

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ
LMS - Laboratoire de mécanique des solides

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET
ORGANISMES :

École polytechnique - Institut Polytechnique de
Paris

Centre national de la recherche scientifique -
Cnrs

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2024-2025
VAGUE E



Au nom du comité d'experts :

Djimédo Kondo, président 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

Président : M. Djimédo Kondo, Sorbonne Université

Mme Sylvie Castagnet, Centre national de la recherche scientifique,
Chasseneuil-du-Poitou

Experts :

M. Stéphane Lejeunes, Centre national de la recherche scientifique,
Marseille

M. Guillaume Ovarlez, Centre national de la recherche scientifique, Pessac

M. Claude Verdier, Centre national de la recherche scientifique, Grenoble

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Christian La Borderie

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

Mme Anne-Christine Hladky, directrice adjointe scientifique CNRS

M. Karam Sab, chargé de mission Mécanique des Solides à l'INSIS - CNRS

M. Kees van der Beek, directeur de la recherche de l'École polytechnique,
président du Comité Recherche IP Paris

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire de mécanique des solides
- Acronyme : LMS
- Label et numéro : UMR 7649
- Composition de l'équipe de direction : M. Andrei CONSTANTINESCU (directeur), Mme Valérie JAMET (adjointe au directeur)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST5 Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Les activités du LMS sont structurées autour des quatre thématiques que sont l'Expérimentation et fabrication, les Matériaux et microstructures, les Structures et calculs, et la Biomécanique / Mécanique du vivant. Ces thématiques couvrent des champs complémentaires mettant en jeu des approches expérimentales, des modélisations théoriques et des simulations numériques.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le Laboratoire de Mécanique des Solides (LMS) est une unité mixte de recherche dont la création remonte à plus de 65 ans. Il est actuellement sous la cotutelle de l'École Polytechnique (membre de l'Institut Polytechnique de Paris, IPParis créée il y a 6 ans) et du CNRS. Durant la période évaluée, l'unité était localisée dans des locaux de l'École Polytechnique sur le plateau de Saclay et dans les locaux de l'Inria (qui hébergeait des membres de l'équipe commune M3DISIM). Le personnel du LMS est d'environ 90 personnes, dont une moitié constituée par les doctorants et post-doctorants. L'unité a récemment déménagé dans un nouveau bâtiment qu'elle partage avec d'autres unités de recherche en mécanique : le Laboratoire d'hydrodynamique, l'Institut des Sciences de la Mécanique et Applications Industrielles (IMSIA) et l'Unité de Mécanique ; ces deux dernières impliquant également l'ENSTA (membre d'IPParis).

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LMS partage un bâtiment avec d'autres unités de l'Institut Polytechnique de Paris opérant dans le domaine de la mécanique ce qui lui offre de nombreuses opportunités. À cela, il convient d'ajouter la présence sur le site d'IP-Paris des centres de recherches interdisciplinaires tels que Centre Interdisciplinaire des Études Défense et Sécurité (CIEDS), Engineering for Health (E4H), Engineering for Climate (E4C), Materials for Society (M4S). Cet environnement favorise un dialogue avec les autres unités de recherche du site, et l'intégration d'enjeux sociétaux forts. Nombreuses sont les unités d'IP-Paris avec lesquelles travaille concrètement le LMS : le Laboratoire de Physique des Interfaces et Couches Minces (LPICM), le Centre de Mathématiques Appliquées (CMAP), le Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (LPMC), et le Laboratoire d'Optiques et Biosciences (LOB). En région Île-de-France, le LMS est un acteur majeur de la Fédération Francilienne de Mécanique, ce qui lui permet entre autres de partager des équipements avec d'autres unités phares de la région (Laboratoire Navier, Laboratoire Mécanique Paris-Saclay, l'Institut de Chimie Paris-Est), le Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée (LURPA).

Au plan national, l'unité est fortement impliquée dans le GDR Mephy « Mécanique-Physique » dirigé par un de ses membres, dans le GIS Head « Hautes énergies en fabrication additive », également dirigé par un de ses autres membres. Elle est aussi membre de l'Institut Carnot des Mines.

À l'international, l'unité dispose d'un environnement de recherches collaboratives avec l'EPFL (Suisse), le DTU (Danemark), l'Université Aristotle Thessaloniki (Grèce), Politecnico de Milano (Italie), l'Université Louvain-la-Neuve (Belgique), University of Colorado Boulder (États-Unis), Caltech (États-Unis), Université de Stuttgart (Allemagne) et Universität der Bundeswehr (Allemagne), pour ne citer que les plus importantes.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maitres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	10
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	15
Sous-total personnels permanents en activité	37
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	10
Doctorants	34
Sous-total personnels non permanents en activité	46
Total personnels	83

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
EC POLYTECHNIQUE	8	0	12
CNRS	0	11	3
Autres	0	3	0
Total personnels	8	14	15

AVIS GLOBAL

Le Laboratoire de Mécanique des Solides (LMS) est une unité de recherche phare en mécanique des solides et des tissus vivants, occupant une position originale au niveau international, grâce notamment au développement d'approches théoriques et expérimentales de pointe, avec une complémentarité essais-calcul remarquable. Le domaine d'expertise de l'unité couvre toutes les échelles et leurs couplages. Cela se traduit par des développements expérimentaux majeurs, notamment autour de la fabrication additive, des élastomères magnéto-rhéologiques, géomatériaux, matériaux polymères et du vivant, et de la fatigue des métaux. Sur le plan de la modélisation, des travaux importants en matière d'analyse variationnelle et d'homogénéisation des matériaux et structures élancées sont à souligner. Les observations in situ innovantes développées dans l'unité permettent une meilleure compréhension des phénomènes physiques en jeu, à l'image de l'intégration d'un laser dans un MEB pour le suivi des phases au cours du procédé de fabrication additive ou encore de la visualisation sous microscope confocal de l'évolution de la structure du collagène dans un tissu vivant.

L'attractivité internationale de l'unité ressort très clairement, aussi bien au niveau du site que pour les recrutements de permanents, de doctorants et post-doctorants. Elle se traduit également par une production scientifique d'excellente qualité et une très bonne implication des non permanents dans la recherche. De plus, l'unité a eu une réussite exemplaire en matière d'AAP (européens et nationaux) et a développé des partenariats industriels très riches (chaires, contrats industriels).

Le fonctionnement de l'unité permet de combiner qualité et complémentarité des approches scientifiques, ce qui conduit à une dynamique d'ensemble cohérente (une seule équipe). Cependant, la coordination scientifique et de prospective d'ensemble est peu visible, ce qui ne facilite pas les interactions entre chercheurs.

En particulier, la mise en commun des ressources de calcul n'est pas complètement organisée. La présence de l'équipe Inria M3DISIM durant la période d'évaluation a eu un apport notable dans la thématique « Matériaux du vivant ». Enfin, l'unité bénéficie de nouveaux locaux hébergeant le pôle de Mécanique (avec le LadHyX, l'IMSIA, l'UME) et le comité a constaté lors des entretiens que le déménagement a été réussi. Ceci préfigure un contexte très propice au développement de futures collaborations.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

« Le LMS doit mieux afficher ses ambitions et revendiquer les axes qui font de lui un laboratoire référent à l'échelle nationale et internationale. »

Le LMS a su se positionner sur des thèmes marquants (élastomères magneto-rhéologiques, fabrication additive, modèles de structures 1D, génie biomédical) au niveau international.

« Le rôle d'animation du LMS au sein des communautés et réseaux scientifiques nationaux et internationaux pourrait être renforcé. »

Le LMS a pris une place intéressante au niveau de réseaux scientifiques français en animant le GdR MePhy (Mécanique et Physique) et le GIS HEAD (Hautes énergies en fabrication additive).

« Le déménagement des installations expérimentales doit être conduit avec grande vigilance pour que des retards d'installation ne pénalisent pas certains chercheurs et doctorants. »

Ce déménagement est intervenu à l'été 2024, beaucoup plus tardivement qu'envisagé à la fin de la période précédente. Les personnels d'appui à la recherche se sont particulièrement mobilisés pour minimiser l'impact sur l'activité de recherche. Il est encore prématuré d'évaluer l'impact à moyen terme de ce déménagement.

« Il faudra être attentif à la mise en place de la gouvernance et de la stratégie scientifique de la structure New Uni. »

L'unité est impliquée à différents niveaux de la structure IP-Paris (dénomination actuelle de New Uni) : projets de recherche, formation doctorale, instances. Elle semble bien positionnée dans les nouveaux centres interdisciplinaires mis en place par l'IPP.

« La structuration du laboratoire en pôles ne semble pas la plus pertinente et celle qui se dessine par les axes paraît plus claire. »

La recherche de l'unité est aujourd'hui présentée autour de quatre thèmes : « Expérimentation et fabrication », « Matériaux et microstructures », « Structures et calcul » et « Mécanique du vivant ». Ce découpage est très générique, mais s'avère lisible et représentatif de l'ensemble de l'activité. La majorité des projets de recherche s'inscrit dans deux au moins de ces thèmes. Ces quatre thèmes sont adossés à cinq plateformes expérimentales et une plateforme de calcul. Ils correspondent cependant à une photographie de l'unité et ne sont pas structurants pour le pilotage de l'unité.

"Les modes d'animation de chaque axe scientifique et les membres impliqués dans chaque axe devraient être précisés."

Les quatre thèmes précités ne traduisent pas une structuration de l'unité en équipes fonctionnelles. Compte tenu de son effectif (24 EC/C dont 2 émérités à la fin de la période), l'unité revendique un fonctionnement moins formalisé.

L'animation scientifique est principalement organisée à l'échelle de l'unité, autour de cycles de séminaires multiples, dynamiques et bien établis. Des échanges existent également, de façon plus informelle, à l'échelle de sous-groupes présentant des contours thématiques variables. Les doctorants sont impliqués dans ce fonctionnement ; ils animent eux-mêmes un rendez-vous d'échanges entre eux, sur des aspects bibliographiques notamment.

"Le laboratoire devra profiter de la constitution du pôle de mécanique de New Uni pour poursuivre ses efforts de mutualisation, avec les autres unités, de moyens humains et matériels liés à l'expérimentation et au calcul."

L'activité de l'unité est très engagée dans la stratégie de mutualisation des moyens expérimentaux et numériques des laboratoires d'IP-Paris et d'IdF (méso-centre de calcul IDCS d'IP-Paris, centre de microscopie

électronique CIMEX de l'École Polytechnique, moyens tomographiques au Laboratoire Navier, achat mutualisé d'une machine de fabrication additive avec le LURPA de l'Université Paris-Saclay). Le recrutement à venir d'un personnel d'appui partagé entre le LMS et le LMPS (Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay) est de nature à soutenir cette transversalité.

« Le laboratoire devra faire face à des départs de personnalités scientifiques, ce qui doit le conduire à être vigilant dans la priorisation de ses actions de recherche lors de ses recrutements. »

Les deux recrutements de professeurs assistants et les deux recrutements de chercheurs CNRS intervenus durant la période ouvrent de nouvelles perspectives thématiques et ont notamment permis de relancer l'activité autour de la dynamique.

« La faisabilité du projet pourrait être perturbée dans le cas de non-recrutement d'ingénieurs et de techniciens. Dans ce cas, il sera peut-être nécessaire que le laboratoire limite et priorise certaines de ses actions. »

Grâce à des soutiens notables de ses tutelles, l'unité a préservé son potentiel d'appui technique. Le nombre d'ingénieurs et techniciens en soutien et appui à la recherche par ETP est aujourd'hui de 0,55 et reste stable. Deux recrutements sont en cours pour renforcer le calcul scientifique et les moyens d'essais mécaniques partagés avec le LMPS.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

L'unité poursuit la voie qu'elle s'est tracée, en encourageant avec beaucoup de souplesse la recherche expérimentale autour de la caractérisation multiphysique et multiéchelle, en lien avec la modélisation théorique (lois de comportement) et les simulations numériques pour des procédés innovants. Les thèmes développés sont en phase avec les enjeux sociétaux actuels, tout en ayant des composantes fondamentales très originales.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources financières de l'unité ont été très confortables : chaires, ERC, projets ANR et DGA, contrats collaboratifs avec des grands groupes, dispositifs Cifre. Il semble cependant que la part industrielle de ces ressources au travers des chaires et dispositifs Cifre soit en baisse depuis quelques années. Du côté des ressources humaines, l'unité a réussi à recruter quatre chercheurs et enseignants-chercheurs, ce qui a permis de compenser les départs. Par ailleurs, le LMS a préservé son potentiel d'appui technique, le nombre d'ingénieurs et techniciens par ETP restant stable. Enfin, le nombre important de personnels non permanents (2 fois plus que d'EC/C) renforce significativement le potentiel de recherche de l'unité.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement de l'unité est le même depuis la dernière mandature, il s'appuie sur une attractivité qui permet d'effectuer des recrutements au meilleur niveau, ce qui entraîne une évolution sensible des thèmes de l'unité.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs scientifiques de l'unité sont ambitieux et actuels. Ils concilient questionnements fondamentaux et enjeux applicatifs : par exemple couplages multiphysiques, fabrication additive, simulations numériques frugales. L'unité a su maintenir des thèmes forts très visibles et bien reconnus sur le long terme (comportement des matériaux, homogénéisation, expérimentation macroscopique puis microscopique), relancer des activités phares (dynamique), tout en développant de nouveaux aspects à fort potentiel (matériaux microarchitecturés, polymères et mécanique du vivant notamment).

Un des points forts de l'unité est de pouvoir concilier expérimentation, élaboration des matériaux et modélisation/simulation sur différents matériaux (métalliques, polymères et biologiques/humains) le tout au meilleur niveau de l'état de l'art. De même, des travaux théoriques de très haut niveau en matière de structures élancées ou d'approches variationnelles s'y développent.

Points faibles et risques liés au contexte

Le fonctionnement et l'animation très informels des thématiques reposent principalement sur la bonne entente des membres de l'unité. Cette organisation permet une grande agilité thématique, mais fait également peser le risque d'avoir des thèmes isolés, finalement portés par une seule personne dans l'unité. Ce risque est néanmoins très bien identifié par l'unité et n'a pour l'instant pas porté à conséquence dans l'atteinte de ses objectifs.

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 recherche de l'unité s'appuie sur un fort potentiel : autant de chercheurs que d'enseignants-chercheurs, et 77 % des enseignants-chercheurs et chercheurs sont HDR.

Il y a un nombre important de personnels non permanents (2 fois plus que d'EC/C), et ceux-ci sont très fortement impliqués dans la vie scientifique de l'unité. Le comité note également une implication très forte et une remarquable motivation du personnel d'appui à la recherche et de l'équipe administrative.

L'unité bénéficie d'un environnement de qualité avec l'École polytechnique, qui apporte notamment un fort soutien en Personnels d'Appui à la Recherche (PAR). Les Centres Interdisciplinaires de l'IPP (Materials for Society, Engineering for Health) constituent une nouvelle source de financement prometteuse.

Les ressources financières de l'unité ont été très confortables (chaires, ERCs, projets ANRs et DGA, contrats industriels majoritairement avec des grands groupes (Arcelor Mittal, Arianegroup, Safran, SNCF, ANDRA, EDF, Michelin, Naval Group, Schlumberger, Total), dispositifs Cifre. L'importance des ressources propres a permis la mise en place d'actions mutualisées dont un fort soutien aux nouveaux entrants (50 à 80 k€ par an).

L'unité bénéficie de nouveaux locaux hébergeant le pôle de Mécanique (avec le LadHyX, l'IMSIA, l'UME). Ces locaux sont parfaitement adaptés aux besoins importants en espaces expérimentaux de l'unité, et vont permettre le développement de nouvelles collaborations.

L'unité dispose d'équipements expérimentaux adaptés à ses objectifs, organisés autour de plateformes structurantes. Ceux-ci incluent plusieurs développements de pointe (source laser dans un MEB, machines d'essais in situ dessinées en interne, fabrication additive DED).

Points faibles et risques liés au contexte

Il semble critique de pérenniser et stabiliser l'appui nécessaire au fonctionnement des équipements expérimentaux. Le support et la mutualisation des outils de calcul sont améliorables.

Le vieillissement des effectifs et le rapport élevé rang A/rang B (= 15/7) sont des risques pour l'unité.

Sur un tout autre plan, il y a un risque bien identifié par l'unité de voir diminuer les moyens mutualisables, par exemple les dispositifs Cifre.

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 comité note que l'unité a une gestion RH bien rodée, aidée en cela par la qualité de la cellule de gestion.

S'agissant de questions environnementales, un Bilan GES a été réalisé par l'unité.

Concernant l'éthique, le LMS suit les recommandations des tutelles et forme régulièrement son personnel.

Points faibles et risques liés au contexte

Le comité a pu noter que le niveau d'attention sur l'hygiène et la sécurité est correct, mais a aussi constaté quelques manques tels que l'affichage des zones à risque, de lasers, ou de déchets biologiques. Ces questions risquent d'être exacerbées à la suite du déménagement récent du LMS et le regroupement dans le même bâtiment avec d'autres unités de mécanique.

La protection de données est également un point qui nécessitera plus de vigilance, de même que celle du patrimoine scientifique.

Concernant le bilan GES réalisé, peu de suites sont envisagées, ce qui est dommage.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le LMS est une unité bien reconnue au niveau national et international de par la qualité scientifique et le rayonnement de ses chercheurs (prix scientifiques, membres de comités éditoriaux, succès aux appels d'offre, invitations à l'étranger), ainsi que par ses équipements remarquables. Son attractivité se traduit également par des recrutements de haut niveau (CR, MdC), par la qualité de ses doctorants et post-doctorants. La disparité des statuts des personnels d'appui à la recherche (PAR) peut constituer un frein à leur évolution de carrière.

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

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

3/ L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.

4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.

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

L'unité est indéniablement reconnue au niveau national, européen et international du fait de la grande qualité de ses personnels permanents, qui ont des missions reconnues : éditeur associé au JMPS (Journal of the Mechanics and Physics of Solids) ou à l'European Journal of Mechanics A/Solids, membres de comités éditoriaux (International Journal of Solids and Structures, Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures, Computers Methods in Applied Mechanics). Ses membres sont souvent invités dans des conférences internationales. Certains chercheurs ont obtenu des distinctions et prix scientifiques (Prix Jean Mandel, Prix

PLUMEY de l'Académie des Sciences). L'attractivité se traduit aussi par des recrutements de haut niveau (CR, MdC), par la qualité des doctorants et post-doctorants, et par des invitations (séminaires, séjours longue durée) de chercheurs étrangers de renom (Caltech, USA ; Colorado University at Boulder, USA ; ETH Zürich, Suisse). Le comité note également de nombreuses invitations de membres du LMS dans des universités étrangères (Elytlab, CNRS-Université de Sendai, Japon ; Colorado University at Boulder, USA ; Université Polytechnique, St Petersburg, Russie ; EPFL, Lausanne, Suisse ; Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences, Cambridge, UK). L'environnement de l'IP Paris (formations, recrutement d'étudiants) est aussi un point positif.

La politique d'accompagnement des personnels est notable étant donné le soutien constant de l'équipe administrative et technique, notamment lors des événements importants (déménagement, soutien aux plateformes). Le comité note une forte politique d'accueil des nouveaux chercheurs/EC (priorisation des financements de thèses, budget important 50-80 k€ par an) et aussi des mesures complémentaires (gestion efficace, financements de stages de master, prolongations de thèses sur ressources propres).

Le succès remarquable aux AAPs est à souligner : deux ERC (Magneto sur le développement d'élastomères magnéto-rhéologiques actifs, Gamma concernant le suivi des phases au cours du procédé de fabrication additive grâce à l'intégration d'un laser de puissance dans un MEB), neuf ANR, des projets AID (Agence Innovation Défense), etc. L'unité a une interaction très forte avec le monde industriel (chaires et contrats) : 44 Contrats en cours sous gestion LMS. Ceci contribue largement à son dynamisme et permet une mutualisation efficace des moyens.

Les équipements de pointe du LMS sont tout aussi marquants : sollicitations multiaxiales et multiphysiques, caractérisation multiéchelles couplée à l'imagerie in situ (par exemple laser sous MEB, imagerie confocale de tissus sous traction), fabrication additive. Le parc expérimental ne serait rien sans le très grand savoir-faire interne dans le développement de dispositifs sur mesure et de méthodologies associées. À ceci s'ajoutent de très fortes compétences en modélisation et simulations numériques de pointe.

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

L'absence d'organisation d'événements marquants (conférences internationales, etc.) a été notée par le comité.

Concernant le personnel d'appui à la recherche (PAR), un point de fragilité subsiste du fait de la disparité des statuts des PAR qui génère de fortes hétérogénéités dans l'évolution des carrières ou dans l'accès à la formation. Enfin, il reste une difficulté à recruter un personnel compétent (BAP E), afin de mutualiser les outils numériques de l'unité.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

L'unité a une production scientifique remarquable, voire exemplaire, tant en qualité qu'en quantité dans d'excellentes revues internationales de ses domaines de recherche. Elle met à disposition ces travaux au plus grand nombre avec une politique de science ouverte qui permet d'accéder à une part importante d'articles ou de codes de calculs. Le comité note néanmoins une certaine hétérogénéité avec des personnels moins publiants et des interactions entre chercheurs/enseignants-chercheurs qui restent peu nombreuses.

1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.

2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.

3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.

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

La production scientifique de l'unité est excellente (3,4 ACL / ETP / an), et les journaux les plus ciblés par l'unité sont parmi les meilleurs du domaine : Journal of the Mechanics and Physics of Solids, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, International Journal of Fatigue, Physical Review, Additive Manufacturing, Biomechanics and Modelling in Mechanobiology, Mechanics of Materials. Cette productivité est globalement bien répartie entre les C/EC publiant. Plus de 94 % des articles publiés par l'unité sont accessibles en ligne (car soit publiés en open access soit disponibles à travers HAL) ce qui est remarquable. Par ailleurs, le nombre de revues considérées comme prédatrices ou de moins bonne qualité par les instances d'évaluations est très faible. Le comité note un nombre important de productions en collaboration avec des partenaires internationaux. La quasi-totalité des EC/C de l'unité est investie dans la formation doctorale (56 thèses ont été soutenues au cours de la période pour 17 HDR).

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

La part de chercheur/enseignant chercheur pouvant être considérée comme non publiants ou contribuant très peu à la publication n'est pas négligeable (4,5 ETP sur 18) et elle est par ailleurs corrélée à l'activité d'encadrement/direction de thèse. Le comité note que les EC/C co-publient globalement assez peu, à l'exception du thème Mécanique du vivant où une dynamique collective est perceptible. La contribution des doctorants à la productivité est faible et ne représente que 35 % du volume des articles à comité de lecture.

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 a une recherche partenariale dense et diversifiée qui représente 25 % de ses ressources propres : contrats de gré à gré, projets SATT, ressource Carnot, prestations. L'unité a piloté deux chaires d'Enseignement et de Recherche au cours de la période. Ces activités partenariales sont en prise directe avec les enjeux sociétaux actuels, dans les secteurs industriels historiques (défense, énergie, transports) et dans le domaine médical. Elles impliquent fortement les doctorants : 45 % des thèses sont financées par l'industrie et la DGA/AID, dont la moitié en conventions Cifre, ce qui est très positif.

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

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

Les activités de la période s'inscrivent dans une culture très ancrée sur des collaborations avec le secteur industriel et les milieux socioéconomiques. Les thèmes scientifiques abordés répondent à des enjeux sociétaux importants et actuels. On peut citer à ce titre les matériaux multifonctionnels, la fabrication additive, la mécanique pour le vivant, ce dernier interagissant très fortement avec le milieu hospitalier pour développer une médecine intégrative du patient.

Ces partenariats (contrats de R&D, revenus de la PI, Carnot, SATT, expertises et prestations, etc.) représentent 25 % des ressources propres de l'unité au cours de la période. 55 contrats de ce type ont été signés pour un total de 4,7 M€. Ils sont positionnés sur un large spectre de niveaux de maturation puisque près de 8 % d'entre eux émanent de ressourcement Carnot, près de 9 % de prestations et expertises et 14 % concernent des projets SATT.

Les projets impliquent essentiellement de grands groupes (par exemple Arcelor Mittal, Arianegroup, Safran, SNCF, ANDRA, EDF, Michelin, Naval Group, Schlumberger, Total).

Aux contrats de gré à gré et dispositifs de valorisation s'ajoutent les collaborations industrielles encadrées par des contrats ANR et DGA-AID qui représentent une part équivalente (24 %) des ressources propres ; 45 % des thèses sont ainsi financées, dont la moitié par des dispositifs Cifre. L'écosystème de l'École Polytechnique place naturellement le secteur de la défense en position forte dans ces partenariats ; il représente 18 % des financements de thèse durant la période. 60 % des doctorants poursuivent ensuite leur carrière dans l'industrie.

Un fait marquant de la période est le pilotage de deux chaires Enseignement et Recherche de la Fondation de l'École Polytechnique, l'une avec Stellantis (Chaire André Citroën, renouvelée en 2019-2023) et l'autre avec Arkema (Chaire Design and modelling of innovative materials). Elles ont donné lieu respectivement à treize et quatre thèses / post-doctorats.

Avec le soutien intensifié des structures de ses tutelles, l'unité a conduit un nombre remarquable de projets en partage de Propriété Intellectuelle (7 brevets déposés ou en cours de dépôt) en augmentation par rapport à la période précédente. L'unité compte cinq projets de prématuration ou maturation SATT achevés ou en cours.

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

Les collaborations industrielles ont des cadres diversifiés, mais la période s'achève avec des interrogations concernant deux dispositifs majeurs. D'une part, l'unité enregistre une diminution progressive de la proportion des thèses financées par des dispositifs Cifre au cours de la période (30 % au début à 11 % en 2023). D'autre part, les deux chaires d'Enseignement et de Recherche se sont arrêtées à la fin de la période. Les enjeux correspondant à cette situation seront évoqués dans la partie Analyse de la Trajectoire de l'unité.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Le LMS est de longue date un acteur majeur de la recherche française dans le domaine de la mécanique théorique, des matériaux et des structures, avec des inflexions et des pondérations thématiques qui ont évolué au cours de son histoire. Le bilan de la période confirme ce positionnement. Les objectifs de l'unité affichent la même ambition pour la période qui s'ouvre.

Dans un contexte de processus de recrutements thématiquement très ouverts de ses tutelles, l'unité ne construit pas à proprement parler de politique scientifique globale, de laquelle découlent des priorisations thématiques et des recrutements. Elle crée les conditions les plus favorables possibles pour que se développe la recherche dynamique et de qualité élaborée par ses chercheurs.

L'unité formule des perspectives en prolongement des quatre thèmes actuels. Elle en a examiné le devenir en lien avec les arrivées récentes de chercheurs, les recrutements à venir de personnel d'appui technique et les évolutions de contexte local.

Du point de vue thématique, l'une des évolutions marquantes concerne les biomatériaux et la mécanique du vivant, et le départ de l'équipe-projet Inria MEDISIM. L'unité estime que les activités développées en son sein sont néanmoins pérennes, du fait de collaborations existantes qui dépassent les contours actuels de MEDISIM, et du recrutement récent d'une maître de conférences, ce qui peut permettre de maintenir l'activité mécanique pour le vivant.

Le volume d'activité liée aux matériaux et structures géologiques a fortement diminué alors que c'était une activité phare du LMS. La question de son devenir se pose.

Sur le thème Dynamique, l'arrivée récente de deux jeunes chercheurs induit une inflexion thématique par rapport aux activités historiques, qui reste néanmoins cohérente avec l'expertise de l'unité. Les travaux sur le comportement en dynamique rapide sont à même d'interagir avec ceux déjà développés sur plusieurs classes de matériaux : matériaux architecturés, matériaux métalliques, polymères par exemple.

Enfin, le dialogue essais/modèle/simulation tend à se renforcer et pourra mener aux jumeaux numériques sur différents thèmes, en particulier sur la mécanique du vivant. Dans ce contexte, l'unité souhaite renforcer le calcul « Hautes Performances » grâce au recrutement d'un IE NOEMI CNRS.

L'unité génère des ressources propres importantes et diversifiées. Néanmoins, la diminution progressive des contrats de gré à gré liés aux financements de dispositifs Cifre et l'arrêt des deux chaires d'Enseignement et de Recherche peut entamer la part mutualisable de ces ressources propres. Celles-ci permettent des leviers importants pour la vie de l'unité : fonctionnement des activités expérimentales, moyens informatiques, soutien au démarrage d'activité des jeunes chercheurs, collaborations (séminaires, chercheurs invités), cofinancements et prolongations de thèses, post-doctorants, et stagiaires. Même si les ressources propres de l'unité sont dans l'absolu confortables, le comité estime que c'est un point de vigilance pour la période à venir.

L'environnement de l'unité évolue fortement, ce à plusieurs niveaux. Le LMS a récemment emménagé au sein d'un bâtiment unique regroupant les laboratoires du Pôle Mécanique de l'École Polytechnique. Ce rapprochement géographique est vu, à juste titre, comme une opportunité de développer des activités transverses avec d'autres laboratoires tels que le Ladhyx, l'IMSIA et l'UME. Les thématiques qui s'en trouveraient confortées ou nouvellement créées ne sont pas encore clairement identifiées à ce stade. Le LMS contribue activement à l'aménagement d'espaces de réflexion commune qui devraient permettre de les formaliser rapidement. Ce regroupement géographique devrait également faciliter la mutualisation de moyens, à l'image des ateliers regroupés LMS-IMSIA ou du centre de fabrication additive École Polytechnique-ENSTA.

Depuis la création de l'IP-Paris, les personnels du LMS se sont impliqués dans plusieurs centres interdisciplinaires, et filières de formation (Master M1, M2 / PhD Track). La place de l'unité au sein de cet Institut devrait rester très forte, confortée notamment par la création des axes Material4Society et Engineering4Health.

L'intégration prochaine au sein de l'IP-Paris de l'ENPC (et notamment du Laboratoire Navier) fait sens vis-à-vis des activités du LMS car de nombreuses collaborations sont déjà actives, notamment sur les matériaux géologiques. Les perspectives de collaborations seront de fait plus limitées qu'avec les autres laboratoires précités, étant donné l'éloignement géographique.

D'une façon générale, les opportunités créées par l'appartenance de tous ces laboratoires à un même Institut sont claires. De façon tout à fait pragmatique, leur ampleur dépendra également du cadre administratif de leur mise en œuvre.

L'unité s'inscrit dans la politique de plateformes mutualisées de mécanique expérimentale avec Navier et le LMPS. Cette évolution sera bénéfique à la fois pour les C/EC, mais aussi pour les ITA (échange de pratique et de savoir-faire, partage de moyens). À ce titre, un poste d'IE partagé (notamment avec le LMPS) sur la plateforme expérimentale est envisagé.

Au niveau national, le LMS reste un acteur majeur qui entretient de nombreuses collaborations avec divers laboratoires, via de nombreux projets. Aujourd'hui, il prend en charge le pilotage de réseaux de taille et d'impact importants (GIS HEAD et GDR MePhy). Ce rôle doit être préservé et même conforté.

Enfin, l'unité entend conforter certaines collaborations internationales, sans en situer toutefois les enjeux immédiats et la dimension stratégique.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le comité recommande de renforcer la coordination scientifique et la prospective d'ensemble, de manière à encourager de nouvelles interactions entre ses membres. Avec l'arrivée probable d'un IE pour le calcul HP, le comité encourage la mise en commun des outils de calcul.

L'unité gagnerait à davantage s'appuyer sur le comité expérimental dans le processus de décision. Au sein de ce comité, une expression plus systématique et actualisée des besoins associés aux projets de recherche déposés permettrait de mieux anticiper et organiser l'activité des personnels d'appui.

Sur les ressources de l'unité, le comité prend acte de la diminution de la part relative des ressources mutualisables (dispositifs Cifre, contrats de droit privé, non reconduction des deux chaires actives durant la période d'évaluation). L'unité devra veiller à rester en adéquation avec sa politique scientifique.

Un point de vigilance sur les activités du thème « Mécanique du vivant » concerne la période de transition après le départ de l'équipe Inria MEDISIM. Le comité encourage les futures collaborations dans ce domaine.

De manière générale, il faudra néanmoins veiller à préserver certains thèmes majeurs de l'unité. L'élargissement de l'IP-P sera à la fois une opportunité (nouvelles actions interdisciplinaires autour des matériaux et de la santé), mais aussi une source possible de complexité administrative. L'accueil au sein du nouveau bâtiment doit permettre de mutualiser certains moyens et de renforcer les collaborations avec le LadHyx et l'IMSIA.

Concernant le BGES de l'unité qui a déjà été réalisé, il conviendra de mettre en place des actions concrètes pour la réalisation de cet objectif.

Le comité a noté quelques problèmes de communication entre les doctorants et l'ED de l'IPP qu'il conviendra de résoudre.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

L'attractivité de l'unité est indéniable ; il faudra cependant continuer à mettre à jour le nouveau site Web et/ou les moyens de communication (affichage des thèmes, plateformes, sujets de stages-thèses-postdocs, organigramme, etc.) afin de renforcer ce côté attractif.

Lors de l'évolution du GIS HEAD, il sera important que l'unité se positionne dans le fonctionnement futur. De même, le GDR MePhy va prendre fin, et l'unité se désengagera du pilotage de ce réseau national. Il serait donc judicieux que le LMS envisage d'autres formes d'implication dans l'animation scientifique nationale, à la hauteur de sa position dans le domaine, et au-delà de la notoriété de ses membres.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Il est essentiel de maintenir une politique de production scientifique de qualité, tel qu'elle existe aujourd'hui. Un accompagnement des quelques non publiants de l'unité serait le bienvenu.

Il serait aussi opportun de mettre en place une politique de partage des logiciels et codes de calcul.

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

Le comité recommande de continuer les collaborations avec les hôpitaux sur le thème de la Mécanique du vivant, car elles permettent de conforter les développements théoriques et numériques, afin d'aller vers les jumeaux numériques.

Enfin, l'augmentation des actions « grand public » ainsi que l'organisation de conférences internationales sont souhaitables.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 12 décembre 2024 à 08 h 30

Fin : 13 décembre 2024 à 16 h 00

Entretiens réalisés : en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Jeudi 12 décembre 2024

08 h 30 - 09 h 30 Réunion du comité à huis clos

09 h 30 - 09 h 40 Introduction de la visite par Christian La Borderie, Conseiller Scientifique (CS) du Hcéres

09 h 40 - 10 h 40 Présentation du bilan de l'unité, par Andrei Constantinescu, directeur de l'unité

10 h 40 - 11 h 10 Pause-café

11 h 10 - 11 h 50 Présentation de la trajectoire de l'unité, par Andrei Constantinescu, directeur de l'unité

11 h 50 - 13 h 20 Réunion du comité à huis clos avec plateaux repas

13 h 30 - 17 h 30 Présentation scientifique de l'unité et visite des plateformes

17 h 30 - 19 h 00 Réunion du comité à huis clos

Vendredi 13 décembre 2024

08 h 30 - 09 h 00 Rencontre avec les doctorants et post-doctorants

09 h 00 - 09 h 45 Rencontre avec les représentants des personnels administratifs et techniques

09 h 45 - 10 h 30 Rencontre avec les représentants des enseignants-chercheurs et chercheurs

10 h 30 - 11 h 00 Pause-café

11 h 00 - 12 h 00 Réunion du comité avec les représentants de la tutelle

12 h 00 - 12 h 40 Réunion du comité avec la direction et le comité de direction de l'unité

12 h 40 - 16 h 00 Réunion du comité à huis clos avec plateaux repas

16 h 00 Fin de la visite

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES



Objet : Observations générales par rapport au rapport d'évaluation du Laboratoire de Mécanique des Solides (LMS) - UMR 7649

À l'attention du Comité d'Évaluation HCERES

Palaiseau, le 19 mai 2025

Madame, Monsieur,

Nous ne soumettons pas de réponse institutionnelle de type « observations de portée générale » concernant l'évaluation du Laboratoire de Mécanique des Solides (LMS) - UMR 7649.

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

