

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ LBMC - Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Université Claude Bernard Lyon 1 - UCBL
Université Gustave Eiffel - UGE

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2025-2026
VAGUE A

Rapport publié le 13/05/2026



Au nom du comité d'experts :

Valérie Deplano, présidente du comité

Pour le Hcéres :

Coralie Chevallier, présidente

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 8° 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.

Cette version du rapport est publique dans les conditions de l'article R. 114-23 du code de la recherche. Des parties considérées comme confidentielles ainsi que les réponses aux points d'attention des tutelles ne figurent pas dans cette version du rapport.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Présidente :

Mme Valérie Deplano, Centre national de la recherche scientifique, Marseille

M. Arnaud Germaneau, Université de Poitiers

M. Cédric Laurent, Université de Lorraine, Vandœuvre-les-Nancy

Experts :

M. Vincent Le Houérou, Université de Strasbourg, Illkirch (représentant du CNU)

M. Arnaud Lejeune, Université de Franche-Comté, Besançon (représentant PAR)

CONSEILLER SCIENTIFIQUE DU HCÉRES

M. Philippe Petitjeans

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

M. Bruno Montcel, Université Claude Bernard Lyon 1

M. Serge Piperno, Université Gustave Eiffel

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs
- Acronyme : LBMC
- Label et numéro : UMR_T 9406
- Nombre d'équipes : 2
- Composition de l'équipe de direction : M. David Mitton (directeur), Mme Laurence Chèze et Mme Karine Bruyère-Garnier (directrices adjointes)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST5 Sciences pour l'ingénieur

SVE7 : Prévention, diagnostic et traitement des maladies humaines

SVE6 : Physiologie et physiopathologie humaine, vieillissement

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC, UMR T 9406) est structuré en deux thèmes de recherche, chacun décliné en deux axes, complétés par une équipe support transversale chargée des plateformes expérimentales et numériques.

Le premier thème intitulé « Faciliter les déplacements » s'intéresse à la sécurité et au confort des mobilités, qu'elles soient motorisées, partagées ou actives. Il fait apparaître un axe « Confort et sécurité des véhicules automatisés », dans lequel émergent certaines des thématiques historiques de l'unité (étude du comportement aux chocs de structures, modélisation numérique du corps humain, ergonomie et posture) et certaines plus transverses relatives au traitement des données et à la propagation d'incertitudes. Le second axe « L'homme en mouvement pour des déplacements en autonomie » est centré sur l'analyse et la simulation du mouvement humain, la dynamique de la marche et d'autres types de mobilités.

Le second thème intitulé « Maintenir le corps en bonne santé », concerne le maintien et la réhabilitation des capacités fonctionnelles du système musculosquelettique au cours de la vie, en collaboration étroite avec différents hôpitaux des Hospices Civils de Lyon. Il est également structuré en deux axes : le premier, « Capacités fonctionnelles au cours de la vie » s'intéresse à identifier des marqueurs biomécaniques pour prévenir, diagnostiquer ou traiter des pathologies notamment par l'analyse du mouvement et de pathologies liées au vieillissement ou à des traumatismes. Le second axe intitulé, « Le corps réparé : l'implant dans son environnement », est consacré à l'évaluation d'implants orthopédiques (hanche, genou, cheville, épaule...) et de nouvelles techniques chirurgicales.

L'ensemble des recherches de l'unité s'appuient sur des plateformes d'expérimentation en choc, en dynamique des structures, en analyse du mouvement, en biomécanique expérimentale ainsi que sur une plateforme numérique.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC) est issu du rapprochement, en 2003, des équipes lyonnaises de biomécanique de l'ex-INRETS (devenu IFSTTAR puis Université Gustave Eiffel) et de l'Université Claude Bernard Lyon 1. L'unité a été labellisée UMR en 2007 puis renouvelée en 2011, 2016 et 2021. Elle est multi-localisée sur le site lyonnais et son implantation actuelle résulte d'une rationalisation engagée depuis la précédente évaluation. Le site de Bron (Université Gustave Eiffel) accueille la direction de l'unité, quatre plateformes expérimentales et la plateforme numérique tandis que le site de l'IUT Lyon 1 Villeurbanne Gratte-Ciel héberge la plateforme d'essais en dynamique des structures. Les enseignants-chercheurs de l'unité interviennent à la fois sur le campus de la Doua et à l'IUT Lyon 1 Villeurbanne, tandis que les cliniciens associés à l'unité exercent leur activité hospitalière dans cinq hôpitaux des Hospices Civils de Lyon, qui accueillent également des plateformes d'analyse du mouvement délocalisées.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'unité est rattachée à l'Université Gustave Eiffel (UGE) et à l'Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL). Au sein de l'UGE, elle est membre d'une nouvelle fédération composée de plusieurs UMR, intitulée « Mobilité et Sécurité Routière » qui remplace l'ancien département « Transport Santé Sécurité » de l'UGE. Le LBMC participe au comité de pilotage de cette fédération interne. L'unité entretient des collaborations étroites avec des structures de

recherche clinique, en particulier plusieurs hôpitaux des Hospices Civils de Lyon. Plusieurs chirurgiens de spécialités variées sont rattachés au LBMC et effectuent leur recherche en son sein.

L'unité participe à des structures et des réseaux locaux, régionaux, nationaux et internationaux. Elle est membre du comité de pilotage de la Fédération IngelySE (FR CNRS 3411) sur le site Lyon–Saint-Étienne qui regroupe des unités en mécanique, matériaux, énergie et santé. Par l'intermédiaire de l'investissement de certains de ses membres, l'unité est impliquée dans le pôle de compétitivité Cara (Cluster de la Région Auvergne-Rhône-Alpes) et participe à l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon en tant que membre du cercle académique. L'unité est impliquée dans plusieurs programmes et dispositifs du Programme d'Investissements d'Avenir dont le Labex PRIMES, pour les recherches en imagerie, modélisation et radiobiologie et dont le directeur d'unité est membre du comité de pilotage. Elle est également impliquée dans le projet SHAPE-Med@Lyon qui vise à structurer le projet de santé sur le site Lyon-St Etienne. L'unité est membre du Labex IMU pour les interactions avec l'urbanisme et les mobilités et du projet I-Site FUTURE. Ses membres font preuve d'un investissement conséquent dans trois Graduate Schools en lien avec les thématiques de recherche de l'unité.

L'unité contribue à des réseaux internationaux comme le GHBMC (Global Human Body Model Consortium) en tant que centre académique pour la modélisation de l'abdomen, participe au challenge international C4Bio pour la normalisation des protocoles de caractérisation des tissus biologiques, et est l'une des initiatrices du laboratoire international LIA EVASYM (EValuation Anatmo-fonctionnelle du SYstème Musculo-squelettique).

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maitres de conférences et assimilés	12
Directeurs de recherche et assimilés	8
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	11
Praticiens hospitaliers	9
Sous-total personnels permanents en activité	48
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels non permanents d'appui à la recherche	0
Post-doctorants	5
Doctorants	19
Sous-total personnels non permanents en activité	24
Total personnels	72

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024. LES EMPLOYEURS NON TUTELLES SONT REGROUPÉS SOUS L'INTITULÉ « AUTRES ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
UGE	0	12	9
UCB Lyon 1	22	0	2
Autres	1	2	0
Total personnels	23	14	11

AVIS GLOBAL

Le LBMC est une unité de référence dans le domaine de la biomécanique. Son rayonnement repose notamment sur des thématiques telles que la biomécanique des chocs, la caractérisation des tissus mous, le développement de modèles musculosquelettiques personnalisés ou encore l'analyse du mouvement, pour lesquelles l'unité occupe une place structurante au sein de sa communauté scientifique internationale. Sa participation au projet Global Human Body Model Consortium (GHBMC), au challenge international C4Bio, le développement du modèle open source PIPER, l'obtention de la chaire industrielle ANR HBM4Seat ou encore son implication dans le laboratoire international LIA EVASYM en sont des marqueurs significatifs. Le rayonnement de l'unité se traduit également par les prix obtenus (prix d'excellence BIATSS, prix de l'innovation de l'UCBL, prix de thèse et prix Christian Oddou de la Société de Biomécanique...) ainsi que par le pilotage de sociétés savantes nationales ou européennes (vice-présidence de la Société Française de la Hanche et du Genou, présidence de l'European Society of Biomechanics...).

Le développement des activités scientifiques du LBMC est analysé et suivi annuellement dans le cadre de la démarche qualité de l'unité, ce qui lui confère une organisation remarquable et efficace. Pour autant, le LBMC dispose de marges de progression en matière d'animation scientifique et de structuration des interactions avec les cliniciens qui appartiennent à l'unité. Les moyens expérimentaux du LBMC sont mutualisés et organisés en plusieurs plateformes, gérées par des responsables techniques et scientifiques. Cette gestion est soutenue par une équipe dédiée et permet de mener à bien des projets ambitieux.

L'unité offre un cadre de recherche favorable aux personnels et aux doctorants, et fait preuve d'une attention particulière à l'accompagnement de tous les personnels, notamment de ceux dédiés à l'appui et soutien à la recherche.

Les interactions du LBMC avec son environnement socioéconomique, et en particulier avec les industriels du secteur des transports et les centres hospitaliers de Lyon, sont remarquables. Cette attractivité fait du LBMC l'une des rares unités françaises à allier recherche et transfert de technologies, ce qui lui permet, entre autres, de répondre aux défis sociétaux actuels. Sans que cela soit exhaustif, les travaux de l'unité sur les absorbeurs de chocs et les brevets relatifs à la reconstruction de ligament et la prédiction du risque de fracture osseuse illustrent le dynamisme de l'unité en termes de valorisation et transferts.

Le projet scientifique du LBMC se construit autour d'une monoéquipe constituée de deux thèmes (mobilité et santé) et de trois sous-thèmes par thème, avec en parallèle la constitution d'équipes-projet. Cette réorganisation, qui vise à renforcer la cohérence scientifique et la transversalité des compétences, est louable. Toutefois, une réflexion collective sur cette organisation, pour s'assurer que la structuration des activités scientifiques à venir restera optimale au développement, à la fois de travaux de recherches amont et de ceux orientés vers des recherches appliquées, n'a pas encore aboutie.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Grâce à sa démarche qualité, l'unité a analysé et déployé certaines actions pour répondre aux recommandations du précédent comité. Le LBMC a ainsi fourni des réponses argumentées à la grande majorité des recommandations.

Concernant la stratégie d'incitation au montage de projets européens, plusieurs actions ont été entreprises afin d'inciter les acteurs de l'unité à répondre à ce type de projets. De nombreux projets ont ainsi été déposés et bien que tous n'aient pas été couronnés de succès, il est à espérer que la démarche envers les partenaires européens porte ses fruits à l'avenir.

En ce qui concerne la valorisation des personnels appui et soutien à la recherche, la direction de l'unité a déployé un important accompagnement et soutien à leur encontre ce qui a permis la promotion de plusieurs agents.

L'intégration de projets de recherche au sein de la plateforme Transpolis a été réalisée dans la mesure de la pertinence des sujets scientifiques développés. Les travaux en dynamique des structures ont gardé leur visibilité. Le comité tient à féliciter l'unité en la matière. Il faut toutefois noter que les points concernant le déséquilibre entre les deux thèmes en termes d'activités et de production scientifique auraient pu être davantage détaillés et commentés.

Enfin, la question relative à la définition du périmètre des interventions des personnels du service de support technique reste encore à améliorer.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : OBJECTIFS SCIENTIFIQUES, ORGANISATION ET RESSOURCES DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques, l'organisation et les ressources de l'unité

Le LBMC développe des recherches en biomécanique dont les objectifs scientifiques sont axés sur les thèmes « faciliter les déplacements » et « maintenir le corps en bonne santé ». Ces activités répondent particulièrement bien aux défis sociétaux actuels focalisés sur le transport et la santé. Ils s'intègrent parfaitement dans les politiques de recherche de ses deux tutelles universitaires : l'Université Gustave Eiffel (UGE) et l'Université Lyon 1 (UCBL) et s'organisent avec pertinence en synergie avec les acteurs locaux, nationaux et internationaux. Le comité salue cette stratégie locale, nationale et internationale en lien étroit avec les industriels et la clinique. Le développement des activités scientifiques autour d'objectifs fixés annuellement est analysé et suivi dans le cadre de la démarche qualité de l'unité ; ceci montre une organisation remarquable et efficace qui soutient les objectifs scientifiques établis. Les moyens expérimentaux du LBMC sont intelligemment mutualisés au niveau de l'unité et organisés en cinq plateformes avec des responsables techniques et scientifiques. Leur gestion s'appuie de manière pertinente sur la démarche qualité de l'unité et bénéficie du soutien de l'équipe support. Les importants investissements, mais également les coûts de fonctionnement sont pris en charge au niveau de l'unité qui privilégie leur utilisation dans le cadre des activités propres et des collaborations de recherche. Le comité félicite l'unité pour ces actions génératrices de projets scientifiques d'envergure. Le LBMC compte également une plateforme numérique et bénéficie de l'accès au centre d'essai Transpolis). Cette organisation efficace est complétée par le Comité pour l'Expérimentation en Biomécanique, organe interne essentiel pour la préparation des protocoles ex vivo et in vivo. Les ressources de l'unité sont dans leur ensemble adaptées à la réalisation des objectifs affichés. Le comité salue toutes les démarches d'informations, de suivi et d'accompagnement des personnels de l'unité menées par la direction.

- 1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents et elle s'organise en conséquence.
- 2/ L'unité dispose de ressources adaptées à ses objectifs scientifiques, à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.
- 3/ L'unité dispose de locaux, d'équipements et de compétences techniques adaptés à sa politique scientifique et à ses objets de recherche.
- 4/ 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 et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

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

Le LBMC a intelligemment organisé le déploiement de sa stratégie scientifique en synergie avec les acteurs locaux (Universités, Fédération, Labex, Carnot) et nationaux (DSR, DGAC.), mais également au travers du Laboratoire International Associé (LIA) EVASYM (Évaluation Anatomo-fonctionnelle du système Musculosquelettique) créé en 2019 entre le LBMC, deux unités de recherche canadiennes et cinq établissements. La synergie avec l'UGE et son accompagnement dans le projet de chaire industrielle HBM4seat, qui s'intéresse au confort d'assise dans les trois modes de transports différents, a par exemple été très fructueux. Les interactions avec cinq hôpitaux du site lyonnais au travers des cliniciens qui sont rattachés à l'unité sur des thématiques liées aux objectifs scientifiques sont remarquables. Les activités sur les prothèses articulaires de genou et l'utilisation du système KneeKG (chirurgie robotique) sont un bon exemple de collaboration fructueuse entre l'hôpital de la Rousse, le LBMC et le LIA EVASYM. La valorisation des travaux de l'unité est importante et particulièrement bien représentée par ses partenariats industriels (Stellantis, Renault, Continental, Safran, Décathlon...) et institutionnels (DGAC, DSR...). Les objectifs scientifiques sont cohérents avec les défis actuels relatifs à ses thèmes de recherche, comme en témoignent par exemple ses activités sur les nouveaux moyens de mobilité active, la sécurité et le confort des usagers, la chirurgie robotisée, ou la médecine personnalisée.

Les crédits de dotation des tutelles représentent 11 % du budget annuel de l'unité. Les financements publics, avec respectivement 48 % de contrats nationaux et 27 % en provenance des partenariats avec l'environnement socioéconomique et culturel, complètent majoritairement les ressources financières. Des fonds en provenance de PIA (6 %), des collectivités (5 %) et d'actions internationales (3 %) participent aux ressources. Le montant global des financements (5 M€ durant la période) obtenus permet à l'unité de développer ses activités de recherche, de maintenir et de faire évoluer ses plateformes techniques.

En termes de ressources humaines, les membres de l'unité, en dehors des cliniciens, sont répartis de façon quasi identique entre l'UGE et l'UCBL. Les personnels permanents en accompagnement à la recherche (PAR) représentent 23 % des membres de l'unité, assurant ainsi un fonctionnement adéquat des plateformes.

Le LBMC est attractif, comme en témoignent les recrutements de six maîtres de conférences et deux directeurs de recherche durant la mandature. La direction est particulièrement attentive au suivi des PAR ainsi qu'à l'accueil des nouveaux entrants. Cette démarche proactive a conduit à la promotion de deux ingénieurs d'études et d'une ingénieure de recherche, au passage d'une assistante-ingénieure dans le corps des ingénieurs d'études. Un ingénieur de recherche a reçu le prix d'excellence BIATSS 2024 de l'UCBL.

L'unité a investi massivement, 700 k€, dans le développement de ses nombreuses plateformes (expérimentales et numérique). Cet investissement en équipement et mise à jour technique permet l'émergence de nouveaux projets de recherche qu'ils soient académiques (comme ceux mobilisant des méthodes d'analyse du mouvement sans marqueurs) ou industriels (comme le projet de chaire industrielle financée par l'ANR HBM4Seat). L'unité a su transmettre des moyens d'essais (catapultes de la plateforme Expéchoc) non utilisés à une autre unité montrant ainsi une gestion adaptée des moyens. L'unité dispose de plusieurs plateformes expérimentales rares, et des services de support technique (instrumentation, fabrication, calcul numérique, préparation des échantillons anatomiques) permettant leur fonctionnement et leur évolution.

Le LBMC a mis en place de nombreuses actions afin que les personnels bénéficient de conditions de travail de qualité. Ainsi le fonctionnement de gestion des ressources humaines est bienveillant dans tous ses aspects. Le comité note qu'outre les entretiens annuels statutaires des PAR, des entretiens sont proposés aux EC/C tous les deux ans par la direction. Le comité souligne la mise en place de plusieurs référents ou groupes de travail qui assurent un rôle de relais des tutelles sur des sujets d'importance : égalité des genres, harcèlement, développement durable, impact des activités de recherche sur l'environnement...

L'unité a une assistante de prévention qui revoit annuellement l'ensemble des risques pour les agents et les nouveautés du document unique sont présentées chaque année lors du conseil de laboratoire. L'assistante de prévention évalue également les risques de chaque nouvel entrant en fonction de son poste. Un comité interne d'expérimentation en biomécanique s'assure que les risques sont bien encadrés lors de chaque nouveau protocole. L'unité encourage la capitalisation et la sécurisation des données en mettant en œuvre des réflexions de standardisation sur le format de données.

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

L'unité définit ses objectifs scientifiques sur la base de réflexions menées en interne, et l'animation scientifique est majoritairement endogène. Il y a, par exemple, très peu de séminaires d'EC/C invités extérieurs à l'unité, qui pourraient venir alimenter ses objectifs et ambitions scientifiques.

Les ressources en provenance des contrats nationaux (ANR, DGAC, DSR...) représentent presque la moitié du budget total de l'unité (48 %), celles d'actions internationales sont de 3 %. Cette disparité pourrait représenter un risque si le succès de l'unité aux AAP nationaux venait à décroître.

Si les plateformes expérimentales sont clairement décrites au niveau de l'unité, elles souffrent d'un manque de labellisation et de visibilité, notamment au niveau des tutelles. Un label pourrait permettre de générer des ressources financières supplémentaires contribuant ainsi à leur maintenance et développement.

La gestion des ressources (en temps et en moyens techniques) des différents services supports est réalisée au fil de l'eau, avec une planification de certaines tâches rendue difficile. Cela ne permet pas de suffisamment prioriser les actions des services supports et de clarifier leur implication dans chacun des projets.

DOMAINE 2 : LES RÉSULTATS, LE RAYONNEMENT ET L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

Appréciation sur les résultats, le rayonnement et l'attractivité scientifiques de l'unité

Plusieurs thématiques développées par le LBMC, comme la biomécanique des chocs, la caractérisation des tissus mous fibreux, les modèles musculosquelettiques personnalisés et l'analyse du mouvement sont reconnues au niveau international. Les résultats scientifiques obtenus sur ces axes de recherche font du LBMC un acteur majeur de sa communauté. Outre ces travaux, le rayonnement de l'unité se traduit par les liens étroits entretenus avec ses partenaires industriels, les nombreux prix obtenus (prix d'excellence BIATSS, prix de l'innovation de l'UCBL en 2024, prix de thèse et prix Christian Oddou de la Société de Biomécanique en 2020) ainsi que par le pilotage de sociétés savantes qu'elles soient nationales ou européennes.

- 1/ L'unité est reconnue pour ses réalisations scientifiques qui satisfont à des critères de qualité.
- 2/ Les activités de recherche de l'unité donnent lieu à une production scientifique de qualité.
- 3/ L'unité participe à l'animation et au pilotage de sa communauté.
- 4/ 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 quatre références ci-dessus

Le LBMC est reconnu au niveau mondial pour le développement de modèles numériques haute-fidélité de l'abdomen pour prédire les blessures en cas d'accident d'automobiles. Les modèles mis en œuvre sont en constante amélioration depuis 2008. Au sein du projet mondial Global Human Body Model Consortium (GHBMC), qui se poursuivra jusqu'en 2030, le LBMC est le seul centre pour l'abdomen et le seul hors Amérique du Nord. Les modèles développés par le LBMC sont utilisés par les industriels du domaine et le milieu académique.

Les recherches du LBMC sur la définition de protocoles standardisés de comportement mécanique des tissus biologiques sont reconnues à l'échelle internationale. L'unité participe au challenge international C4Bio regroupant 25 unités de recherche dans le monde travaillant sur ces questions pour améliorer la crédibilité et la reproductibilité des protocoles.

L'obtention en 2025 de la chaire industrielle ANR HBM4Seat, menée avec quatre industriels majeurs (Safran Seats, Alstom, Forvia, Altair), constitue une avancée structurante pour le LBMC et confirme la maturité scientifique et partenariale du thème et une position de référent international sur le confort dans les transports. Le développement d'atténuateurs de chocs innovants, menés en collaboration étroite avec plusieurs acteurs institutionnels de la sécurité routière (DSR, CETU, STRMTG, DGITM) constitue une action majeure qui a conduit à un projet de maturation avec des industriels, illustrant la capacité de transfert de solutions technologiques de l'unité.

Le développement et la diffusion du modèle open source PIPER représentent une action majeure pour la communauté scientifique et industrielle. Utilisé dans beaucoup de travaux significatifs de l'unité, ce modèle numérique du corps humain permet la simulation du confort et de la sécurité dans diverses situations de mobilité. Son utilisation large illustre la visibilité internationale et l'engagement en science ouverte de l'unité.

L'unité favorise l'émergence de nouvelles thématiques et développe des approches méthodologiques expérimentales et/ou numériques appropriées en utilisant notamment de nouvelles technologies - analyse du mouvement sans marqueur, méthodes d'apprentissage machine. Cela permet des travaux plus pertinents décrivant des situations de mobilité plus réalistes et montre la capacité de l'unité à se renouveler en s'appropriant des technologies avancées. L'unité acquiert ainsi une expertise reconnue sur ces nouvelles méthodologies.

La production scientifique du LBMC est de bonne facture. Sur la mandature, avec 212 articles dans des revues internationales, les enseignants-chercheurs, chercheurs et cliniciens publient en commun 1,76 papier/an/ETP. Avec 348 articles dans des revues internationales pour les cliniciens seuls, ce chiffre passe à 21/an/clinicien. Les

revues privilégiées sont des revues de qualité qui font référence dans les domaines scientifiques concernés. Le comité relève en particulier les revues Journal of biomechanics, Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy et Gait & Posture.

L'unité participe activement à l'animation de sa communauté aux échelles nationales et européennes. À ce titre, il faut souligner un investissement important dans des sociétés savantes : présidence de l'European Society of Biomechanics, vice-présidence de la Société Française de la Hanche et du Genou, conseil d'administration de la Société francophone d'analyse du mouvement, de la société de biomécanique, du groupe sur les recherches en analyse du mouvement de l'international society of biomechanics, de l'European Knee Society... Par ailleurs, plusieurs de ses membres sont impliqués dans des comités éditoriaux de revues internationales de référence relativement au périmètre scientifique de l'unité. Pour n'en citer que quelques-unes par champ : Journal of biomechanics ; Stapp Car Crash journal ; Journal of bone and joint surgery... Deux des membres du LBMC participent activement à des réseaux et groupes de travail européens : VPH institute, Avicenna Alliance, International Ergonomics Association. L'unité participe à l'organisation de congrès et colloques d'envergure comme le « Congress of the European Society of Biomechanics », et organise des événements originaux pour sa communauté comme en témoigne le challenge markerless (visant à mettre en commun des méthodes d'acquisition et de traitement de données d'analyse du mouvement).

L'unité favorise des revues pertinentes pour la communauté et non prédatrices, encourage la mise en place de jeux de données ouverts et la mise en commun de ses modèles.

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

La reconnaissance de l'unité liée à ses réalisations scientifiques concerne souvent le développement de méthodes (expérimentales ou numériques) ainsi que l'expertise liée à leur utilisation, au détriment d'un positionnement plus en amont qui pourrait être justifié eu égard à certains verrous scientifiques soulevés dans ses recherches.

Les recherches menées uniquement par les cliniciens sont nombreuses. La production scientifique de l'unité fait apparaître un déséquilibre entre celle des cliniciens publiant sans implication des enseignants-chercheurs (62,1 %) et celle des enseignants-chercheurs. Ce déséquilibre peut questionner sur la stratégie d'intégration des recherches cliniques au sein de l'unité.

Plusieurs mandats permettant de placer l'unité au centre de l'animation scientifique au sein de sa communauté se sont achevés durant la période évaluée, et ne sont pas nécessairement renouvelés par l'implication de nouveaux membres de l'unité.

Eu égard à l'activité expérimentale forte de l'unité, la démarche d'ouverture des données n'est pas encore systématisée et pourrait se traduire par davantage de jeux de données disponibles.

DOMAINE 3 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

Les interactions au niveau national du LBMC avec des industriels du monde des transports et de nombreux centres hospitaliers lyonnais sont remarquables. Le LBMC est l'une des rares unités de recherche en France à se targuer d'une telle dualité avec des compétences reconnues. Le comité félicite l'unité pour le continuum scientifique entre ses activités de recherches et le transfert de technologies apportant des réponses à des questions sociétales actuelles liées à la mobilité et à la santé.

1/ L'unité se distingue par la qualité de ses interactions avec le monde culturel, économique et social.

2/ L'unité développe des produits et des services 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

Le LBMC a des interactions de longue date avec des organismes tels que la DSR et la DGAC et de nombreux partenariats industriels dont les contrats représentent près de 22 % de ses ressources. 25 % des supports de thèse du LBMC sont des dispositifs Cifre ce qui montre l'attractivité de l'unité auprès des industriels. À travers ses contrats Cifre notamment, elle valorise largement son tissu socioéconomique local et participe à son dynamisme. L'unité entretient un lien très fort avec la clinique, comme en témoigne la présence dans l'équipe de cliniciens de différentes spécialités et l'intégration de plateformes expérimentales de l'unité au sein des multiples hôpitaux, permettant le déroulement de recherches cliniques d'ampleur en biomécanique.

Les interactions ci-dessus permettent un transfert de savoir-faire vers des questions de santé publique. À ce titre, deux brevets (l'un sur un implant pour la reconstruction du ligament croisé antérieur, l'autre sur un procédé pour la prédiction du risque de fracture osseuse) et une enveloppe Soleau (sur un algorithme d'optimisation pour la mise en place d'implants chirurgicaux hanche et genou) ont été déposés au cours de la mandature et deux autres sont en cours de dépôt.

L'unité partage les résultats de ses recherches avec le grand public. Le comité remarque des participations au National Biomechanics Day, à une interview par Autoroute INFO, au BARCamp dédié prédiction du risque de fracture du fémur métastatique à la bibliothèque universitaire Lyon Sud. Par ailleurs, une correspondante médiation scientifique au sein du LBMC a été nommée afin de répondre aux nombreuses sollicitations des collèges et lycées. Un projet de science participative est en cours avec le Centre des Massues afin de créer un pôle "recherche et innovation" dans lequel des projets innovants seront coconstruits entre professionnels de santé, universitaires, entreprises et patients.

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

Le comité ne note pas de points faibles particuliers.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Consciente de l'évolution de la société en matière de mobilité, l'unité a su proposer des activités scientifiques connectées à ces évolutions. Les actions d'animations scientifiques au sein de l'unité se sont intensifiées, mais peuvent encore être améliorées.

Lucide sur les actions à mener pour poursuivre la trajectoire ascendante des activités scientifiques de l'unité et le suivi bienveillant des personnels, la future direction propose, de manière très pertinente, une équipe de trois personnes, autour de la future directrice, afin d'optimiser un suivi de tous les secteurs : animation scientifique, ressources humaines, ainsi que formation à et par la recherche.

Pour le prochain mandat, l'unité souhaite se présenter en monoéquipe avec deux thèmes, trois sous thèmes par thème avec en parallèle la constitution d'équipes-projet. Le comité s'interroge sur la partie opérationnelle de la mise en place de ces équipes projet et de la structuration de la recherche qui en découlera. Durant la mandature actuelle, chaque thème a deux axes. La multiplication des sous-thèmes pourrait engendrer un cloisonnement et une dispersion des activités scientifiques qui seraient peut-être orthogonaux à la présentation en monoéquipe et nuiraient aux développements de recherche amont fondamentale. Bien que cela ne soit pas dans les objectifs de la prochaine équipe de direction, cela pourrait également conduire à une personnalisation des équipes projet autour d'un investigateur principal.

Le projet pourrait gagner en lisibilité en mettant en évidence les objectifs de recherches académiques et de recherches appliquées.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE DOMAINE 1 : OBJECTIFS SCIENTIFIQUES, ORGANISATION ET RESSOURCES DE L'UNITÉ

Le comité encourage l'unité à optimiser sa stratégie de collaboration avec les cliniciens émergeant au LBMC. Le comité encourage l'unité à veiller à ne pas étendre, voire à resserrer les spécialités cliniques couvertes. Une trop grande dispersion pourrait nuire à la visibilité des compétences.

Le comité encourage l'unité à mettre en place un conseil scientifique composé des membres de la direction et des responsables d'axes, voire d'experts extérieurs à l'unité.

Le comité encourage l'unité à engager une réflexion afin de clarifier la structuration entre les thèmes, les sous-thèmes, les équipes-projet, les activités du LIA et les méthodologies transverses.

Le comité encourage l'unité à doter le formulaire de présentation des équipes projet de questionnements scientifiques / verrous auxquels le projet souhaite répondre. Cela évitera de limiter les réflexions des équipes projet à des développements applicatifs utilisant des méthodologies déjà existantes.

Le comité encourage l'unité à mettre en place une politique de prélèvements sur les contrats afin de planifier une stratégie scientifique et technique au-delà des accords informels de mutualisation des moyens existants aujourd'hui.

Le comité encourage la mise en place de moyens de planification et de réalisation adéquats pour optimiser le fonctionnement des services supports techniques. Cela permettra aux membres qui les constituent de prioriser leurs actions en concertation avec les chercheurs et enseignants-chercheurs ; cela clarifiera également leur implication dans chacun des projets. Dans ce cadre, le comité recommande également la mise en place de réunions hebdomadaires avec comptes-rendus.

Le comité soutient l'unité dans sa politique d'extension de ses locaux pour accueillir ses membres permanents et non permanents et accompagner sa croissance.

Le comité soutient l'unité dans ses demandes de remplacement d'agents soutien et appui à la recherche notamment au niveau administratif.

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE DOMAINE 2 : LES RÉSULTATS, LE RAYONNEMENT ET L'ATTRACTIVITÉ SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

Le comité encourage l'unité à promouvoir l'organisation de séminaires avec des invités extérieurs pour échanger sur leur domaine scientifique de prédilection et dynamiser les collaborations.

Le comité encourage l'unité à valoriser ses réseaux internationaux et à se saisir de l'accompagnement proposé par ses tutelles pour répondre à des appels à projet aux échelles nationales et européennes pour ce qui concerne des recherches amont afin de lever des verrous scientifiques liés à ses activités.

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LE DOMAINE 3 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Le comité recommande à l'unité de poursuivre sa politique en la matière.

ÉVALUATION PAR THÈME

Thème 1 : Faciliter les déplacements

Nom du responsable : M. Raphaël Dumas et M. Thomas Robert

THÉMATIQUES DU THÈME

Le thème « Faciliter les déplacements » développe des recherches pour améliorer la sécurité et le confort des usagers face aux mutations sociétales et technologiques (vieillesse, urbanisation, transition écologique, véhicules automatisés, nouveaux modes de mobilité). Elle s'appuie sur les compétences historiques de l'unité en dynamique des structures, biomécanique des chocs, modélisation numérique du corps humain, ergonomie et analyse du mouvement. Les travaux s'articulent autour de deux axes : Confort et sécurité des véhicules automatisés, centré sur les nouvelles postures et usages liés à l'automatisation, et L'homme en mouvement pour des déplacements en autonomie, consacré à la mobilité active et aux nouveaux moyens de déplacement, en intégrant la variabilité humaine.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le thème « Faciliter les déplacements » n'existait pas sous cette forme lors de la précédente évaluation. Elle résulte de la restructuration de l'unité autour de deux thématiques majeures et de quatre axes scientifiques. L'une des recommandations formulées alors portait sur la nécessité de préserver la visibilité et la continuité des recherches disciplinaires, tout en évitant que la nouvelle organisation en thématiques n'occulte les déséquilibres identifiés en termes d'activité et de production scientifique. La mise en place de cette structuration apparaît avoir favorisé un découplage des activités, tout en maintenant une attention particulière aux disciplines fondatrices de l'unité. Cette attention s'est traduite par le soutien à des projets plus fondamentaux, par l'intermédiaire de financements de gratifications de stages, d'actions incitatives notamment transverses et de contrats doctoraux sur des thématiques amont.

Il apparaissait que les activités de l'ancienne équipe « Structure » n'étaient plus explicitement mentionnées dans le projet. Les recherches en dynamique des structures ont été intégrées au thème « Faciliter les déplacements ». Elles sont bien décrites dans le bilan et ont donné lieu à plusieurs thèses, valorisations ainsi qu'à des collaborations externes. Par ailleurs, concernant ces activités, des actions de recherches financées (jusqu'au niveau national) se sont structurées autour de la plateforme Transpolis permettant de réaliser des expérimentations de déplacements urbains à l'échelle 1. L'évaluation du confort d'assise dans les transports est un exemple de développement dans un cadre d'open science (projet PIPER).

EFFECTIFS DU THÈME : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	5
Chargés de recherche et assimilés	4
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	16
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels non permanents d'appui à la recherche	0
Post-doctorants	3
Doctorants	6
Sous-total personnels non permanents en activité	9
Total personnels	25

ÉVALUATION

Appréciation générale sur le thème

Le thème « Faciliter les déplacements » présente une forte cohérence scientifique et des activités combinant recherche fondamentale et appliquée autour de la sécurité, du confort et des mobilités émergentes. Soutenu par des partenariats industriels et institutionnels solides, des projets structurants (HBM4Seat, AutoConduct, SOLACe...), une production scientifique de bonne facture et une valorisation active, le thème affiche une très bonne visibilité internationale, une capacité affirmée d'innovation et de transfert ainsi qu'une volonté de développement d'activités de recherche amont connexes.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le thème « Faciliter les déplacements » s'appuie sur une expertise historique reconnue en biomécanique des chocs, en analyse du mouvement et en modélisation du corps humain qui s'accompagne d'une production scientifique de 1,59 articles/ETP/an, de nombreuses communications dans des conférences internationales de premier plan et plusieurs distinctions scientifiques (prix de thèse de la Société de Biomécanique, prix poster international, bourse Eiffel, etc.). L'ensemble illustre une activité de recherche structurée, visible et reconnue, ainsi qu'une forte capacité d'adaptation face aux enjeux émergents des transports intelligents et inclusifs.

Le thème dispose d'équipements numériques et expérimentaux originaux (salle d'analyse du mouvement, siège instrumenté multi-réglable, banc hémodynamique, serveurs de calcul performants), soutenus par une équipe technique. Ces moyens ont permis le développement d'outils de référence, parmi lesquels les modèles open source PIPER (modèle numérique du corps humain avec une déclinaison dédiée à la simulation du confort d'assise), les contributions majeures au projet mondial GHBM (dont l'unité est le centre pour l'abdomen), des méthodes innovantes de supervision de posture (méthodes sans marqueurs) et de propagation des incertitudes. Le thème bénéficie d'une dynamique de formation et d'encadrement doctoral significative, avec une trentaine de thèses soutenues ou en cours, dont une bonne partie en dispositif Cifre, en cotutelle ou collaboration internationale (TU Delft, Beihang University, Université du New South Wales, Université de Montréal). Les projets structurants tels que la chaire industrielle financée par l'ANR HBM4Seat (2025-2030) sur la biomécanique du confort d'assise, les projets AutoConduct (2017-2021, projet financé par l'ANR) et AutoBehave (2019-2024, projet régional) sur l'observation et la modélisation du comportement de l'occupant dans des situations critiques, le projet SOLACe (2022-2024) sur la sécurisation des obstacles latéraux par atténuateurs de Choc, ou encore le projet PerfAnalytics (2021-2024 projet financé par l'ANR) sur le traitement des données de capteurs potentiellement embarquables illustrent la visibilité et la capacité de coordination du thème.

L'un des principaux atouts du thème réside dans la densité et la pérennité de ses partenariats avec les acteurs industriels (Stellantis, Renault, Continental, Safran, Décathlon, Rousseau Équipements, Dynas+) et institutionnels (DGAC, DSR, CETU, STRMTG, DGITM). Ces collaborations récurrentes soutiennent une recherche appliquée à fort impact, appuyée sur des financements multiples (ANR, DSR, ADEME, Région Auvergne-Rhône-Alpes, contrats industriels, projets européens).

Le thème présente un engagement fort dans la science ouverte à travers la diffusion de modèles open source et un projet de startup en cours dans le champ des activités portant sur le suivi de posture des occupants d'un véhicule.

Dans le contexte des mobilités durables, connectées et inclusives, le thème est bien positionné pour développer des approches intégrées combinant modélisation biomécanique, analyse du mouvement, ergonomie et intelligence artificielle appliquées à la sécurité des mobilités, le confort d'assise et l'analyse des comportements en situations de mobilité écologique.

Points faibles et risques liés au contexte

La dispersion thématique (mobilité automatisée, confort, micromobilité, mobilité active, prévention des chutes) pourrait fragiliser la lisibilité globale si les articulations entre axes ne sont pas clairement consolidées. L'un des risques est associé à la possibilité de faire perdurer les expertises fortes de la thématique, de maintenir la cohérence et la masse critique entre activités très variées, tout en évitant une dispersion des ressources de recherche et d'encadrement.

Les développements d'outils numériques structurants et l'engagement de l'unité dans des projets de science ouverte reposent sur des besoins en soutien technique et en ingénierie logicielle. La capacité actuelle dans ces domaines représente un enjeu à suivre afin d'assurer la poursuite et la pérennité des développements engagés. L'équilibre entre les activités expérimentales et de modélisation constitue un élément structurant du thème.

Dans un contexte d'évolution rapide des méthodes numériques, la pérennité de cet équilibre représente un point d'attention pour la continuité des compétences clés de ce thème.

La structuration internationale des activités de recherches en simulation numérique et modélisation humaine souligne l'importance de maintenir une visibilité forte de l'unité. D'une manière générale, les actions à cette échelle engagées restent à concrétiser en termes d'obtention de financements sur AAP européens.

La dépendance partielle à des financements sur appels à projets compétitifs constitue un facteur de risque, notamment pour les thématiques émergentes qui nécessitent des moyens humains dédiés. Quelques objectifs du contrat précédant, tels que l'adaptation des dispositifs de protection aux postures réelles des occupants, n'ont pu être pleinement atteints faute de financements obtenus, révélant une vulnérabilité conjoncturelle.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DU THÈME

La réorganisation de l'unité en une équipe unique structurée autour des deux grands thèmes « Mobilité » et « Santé » a pour objectif de renforcer la cohérence scientifique et la transversalité des compétences.

Le futur thème « Mobilité » du LBMC regroupe l'ensemble des recherches liées au déplacement des personnes, qu'il soit motorisé ou actif, autour de trois sous-thèmes complémentaires : sécurité, confort/inconfort et mobilités actives. Cette structuration traduit une évolution cohérente du thème « Faciliter les déplacements », qui capitalise sur ses compétences historiques en biomécanique, dynamique des structures et analyse du mouvement, tout en répondant aux nouveaux enjeux de l'électrification, de l'automatisation et de l'inclusivité des mobilités.

Le sous-thème « Sécurité » consolide une expertise reconnue sur la biomécanique des chocs et les dispositifs de protection. La trajectoire proposée, fondée sur l'élargissement des modèles humains à la diversité des usagers et l'intégration de la variabilité posturale et tissulaire, apparaît cohérente et pertinente. Les travaux sur les infrastructures et dispositifs d'absorption d'énergie, intégrant la variabilité des matériaux biosourcés alternatifs, traduisent l'adaptation des activités aux nouveaux modes de transport.

Le sous-thème « Confort / inconfort » s'appuie sur des outils expérimentaux et numériques de référence (siège instrumenté, modèle open source PIPER Comfort), et sur la chaire industrielle ANR HBM4Seat qui fédère quatre grands industriels (Safran, Alstom, Forvia, Altair). L'ambition de développer des critères objectifs d'inconfort et des plateformes intégrées de tests virtuels, avec des extensions vers les champs cliniques (fauteuils roulants, prévention des escarres) apparaît claire et en adéquation avec les attentes industrielles et sociétales.

Le sous-thème « Mobilités actives » s'inscrit dans une dynamique de recherche sociétale pertinente, visant à faciliter et sécuriser les déplacements à pied, à vélo/trottinette ou en fauteuil roulant. Les travaux proposés sur la caractérisation des capacités fonctionnelles, le contrôle de l'équilibre et la prévention des troubles musculosquelettiques, constituent un positionnement consistant et bien structuré, ouvrant notamment de nouvelles perspectives pour les populations à mobilité réduite.

L'organisation de l'équipe unique autour du thème « Mobilité » améliore la lisibilité de l'unité, elle renforce la complémentarité entre les approches méthodologiques et soutient son adaptation aux enjeux sociétaux liés à la mobilité durable.

RECOMMANDATIONS AU THÈME

Pour le thème « Mobilité », la mise en cohérence des trois sous-thèmes autour d'objectifs intégrateurs et la poursuite de partenariats structurants avec le monde industriel et institutionnel apparaissent comme des facteurs majeurs pour conforter la visibilité et l'impact du thème. Il conviendra toutefois de veiller à préserver l'équilibre entre recherche fondamentale et recherche finalisée, afin que certaines activités amont ou spécialisées (modélisation tissulaire, dynamique des structures, biomécanique ligamentaire) ne soient pas fragilisées au profit de thématiques plus appliquées. Dans ce sens, la politique de recrutement à moyen terme est un levier important dans le but d'assurer la continuité de l'expertise fondamentale acquise au fil des années par le thème.

Par ailleurs, une attention particulière devra être portée à la participation de l'ensemble des membres aux activités transversales à travers la mise en place des équipes projet et à la reconnaissance de toutes les contributions, afin de maintenir l'engagement collectif et la dynamique interne dans cette configuration unifiée. Le soutien des personnels techniques et d'ingénierie ainsi que l'organisation de leurs travaux d'accompagnements seront également cruciaux pour garantir la production des développements ainsi que la pérennité des plateformes expérimentales et des outils de simulation.

Thème 2 : Maintenir le corps en bonne santé

Nom du responsable : Mme Karine Bruyère et Mme Sonia Duprey

THÉMATIQUES DU THÈME

Le thème « Maintenir le corps en bonne santé » regroupe deux axes. L'axe « Capacités fonctionnelles au cours de la vie » étudie le mouvement et les tissus et leurs altérations. Il vise la caractérisation de marqueurs biomécaniques, la compréhension des mécanismes lésionnels et l'évaluation de gestes ou d'activités pour la prévention et la rééducation, et s'intéresse à la caractérisation et la modélisation des tissus biologiques. L'axe « Le corps réparé : l'implant dans son environnement » est davantage tourné vers des enjeux industriels et des applications cliniques, et porte sur l'analyse du comportement d'implants orthopédiques et de leur interface avec les tissus, ainsi que sur l'optimisation des interventions chirurgicales y compris robotisées.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le thème « Maintenir le corps en bonne santé » n'était pas identifié comme tel lors de la précédente évaluation. Les différentes thématiques abordées dans ce thème étaient alors disséminées dans les quatre équipes mentionnées dans la précédente évaluation, par exemple l'ancienne équipe « Biomécanique des chocs » pour les aspects couvrant la caractérisation expérimentale des tissus, « Biomécanique et Orthopédie » pour ce qui concerne l'analyse des performances locomotrices liées à l'apparition de pathologies, « Biomécanique et Ergonomie » pour la prévention des TMS.

La réorganisation mise en place à l'échelle de l'unité a fusionné ces activités dans un même thème, afin de renforcer des synergies formulées pour l'ensemble du LBMC à la précédente évaluation. Un point d'attention avait été formulé concernant le risque d'affaiblir des recherches et compétences disciplinaires derrière cet affichage d'un thème à visée plutôt socioéconomique, et il avait été conseillé de soutenir certaines thématiques disciplinaires par des financements internes pour les maintenir ou les redynamiser. Certains éléments de réponse ont été apportés (financements de dotations de master sur fonds propres, actions incitatives ou contrats doctoraux venant des tutelles), mais ce point d'attention reste valide pour la période évaluée.

EFFECTIFS DU THÈME : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2024

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	6 + 4 PH
Maitres de conférences et assimilés	8
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	23
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels non permanents d'appui à la recherche	0
Post-doctorants	2
Doctorants	13
Sous-total personnels non permanents en activité	15
Total personnels	38

ÉVALUATION

Appréciation générale sur le thème

Le thème « Maintenir le corps en bonne santé » développe avec succès des recherches au niveau international en lien avec un écosystème industriel actif et dynamique dans le domaine de la santé. Ces activités se déroulent en collaboration étroite avec des établissements cliniques qui en garantissent le transfert vers les patients. Le thème s'appuie de manière pertinente sur des plateformes cliniques et expérimentales spécialisées, qui couvrent le continuum allant de la caractérisation mécanique aux applications médicales. L'importante production scientifique du thème repose en grande partie sur l'implication des cliniciens de l'unité et sur des thématiques fortement appliquées, au détriment de recherches plus fondamentales pour lesquelles le thème possède pourtant des compétences et des méthodes bien identifiées. L'ancrage de l'unité dans le monde socioéconomique, son inscription dans des thématiques émergentes et sa participation à des réseaux internationaux constituent un environnement favorable à la poursuite d'une recherche compétitive, à l'innovation et à l'impact clinique et industriel du thème.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le thème possède un fort ancrage clinique, comme en témoigne son attractivité pour des cliniciens qui représentent près de la moitié des membres permanents inclus au thème, ou encore l'implantation directe de plateformes au sein de plusieurs hôpitaux des Hospices Civils de Lyon qui facilitent la mise en place d'études cliniques ou précliniques. Cette proximité clinique renforce l'intégration des recherches dans les pratiques médicales et la formation. Le thème présente une production scientifique soutenue (407 articles pour le thème seul, 468 en comptant les articles communs avec le thème 1) et diversifiée, dont 348 articles concernent uniquement l'activité des cliniciens.

Le thème dispose de moyens expérimentaux originaux, en particulier pour ce qui concerne sa capacité à développer des essais mécaniques sur des tissus biologiques humains ou animaux, ou son expertise concernant le déploiement sur site de méthodes d'analyse du mouvement en réponse à une problématique clinique spécifique. Ces moyens sont soutenus par des équipes techniques, qui permettent leur fonctionnement et leur valorisation à travers de nombreux projets de recherches. Des plateformes sont implantées directement au sein des Hospices Civils de Lyon. Le thème entretient en particulier un tissu partenarial solide avec le monde socioéconomique, comme en témoignent les nombreuses thèses Cifre concernant des recherches amont en biomécanique (Genourob, Centre des massues, Conseil Général du Val de Marne, Centre Technique du Cuir, Skairos, Medtronic, Fondation Poidatz) ou le développement de dispositifs médicaux et leur transfert vers le secteur de la santé (Natural Pad, Novetec, Ennoia).

Le thème investit des domaines en forte croissance tels que l'intelligence artificielle, les jumeaux numériques et les « in silico trials », afin de développer des outils de simulation et de rester positionné sur les évolutions scientifiques et réglementaires attendues.

Le thème saisit des opportunités de financement pour initier des projets émergents, par exemple sur la caractérisation de nouveaux tissus biologiques, sur la biomécanique osseuse ou sur l'amélioration des méthodes d'analyse du mouvement, en mobilisant des dotations locales et des appels à projets nationaux (tutelles, ShapeMed@Lyon, Labex Primes). Il participe activement à des réseaux internationaux, comme en témoignent sa participation au sein du challenge C4Bio et ses liens avec le projet réseau européen VPHi, ou son implication dans le laboratoire international LIA EVASYM.

À travers cette participation dans ces réseaux, sa présence active dans des conférences internationales spécialisées (comme les conférences de l'European Knee Society ou de l'International Society of Arthroscopy and Knee Orthopaedic Surgery) et son rôle moteur dans des sociétés internationales (par exemple par le pilotage de deux groupes de travail dans l'International Society of Biomechanics), le thème contribue largement à la visibilité et la notoriété de l'unité dans son ensemble, et à ses collaborations au niveau mondial. La notoriété du thème est forte dans certains domaines cliniques, par exemple pour ce qui concerne la biomécanique du genou comme en témoignent les nombreuses publications dans des revues spécialisées, les travaux sur les orthèses ou les lésions ligamentaires en collaboration avec Montréal, l'implantation de systèmes d'analyses cinématiques du genou implantés dans deux hôpitaux lyonnais, ou la valorisation et l'évaluation de solutions ligamentoplastie.

Le thème bénéficie d'une dynamique de formation et d'encadrement doctoral importante, avec plus d'une quarantaine de thèses de science soutenues ou en cours sur la période évaluée pour treize personnes HDR. Le

master de biomécanique porté par l'Université Lyon 1 permet d'assurer un vivier de recrutement diversifié et en lien avec la clinique.

Points faibles et risques liés au contexte

Les cliniciens qui émarginent au thème publient en majorité de façon isolée, comme en témoigne la disparité entre la production des cliniciens seuls (348 articles sur la période) et celles en commun avec les enseignants-chercheurs et chercheurs du thème (33 articles sur la période). La forte production scientifique du thème dépend donc beaucoup de la présence et de l'implication des cliniciens de l'unité.

Certaines compétences historiques du thème, plutôt tournées vers des méthodes (analyse du mouvement, propagation des incertitudes, simulation personnalisée) sont affichées comme des outils qui viennent alimenter les projets portés par des chercheurs déjà reconnus dans le domaine, ce qui peut poser la question de la place que continueront à occuper ces outils dans la trajectoire du thème.

La diversité des méthodes, des applications et des outils développés au sein du thème peut donner une impression de dispersion, qui peut se maintenir ou s'accroître avec un fonctionnement en équipe-projets qui évoluent rapidement.

Les financements de thèse concernent principalement la partie très appliquée des activités de l'équipe, mais des projets plus fondamentaux sont plus difficiles à financer. Le thème s'est peu positionné sur des appels à projets européens sur la période évaluée pour ce qui concernent des activités plus amont.

Même si l'unité possède une expertise en la matière, la réalisation de recherches cliniques ainsi que les activités de transfert vers le monde socioéconomique et médical sont confrontées à des contraintes réglementaires, qui peuvent ralentir le développement de recherches d'ampleur pour ce thème.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DU THÈME

Le projet du thème « Maintenir le corps en bonne santé », qui deviendra le thème « santé » de l'unité s'organise autour de trois sous-thèmes – quantifier, prévenir et restaurer – et de trois objets d'étude (tissus et organes, aptitude physique globale, dispositifs et gestes médicaux). Cette structuration rend le programme scientifique lisible, même si, dans la pratique, plusieurs projets mobilisent simultanément plusieurs sous-thèmes et objets d'étude.

L'affichage dans le cadre de la médecine dite « 5P » (prédictive, préventive, personnalisée, participative et prouvée) et du concept One Health (qui considère conjointement la santé humaine, la santé animale et l'environnement, en reconnaissant leurs interactions et interdépendances) inscrit le thème dans une dynamique nationale et européenne qui favorise la participation à des appels à projets français et européens, et s'articule bien avec les compétences biomécaniques et cliniques du thème.

Les choix scientifiques qui sont présentés (caractérisation des incertitudes lors des essais biomécaniques, utilisation accrue des méthodes d'apprentissage et de la méta-modélisation lors de l'évaluation des tissus et des dispositifs, ou encore ouverture affichée vers la mécanobiologie) sont judicieux pour lever les verrous scientifiques liés à ces thématiques. Ils encouragent la pertinence clinique et le transfert des méthodes développées. Néanmoins, ces nouveaux positionnements peuvent soulever des questions. Ils supposent, en effet, des moyens humains et techniques spécifiques qui ne figurent pas encore dans le thème et ne relèvent pas de son socle scientifique actuel. Leur mise en œuvre devra donc s'appuyer sur des collaborations externes ou sur le développement de nouvelles compétences en interne, en veillant à ne pas fragiliser les compétences propres au thème.

Une consolidation et formalisation accrue de la stratégie de collecte, d'uniformisation, de stockage et de partage des données issues des activités expérimentales et numériques semble être dessinée de façon pertinente dans la trajectoire de l'unité à travers la mise en place d'un groupe de travail ad hoc. Le projet insiste aussi sur la coopération avec le tissu socioéconomique local pour le développement de dispositifs médicaux, ce qui constitue un atout pour favoriser encore davantage l'émergence de partenariats industriels et la valorisation des résultats vers des activités de transfert encore plus marquées.

RECOMMANDATIONS AU THÈME

Le thème est encouragé à consolider ses compétences disciplinaires propres afin d'assurer leur continuité, indépendamment de l'activité des cliniciens, mais en continuant à s'appuyer fortement sur le fort lien du thème avec la clinique. Ceci peut se traduire par une réponse plus importante à des appels à projets nationaux et européens, sur des sujets plus fondamentaux mobilisant des compétences propres au thème. Ces projets reposeraient notamment sur la mise en œuvre de moyens expérimentaux d'ampleur, en particulier pour les essais sur tissus biologiques.

Le comité encourage l'intégration d'accompagnements externes (juridiques, industriels, direction de la recherche clinique des hôpitaux en lien avec l'unité) dès la conception des projets en intégrant leurs actions dans les demandes de financement, pour anticiper les difficultés liées aux contraintes réglementaires qui peuvent ralentir le transfert des résultats scientifiques à l'application ou empêcher le déroulement d'études cliniques.

Le comité encourage la consolidation d'une politique de gestion et de partage des modèles, logiciels, données, et savoir-faire expérimentaux, qui constituent un enjeu important pour garantir la continuité des activités, la valorisation des compétences du thème, et le transfert des connaissances vers la société.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 01 décembre 2025 à 12 h 00

Fin : 03 décembre 2025 à 14 h 00

Entretiens réalisés : en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Agenda visite LBMC

Lundi 1er décembre 2025

12 h 00 – 14 h 00, 120 min, Réunion à huis clos du comité - repas

14 h 00 – 14 h 10, 10 min, Introduction du comité de visite par Philippe Petitjeans, Délégué Scientifique

14 h 10 – 15 h 20, 40 min (présentation)+ 30 min (questions), Bilan du LBMC (2019-2024)

15 h 20 – 15 h 50, 30 min, Pause

15 h 50 – 17 h 10, 45 min + 35 min, Bilan du thème « Faciliter les déplacements » (2019-2024)

17 h 10 – 18 h 10, 60 min, Visite (partie 1)

18 h 10 – 18 h 40, 30 min, Réunion comité huis clos

Mardi 2 décembre 2025

08 h 45 – 10 h 05, 45 min + 35 min, Bilan du thème « Maintenir le corps en bonne santé » (2019-2024)

10 h 05 – 10 h 35, 30 min, Pause

10 h 35 – 11 h 20, 45 min, Entretien avec le Personnel d'Appui à la Recherche

11 h 20 – 12 h 05, 45 min, Entretien avec les Doctorants et Post-Doctorants

12 h 05 – 12 h 50, 45 min, Entretien avec le Personnel Enseignant-Chercheur

13 h 00 – 14 h 00, Buffet posters (comité + tout le labo)

14 h 00 – 16 h 00, 60 min + 60 min, Présentations scientifiques

16 h 00 – 16 h 30, 30 min, Pause

16 h 30 – 17 h 30, 60 min, Visite (partie 2)

17 h 30 – 18 h 30, 60 min, Réunion comité huis clos

Mercredi 3 décembre 2025

08 h 45 – 10 h 00, 40 min + 35 min, Projet scientifique et de gouvernance (2027-2031)

10 h 00 – 10 h 30, 30 min, Pause

10 h 30 – 11 h 15, 45 min, Entretien avec les tutelles

11 h 15 – 12 h 00, 45 min, Entretien avec la Direction du LBMC et les Porteurs du projet

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

LBMC UMR_T 9406, Univ Eiffel-UCBL
Univ. Eiffel – Campus de Lyon
25, avenue François Mitterrand
69675 BRON Cedex

Lyon, 16 février 2026

David MITTON
Directeur du LBMC UMR_T9406
Tél. : 33 (0)4 72 14 23 61
david.milton@univ-eiffel.fr

<https://lbmc.univ-gustave-eiffel.fr>

Objet : Observations du Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs
(UMR_T 9406 UCBL-Univ Eiffel) sur le rapport d'évaluation HCERES

Madame, Monsieur,

Tout d'abord, nous tenons à remercier, très sincèrement, les membres du comité d'évaluation pour le travail d'analyse qu'ils ont effectué et pour la qualité des échanges lors de la visite.

Le laboratoire apprécie les points forts soulignés par le comité tant en termes d'objectifs scientifiques, d'organisation, de ressources que de résultats, de rayonnement et d'attractivité de l'unité.

Dans le cadre de notre démarche qualité, nous discuterons collectivement des pistes qui pourraient être mises en œuvre pour répondre aux points faibles identifiés par le comité et à leurs recommandations.

Notre politique scientifique visera notamment à maintenir la place structurante du LBMC au sein de sa communauté scientifique internationale et à poursuivre les interactions du LBMC avec son environnement socioéconomique, en particulier avec les industriels du secteur des transports et les centres hospitaliers de Lyon.

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de nos respectueuses salutations.



David MITTON
Directeur du LBMC

Direction de la Recherche et des Etudes Doctorales
Bâtiment Atrium
43 boulevard du 11 novembre 1918
69622 Villeurbanne Cedex
France
direction.recherche@univ-lyon1.fr

**Haut Conseil de l'évaluation de la
recherche et de l'enseignement
supérieur**

2 rue Albert Einstein
75013 Paris

**Réf. : Observations de portée générale sur le rapport d'évaluation DER-PUR270026025 - LBMC -
Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs**

Villeurbanne, le 17 février 2026

Madame, Monsieur,

Je vous remercie de m'avoir transmis le pré-rapport d'évaluation de l'UMR_T9406 - **Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs - LBMC**.

Je tiens à souligner la très grande qualité du travail réalisé par les membres du comité d'évaluation.

Après lecture attentive et analyse du document, je vous précise que ce rapport n'appelle pas d'observation de la part de l'Université Claude Bernard Lyon 1.

Je vous prie de croire, Madame, Monsieur, en l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Université Claude Bernard Lyon 1
Pour le Président et par délégation


Le Vice-Président Recherche
Arnaud BRIOUDE



Annexe : retour de l'UMR_T9406 LBMC sur le rapport d'évaluation du laboratoire.

ACCOMPAGNER
CRÉER
PARTAGER

SIEGE : Université Claude Bernard Lyon 1

43, Boulevard du 11 Novembre 1918 - 69 622 Villeurbanne Cedex, France.

N° éducation nationale : 069 1774 D • n° SIRET : 196 917744 000 19 • code NAF 85.42 Z

TP LYON 10071 69000 00001004330 72

<http://www.univ-lyon1.fr> • téléphone : 04 72 44 80 00 • télécopie : 04 72 43 10 20

Le Président de l'université
au
Département d'Évaluation de la recherche - Hcéres

A Champs-sur-Marne, le 16/2/2026

Objet : observations des tutelles sur le rapport d'évaluation du laboratoire LBMC

Dossier suivi par : Serge Piperno, Vice-Président Recherche (serge.piperno@univ-eiffel.fr)

Vos réf : DER-PUR270026025 - LBMC - Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs.

Madame, Monsieur,

Nous faisons suite au mail que vous nous avez adressé le 6/2/2026 dans lequel vous nous communiquiez le rapport d'évaluation Hcéres de l'Unité « LBMC - Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs ».

Comme demandé dans ledit mail, nous vous faisons part des éventuelles observations de portée générale que souhaite faire l'Université Gustave Eiffel, une des deux tutelles de cette unité, l'autre tutelle étant l'Université Claude Bernard Lyon 1.

L'Université Gustave Eiffel souhaite avant tout vivement remercier à nouveau les membres du comité d'évaluation pour le temps consacré à expertiser les travaux du Laboratoire et surtout pour la qualité des échanges qui ont eu lieu à l'occasion de la visite.

L'université se félicite de la teneur très positive du rapport d'évaluation, qui indique que « Le LBMC est une unité de référence dans le domaine de la biomécanique », dont le « rayonnement repose notamment sur des thématiques [...] pour lesquelles l'unité occupe une place structurante au sein de sa communauté scientifique internationale ». Cette appréciation est en très net progrès par rapport à celle de l'évaluation précédente (2020).

L'avis du comité d'évaluation et les recommandations formulées guideront le laboratoire et l'université Gustave Eiffel dans la définition de sa stratégie et le renouvellement de son animation scientifique. Nous avons bien noté le risque soulevé par le comité à propos de la « constitution d'équipes-projet, [...] la multiplication des sous-thèmes [pouvant] engendrer un cloisonnement et une dispersion des activités scientifiques ». Les tutelles, qui continueront à soutenir le développement de l'unité, y seront attentives.

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de nos respectueuses salutations.

Université Gustave Eiffel

Pour le président par intérim, Gilles Roussel, et par délégation,



Serge Piperno
Vice-président Recherche

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

