers pour les expériences FemtoARPES et THZ, ainsi qu'à l'obtention de ressources humaines supplémentaires (contrats doctoraux et post-doc cofinancés). De plus, des environnements d'échantillons dédiés (par exemple pression-température) et un parc d'outils d'analyse in-situ et ex-situ performants (photoluminescence, IR, Raman, etc.) ont été développés.

L'activité numérique sur le cluster local et sur les supercalculateurs nationaux et européens complète cet éventail d'outils d'investigation. L'ensemble de ces ressources est solidement structuré et se reflète dans la qualité de l'activité scientifique de l'axe.

L'axe adopte une vision prospective en initiant de nouvelles études cohérentes avec le contexte actuel, visant à relever les grands défis sociétaux. Les domaines d'application incluent le développement de matériaux à haute valeur ajoutée pour l'énergie et pour des applications quantiques, ainsi que des matrices cimentaires novatrices pour une énergie décarbonée.

Points faibles et risques liés au contexte

L'axe utilise largement la plateforme SIRIUS, dont la pérennité dépend de la stabilité de son modèle de gestion et de financement, un aspect qui pourrait représenter un point de fragilité pour ses activités.

L'analyse approfondie des propriétés structurales, électroniques et physiques des défauts, qu'ils soient natifs ou induits par irradiation, manque d'un soutien en modélisation numérique.

Les équipes ST et TSM n'ont pas publié de travaux en collaboration avec les autres membres de l'axe (D2SM).

Le taux de publication par chercheur de l'axe est hétérogène, allant d'environ 0.4 à 4 publications par an.

Analyse de la trajectoire de l'axe

La trajectoire de l'axe est équilibrée entre la poursuite d'études dans son domaine d'expertise et des aspects plus prospectifs sur de nouveaux systèmes, tout en restant en lien avec ses compétences. L'activité se décline en quatre thématiques principales :

- Irradiation et vieillissement des verres, matrices cimentaires innovantes : effet de l'irradiation de matériaux pour l'industrie spatiale, et matériaux innovants à défauts ponctuels natifs ou induits. Pour la période à venir, le comité relève un bon équilibre entre recherche fondamentale et appliquée, ainsi qu'une volonté affichée de trouver des partenaires institutionnels ou privés pour mener à bien les projets et diversifier les sources de financement.
- L'activité de densification et de structuration des verres par irradiation électronique ou par laser femtoseconde s'ouvre à des recherches sur les verres archéologiques, notamment l'apport de la photoluminescence pour la classification des verres romains, en collaboration avec l'INRAP. Une autre activité émergente, menée en collaboration avec le LETI et à l'AIST (Japon), concerne l'étude de la silice en couche mince pour des applications en microélectronique.
- Les recherches menées sur les matrices cimentaires bas carbone (p. ex. CEA) se poursuivront avec la volonté de renforcer les liens avec les industriels. À partir de 2025, cette activité inclura le développement de matériaux innovants, comme des bios-ciments pour des greffes osseuses plus durables et moins invasives.
- L'axe compte tirer profit du dispositif implémenté sur SIRIUS, permettant de tester les effets d'irradiation des matériaux dans des conditions de vide spatial sur les cellules solaires ainsi que d'autres matériaux, en partenariat avec AzurSpace, Thales, Airbus, Fraunhofer ISE, CEA INES.
- Les études expérimentales sur des défauts ponctuels seront maintenues : isolants topologiques, fibres de verres (collaboration avec LaHC et l'Université de New Gorizia), verres de smartphone (collaboration avec l'IRSN), composés Ga₂O₃ (ANR GOSPELS) et ZnGeP₂ (collaboration avec l'ONERA). Du point de vue théorique et numérique, l'équipe TSM compte poursuivre ses activités sur des matériaux tels que le diamant, GaAs dopé à l'azote et les matériaux riches en bore (collaboration avec C2N et IMPMC). Des familles émergentes de

supraconducteurs seront étudiées expérimentalement en collaboration avec l'équipe NEE (p. ex. en lien avec le « boson de Higgs » supraconducteur).

RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité souligne le dynamisme scientifique de l'axe et l'encourage à poursuivre dans cette direction, en alliant des recherches solidement ancrées dans son domaine d'expertise avec des initiatives prospectives cohérentes avec ses compétences.

Le comité souligne le bon fonctionnement de SIRIUS et encourage les équipes scientifiques et techniques à poursuivre leurs efforts dans cette direction.

L'effort de valorisation entrepris ces dernières années, notamment à travers des contrats industriels et des brevets a porté ses fruits et mérite d'être poursuivi.

Le taux de publication est très honorable, mais repose principalement sur l'activité de quelques chercheurs. Le comité encourage l'axe à rester vigilant sur ce point et à travailler pour gagner en homogénéité de production scientifique.

Pour renforcer l'esprit de groupe au sein de l'axe, il serait pertinent d'initier des collaborations internes entre l'équipe D2SM et les équipes théoriques ST et TSM, en combinant approches expérimentales et modélisation.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 16 décembre 2024 à 13 h 00

Fin : 17 décembre 2024 à 18 h 30

Entretiens réalisés : en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

16/12

12 h 30 - 13 h 30	Plateaux-repas et réunion à huis clos du comité	Salle de réunion 1 ^{er} étage Bat 83
13 h 30 - 13 h 45	Présentation du comité et du programme	AMPHI Becquerel
13 h 45 - 14 h 30	Présentation du directeur/directrice devant le comité, les tutelles et le personnel (bilan et trajectoire), M. Raynaud, V. Vénard	AMPHI Becquerel
14 h 30 - 15 h 00	Discussion et échange avec le comité	AMPHI Becquerel
15 h 00 - 15 h 30	Huis clos du comité et pause	AMPHI Becquerel
15 h 30 - 16 h 20	Présentations scientifiques axe 2 : Excitations Electroniques, Phononiques et Photoniques (bilan et trajectoire) V. Vénard, M. Gatti, V. Gorelov, L. Perfetti, J. Sjakste	AMPHI Becquerel
16 h 20 - 16 h 50	Discussion et échange avec le comité	AMPHI Becquerel
15'	Huis clos du comité et pause café	AMPHI Becquerel
17 h 05 - 17 h 50	Échange comité – PAR (ITA/BIATSS/CDD/CDI)	Salle de réunion 1 ^{er} étage Bat 83
17 h 50 - 18 h 35	Échange comité – Doctorants et Postdocs	Salle de réunion 1 ^{er} étage Bat 83
15'	Huis clos du comité et pause	Salle de réunion 1 ^{er} étage Bat 83

17/12

08 h 30 - 09 h 00	Présentations scientifiques axe 1 : Nano Matériaux et Dispositifs Innovants (bilan et trajectoire), M.-C. Clochard, F. Aubrit, G. Rizza, V. Temnov, J.-E. Wegrowe	AMPHI Cauchy
09 h 00 - 09 h 30	Discussion et échange avec le comité	AMPHI Cauchy
09 h 30 - 10 h 15	Échange comité – C /EC	AMPHI Cauchy
10 h 15 - 10 h 30	Huis clos du comité et pause café	AMPHI Cauchy
10 h 30 - 11 h 15	Échange comité – tutelles	AMPHI Cauchy
10 mn	Huis clos du comité	AMPHI Cauchy
11 h 25 - 11 h 55	Présentations scientifiques axe 3 Défauts, Désordre et Structuration de la Matière (bilan et trajectoire), M.-N. De Noirfontaine, R. Grasset, N. Ollier	AMPHI Cauchy
11 h 55 - 12 h 25	Discussion et échange avec le comité	AMPHI Cauchy
15 mn	Huis clos du comité	AMPHI Cauchy
12 h 40 - 14 h 20	Repas buffet avec le personnel & séance poster	Salon d'Honneur
14 h 30 - 15 h 05	Visite SIRIUS A. Alessi	Sous-sol Laboratoire
15 h 10 - 15 h 30	Visite THZ, Y. Laplace	Sous-sol Laboratoire
15 h 30 - 16 h 30	Échange à huis clos – Direction (& future direction)	Salle de réunion 1 ^{er} étage Bat 83
16 h 30 - 18 h 00	Huis clos du comité et pause café	Salle de réunion 1 ^{er} étage Bat 83

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES



Objet : Remarques aux observations du rapport d'évaluation du Laboratoire des Solides Irradiés (LSI) - UMR 7642

Palaiseau, le 8 avril 2025

Madame, Monsieur,

Nous ne soumettons pas de réponse institutionnelle de type « observations de portée générale » concernant l'évaluation du LSI - UMR 7642.

Au nom des tutelles de l'unité,

Bien cordialement,

Kees van der Beek
Directeur de la Recherche, Ecole polytechnique
Vice Président Recherche, Institut Polytechnique de Paris

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



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

