

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LSPM – Laboratoire des sciences des procédés
et des matériaux

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Centre national de la recherche scientifique –
CNRS

Université Sorbonne Paris Nord – Université
Paris 13

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 11/03/2024



Au nom du comité d'experts :

Laurent Barrallier, 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. Laurent Barrallier, Arts et métiers Paristech - École nationale supérieure des arts et métiers (représentant du CNU)

Experts : M. Bertrand Cinquin, CNRS Paris (personnel d'appui à la recherche)
M. Frédéric Demoisson, Université Bourgogne Franche-Comté - UBFC
M. Omar El Mazria, Université de Lorraine
Mme Eva Kovacevic, Université d'Orléans (représentante du CoNRS)
M. Jack Legrand, professeur émérite, Université de Nantes
M. Éric Maire, Insa Lyon
Mme Bénédicte Warot-Fonrose, CNRS Toulouse

REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Francine Fayolle

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

M. Fabien Godefert, CNRS
M. Bruno Manil, Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Nord
Mme Pascale Molinier, Université Sorbonne Paris Nord
M. Frédéric Valès, CNRS

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux
- Acronyme : LSPM
- Label et numéro : UPR 3407
- Nombre d'équipes : 3 axes
- Composition de l'équipe de direction : M. Dominique Vrel (directeur) / M. Damien Faurie (directeur adjoint)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST5 Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM) est organisé en trois axes de recherche : l'axe Procédés Plasmas, Nanostructures et Films Minces (PPANAM), l'axe Matériaux Inorganiques et Nanostructures (MINOS) et l'axe Mécanique et Métallurgie (MÉCAMÉTA).

Les axes de recherche sont décomposés en opérations de recherche (OR). Les activités de ces axes reposent sur cinq services scientifiques et généraux : haute pression et essais mécaniques, conception-instrumentation et suivi d'expériences, microscopies, diffraction des rayons X, informatique et calcul scientifique et bâtiment et logistique.

Le LSPM développe des travaux de recherche dans le domaine des procédés et matériaux. L'unité se positionne sur les sciences pour l'ingénieur en interaction forte avec les disciplines plus fondamentales que sont la chimie et la physique. Ainsi l'« ADN » du LSPM se base sur trois principales caractéristiques : le développement d'une recherche pluridisciplinaire (génie des procédés, mécanique, chimie, physique, électronique) pour concevoir et développer des nouveaux procédés et matériaux, l'exploration des différentes échelles (du nano au macro) par des approches expérimentales et numériques et la dynamisation des interactions entre sciences de bases et projets applicatifs.

Les enjeux concernent les domaines de l'énergie, du transport, de la science de l'information, de l'environnement et de la santé.

Depuis 2021, deux actions transverses se développent : l'action « Matériaux pour la fusion » et l'action « Mécanique du nano au macro ».

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le LSPM est une Unité propre de recherche (UPR) du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) conventionnée avec l'université Sorbonne Paris Nord (USPN). Cette unité a été créée en janvier 2011 par fusion de deux unités : le Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux et des Hautes Pressions, LIMHP, UPR 1311 du CNRS, unité résultant de l'évolution du Laboratoire des Hautes Pressions créée en 1947 à Meudon, et le Laboratoire des Propriétés Mécaniques et Thermodynamiques des Matériaux, LPMTM, UPR 9001 du CNRS créé en 1967.

Le projet de création du LSPM a en réalité débuté en juin 2009. En effet, des actions de rapprochement entre les unités fondatrices ont été initiées dès 2008 en réponse aux recommandations du comité d'évaluation de leurs activités lors du contrat quadriennal (2004-2007).

Le LSPM occupe aujourd'hui deux bâtiments situés au 99 avenue J. B. Clément 93430 Villetaneuse. Le premier, dénommé bâtiment L1, est localisé sur un site propre du CNRS qui jouxte le campus de l'USPN. Le second, dénommé bâtiment L2, est localisé, à 50 m du premier, sur le campus de l'USPN au niveau de l'Institut Galilée.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LSPM est fortement ancré dans le paysage universitaire nord parisien. Au niveau de l'USPN, plusieurs membres de l'unité se sont impliqués dans les trois conseils de l'université (conseil d'administration, conseil de la recherche, commission de la formation et de la vie universitaire) mais également au niveau de la présidence de l'université (vice-présidences « Médiation scientifique » et « Relations internationales »). Des membres de l'unité ont également occupé des postes de responsabilité au sein de l'Institut Galilée (composante en sciences exactes de l'USPN) : directeur adjoint à la recherche, directeur adjoint aux relations internationales et membres du conseil d'institut. Des membres du LSPM occupent également des responsabilités au sein de l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) de Saint-Denis : présidence du conseil restreint, présidence du conseil scientifique et direction de quatre départements. Enfin l'unité est fortement impliquée dans l'école doctorale (ED) 146 Galilée (bureau du conseil de l'ED).

L'unité s'est fortement engagée dans la mise en place du projet de fédération Nanosciences et Applications : MOdélisation, Synthèse, CARactérisation et AppliCations (NAP-MOSAIC) de l'USPN qui regroupe toutes les activités « nano » de l'université et elle participe au comité de pilotage de cette fédération. Par ailleurs, le LSPM s'engage de plus en plus au niveau de la plateforme REV-TECH (Recherche, enseignement, valorisation,

technologique) C(PN)2 (Centrale de proximité en nanotechnologie) au travers de plusieurs projets collaboratifs (diamants, couches minces fonctionnelles, nanostructuration), de la direction de cette structure et de la participation au comité de pilotage ou comité des utilisateurs.

Au niveau de l'Alliance Sorbonne Paris Cité, l'unité a été impliquée dans la mise en place et l'animation (direction, participation aux comités de pilotage et scientifique, ...) du labex SEAM (Science and Engineering for Advanced Materials and devices). Cette structure rassemble les forces de recherche de Sorbonne Paris Cité (SPC) sur la physique, la chimie et l'ingénierie des matériaux fonctionnels et structuraux, ainsi que de la physique et l'ingénierie des systèmes fonctionnels, électroniques, optoélectroniques, photoniques, magnétiques, etc., utilisant ces matériaux. Par ailleurs, bien que ne faisant pas partie de l'UPC, l'unité s'est fortement impliquée, à travers l'alliance SPC, dans le projet d'index Université Paris-Cité (UPC).

Au niveau du quatrième Programme d'Investissement d'Avenir (PIA4), le LSPM s'est fortement engagé avec la soumission de deux projets PIA equipex dont un fructueux (E-DIAMANT), porté par l'université de Paris-Saclay. Ce dernier projet est centré sur les technologies quantiques et l'installation d'équipements à l'état de l'art en spectroscopie Raman et en découpe Laser de matériaux.

L'unité est fortement impliquée au niveau régional dans deux fédérations de recherche : la Fédération francilienne de mécanique – matériaux, structures, procédés (F2M-msp) en mécanique et la Fédération FERMI en métallurgie, dans trois Domaines d'intérêt majeur (DIM) de la région Île-de-France, Nano K, Oxymore et SIRTEQ (maintenant DIM QuantIP) et dans deux projets d'équipements et de plateformes scientifiques et technologiques SÉSAME de la région Île-de-France (diagnostic laser des plasmas et microscopie électronique *in situ* pour la micromécanique). Des personnels de l'unité ont en particulier été membres de l'équipe de direction, ou des comités de pilotage ou scientifique de ces différentes structures.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	17
Maîtres de conférences et assimilés	34
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	7
Personnels d'appui à la recherche	18
Sous-total personnels permanents en activité	79
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	4
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	4
Doctorants	49
Sous-total personnels non permanents en activité	57
Total personnels	136

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

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
Université Sorbonne Paris Nord	51	0	4
CNRS	0	10	14
Total personnels	51	10	18

AVIS GLOBAL

Le LSPM effectue des recherches pluridisciplinaires pertinentes dans le domaine des procédés et des matériaux depuis les échelles nanométriques jusqu'aux échelles macrométriques en mettant en œuvre des modélisations pertinentes et des expérimentations de premier plan (essais mécaniques in situ), voire exceptionnelle (synthèse du diamant). Avec des objectifs scientifiques cohérents, clairs et bien définis et une mise en œuvre pertinente des nombreux moyens expérimentaux, le laboratoire possède une bonne visibilité de l'extérieur. Il peut ainsi rivaliser avec les meilleurs laboratoires français, voire européens (plasma : synthèse, développement, modélisation et diagnostic ; mécanique des matériaux) de son domaine.

Le LSPM a su mettre en valeur son patrimoine scientifique au travers de son livret de vulgarisation « Métamorphoser les matériaux » mais également en soutenant la start-up HiQuTe Diamond pour la réalisation de diamants de synthèse pour des applications dans le domaine de l'électronique de puissance, des détecteurs ou des techniques quantiques. Sans renoncer à son cœur de métier, l'unité a su s'adapter aux évolutions scientifiques et aux nouveaux défis sociaux-environnementaux en adaptant les différents procédés de synthèse qu'elle maîtrise pour créer de nouveaux (nano)matériaux microbicides, favorisant la dépollution, magnoniques flexibles, ... L'unité est également à l'écoute des enjeux énergétiques notamment au niveau de la fusion ou plus récemment sur l'hydrogène décarboné mais également sur le stockage de l'énergie. Ces réalisations sont complétées par une activité importante autour de la simulation numérique en proposant, par exemple, une modélisation originale, précurseur et visionnaire des phénomènes de plasticité, d'endommagement et de rupture, dans des environnements complexes.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A – PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Beaucoup d'efforts ont été faits pour mener à bien la transformation du laboratoire (réduction du nombre d'équipe, implication des personnels supports dans les opérations de recherche, mise en place d'axes transversaux, ...) avec un accompagnement des personnels. Le laboratoire est proactif pour la réhabilitation des locaux (réfection sur fond propre de quelques salles) sans que les problèmes structurels (isolation, vitrage, ...) du bâtiment L2 dépendant de l'USPN ne soient réellement réglés. Durant la période de référence, les membres du laboratoire se sont fortement impliqués dans les instances universitaires (vice-président, chefs de département d'IUT et de l'Institut Galilée, ...) et régionale labex, fédérations ...).

Le laboratoire a maintenu un excellent niveau de publication tant en termes de quantité (en moyenne plus de 2,6 Revues Internationale à Comité de Lecture (RICL) par Équivalent Temps-Plein (ETP et par an) que de qualité (comme Acta Materialia, Diamond and Related Materials, Journal of Hydrogen Energy, Nanomaterials, ...). Des efforts ont été menés pour soutenir les nouveaux entrants dans leurs travaux de recherche en sensibilisant notamment les enseignants-chercheurs à veiller à un équilibre entre enseignement et recherche. Les projets aidés par l'Agence nationale de la recherche (ANR) ou par l'Europe sont toujours aussi nombreux avec un taux de réussite d'environ 30 % pour les ANR, très supérieur à la moyenne nationale. Il est en revanche à noter qu'il n'y a pas d'évolution significative sur les relations avec les entreprises qui restent relativement limitées (thèse financée par un dispositif Cifre, ...). Le suivi des doctorants a été amélioré, il reste néanmoins quelques efforts à faire notamment sur les publications (quelques thèses soutenues sans publication).

B – DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs scientifiques ont été recentrés tout en maintenant les thématiques historiques de l'unité pour lesquelles elle est reconnue ce qui a permis de les rendre clairs et bien définis. Ces objectifs ont permis de développer une recherche pluridisciplinaire pertinente pour concevoir et développer des nouveaux procédés et matériaux, pour explorer à différentes échelles (du nano au macro) les approches expérimentales et numériques et pour dynamiser les interactions entre sciences de bases et projets applicatifs.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources humaines comportent des chercheurs (C) ou enseignants-chercheurs (EC) de haut niveau reconnus avec des personnels d'appui compétents, très impliqués et répartis de manière homogène dans l'unité. Il subsiste néanmoins quelques disparités de dynamisme et la pyramide des âges est à surveiller. Les ressources techniques sont de premier plan (essais mécaniques in situ ...) voir exceptionnel pour certaines (synthèse des diamants). Les ressources financières sont très importantes, multiples au niveau des financements institutionnels (nombreux projets ANR avec un excellent taux de succès).

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Issue d'une fusion réussie, l'unité est bien structurée avec une organisation efficace pour mener à bien les projets de recherche collaboratifs. La politique d'investissement concertée et proactive permet un renouvellement régulier d'équipements mi-lourds. La transmission d'informations internes est néanmoins perfectible.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

La stratégie globale de l'unité est de comprendre le comportement macroscopique ou global d'un procédé, matériau ou système, à partir de phénomènes ayant lieu à l'échelle moléculaire ou microscopique en combinant la synthèse, la mesure de propriétés et la modélisation numérique. En maîtrisant toute cette chaîne, le laboratoire dispose d'une activité originale et pertinente pour répondre aux enjeux scientifiques dans le domaine des procédés historiques du laboratoire (synthèse diamant, plasmas, ...) ou nouveaux (plasmas en milieu liquide, ...). Les objectifs scientifiques s'appuient sur des plateformes techniques (essais in situ, diagnostic plasma, spectroscopie Brillouin, ...) pertinentes de haut niveau.

Points faibles et risques liés au contexte

Certaines thématiques sont liées à des compétences qui pourraient disparaître à cause des départs en retraite et une réflexion est menée autour des profils à recruter afin de garantir la pérennité de certaines OR notamment au niveau des axes MINOS et MÉCAMÉTA. La thématique historique autour des hautes pressions est dispersée dans plusieurs OR et une démobilisation de certains C et EC est perceptible. Les axes et certaines OR sont assez autonomes, bien que les interactions entre axes ou OR soient naissantes.

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

L'unité s'appuie sur un certain nombre de plateformes (CARMEL, C(PN)2 et DIAGPLAS) qui lui offrent des dispositifs instrumentaux indispensables et qui lui assurent une visibilité de ses opérations de recherche. Elle participe de façon proactive au labex SEAM et elle poursuit son implication dans l'alliance SPC au travers de l'idex Université Paris-Cité. Au niveau du PIA4, le LSPM s'est fortement engagé dans deux projets equipex (dont E-DIAMANT, 1,1 M€) porté par l'université de Paris-Saclay. Enfin son implication au niveau de l'Île-de-France est complétée par sa participation aux fédérations de recherche F2M-msp et FERMI mais également dans trois Domaines d'Intérêt Majeur (DIM) et deux projets SESAME. Le laboratoire a aussi acquis plusieurs appareillages sur fonds propres pour maintenir au meilleur niveau son parc expérimental (mise en place d'un MEB FEG EBSD avec nanoindenteur, acquisition prochaine du diffractomètre 4 axes avec détecteur plan par exemple).

Points faibles et risques liés au contexte

Bien que l'unité soit de premier plan au niveau de certaines thématiques (synthèse diamant, métallurgie mécanique, hydrogène, ...), les liens avec le monde socio-économique et en particulier les industriels ne sont pas suffisamment développés. Cela positionne l'unité dans une recherche amont qui est indéniablement de qualité sans qu'elle soit en mesure de diffuser auprès des utilisateurs finaux potentiels le fruit de ses recherches, laissant parfois cela à d'autres laboratoires. Des équipements lourds, parfois uniques, notamment dans le domaine de la synthèse haute pression haute température semblent être à l'arrêt ou sous-utilisés. Cette situation est dommageable à la dynamique de cette thématique. Enfin le haut niveau des moyens expérimentaux et par conséquent les coûts associés demande une attention particulière quant à leur renouvellement ou leur maintenance. Les règles d'utilisation des moyens expérimentaux ne semblent pas être standardisées notamment en ce qui concerne les moyens financiers affectés au fonctionnement. La notion de coût complet ne semble pas être systématiquement appliquée lors du chiffrage financier d'un projet.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité de recherche a mis en place un ensemble de dispositions (personnels référents, formation obligatoire pour les nouveaux utilisateurs, procédures d'utilisation des appareillages et des expérimentations, ...) afin de permettre l'utilisation en toute sécurité des moyens expérimentaux en particulier dans le secteur des appareillages de rayons X, de la chimie, de l'élaboration des nanomatériaux... Pour la prochaine période, une personne en charge de l'hygiène et de la sécurité sera directement intégrée au comité de pilotage de l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

Des disparités hommes/femmes ont été identifiées notamment au niveau des enseignants-chercheurs où subsiste un nombre important de femmes peu ou non publiantes. Une analyse plus détaillée permettrait de mettre en place des mesures appropriées. La place des femmes dans l'unité est un peu plus faible que la moyenne nationale en sciences et technologies et très faible chez les habilités à diriger des recherches (HDR), professeur (PR) ou directeur de recherche (DR). Le suivi des carrières des personnels (EC, C et PAR) existe mais n'est pas systématique et perfectible pour les personnels techniques.

L'unité est sensibilisée au développement durable mais n'a pas réellement de politique dans ce domaine.

Des inégalités de traitement existent entre doctorants notamment pour les conditions de soutenance, les informations relatives au comité de suivi de thèse, ... Les étudiants manquent également d'informations sur les possibilités d'évolution de carrière au sein du LSPM et, plus généralement, au sein de l'université.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'unité est très attractive par son rayonnement scientifique, elle est reconnue nationalement et internationalement dans plusieurs domaines (métallurgie mécanique, spintronique, science des plasma, modélisations, ...). Ceci se traduit par des implications dans de nombreuses collaborations et réussites d'appels à projets compétitifs. L'unité est également très attractive par le caractère unique de certains équipements.

- 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

Au niveau européen, le rayonnement, l'attractivité du LSPM et son succès à des appels à projets (AAP) compétitifs ont progressé par rapport au précédent contrat mais l'unité dispose toujours d'une marge de progression. Les activités de l'axe PANNAM sur le thème diamant bénéficient d'un positionnement unique source de reconnaissance à l'international, ce qui a permis de décrocher deux projets H2020 durant la période de référence. Une autre réussite plus globale cette fois-ci concerne les projets européens Eurofusion qui irriguent les trois axes de l'unité avec trois projets financés.

Au niveau national, le LSPM présente un taux de réussite aux projets ANR au-dessus de la moyenne nationale témoignant de l'efficacité de ses chercheurs et de la reconnaissance et de l'attractivité dont bénéficie l'unité (26 projets financés par l'ANR durant la période). Notons également une politique volontariste pour soutenir les jeunes recrutés qui se traduit par l'obtention d'un nombre important de projets spécifiques jeunes chercheurs : cinq projets « Jeunes Chercheuses et Jeunes Chercheurs » (ANR JCJC) et huit projets financés par l'établissement.

Les membres de l'unité sont régulièrement invités dans des conférences internationales d'envergures ou spécialisées mais aussi pour assurer des séminaires dans des universités et instituts français et étrangers (Massachusetts Institut of Technology – USA, Lawrence Livermore National Laboratory – USA, université de Tokyo – Japon, ...). Cela témoigne de l'attractivité et de la renommée de l'unité et de ses membres dans leurs thématiques de recherche.

Le LSPM dispose d'un parc d'équipements de pointe qui le rend attractif vis-à-vis d'autres équipes et unités de recherche et qui favorise l'émergence de collaborations et projets collaboratifs. Le projet SÉSAME mais aussi des projets soutenus par l'ANR et des Programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR) ont

largement contribué à l'acquisition et la jouvence de plusieurs équipements d'envergure (équipements – caméra rapide, laser picoseconde, ...– de la plateforme de diagnostic laser des plasmas, ...). En plus des équipements conventionnels, mais indispensables pour un laboratoire de la dimension du LSPM (Microscope électronique à balayage ou MEB, à Transmission ou TEM, Diffraction des rayons X ou DRX, ...), le laboratoire se distingue par un parc de réacteurs exceptionnel pour l'élaboration de diamants mais aussi par deux plateformes : DIAGPLAS pour le diagnostic laser de plasmas et CARAMEL pour la simulation thermomécanique et la compaction isostatique à chaud.

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

L'attractivité du laboratoire présente une difficulté au niveau national, liée à sa localisation géographique. Cependant, la proximité de Paris pourra constituer un avantage à l'international si une communication adéquate est entreprise. Il est à noter une absence de projet soutenu par le conseil européen de la recherche ou « European Research Council » (ERC) qui pourrait contribuer le cas échéant à amplifier le rayonnement de l'unité. L'attractivité auprès des partenaires socio-économiques, notamment les industriels, est à renforcer malgré des thématiques de recherche porteuses.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique est excellente en qualité et en quantité dans des journaux spécialisés très reconnus dans les domaines de la physique des plasmas et de la physique des solides, des diamants et matériaux carbonés, de la synthèse chimique ou de la mécanique des matériaux. La répartition de cette production entre les personnels et les axes n'est cependant pas homogène.

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

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

La production scientifique est importante (2,6 RICL/an/ETP) et de qualité. Dans le détail, le LSPM a publié presque 100 articles par an avec une production globalement constante au cours de la mandature malgré la pandémie de Covid-19. Un nombre de 561 articles sont parus dans des RICL référencées par ISI Web of Knowledge parmi des revues à forte notoriété telles Nature Communication, Nature Astronomy, NanoLetters, ACS Nano, ACS Applied Materials and Interfaces, Advanced Materials, Materials Today (soit environ deux pourcents de la production globale). Ces articles concernent le nanomagnétisme, la nanomécanique, les plasmas et les diamants. Le LSPM a publié dans des journaux spécialisés très reconnus dans ses domaines de recherche, ce qui confirme son statut d'unité détenant des savoir-faire importants. On peut citer dans les domaines de la physique des plasmas et la physique des solides : Journal of Applied Physics, Applied Physics Letters, Plasma Sources Science & Technology, Physical Review B et Physical Review Applied ; concernant le diamant et les matériaux carbonés : Diamond and Related Materials ; dans le domaine de la nanomécanique et de la plasticité : Acta Materialia ou Scripta Materialia ; sur l'hydrogène : Journal of Hydrogen Energy ; en synthèse chimique douce et sous hautes pressions : Nanomaterials et Journal of Superhard Materials. Bien entendu, ne sont cités ici que les journaux dans lesquels le LSPM a souvent publié, beaucoup sont répartis dans divers journaux de matériaux de Elsevier par exemple. Parmi ces articles, seize sont cités plus de dix fois par an, sachant qu'une bonne partie sont sortis récemment.

Sur l'ensemble des jeunes entrants du LSPM, la production des chargés de recherche et enseignants-chercheurs est très bonne avec des faits marquants comme le développement de nouvelles batteries rechargeables à base d'ions zinc de forte capacité massique (> 152Ah/kg), la modélisation de la plasticité cristalline en développant un nouveau modèle combinant mécanique des milieux continus et interactions à l'échelle atomique ou le diagnostic des plasmas par l'utilisation de lasers nanoseconde et picoseconde couplés à une

caméra à balayage ultrarapide. Ceci résulte d'un soutien fort à la fois du LSPM et des axes de recherche pour faciliter leur début de carrière (encadrement de doctorants et stagiaires, soutien financier) facilitant ainsi la production scientifique.

La direction surveille systématiquement la bonne réputation des conférences dans lesquelles ses membres se rendent en évitant les contributions à des conférences « prédatrices ». Concernant les revues, la direction s'est efforcée de communiquer en interne sur la nécessité de publier dans des revues les plus acceptées éthiquement par le milieu académique, sans qu'un comité officiel n'ait été créé alors qu'une hausse importante de publications a été enregistrée dans des revues qui peuvent être suspectées de manquer d'éthique.

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

La production scientifique n'est pas homogène dans le laboratoire. En effet, la production des axes PPANAM et MÉCAMÉTA est en moyenne plus forte que celle de l'axe MINOS. Concernant ce dernier axe, cela s'explique particulièrement par une transition générationnelle en cours (nombreux départs en retraite récents ou à venir). Le nombre de publications par EC et C varie entre une et dix publications par an : 41 C ou EC ont publié au moins 10 articles pendant la période. Les moins publiants ne font pas forcément partie des jeunes entrants et sont majoritairement des EC surchargés par les enseignements et responsabilités pédagogiques et dans le même temps en perte de vitesse côté recherche. Il est à noter que les EC et C non-publiants sont essentiellement des femmes laissant peut-être entrevoir un isolement scientifique de celles-ci. Au niveau « science ouverte », les chercheurs font un dépôt systématique dans les archives ouvertes HAL, c'est plus inégal pour les EC. Un effort a été entrepris depuis un an grâce à l'encouragement lié au nouveau site web qui importe toutes les données de HAL automatiquement. Mais c'est encore insuffisant pour que l'ensemble des publications de l'unité y soient référencées.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

L'unité est proactive dans la vulgarisation pour le grand public (jeux éducatif « La métamorphose des matériaux »). Malgré la création de plusieurs start-up, les relations pérennes avec le tissu industriel national restent réduites.

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

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

L'unité a mis en place des actions spécifiques de médiations scientifiques afin de s'ouvrir sur son environnement immédiat. On peut citer en particulier l'original livret sur la « Métamorphose des Matériaux » qui présente le laboratoire et ses trois axes de recherche de façon très didactique et à la portée de tous. Il est à noter également un investissement important dans les projets PIA (labex « SEAM », equipex « E-Diamant ») qui dépasse l'environnement de l'UPSN (coopération avec l'alliance Sorbonne Paris Cité par exemple).

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

Compte tenu du rayonnement scientifique de l'unité dans ces domaines d'excellence (synthèse diamant, mécanique, in situ ...), les relations industrielles ne sont pas à la hauteur de ce qu'elles pourraient être. Durant la période, il n'y a pas réellement eu de contrats directs conséquents ni de dispositif Cifre, et cela malgré la création de trois start-up et des efforts de valorisation des produits de la recherche entrepris.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

La trajectoire scientifique de l'unité se situe clairement dans la continuité de l'existant. Pour y arriver, une optimisation de la structuration des axes de recherche avec une réorganisation des OR et le développement d'actions transverses « Matériaux de la fusion » et « Mécanique du nano au macro » est envisagé. Il sera tout de même nécessaire de veiller à la pyramide des âges en effectuant des recrutements bien choisis au travers de profils pertinents en adéquation avec la politique scientifique de l'unité.

L'organisation du laboratoire ne va pas changer de manière significative. Il y a, cependant, une volonté de renforcer l'équipe de direction en créant un comité de pilotage composé du directeur de l'unité, de deux directeurs adjoints et de trois chargés de mission issus des personnels techniques. Cette nouvelle structuration est pertinente, des missions bien spécifiques balayant l'ensemble des problématiques de gouvernance. On peut citer, en particulier, des actions venant renforcer les faiblesses actuelles de l'unité dans les domaines de l'accompagnement des carrières, de la communication interne et externe, de la parité, des relations avec les entreprises et du développement durable.

L'effort entrepris pour labéliser les plateformes techniques permettra également une meilleure visibilité et une ouverture facilitée vers l'extérieur.

La démarche utilisant l'intelligence artificielle, initiée dans une thèse, mériterait d'être généralisée dans la mise en place de modélisation hybride basée sur les modèles déterministes. Au niveau local, la direction du LSPM, est d'ores et déjà en discussion avec les directions des unités Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ) et ITODYS de l'UPC pour participer au montage d'une nouvelle structure faisant suite au labex SEAM. Ce type d'initiative ne peut être qu'encouragée.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le projet scientifique de l'unité est clair et bien défini, il ne demande qu'à être pérennisé en tenant compte des difficultés potentielles au niveau des pyramides des âges des axes de recherche et de la répartition homme/femme. D'une manière générale il conviendra de faire attention aux futurs leaderships compte tenu des départs annoncés pour les années à venir. Les nouveaux recrutements devront se faire en intelligence concertée de manière à préserver les thématiques phares de l'unité.

Les ressources financières de l'unité sont peu variées et les investissements se font essentiellement autour des projets aidés (PIA4, ANR, ...). Malgré une reconnaissance indéniable de l'unité dans ses thématiques de recherche, les financements industriels de gré à gré de type dispositif Cifre sont peu nombreux et mériteraient d'être développés pour à la fois avoir des financements diversifiés et valoriser de manière plus importante les produits de son excellente recherche.

Le développement des thématiques transversales aux trois axes de recherche permettra de renforcer les thématiques clés de l'unité tout en créant de nouvelles synergies entre C et EC qui n'avaient pas l'habitude de travailler ensemble. L'unité est encouragée à bien préciser et consolider certaines OR mises en place récemment tout en réfléchissant à une structuration plus lisible de la thématique « hautes pressions ». Ces actions permettraient de remotiver les personnels concernés tout en tenant compte des nouvelles forces et en veillant à ce que le rôle des personnels techniques soit bien défini dans l'ensemble des axes.

La politique d'accompagnement des personnels et plus particulièrement le suivi des évolutions de carrière est à poursuivre et à développer. Il serait intéressant que l'unité puisse avoir une vraie politique concernant le développement durable. Des attentions particulières devront être portées pour améliorer la gestion des projets doctoraux et le management des doctorants.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

L'excellente qualité scientifique de l'unité et ses nombreuses réussites pour l'obtention de projets financés notamment par l'ANR sont certainement des points sur lesquels l'unité pourrait communiquer de manière plus importante pour attirer des jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs. Cependant, il faudra faire attention à ne pas déséquilibrer les thématiques reconnues. Le développement d'actions de recherche avec le monde industriel pourrait être également une source d'attractivité pour l'unité qui cependant arrive à soutenir la création et le développement de start-up.

L'utilisation plus soutenue de l'intelligence artificielle permettrait également de hisser l'unité aux nouvelles pratiques numériques sources d'attractivité potentielle.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

La production scientifique autour des publications pourrait être améliorée en réduisant le nombre de revues par une sélection plus pertinente des meilleures revues dans les domaines d'excellence. Une association plus systématique des personnels techniques aurait un effet d'entraînement mutuel de l'ensemble des acteurs de l'unité. Il est fortement recommandé à l'unité de s'assurer que les doctorants fassent le minimum (voir plus) demandé par l'école doctorale en termes de publications et communications.

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

Tout comme il était signalé dans sa précédente évaluation, l'unité de recherche doit fournir un effort significatif pour développer ses relations industrielles. Les actions de communication envisagées envers le monde socio-économique pour faire connaître les excellences scientifiques de l'unité sont à encourager et la mutualisation des efforts avec l'Institut Galilée est pertinente. Un directeur d'unité adjoint pourrait être chargé de cette question. La recherche de dispositifs alternatifs (laboratoire commun, chaire d'excellence, ERC, ...) aux idex, labex, etc. doit être encouragée.

ÉVALUATION PAR AXE

Axe 1 : Procédés Plasmas, Nanostructures et Films Minces (PPANAM)

Nom du responsable : M. Jocelyn Achard

THÉMATIQUES DE L'AXE

L'axe PPANAM, composé de cinq OR, étudie des procédés d'élaboration par plasma de matériaux aux faibles dimensionnalités (couches minces d'épaisseur nanométriques ou ensembles de nanostructures), caractérise les propriétés des matériaux élaborés et structurés et développe des modèles numériques à la fois pour la modélisation plasma et matériaux. Il ambitionne d'optimiser les procédés et de mieux maîtriser les propriétés des matériaux en vue d'applications bien ciblées comme la synthèse de catalyseurs métalliques nanostructurés, le comportement des matériaux face au plasma chaud (fusion), les revêtements protecteurs, l'électronique flexible, l'électronique de puissance, la spintronique ou les technologies quantiques.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport ont globalement été prises en compte. L'axe a maintenu le bon niveau de sa production scientifique, a consolidé la préparation de futures leaders par le dépôt et l'obtention de projets ANR et notamment JC.JC. L'obtention de financement ERC reste cependant un objectif affiché non encore atteint.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	8
Maîtres de conférences et assimilés	16
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	4
Sous-total personnels permanents en activité	31
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	1
Doctorants	20
Sous-total personnels non permanents en activité	23
Total personnels	54

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'axe PPANAM bénéficie d'une reconnaissance nationale et internationale dans plusieurs de ses domaines de recherches de prédilection (diamants, réacteurs plasmas et modélisation, nanomagnétisme, ...) avec quelques réalisations brillantes. L'équipe est très dynamique, elle possède une très bonne production scientifique, elle est à l'origine de deux start-up et possède de grands équipements. Les projets scientifiques qu'elle porte sont nombreux et tout à fait compétitifs aux niveaux régional, national et international. Le nombre de permanents est le plus important de l'unité (presque 20 ETP). Leurs profils sont bien équilibrés entre théorie, simulation et expérimentation. C'est un axe de recherche dont les membres sont bien impliqués dans la communauté scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'axe PPANAM a mis en avant ses thèmes forts et originaux et bénéficie d'une reconnaissance qui a permis aux différentes OR de décrocher un nombre important de projets compétitifs (17 projets internationaux dont neuf européens, 23 financements par l'ANR et plus de 60 projets avec des financements locaux et régionaux). Cette reconnaissance a aussi permis à ses membres de prendre des responsabilités dans des sociétés savantes et d'être impliqués dans l'organisation de conférences et colloques d'envergures diverses. La production scientifique de l'axe est abondante, et se fait dans des journaux spécialisés et reconnus dans le domaine. La pyramide des âges est très favorable pour l'axe PPANAM ce qui lui permet de planifier sa stratégie à moyen et long terme.

Les points forts de l'axe sont liés au savoir-faire et aux compétences de ses chercheurs dans les sujets de recherche investigués. Le thème sur les plasmas en milieux liquides qui a permis des avancées notables sur l'analyse en temps réel des décharges électriques pulsées dans des liquides en est un exemple. La mise en place d'une plateforme laser (LIF) pour l'analyse en temps réel des plasmas est un autre exemple. Cette plateforme très originale et de haut niveau et ouverte pour la communauté et permet de tisser des collaborations aux niveaux national et international. Le développement de modèles numériques et de nouvelles sources plasma hors-équilibre constituent des pôles d'excellence reconnus à l'international.

L'équipe travaillant sur les diamants a apporté de nombreuses contributions sur la maîtrise des centres NV dans le diamant et sur les liens entre l'élaboration et leurs propriétés pour les applications en technologies quantiques. L'originalité et l'avancée de leurs développements ont d'ailleurs permis la création d'une start-up (HiQuTe) dont le cœur du métier est la fabrication de diamants pour les technologies quantiques.

Les travaux en spectroscopie Brillouin pour l'analyse des ondes de spin et le savoir-faire développé dans ce domaine ont valu à l'équipe d'afficher une grande notoriété dans le domaine du nano-magnétisme. Ceci a permis de publier des articles de haut standing sur l'analyse de l'interaction interfaciale Dzyaloshinskii-Moriya dans des empilements nanométriques. Il a également permis de développer un réseau de collaborations nationales et internationales de premier plan tel que le projet SPIN financé par le PEPR.

Un nombre important des personnels assure également des responsabilités collectives au niveau national et au niveau local. On citera à titre d'exemple l'implication dans les CoNRS (sections 05, 09 et 10), deux directeurs adjoints de l'institut Galilée, quatre responsables de département (IUT de Saint-Denis et Institut Galilée), directeur adjoint de l'IISE, directeur du Master « Science et Génie des Matériaux » de l'Institut Galilée, directeur de la Centrale de Proximité (microtechnologie) de l'USPN. On notera par ailleurs leur forte implication dans la future équipe de direction du LSPM.

Points faibles et risques liés au contexte

Plusieurs risques liés au contexte concernent l'axe PPANAM. En effet, la taille de l'axe peut constituer un problème si l'organisation et l'articulation avec la direction du LSPM manquent de clarté. Avec 31 permanents, l'axe a presque la taille d'un laboratoire et la multiplication des strates peut nuire à la visibilité et surtout à la gestion de proximité pour le chercheur de base. L'organisation de vie de l'axe (animation scientifique, suivi de carrières notamment des jeunes, accès aux ressources, ...) et la cohésion du groupe peut être en danger si l'investissement n'est pas à la hauteur de la tâche.

La fin du labex SEAM, peut mettre en péril la pérennité d'une partie du parc expérimental de l'axe mais de manière plus générale celui de l'unité. Une alternative au labex doit être proposée.

Le rayonnement et la reconnaissance qui se concrétise par l'implication dans l'organisation de colloques et congrès ainsi que par la prise de responsabilités dans des sociétés savantes se limitent à quelques individus de l'axe.

Malgré des recherches appliquées de très haut niveau, l'interaction avec le monde industriel reste perfectible et mérite d'être développée pour diversifier les recettes financières de l'axe mais aussi permettre un transfert plus efficace des connaissances développées.

Analyse de la trajectoire de l'axe

L'axe sera impacté par la forte implication de ses membres dans l'équipe de direction de la prochaine mandature. Cependant, la qualité des recrutements récents et la pyramide des âges de l'axe PPANAM permettent d'assurer la continuité des activités de recherche et le maintien de leur excellence. Parmi les actions nouvelles et en devenir affichées par l'axe, on peut citer : la mutualisation des PVD en salle blanche, lithographies, modélisations sur les réacteurs, propriétés physiques de couches minces ; mais également le regroupement global des activités « couches minces » de tout le laboratoire. L'émulation positive entre OR et les interactions entre axes favorisées par les actions transverses favoriseront la dynamique globale.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

Compte tenu d'une image et d'une identité très positives, il est recommandé de maintenir un haut niveau de production scientifique tout en continuant d'être actif dans les réponses aux AAP, notamment de dimension européenne. Les efforts effectués pour soutenir et accompagner les carrières des jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs sont notables et doivent être poursuivis tout en restant vigilant sur la taille de l'axe d'une part et sur la forte implication de plusieurs membres de l'axe dans l'équipe de direction du LSPM d'autre part. Il est donc nécessaire de veiller à bien continuer de structurer l'organisation de l'axe en tenant compte des nouvelles forces en présence tout en définissant clairement les rôles des personnels techniques dans le fonctionnement des OR, de l'axe et de l'unité.

En outre, la recherche de dispositifs alternatifs à l'idex ou labex est encouragée en relation avec les autres axes. Ceci ne pourra qu'être profitable si les projets inter-axes ou inter-OR continuent à être développés.

Axe 2 : Matériaux Inorganiques et Nanostructures (MINOS)

Nom du responsable : M. Mehrdad Nikravech

THÉMATIQUES DE L'AXE

Les travaux de l'axe MINOS sont organisés en opérations de recherche autour de trois thématiques : élaboration de nanomatériaux, modélisation et énergie-environnement. L'axe s'intéresse à l'élaboration et à la caractérisation de matériaux fonctionnels ainsi qu'à leur intégration dans des dispositifs. Les propriétés physicochimiques et fonctionnelles ainsi que mécaniques des composés élaborés sont à l'étude afin d'assurer au matériau un fonctionnement efficace et durable. Des oxydes métalliques, des métaux, des nitrures du groupe quatorze et des matériaux hybrides à base de nanoparticules inorganiques sont étudiés. L'axe dispose d'équipements et de dispositifs variés pour la synthèse et l'élaboration de ces matériaux. D'autres procédés, moins conventionnels, comme l'utilisation conjuguée de conditions extrêmes en température et en pression (HP-HT) et frittage assisté par courant électrique (SPS) sont mis en œuvre pour la production des matériaux. Ces approches expérimentales sont complétées par une modélisation hydrodynamique et thermodynamique des milieux réactionnels.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'axe MINOS est issu du rassemblement des équipes NINO (Nanomatériaux inorganiques) et HPHT (Procédés hautes pressions – hautes températures) du contrat quinquennal précédent. L'équipe NINO était encouragée à poursuivre ses recherches de qualité et à maintenir un niveau élevé de production scientifique. Toutefois elle était invitée à réfléchir à un resserrement de ses activités sur ses sujets phares ou les plus prometteurs pour l'avenir, pour améliorer sa lisibilité et renforcer son impact et son rayonnement. Elle devait aussi veiller à accroître le nombre de chercheurs porteurs de la notoriété de l'équipe et être mieux valorisée dans le cadre de partenariats avec l'industrie. La recommandation d'une évolution progressive de la structuration actuelle à l'occasion de la dernière évaluation a été prise en compte : l'axe MINOS, initialement subdivisé en cinq opérations de recherche a été réduit à trois OR et la mise en place d'OR transverses a été engagée. Une forte volonté d'accroître les relations partenariales avec l'industrie et de confier la responsabilité des OR à des permanents qui n'exerçaient pas ce type de fonction dans le contrat précédent est aujourd'hui affichée.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	9
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	17
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	0
Doctorants	7
Sous-total personnels non permanents en activité	10
Total personnels	27

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'axe MINOS est caractérisé par la riche diversité des sujets autour des matériaux fonctionnels et de leurs procédés. Les applications sont très nombreuses en particulier dans le domaine des énergies « vertes » (hydrogène, biomasse bio-gaz), les matériaux magnétiques, les réacteurs photocatalytiques ou le biomédical (matériaux et dispositifs). Certains développements utilisant la synthèse de nanomatériaux sont très prometteurs comme les batteries post-lithium pour le stockage de l'énergie ou les membranes de catalyse enzymatique pour la dépollution. La dynamique de l'axe s'appuie sur d'excellents équipements de pointe, dont certains sont développés au sein de l'axe. Malgré une baisse d'effectif d'environ un tiers du personnel en cinq ans et un changement de direction de l'axe en 2022, le dynamisme de l'axe est perceptible au travers de sa production scientifique de haut niveau (articles, participation aux congrès dans les domaines), de ses nombreuses collaborations internationales et de sa participation à des programmes de recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'axe MINOS a une activité riche en recherche et applications au travers des trois OR : synthèse de nanomatériaux (OR1), thermodynamique et hydrodynamique de milieux réactifs (THMR), élaboration – propriétés – énergie – environnement (ÉPÉE).

L'axe a développé des équipements de pointe en élaborations (réacteurs chimiques au micro-mélange ultra-rapide, réacteurs sol-gel et polyol, réacteurs spray-plasma, réacteur de décharge de surface destiné au reformage catalytique du méthane, cellules à enclumes de diamant avec chauffage par laser, dispositifs haute pression à grand volume, etc.) et avec des caractérisations de haut niveau (DLS/SLS, spectroscopies d'absorption UV-visible et FTIR, chromatographie de gaz et GC-MS, analyse de la composition élémentaire ICP, ATG/ATD, micro-essais mécaniques, etc.).

Les applications sont multiples dans de nombreux domaines tels que la photocatalyse, la plasma-catalyse, l'élaboration de matériau de cathode pour batterie rechargeable à base des ions de zinc, la photonique, la biomédecine (structures bactéricides et biocompatibles), du magnétisme, etc. Ces travaux de recherche sont développés en très large collaboration avec des partenaires en France et à l'étranger : Europe (Allemagne, Italie, Grèce, Estonie, etc.), Russie, Ukraine, Tunisie, Canada, Japon, États-Unis, etc.

La valorisation s'est manifestée notamment dans la création de start-up et des dépôts de brevets (cinq en cinq ans). Ces activités existent grâce à la recherche de financements au travers de participations à des programmes de recherche nombreux tels que projets européens (ex : Flintstone2020), ANR (ex : SYMPATI, COMPAGNON), projets de maturation (SATT), programmes idex, collaborations industrielles (ex : Valeo), etc. Ce dynamisme est également mis en avant par un nombre de publications important dans des revues à forte notoriété (> 150 en six ans) dans les domaines de recherche de l'équipe.

Points faibles et risques liés au contexte

L'axe MINOS était composé de 40 personnes (22 permanents et 18 contractuels) en 2018. Les données mentionnées dans le tableau précédent indiquent un total de 18 permanents et sept non permanents fin 2022, soit une baisse d'effectif de 37.5 % en six ans. Cette baisse significative peut s'expliquer en partie par un nombre important de mouvements au niveau des permanents (départs en retraite, promotions externes, faibles recrutements et décès), ce qui a pour conséquence directe une baisse importante dans le recrutement des contractuels (post-doctorants, doctorants, etc.). Ce mouvement a conduit à la nomination d'une nouvelle direction de l'axe (directeur et directeur adjoint) en octobre 2022 et à une diminution du nombre d'OR de cinq à trois afin de recentrer les activités autour de trois thématiques. On note cependant une appellation différente entre la présentation orale et le rapport d'activité pour l'OR « Synthèse de nanomatériaux », qui est devenue « Procédés-Chimie douce-Haute pression-Chimie-Plasma (MANIP2) » dans la présentation orale. La baisse d'effectif pourrait être interprétée comme une fragilité (temporaire) qui n'est certainement pas fondée au vu de la richesse des travaux de recherche et de valorisation. Cependant, l'incertitude sur la future direction de l'équipe est un signe de fragilité.

Il faut aussi noter la volonté de développement économique avec la création de la start-up Wastmy, malheureusement suspendue à la suite du décès du créateur.

Analyse de la trajectoire de l'axe

L'axe MINOS a subi de nombreuses évolutions récentes entre 2018 et 2023 tels que le changement de direction, la baisse significative des effectifs et cette organisation devrait pouvoir se stabiliser à court terme. La trajectoire

de l'équipe est dans la continuité des activités et est orientée vers les micromélangeurs, modélisation et applications, vers les matériaux nanostructurés multifonctionnels, vers les matériaux pour les batteries post-lithium, vers les procédés d'élaboration de matériaux sous très haute pression, vers les procédés hautes-pressions pour l'environnement et biocompatibilité et l'analyse structurale sur l'ordre local dans les matériaux. La richesse des travaux réalisés durant cette période perturbée montre que cette transition devrait se faire sans difficulté grâce au dynamisme de l'ensemble du personnel, à condition de bien gérer le remplacement des cadres partant à la retraite sur la thématique chimie et procédés.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

Le comité d'experts encourage vivement l'axe MINOS à poursuivre ses activités en recherche fondamentale et appliquée, notamment en énergie renouvelable, en consolidant les trois OR mises en place récemment au travers d'une production scientifique de haut niveau, d'une reconnaissance nationale et internationale et des originalités expérimentales et numériques.

Une réflexion sur l'intégration de l'opération de recherche « Thermodynamique et Hydrodynamique de Milieux Réactifs » dans l'opération de recherche « Synthèses de nanomatériaux » serait intéressante pour mieux intégrer les aspects génie de la réaction dans la synthèse des matériaux et rapprocher chimie et procédés. Concernant cette dernière OR, il faudra veiller à mieux la formaliser en définissant bien le contour ou l'appellation par exemple.

Une réflexion sur l'affichage de la thématique « hautes pressions » sur laquelle l'équipe est reconnue est à encourager afin d'éviter une forte démotivation des chercheurs travaillant sur cette thématique depuis plusieurs années. Elle est actuellement dispersée entre deux OR, ÉPEE et Synthèse des nanomatériaux (ou MANIP2). Cet affichage serait sans doute un argument supplémentaire pour la procédure en cours de labellisation de la plateforme hautes pressions.

Axe 3 : Mécanique et Métallurgie (MECAMETA)

Nom de la responsable : Mme Brigitte Bacroix

THÉMATIQUES DE L'AXE

Le travail de l'axe MÉCAMÉTA porte sur la métallurgie mécanique donc principalement sur les relations microstructure/procédés/propriétés de métaux et alliages, mais également les céramiques fragiles, matériaux du génie civil, matériaux magnéto-mécaniques, etc. dans le cadre de collaborations. Sur le plan expérimental, le travail de l'axe se situe souvent in situ, en MEB, en microscope à force atomique (AFM) et/ou en DRX. On y retrouve également la modélisation à toutes les échelles pertinentes en métallurgie mécanique, en propre ou en collaboration au sein de l'unité. Les thématiques les plus récentes mises en avant sont l'élaboration de microstructures innovantes d'une part et l'étude des matériaux sous environnement sévère d'autre part.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Pour répondre à la première recommandation qui concernait la focalisation sur certains sujets pour limiter la dispersion, les thématiques ont été réorganisées dans les opérations de recherche qui sont plus larges que précédemment.

La seconde recommandation concernait la réussite de la fusion entre PTCAM, ENDO et une partie de HP. Cette fusion est maintenant achevée et le rapport comme les entretiens ont permis de constater la pertinence du regroupement.

Les recommandations sur le maintien de la productivité ont été bien suivies au cours de ces six ans avec des publications de haut niveau et une année 2019 tout particulièrement productive.

Il reste des voies d'amélioration dans le domaine de la parité, où l'axe a par le passé joué un rôle militant exemplaire sur le sujet de la place des femmes en ingénierie. Les retours vers une activité plus forte en recherche après une fonction administrative importante pourraient être encouragés en créant des binômes de recherche.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maîtres de conférences et assimilés	9
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	18
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	2
Doctorants	22
Sous-total personnels non permanents en activité	26
Total personnels	44

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'axe

L'axe MÉCAMÉTA est historiquement pionnier en France sur les essais mécaniques *in situ* sur matériaux polycristallins (en DRX, MEB et AFM). Il continue d'être leader sur ce thème et de se doter d'équipements performants et originaux.

Il a pendant la mandature créé une nouvelle activité sur l'élaboration de microstructures innovantes par fabrication additive et a intensifié la modélisation et la simulation diversifiée en échelles et en méthodes.

L'axe est historiquement très visible et maintient sa visibilité grâce à une très bonne activité scientifique, avec de nombreuses thèses, des projets et des contrats.

Il est également à noter une excellente implication dans l'environnement local, national et international. Finalement, l'axe a au cours de la période de référence joué un rôle précurseur et visionnaire par le biais de la proposition d'approches de modélisation originales pour les phénomènes de plasticité, d'endommagement et de rupture, dans des environnements complexes.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'axe s'appuie sur les essais *in situ* (en DRX, MEB et AFM) et bénéficie d'un accompagnement en ingénieurs et techniciens compétents et motivés. L'axe a permis la formation de 22 docteurs. Il bénéficie de nombreux contrats (trois projets européens (dont le projet EuroFusion), six projets internationaux hors Europe, 19 projets ANR et Fonds unique interministériel (FUI)), un projet PEPS, une chaire CNRS, dix projets de partenariat industriel, trois financements BQR. Il est à noter que l'axe MÉCAMÉTA apparaît dans le premier cercle du projet PEPR Hydrogène.

La production scientifique s'élève à 219 RICL en six ans (en moyenne environ deux par personne - 3,5 par ETP - et par an) auxquels s'ajoutent deux livres, dix chapitres d'ouvrages et 49 conférences invitées.

Outre l'activité scientifique de haut niveau, les membres de l'axe sont impliqués dans l'environnement de recherche au niveau national (présidence de la section 09 du CoNRS, deux fédérations de recherche, labex SEAM, CNU28, pôle ASTECH, ANR, CEFACOR et universités en Asie...) et dans des responsabilités pédagogiques (à l'USPN et à l'IUT).

Points faibles et risques liés au contexte

Le point faible identifié par l'équipe elle-même est la difficulté de pérenniser les collaborations industrielles, par exemple sous forme de dispositif Cifre (trois contrats industriels dont un seul dispositif Cifre en six ans) et ce malgré la grande visibilité des activités de recherche et le peu de concurrence dans la région du nord de Paris.

La pyramide des âges est défavorable à cet axe avec cinq départs en retraite dans les cinq ans à venir, sur 19 permanents. Les compétences en métallurgie mécanique pourraient être perdues faute de recrutements dans un domaine stratégique et trop peu présent dans les sections du CNRS ou de l'université. En effet dans ce domaine le vivier national est faible et les ouvertures de postes à l'université ne suffisent pas à recruter de jeunes maîtres de conférences. Par ailleurs la politique d'endorecrutement de l'USPN est assez limitative (obligation d'effectuer plusieurs années postdoctorales, obligation d'être classé sur des postes d'autres institutions, ...) et n'encourage pas vraiment les doctorants locaux à candidater lorsqu'ils le peuvent.

La fin du labex SEAM, dirigé par un membre de l'axe, pourrait aussi entraîner certaines difficultés.

Un autre point faible identifié est la frilosité des potentielles futures candidatures à l'animation de l'axe. Sans l'émergence de personnalités légitimes internes, l'unité dans son ensemble pourrait être amenée à moyen terme à effectuer un recrutement extérieur à l'équipe, voire extérieur, à l'unité pour assurer la responsabilité de l'axe afin de pérenniser les excellents travaux menés.

Analyse de la trajectoire de l'axe

L'axe verra le départ de quelques figures historiques dans la prochaine mandature. La qualité des recrutements récents et l'implication des jeunes EC et C donnent cependant une grande confiance dans la pérennité des spécificités de l'axe et dans la continuation de la qualité de ses activités. Le leadership devra à moyen terme être assuré par les quadras et quinquas membres de l'axe.

La trajectoire enclenchée doit être poursuivie puisqu'elle s'appuie sur une reconnaissance nationale et internationale soulignée par la présence de grands projets nationaux (par exemple le PEPR Hydrogène) et internationaux (EuroFusion).

Les inflexions récentes du côté des matériaux et microstructures permettant d'économiser les ressources de la planète sont une bonne voie à maintenir et à amplifier.

RECOMMANDATIONS À L'AXE

Il sera nécessaire de réfléchir dans les deux années à venir au futur leadership.

Dans les importants remplacements de personnels qui s'annoncent, l'axe devra prendre garde à bien préserver les spécificités qui ont fait la reconnaissance de ses activités passées (essais in situ, machines originales, transformations de phase et recristallisation des métaux et alliages, etc.) et à amplifier les thématiques les plus récentes. Le maintien des thématiques établies et des thématiques émergentes sera rendu possible par la poursuite des efforts sur le recrutement de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs brillants. L'intensification des échanges avec les autres axes dans une approche complémentaire matériaux massifs - couches minces est fortement recommandée. Cette intensification sera bénéfique aux membres de l'axe et à l'unité elle-même. MÉCAMÉTA doit continuer à jouer un rôle central pour la cohésion de l'unité.

L'axe pourrait avantageusement engager une réflexion sur les potentiels apports de l'intelligence artificielle à ses activités.

La proposition d'approches novatrices de modélisation est à poursuivre.

La recherche de nouveaux matériaux (tels que ceux à microstructure harmoniques développés sur la période de référence) est également une voie différenciant avantageusement l'unité dans le paysage parisien, national et international, qui doit inspirer l'avenir et être poursuivie.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 28 novembre 2023 à 12h00

Fin : 30 novembre 2023 à 16h00

Entretiens réalisés en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Mardi 28 novembre 2023 (entretien sur site)	
12h00-13h30	Repas à huis clos
13h30-13h45	Présentation de l'évaluation par conseillère scientifique – Francine Fayolle
13h45-15h45	Bilan de l'unité
15h45-17h00	Équipe 1 : PPANAM 35 min présentation + 40 min questions
17h00-17h30	Pause
17h30-18h25	Équipe 2 : MINOS 25 min présentation + 30 min questions
18h25-19h00	Débriefing du comité à huis clos
	Repas

Mercredi 29 novembre 2023	
08h30-09h25	Équipe 3 : MECAMETA 25 min présentation + 30 min questions
09h30-10h00	Pause
10h00-13h00	Visite du laboratoire
13h00-14h30	Repas/discussion scientifique autour de posters
14h30-16h30	Présentation de la trajectoire de l'unité
16h30-17h00	Pause
17h00-17h45	Entretien avec les doctorants
18h00-19h00	Débriefing du comité à huis clos
	Repas

Jeudi 30 novembre 2023	
08h30-09h15	Entretien avec les personnels d'appui
09h15-10h00	Entretien avec les tutelles (CNRS, Université)
10h00-10h30	Pause
10h30-11h15	Entretien avec les chercheurs/EC
11h15-12h00	Entretien avec la direction du laboratoire
12h00-13h30	Repas à huis clos
13h30-16h00	débriefing du comité à huis clos

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

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

Villetaneuse, le 22 février 2024

Objet : Rapport d'évaluation DER-PUR250024498 - LSPM - Laboratoire des sciences des procédés et des matériaux

Cher Monsieur,

Nous faisons suite à votre courriel du 13 février 2024 par lequel vous nous avez transmis le rapport d'évaluation du Laboratoire des sciences des procédés et des matériaux.

L'université Paris XIII – Sorbonne Paris Nord souhaite remercier au nom de l'ensemble des personnels de l'unité de recherche Monsieur Laurent Barrallier, Président du Comité, ainsi que les membres du Comité pour la qualité des échanges lors de la visite d'évaluation, ainsi que pour la qualité du rapport provisoire d'évaluation de l'Unité.

Le LSPM est une unité propre du CNRS installée sur le campus de Villetaneuse où les enseignants-chercheurs de l'université Sorbonne Paris Nord sont majoritaires. Comme le souligne le rapport, le LSPM est fortement engagé dans la dynamique locale, au niveau des instances (actuellement, deux vice-présidents sont issus du LSPM) et dans son environnement scientifique proche à travers la plateforme technologique Centrale de proximité en nanotechnologie, la structure fédérative NAP-MOSAIC et le LabEX SEAM. L'USPN soutient ces dispositifs collectifs avec une attention particulière pour le devenir du LabEX SEAM. L'équipe a produit un effort important pour remporter des contrats type ANR et H20/20 et pour mettre le pied à l'étrier aux jeunes chercheurs (ANR JCJC), ce qui est un résultat important auquel l'établissement a contribué par son appel à projets d'établissement fléché prioritairement vers les jeunes chercheurs, la décharge d'enseignement et la dotation individuelle des jeunes MCF. Même si le CNRS reste l'interlocuteur privilégié de son unité propre, la mise en place d'une direction de la recherche en 2023 devrait aider aux montages d'ERC. De plus, grâce aux PUI dont nous sommes partenaires (avec UPC d'un côté, CY de l'autre) et le programme maturation-prématuration des SNA, nous devrions être en mesure de mieux soutenir l'effort de valorisation en direction du monde industriel et des entreprises. Nous avons d'ailleurs soutenu par une politique de décharges d'enseignement la création de la start-up HiQuTe Diamond.

La grande qualité scientifique de l'unité est reconnue par le comité de l'HCERES et nous nous en réjouissons. Concernant l'axe MECAMETA, l'USPN est bien consciente du renouvellement nécessaire du leadership de l'équipe à préparer par des recrutements compte-tenu des départs prévus. Il est à noter que les restrictions dans la politique envers l'endorecrutement, évoquées dans le rapport HCERES, peuvent être levées en cas de disciplines rares et de compétences à conserver ; et notamment si associé à une politique en matière de recrutement de femmes, ce qui est convergent avec les remarques générales du comité à propos de l'ensemble de l'unité. Nous sommes conscients qu'une réflexion sur la place des femmes au sein du LSPM doit être une priorité

UNIVERSITÉ SORBONNE PARIS NORD MEMBRE :



@univ_spn / Université Sorbonne Paris Nord



pour le prochain mandat et des échanges allant dans ce sens ont déjà été amorcés avec la future direction. Concernant l'axe MINOS, les enseignants-chercheurs ont été confrontés à des départs, dont le décès d'un collègue jeune et très actif en valorisation. La baisse importante d'effectifs est cependant à mettre en regard de bons recrutements de jeunes chercheurs et nous partageons l'avis du comité que l'équipe - bien accompagnée dans sa politique de recrutement par ses deux tutelles - pourra surmonter la transition actuelle. Les inquiétudes concernant PPANAM sont en partie liées à la taille de l'axe (ce qui peut se compenser par les recrutements nécessaires sur les deux autres axes). La forte implication de ses membres dans l'équipe de direction de la prochaine mandature a fait l'objet de plusieurs discussions avec ceux-ci qui se disent prêts à travailler à optimiser la dynamique de l'unité. Les défis qui les attendent sont ceux des carrières des femmes, de l'intégrité scientifique et du développement durable, autant de domaines où ils auront besoin sans doute d'être formés et soutenus, notamment par la tutelle universitaire.

Enfin, il nous semble que le problème de l'encadrement doctoral a été bien identifié par la direction à venir et nous avons toute confiance en sa capacité de favoriser la qualité des dossiers de publication mais aussi les bonnes conditions de travail des doctorants et doctorantes.

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

Le Président de l'Université Sorbonne Paris Nord



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)

