

## RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LIB - Laboratoire d'imagerie biomédicale

### SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Sorbonne Université

Institut national de la santé et de la recherche  
médicale – Inserm

Centre national de la recherche scientifique -  
CNRS

---

**CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024**  
VAGUE D

Rapport publié le 15/03/2024



Au nom du comité d'experts :

Fabrice Meriaudeau, président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

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

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

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

## MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

**Président :** M. Fabrice Meriaudeau, Université de Bourgogne, Le Creusot (représentant du CNU)

Mme Virginie Callot, CNRS, Marseille (représentante du CoNRS)

Mme Mireille Garreau, Université de Rennes 1

**Experts :**

M. Denis Kouamé, Université Toulouse 3 - Paul Sabatier - UPS

M. Paulo Loureiro De Sousa, ICUBE - UMR7357, Strasbourg (personnel d'appui à la recherche)

Mme Diana Mateus, Centrale Nantes

M. W. Apoutou N'Djin, Inserm (représentant des CSS Inserm)

## REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Nicolas Dobigeon

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

M. Philippe Agard, Sorbonne université

Mme Elisabeth Angel-Perez, Sorbonne université

Mme Camille Chaudonneret, Inserm

Mme Monique Dontenwill, CNRS

Mme Marie Josephe Leroy-Zamia, Inserm

## CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire d'Imagerie Biomédicale
- Acronyme : LIB
- Label et numéro : UMR 7371 ; UMRS 1146
- Nombre d'équipes : 6
- Composition de l'équipe de direction : Mme Lori Bridal (directrice)

## PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication - STIC

## THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le Laboratoire d'Imagerie Biomédicale (LIB) est spécialisé dans la recherche fondamentale et appliquée de méthodes d'imagerie biomédicale morphologique, fonctionnelle et moléculaire sur le petit animal et l'homme. Les thématiques de recherche sont ciblées sur l'os, le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurologiques. Les membres du LIB travaillent sur des nouvelles méthodologies de diagnostic et de traitement autour des modalités microscopiques, ultrasonores, IRM, CT et SPECT-PET.

Le LIB est organisé en six équipes de tailles variées allant de un à dix permanents : Ultrasons et imagerie pour la caractérisation de la qualité osseuse (BQ), Développement d'imagerie et de thérapie ciblée pour le cancer et l'inflammation (IT2D), Imagerie Cardiovasculaire (iCV), Connectivité neurale et plasticité (NCP), Physiologie et pathologie de la microcirculation (PPM) et Ondes mécaniques 3D pour l'imagerie cardiovasculaire (OM3D, équipe créée suite à l'appel commun Inserm-CNRS « Action thématique incitative » sur programme ATIP-Avenir).

Les travaux multidisciplinaires et interdisciplinaires du LIB couvrent la modélisation, l'instrumentation, le traitement et l'analyse du signal et de l'image. Ils sont facilités par différentes plateformes d'imagerie. D'étroites collaborations avec deux Instituts hospitalo-universitaires (IHU), des biologistes et des cliniciens permettent la recherche translationnelle de l'animal à l'homme et un engagement fort pour le transfert technologique.

## HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le LIB est une unité mixte de recherche CNRS (INSB, INSIS), Inserm (ITMO) et Sorbonne université. Il a été créé en 2014 par la fusion de trois entités afin de créer un environnement synergique dans l'ingénierie biomédicale et la recherche clinique pour le développement de nouvelles technologies et de biomarqueurs d'imagerie répondant à certains défis clés en matière de diagnostic médical et de thérapie. L'unité réunit six équipes multidisciplinaires en sciences de l'ingénieur (sections 43, 47, 48, 52, 60 et 61 du Conseil National des Universités [CNU]) et sciences médicales (sections 4302 et 5102 du CNU) autour de recherches technologiques, méthodologiques et cliniques motivées par le diagnostic, le traitement et le suivi de maladies dégénératives (cancers, pathologies dégénératives des systèmes musculo-squelettique, nerveux central et cardiovasculaire) et la prise en charge du patient.

Au 31 décembre 2022, comme détaillé dans les tableaux ci-dessous, le LIB se composait de 52 personnels permanents dédiés à la recherche sous tutelles du CNRS, de l'Inserm, de Sorbonne université ou sous tutelle mixte entre Sorbonne université et l'AP-HP. Le comité note, comme lors du précédent contrat, une remarquable implication de praticiens-hospitaliers (dont 8 chefs de services cliniques), avec une participation à plus de 30 protocoles de recherche clinique.

Le LIB est actuellement bilocalisé sur le campus des Cordeliers de Sorbonne université et au sein de trois bâtiments sur le site du Centre Hospitalier Universitaire Pitié-Salpêtrière (CHU PSL) pour conserver à la fois l'accès aux espaces de laboratoire de recherche fondamentale du campus des Cordeliers et à proximité des services cliniques et des plateformes de recherche de PSL.

## ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le LIB entretient des liens forts avec le milieu local et régional. Dans son écosystème proche, l'unité développe activement la recherche collaborative et translationnelle avec le Centre Hospitalier Universitaire Pitié-Salpêtrière (CHU PSL). Les collaborations s'étendent à d'autres hôpitaux parisiens (Necker, Armand Trousseau, HEGP, Tenon) ou hors Paris (Bicêtre, Hôpital Avicenne, CHU de Saint-Étienne...).

Il est impliqué fortement dans l'Institut hospitalo-universitaire (IHU) ICAN (responsable d'une plateforme d'imagerie) et collabore étroitement avec l'Institut des Neurosciences Translationnelles (IHU-A-ICM). Plusieurs

projets ont bénéficié du soutien des instituts et initiatives de Sorbonne université (SCAI, IUIS et Collegium Musicae) et du labex SMART. L'unité a de nombreux projets scientifiques en partenariat avec d'autres unités de recherche de l'UFR d'Ingénierie (Institut Jean Le Rond d'Alembert, ISIR, LIP6, GEEP, STMS). Le LIB collabore étroitement avec les start-up qu'il a créés soit au cours de la période de référence (comme Naox), soit précédemment (comme Azalée).

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	15
Maîtres de conférences et assimilés	7
Directeurs de recherche et assimilés	6
Chargés de recherche et assimilés	6
Personnels d'appui à la recherche	18
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>52</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	3
Doctorants	34
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>42</b>
<b>Total personnels</b>	<b>94</b>

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

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
SORBONNE UNIVERSITÉ	18	0	1
CNRS	0	7	5
Inserm	0	5	5
Autres	4	0	7
<b>Total personnels</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>18</b>

## AVIS GLOBAL

Le LIB, dont la création remonte à 2014 suite à la fusion de deux laboratoires (UPMC-CNRS, UPMC-Inserm) et d'une équipe UPMC, pour créer une entité unique autour de l'imagerie médicale et biomédicale, a continué à se développer au cours du présent contrat, passant de quatre équipes à six équipes en fin de contrat. Aussi, presque dix ans après la fusion, le régime de croisière est atteint et la fusion parfaitement réussie, ceci grâce à l'effort de tous les membres de l'unité et de sa direction.

La visibilité de l'unité est de niveau international sur les thématiques : les interactions ultrasons et os, l'imagerie paramétrique, en connectivité cérébrale et en imagerie cardiovasculaire. L'équipe Physiologie et pathologie de la microcirculation (PPM) est une équipe pionnière mondialement reconnue comme co-inventeur de la microscopie par localisation ultrasonore (ULM). Sa déclinaison ULM 3D et transcraniale représente une avancée majeure pour la caractérisation de la micro-vascularisation. Dans un contexte international relevé, l'unité se positionne également très favorablement dans le développement de méthodes de thérapie ciblée par l'originalité de ses travaux sur la vectorisation sono-sensible de médicaments.

Le laboratoire s'illustre particulièrement dans le lien structurel qu'il a instauré entre recherches méthodologiques, développements technologiques et recherche clinique, avec une implication remarquable des cliniciens.

L'unité a une excellente production scientifique, tant en qualité qu'en quantité, en privilégiant des supports de qualité. Le comité a noté une forte progression des travaux qui mobilisent des collaborations entre les équipes avec 37 publications communes, le co-encadrement de plusieurs thèses et la réponse commune à certains appels.

La qualité de ses équipements, associée à l'excellence de sa recherche, permettent au LIB de rayonner à l'international et d'attirer des chercheurs de niveau international.

Le rayonnement, l'attractivité et l'impact de l'unité sont excellents. Le comité tient à souligner en particulier les activités scientifiques suivantes : la caractérisation ULM de la micro-vascularisation accompagnée de trois brevets valorisés par la création d'une start-up (ResolveStroke) ; la caractérisation de la trajectoire de l'onde de pouls comme nouveau marqueur cardiaque ; le développement (et le dépôt de brevets associés) de matériaux sonosensibles pour la thérapie ; le dépôt de trois brevets (in-ear EEG recording, identification of pathological brain activity, brain activity index) dont un qui a conduit à la création de la start-up Naos technologies ; la mise en place de séquences d'acquisition innovantes (dédiées à l'imagerie de l'aorte et à l'imagerie du cœur gauche) ; l'imagerie de grandes populations ou cohortes (projet ICONIC) ; la création de la suite logicielle « Bonelimage » pour l'imagerie de milieux hétérogènes et l'imagerie du flux dans les os, déposée et utilisée dans deux essais cliniques en France et en Hollande.

L'intégration de l'unité dans son environnement est non moins excellente, avec un réseau ciblé de collaborations sur toutes les strates : locales, régionales, nationales et internationales. Le comité souligne une très bonne dynamique sur le portage et la participation à des contrats ANR et la participation à des projets européens.

Le LIB est impliqué à un très bon niveau dans la formation pour la recherche, que ce soit au niveau du master ou du doctorat.

L'unité est organisée et structurée au mieux afin d'assurer sur les deux sites un fonctionnement harmonieux, une bonne diffusion des informations et de favoriser une véritable vie scientifique. La bi-localisation, l'accueil de nouvelles équipes sans locaux supplémentaires dans une situation déjà contrainte restent un sujet d'inquiétude pour les personnels.

La diffusion vers le grand public reste modérée et disparate au regard du niveau, des thématiques et de la taille de l'unité.

La trajectoire à cinq ans proposée par l'unité résulte d'une réflexion approfondie et conduit à une restructuration profonde, avec un passage de six à quatre équipes par fusion de trois équipes. Le projet reste cependant réaliste et ambitieux.

# ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

## A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le LIB a pris en compte la majeure partie des recommandations du précédent rapport.

### **Recommandations sur les activités de recherche et la production scientifique.**

La première recommandation invitait certaines équipes à augmenter la diffusion de leurs travaux dans les meilleures revues, au vu de la qualité et de la reconnaissance de leurs recherches. L'unité a incité ses chercheurs à publier dans les meilleurs journaux. Avec pendant la période 75 % des publications dans des revues reconnues de la communauté, cette recommandation a été suivie par l'unité.

Une recommandation portait sur le développement des recherches transversales entre les équipes de l'unité. Au cours de la période, le nombre de publications inter-équipe a augmenté de 400 % sur le contrat avec 37 publications communes pendant la période, mais représente toujours moins de 10 % des publications de l'unité. Le LIB doit poursuivre ses efforts de recherche transversale entre équipes.

L'unité, qui a vu une baisse des contrats doctoraux alloués par l'université, était invitée à diversifier ses modes de financement des thèses, en particulier par des conventions Cifre avec des industriels. Le LIB a travaillé à la diversification des financements de thèse pour pallier la baisse des contrats doctoraux affectés par Sorbonne université, qui ne représentent que 17 % des financements de doctorats. Le comité a noté une nette augmentation des conventions Cifre passant de deux à six, auxquelles s'ajoutent des thèses financées par des start-up.

Une recommandation portait sur le faible taux d'encadrements de thèse, au regard de son potentiel de recherche, et notamment du nombre de personnels habilités à diriger des recherches. Pendant la période, le taux d'encadrement est de 2,75 doctorants par ETP titulaire d'une HDR en tenant compte des PU-PH, taux qui monte à 4,9 doctorants par ETP HDR si l'encadrement est supporté uniquement par les personnels non-médecins. Ce chiffre est élevé mais devrait diminuer avec le passage déjà prévu de 3 HDR par des personnels non-médecins.

Une recommandation invitait l'unité à analyser le relativement faible taux de poursuite de ses doctorants dans l'enseignement supérieur et la recherche. Malgré une excellente insertion des jeunes chercheurs formés par le LIB, l'unité reconnaît que les carrières académiques sont peu attractives. Beaucoup de diplômés se dirigent alors vers des carrières dans le secteur privé.

### **Recommandations concernant l'organisation et la vie de l'unité**

Le précédent rapport invitait l'unité à réfléchir aux moyens supplémentaires et aux outils incitatifs sur lesquels elle pourrait s'appuyer pour développer sa politique scientifique et pour favoriser les actions de recherche transversales. L'unité a mis en place des réunions transversales « innovations ultrasonores », elle a incité des réponses inter-équipes sur certains appels à projets. Plusieurs thèses ont été lancées entre les équipes BQ/IT2D et PPM/IT2D. En revanche le budget alloué pour soutenir des projets transversaux reste faible.

Une précédente recommandation concernait le déménagement qui était en phase d'achèvement, l'unité devant rester vigilante quant aux situations individuelles, au ressenti des équipes impactées ou bi-localisées et au ressenti des personnels administratifs et techniques suivant leur laboratoire d'origine. Elle était invitée également à suivre avec attention les arbitrages qui seraient menés sur le site de l'hôpital. La direction a mis en place certaines actions pour diminuer les effets de la bi-localisation, à savoir l'utilisation plus fréquente de la visioconférence, l'aménagement de bureaux nomades, le déplacement du pôle gestion deux fois par mois. Pour les deux équipes NCP et iCV, les plus impactées par la bi-localisation, les responsables d'équipe s'organisent pour être présents sur les deux sites.

Le précédent rapport encourageait l'unité à identifier clairement les activités et personnes ressources afin de gérer plus facilement d'éventuelles absences courtes ou prolongées, d'assurer une certaine polyvalence entre les personnels et de bien anticiper les potentiels départs. Le comité note que les personnes ressources sont bien identifiées mais le pôle gestion et informatique reste fragile du fait des faibles effectifs pour accompagner le LIB dans sa croissance.

L'unité était invitée à développer une démarche qualité en renforçant les mécanismes de pérennisation des connaissances, en facilitant et en normalisant certaines interactions et certains mécanismes. Mettre en place une démarche qualité adaptée au LIB était identifiée comme un moyen de constituer un projet fédérateur pour les membres du laboratoire, de permettre au personnel de mieux comprendre les mécanismes de leur

environnement de travail et ainsi de mieux se l'approprier. Le comité regrette que ces aspects « qualité » n'aient pas pu être mis en place faute de personnel.

## B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

#### Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs scientifiques de l'unité sont clairs et cohérents compte tenu non seulement de sa taille et de ses ressources mais également de son positionnement scientifique. L'unité fait preuve d'une forte originalité tant sur le plan méthodologique, que sur les questions cliniques et technologiques allant jusqu'au transfert et à la valorisation. Ce positionnement original lui permet d'avoir un fort rayonnement international.

#### Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources de l'unité sont nombreuses, diversifiées, équilibrées entre les différentes années du mandat. Elles lui permettent de mener une politique scientifique ambitieuse. Côté ressources humaines, l'attractivité et les succès du LIB à des appels à projets résultent en un accroissement des diverses tâches des fonctions supports qui s'en trouvent fragilisées.

#### Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

L'unité a mis en place une structure de fonctionnement efficiente, transparente et démocratique aussi bien sur les affaires courantes que sur les aspects liés aux ressources humaines. Le LIB a mis en place des procédures et des correspondants permettant une gestion des ressources humaines dans le respect de la parité et non discriminatoire en matière de formation, de mobilité interne et d'évolution des carrières de ses personnels. Tenant compte de sa bi-localisation sur deux campus, le LIB a judicieusement déployé plusieurs personnes contacts, pour traiter des aspects hygiène, sécurité, et santé.

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

##### Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs scientifiques de l'unité sont parfaitement alignés avec ceux de ses tutelles. Elle s'implique dans deux des trois IHU co-crées par l'Inserm et Sorbonne université. Ses travaux ont conduit à la création de quatre start-up et les membres du LIB sont impliqués dans plus de 30 protocoles cliniques. Le LIB, en dépit d'un profil très orienté vers la recherche, reste impliqué dans la formation académique de niveau master et doctorat pour assurer une continuité de ses travaux de recherche et former des futurs chercheurs de haut niveau.

##### Points faibles et risques liés au contexte

Les effectifs de cliniciens sont en nombre important dans l'unité ; ce qui est très pertinent au regard de l'activité de l'unité. Cependant ces effectifs sont trop inégalement répartis entre les équipes, ce qui peut créer des déséquilibres, voire orienter de fait les activités de l'unité.

#### *2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.*

##### Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité, construite autour d'un noyau solide de PU-PH, DR et CR et d'enseignants-chercheurs de SU, a un profil d'activités très orienté vers la recherche (70 %) avec des applications cliniques immédiates. Pour mener ses



activités, l'unité a su jouer simultanément sur plusieurs leviers pertinents : une mutualisation de ses ressources humaines (et donc une capitalisation du savoir-faire) et une démarche proactive dans la recherche de financements annexes et variés.

L'unité avec un budget annuel moyen (hors masse salariale) de 2 M€ contractualise 70 % de ses ressources propres, dont 50 % sur des appels locaux, le reste se répartissant équitablement entre les appels internationaux et les financements nationaux et issus de la valorisation. Ramené à la taille de l'unité, ce budget est conséquent et illustre le succès de l'unité sur des appels compétitifs. La part relative aux partenariats industriels et à la valorisation oscille entre 15 et 22 %.

Malgré de nombreux départs de personnels sur des postes techniques clés (2 IR en retraite, 1 IR en mobilité, 1 IR décédé, 1 AI en retraite), grâce au soutien de ces tutelles, l'unité a réussi à assurer des recrutements et une transmission adéquate des compétences. L'unité a pu maintenir une équipe de titulaires quasi stable (-1 au cours de la période), à laquelle s'ajoute un renfort de deux personnels du Centre d'Acquisition et de Traitement des Images (CATI).

### Points faibles et risques liés au contexte

L'effort contractuel reste disparate entre les équipes avec un net recul pour les équipes IT2D et BQ pendant la durée du contrat.

Certains permanents encadrent un grand nombre de thèses (jusqu'à 9 pour certains, sans co-encadrement). Ceci peut poser un problème de disponibilité et affecter négativement l'activité.

L'appui à la recherche reste fragile : beaucoup de personnels support sont soit isolés (ICAN), soit mutualisés fragilisant de fait plusieurs équipes en cas de départ ou d'arrêt pour cause médicale. Sur les dix personnels d'appui (IR, IE, AI), cinq sont sur deux équipes ou services. Deux personnels sont financés par un autre établissement en support du Centre d'Acquisition et de Traitement des Images (CATI) dont l'unité n'a pas la maîtrise. Pendant la période, l'unité a perdu un IR parti en mobilité et accueilli deux nouvelles équipes, le potentiel d'appui à la recherche se trouve donc fragilisé.

La dimension gestion et appui à la gestion financière reste très modeste au regard du budget consolidé de l'unité.

La part du budget dédiée à l'exploration de nouvelles thématiques ou de projets transversaux est trop faible (8 k€/300 k€).

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

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité, malgré sa dispersion géographique, a su mettre en place des correspondants, associés à des procédures documentées, dans tous les postes clefs : gestion des ressources humaines, formation, sécurité, protection du patrimoine scientifique, plan de continuité.

Le LIB a mis en place une structure et des ressources visant à promouvoir l'intégrité scientifique mais également des données ouvertes.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les efforts visant à s'inscrire dans une démarche de développement durable sont faibles. L'unité n'a pas encore installé une démarche qualité.

## DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

### Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Marqué par des succès à des appels de recherche nationaux (ANR, ATIP-Avenir, PHRC) et internationaux compétitifs (H2020, ERC Proof-of-Concept), l'obtention de plusieurs prix (notamment Rosanna Degani Young Investigator Award 2019, IEEE UFFC Distinguished Service Award 2021, Prix de la fondation Béatrice Denys 2022), le rayonnement à l'international de l'unité est excellent. Il se concrétise également par l'accueil de nombreux chercheurs étrangers, de nombreuses sollicitations pour des sessions invitées dans des conférences prestigieuses, par son implication dans les sociétés scientifiques nationales et internationales et par une participation à de nombreux comités éditoriaux de journaux prestigieux.

- 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 rayonne à l'international avec une participation importante dans l'organisation (plus de 20 évènements internationaux) ou la présidence de conférences internationales (International Workshop on Quantitative Musculoskeletal Imaging en 2022 aux Pays-Bas, IEEE International Ultrasons Symposium en 2022 en Italie). Ses membres ont répondu à de nombreuses sollicitations pour des sessions invitées à l'étranger (81) dans des conférences prestigieuses (IEEE Engineering in Medicine and Biology Society en 2019 en Allemagne, European Society of Cardiovascular Radiology en 2019 en Belgique, Congrès européen de radiologie en 2018 en Autriche), échographie biomédicale (Acoustical Society of America, en 2017 et en 2019 aux États-Unis, Conférence Gordon Ultrasound Imaging en 2022 aux États-Unis, etc.).

Les membres du LIB occupent des rôles importants dans les sociétés scientifiques nationales et internationales : présidence de l'International Bone Ultrasound Society, rédactrice en chef de la Newsletter de l'IEEE UFFC, vice-Présidence Publications IEEE UFFC depuis fin 2022. L'unité participe également de façon récurrente à des enseignements au symposium international sur les ultrasons de l'IEEE UFFC depuis 2020.

La reconnaissance de l'unité se reflète également avec des participations à de nombreux comités éditoriaux de journaux prestigieux (Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, Scientific Report, Frontier in Cognitive Neurosciences, Developmental neurorehabilitation, Neuro-oncology practice et Lettres du Neurologue) ou en tant qu'éditeurs invités (Journal of Clinical Medicine, IEEE Transactions UFFC).

Deux membres sont élus à la Section 28 du CoNRS, trois membres sont élus (CSS4 et CSS7) ou nommé (CSS7) dans les commissions scientifiques spécialisées de l'Inserm assurant ainsi une visibilité dans les structures nationales.

Les activités scientifiques ont été récompensés de nombreux prix locaux, nationaux et internationaux sur les différentes facettes du métier (Prix Béatrice Denys - FRM, IEEE UFFC Distinguished Service Award 2021, Trophée Lutec 2020, ISMRM Educational Award 2018, IHU ICAN & Réseau CMDO Award 2020, French National Academy of Medicine 2019, International Brain Injury Association 2018, Best Publication - European Society of Intensive Care Medicine 2022). Des récompenses nationales et internationales ont également été décernées aux jeunes chercheurs ou aux étudiants (ATIP-Avenir 2022, ISMRM Magna Caum Laude Merit Award, SCMR Travel Award 2018, EIT Innovation Fellow 2019, Computing in Cardiology YIA 2019, Young Investigator Award - Scandinavian

Physiological Society 2022, Best oral communication - European Conference of Clinical Neuroimaging 2022, Prix de thèse IRBM, Prix de thèse du Conseil départemental du Val-de-Marne 2022, Prix de thèse ED130-EDITE 2019).

L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels. L'unité a mis en place des procédures (séminaires pour les étudiants de niveau master et doctorants) et protocoles pour l'accueil des jeunes chercheurs (stagiaires, doctorants, post-doctorants), permettant une insertion rapide et efficace au laboratoire. Ceci se traduit par une durée moyenne de thèse de 39 mois et près de 25 % des publications de l'unité co-signées par un doctorant.

L'attractivité du LIB au niveau international se reflète également avec l'accueil de nombreux chercheurs (48) en provenance de 20 pays (parmi lesquels Italie, Tunisie, Allemagne, Norvège, Brésil, Colombie, USA), représentant un équivalent cumulé de 57 mois.

L'unité participe à quatre programmes européens pour un montant de 2,7 M€ (4 fois supérieur au contrat précédent), la part nationale (projets ANR) est sur une excellente dynamique avec cinq nouveaux projets en 2022 portant ce nombre à quinze projets ANR au cours de la période (dont 6 en tant que porteur).

Le LIB est engagé dans une politique ambitieuse en matière d'intégrité scientifique et de science ouverte, outre son règlement intérieur qui décrit ces aspects, le LIB a désigné des référents et maintient une jouvence des informations obtenues de sources diverses des tutelles, lettres d'informations, comités nationaux d'éthique sur son WIKI.

Du côté des équipements, la plateforme d'imagerie ICAN de l'IHU avec son personnel dédié et son IRM de recherche à proximité de l'IRM clinique, la plateforme d'imagerie US ultrarapide, le plateau d'imagerie et les plateformes associées de neuroimagerie de l'Institut du cerveau (ICM) de l'IHU-A-ICM et des départements de neuro-radiologie et de médecine nucléaire (fNIRS, PET-MRI/CT, EEG, MEG) au CHU PSL ancrent le LIB dans un environnement technique et scientifique de tout premier plan au niveau international. L'ensemble de ces plateformes est un atout indéniable pour soutenir les activités scientifiques de l'unité.

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

Le LIB participe à quatre projets européens mais n'en coordonne qu'un seul.

Certains plateaux techniques reposent sur l'expertise et l'appui scientifique d'un nombre trop restreint de personnels.

L'attractivité du LIB reste disparate, avec une équipe dont l'activité historique mondialement reconnue reste d'actualité mais qui peine à se développer suite aux départs de certains cadres.

### DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

#### Appréciation sur la production scientifique de l'unité

Le LIB a une production scientifique excellente. Les revues et conférences ciblées couvrent de façon équilibrée les volets méthodologiques, instrumentaux et cliniques des travaux, avec la présence de journaux de premier plan. Cette production respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Le bilan témoigne également d'une légère hausse de production inter-équipes.

- 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

Le LIB a une production scientifique excellente. Durant la période on relève 401 publications dans des revues internationales reconnues de leurs communautés respectives (soit 3,7 par ETP et par an) dont 25 % avec des doctorants et 261 communications (dont 56 dans des conférences internationales sélectives avec actes). Les membres de l'unité ont reçu 138 sollicitations pour des présentations en qualité d'orateurs invités (dont 81 pour des événements avec une audience internationale). Parmi les revues internationales, plus de 98 % sont parmi les meilleures ou les très bonnes des domaines, ce qui témoigne d'une excellente politique de publication en termes de sélectivité. Les revues et conférences ciblées couvrent de façon équilibrée les volets méthodologiques, instrumentaux et cliniques des travaux, avec la présence de journaux de premier plan comme Nature Biomedical Engineering, Nature Communications, Scientific Reports, Radiology, IEEE Transactions on Medical Imaging, European Radiology, JACC : Cardiovascular Imaging, Stroke, Neurobiology of Ageing, Alzheimer's Research and Therapy, Neurobiology of Aging, Alzheimer's & Dementia, Neuroimage-Clinical, Clinical Neurophysiology, Neurology.

La production dans des revues est équilibrée entre les diverses équipes de l'unité avec une qualité remarquable pour PPM (100 % de revue de premier plan) et une quantité très élevée (7,5 par ETP/an) tout en maintenant une qualité excellente (71 % de revue de premier plan) pour NCP. Cette production de premier plan respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Le bilan témoigne également d'une légère hausse de la production inter-équipes avec 27 articles de revues partagées dont quatre avec les personnels de CATI (Centre for Acquisition & Image Processing).

Le comité souligne également les efforts des membres du LIB pour la création de nombreuses cohortes (patients atteints de la maladie d'Alzheimer et de démences associées, Cohorte PULSE rassemblant différents biomarqueurs dans la SLA, cohorte ICONIC).

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

L'effort de publication dans certaines équipes (IT2D, iCV) repose sur un nombre restreint de personnes très actives.

## DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

Les recherches de l'unité ont un très bon impact socio-économique et en santé comme le montrent les relations avec des industriels, la valorisation de logiciels, le dépôt de brevets, la création de plusieurs start-up et la translation des recherches vers la clinique. La diffusion vers le grand public reste modérée et disparate au regard du niveau et de la taille de l'unité.

- 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

Du fait de son activité de recherche, l'unité travaille avec et pour les patients en contact permanent avec les acteurs de la santé. Avec l'implication de huit chefs de services cliniques et une participation à plus de trente protocoles de recherche clinique, le LIB est un acteur fort de la santé. La proportion des activités non-académiques du LIB varie entre 15 et 22 % sur le contrat, soit environ 260 k€ par an avec six contrats. Cifre pendant la période, soit quatre de plus que dans le précédent contrat. Le comité relève une remarquable dynamique de valorisation au travers de la création de quatre start-up : Imageens créée à partir du logiciel Art-

Fun et ayant obtenu le marquage CE permettant la mesure de la distensibilité aortique ascendante (AAD) et de la vitesse de l'onde de pouls de la crosse aortique (AAPWV), Naos qui développe un système EEG intra-auriculaire pour proposer au grand public un appareil de détection des troubles de l'audition, Braintale qui développe un système prédisant le résultat fonctionnel chez les patients comateux sur la base d'une modélisation statistique de données basées sur des images IRM, et ResolveStroke qui développe un système portable commercial pour la détection 3D-ULM des accidents vasculaires cérébraux. Au cours de la période, l'unité a déposé dix-sept brevets, dont huit avec licence et certains bénéficiant d'extensions sur le marché américain et dix logiciels avec licence.

La diffusion vers le grand public reste modérée eu égard au niveau et à la taille de l'unité avec quelques articles de presse (3) et des participations à la fête de la science ou à la fête du cerveau. Le comité relève cependant une excellente diffusion du projet ICONIC piloté par l'équipe iCV avec une intervention sur TF1.

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

L'effort de partage des connaissances avec le grand public est faible au regard de la taille de l'unité et disparate au sein des équipes, certaines ne faisant apparaître qu'une ou deux actions durant les six ans du contrat.

Le nombre de contrats Cifre est en augmentation mais reste faible (2 nouveaux contrats en 4 ans).

## ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Le LIB, au travers d'une analyse SWOT approfondie a su proposer, pour les années à venir, une trajectoire prenant bien en compte ses forces, ses faiblesses et l'écosystème national et international qui l'entoure. Le LIB souhaite poursuivre ses activités historiques autour du développement de nouveaux biomarqueurs, d'approches diagnostiques, théranostiques et de suivi thérapeutique dans les maladies dégénératives à fort impact sociétal (cancers, pathologies dégénératives des systèmes musculo-squelettique, nerveux central et cardiovasculaire).

Pour ce faire, les équipes iCV, NCP et l'équipe 3DMW vont poursuivre leurs activités respectives avec pour les deux premières quelques nouveautés autour de nouvelles séquences d'imagerie (IRM tardif pour iCV) et de nouvelles modalités (EEG et neuroimagerie, neurophysiologiques pour NCP) qui viendront respectivement agrémenter et enrichir les biomarqueurs pour l'étude du système cardiovasculaire et les modèles de connectivité et d'interactions cérébrales. La trajectoire est en revanche différente pour les trois autres équipes (PPM, IT2D et BQ) qui seront regroupées en une seule équipe baptisée « Medicine and Ultrasound » (MU).

Cette proposition de projet scientifique à cinq ans visant à fusionner trois équipes (BQ, IT2D et PPM) partageant de nombreux objectifs communs de recherches fondamentales (conception de séquences ultrasonores, modélisation de systèmes complexes, propagation d'ondes dans des milieux complexes, effets biologiques, évaluation fonctionnelle et structurelle de structures hétérogènes) doit contribuer à avoir une équipe de taille suffisamment grande. Elle contribuera aussi à élargir le champ des recherches du LIB sur de nouvelles évolutions en associant les applications de la technique ULM (ULM 3D, applications dans l'os, couplage avec l'imagerie photo-acoustique) aux savoir-faire des équipes IT2D et BQ. Cette restructuration permettra une mutualisation des ressources humaines et matérielles. La nouvelle équipe aura une taille suffisante pour avoir des rôles d'organisations d'évènements scientifiques internationaux. Le comité souligne que MU devra veiller à la bonne intégration des compétences scientifiques de tous les membres de BQ dans la nouvelle équipe.

Également, un point d'attention concerne l'équilibre entre les quatre futures équipes au sein du LIB, avec une équipe MU qui concentrera à elle seule plus de 40 % des effectifs et de nombreuses thématiques et techniques de recherche.

Dans ses prospectives, l'unité ne développe pas de stratégie globale sur l'intelligence artificielle (IA), notamment sur des besoins RH permanents et non permanents en compétences IA.

## RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Le comité encourage l'unité à poursuivre ses activités contractuelles qui restent disparates entre les équipes.

L'accueil de deux nouvelles équipes doit s'accompagner d'un appui à la recherche qui reste fragile avec beaucoup de personnels support étant soit isolés, soit mutualisés.

La dimension gestion et appui à la gestion financière reste très modeste au regard du budget consolidé de l'unité, le comité suggère de renforcer ces aspects.

Le comité encourage l'unité à instaurer une démarche qualité et à mettre clairement en avant les efforts entrepris vis-à-vis des aspects développement durable.

En attendant que l'équipe MW3D réussisse d'autres appels d'offres et puisse étoffer ses moyens notamment humains, le comité encourage l'unité à y prêter une attention particulière.

Le comité encourage l'unité à mettre en place un livret d'accueil pour ses doctorants et stagiaires.

Le comité encourage l'unité à accroître la part financière dédiée à l'exploration de nouvelles thématiques ou de projets transversaux.

Le comité encourage les chercheurs et enseignants-chercheurs non titulaires de l'habilitation à diriger des recherches à la préparer pour mieux répartir l'effort d'encadrement doctoral.

### *Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité*

L'unité doit veiller à maintenir son attractivité aux niveaux national et international en amplifiant ses participations dans des projets européens d'envergure, en développement des thèses en cotutelle, en augmentant l'accueil de post-doctorants et en s'assurant, grâce à l'appui à la recherche, que ses plateformes d'imagerie soient maintenues à l'état de l'art (nouvelles séquences d'acquisition) et fonctionnelles.

### *Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique*

Même si les publications de l'unité ciblent quasi exclusivement des revues de premier plan, compte tenu de la qualité de leurs travaux, certaines équipes devraient éviter de publier dans des revues opérées par des éditeurs prédateurs.

L'effort de publication est à généraliser pour tous les membres de l'unité.

Le nombre de publications inter-équipes a certes augmenté mais reste cependant modeste, montrant que le développement de recherches transversales est encore à amplifier dans l'unité.

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

L'unité doit poursuivre ses activités contractuelles et notamment maintenir son nombre de financements Cifre qui reste fragile avec six contrats durant la période mais seulement deux contrats lancés entre 2018 et 2022.

Compte tenu de l'excellent niveau de l'unité, de ses axes de recherche très pertinents pour la société, elle est encouragée à s'investir davantage dans les actions de promotion et de vulgarisation de la science.

L'unité devra également chercher à attirer de jeunes chercheurs post-doctorants et travailler au recrutement de compétences pérennes spécialisées en intelligence artificielle, cette compétence étant mentionnée dans plusieurs des trajectoires des équipes du LIB.

# ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

**Équipe 1 :** Bone Mechanical Quality and Ultrasound Characterization (BQ)

Nom du responsable : M. Quentin Grimal

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe BQ se consacre à la caractérisation quantitative des propriétés mécaniques des os, et au lien entre ses propriétés et l'état de santé osseux. L'équipe a développé par le passé des techniques très novatrices en échographie pour lesquelles elle est reconnue e.g. la Bidirectional Axial Transmission (BDAT), la Resonant Ultrasound Spectroscopy (RUS), ou la plus récente modalité Doppler pour imager le flux sanguin du cortex osseux. En s'appuyant sur ces avancées, l'équipe a construit pendant la période évaluée de nouvelles techniques d'échographie in vivo pour imager le flux sanguin sur le cortex osseux et contribué à la recherche fondamentale autour des propriétés biomécaniques de l'os.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'évaluation précédente suggérait une augmentation de la production dans de journaux du domaine clinique à fort impact, ce qui n'est plus en accord avec la déclaration de San Francisco. L'équipe a maintenu un très bon niveau de production avec des articles dans des revues reconnues par la communauté. Malgré la restructuration de l'équipe, le nombre de publications par chercheur a été maintenu à 2,73/ETP/an, ce qui représente une amélioration par rapport à la période précédente.

Une deuxième recommandation portait sur le maintien de la cohésion interne et le rapprochement avec les autres équipes. Entre 2017 et 2022, il y a eu plusieurs départs de personnels (retraites, mobilités à l'étranger). Le nombre total de membres est passé de 14,2 à 4,2 (doctorants et post-doctorants inclus) et le nombre de chercheurs permanents de 5,3 à 2,3 ETP. Une fusion est programmée avec deux autres équipes dans le projet MU à partir du prochain mandat. Cette fusion concrétisera le rapprochement avec les autres équipes, avec déjà aujourd'hui, une thèse en codirection entre les équipes BQ and IT2D.

Une troisième recommandation portait sur le développement des projets à forts potentiels en obtenant les financements nécessaires à la réalisation du projet. Les fonds de l'équipe ont suivi de façon logique la dynamique de départs. L'équipe fait part d'une certaine difficulté à lever des fonds dans la thématique, avec un unique professeur des universités en leader.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>6</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	3
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>3</b>
<b>Total personnels</b>	<b>9</b>



## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

BQ montre une très bonne production scientifique et des collaborations internationales diverses. Malgré de multiples départs, la compétence sur la caractérisation osseuse par ultrasons, associée à une instrumentation spécifique, reste reconnue au niveau international avec un impact dans la recherche fondamentale et translationnelle.

L'équipe bénéficie d'un soutien important pour la maturation industrielle. Elle est impliquée dans les sociétés savantes et l'animation scientifique, mais est peu engagée sur des actions de vulgarisation. La participation aux appels académiques est en retrait.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe BQ a une longue trajectoire de contributions majeures dans l'échographie pour la caractérisation osseuse et l'aide au diagnostic de l'ostéoporose et dans la conception de dispositifs, comme les systèmes de transmission axiale bidirectionnelle (BDAT) ou de spectroscopie de résonance ultrasonore (RUS). Ces méthodes, accompagnées de nouvelles techniques expérimentales et modèles mathématiques, ont été valorisées pendant la période pour étudier les propriétés élastiques et la résistance de l'os. À souligner dans cette direction la proposition d'une méthode pour mesurer la vitesse du flux sanguin au sein du cortex osseux à partir de l'échographie et la création d'une base de données « in human » unique publiée dans un journal très reconnu (Acta Biomaterialia). D'autres avancées récentes sur le plan méthodologique positionnent actuellement BQ en leader au niveau international dans la caractérisation de l'os cortical, avec une approche Doppler originale pour mesurer du flux sanguin dans ce cortex. Ces innovations ont conduit à la production d'un logiciel (Bonelimage) protégé qui a été utilisé dans le cadre de deux études cliniques et est associé à trois brevets.

La production scientifique est de très bonne qualité avec 61 articles dans des revues internationales, dont 72,3 % des revues de référence (PMB, UMB, Ultrasonics, TUFFC, Acta Acustica, JBMR, Scientific reports, CBM). Le volume moyen de 2,73 revues/ETP/an est très bon, et ceci malgré les disparités en nombre de permanents d'une année à l'autre. La production scientifique est répartie de manière plutôt homogène entre les personnels, considérant leur rôle et avancement. BQ a de nombreuses collaborations internationales (Pays-Bas, Allemagne, Chili, Chine) et 44,6 % de publications co-signées par des co-auteurs à l'étranger.

Les membres de BQ ont édité un livre de référence sur l'échographie quantitative osseuse, organisé deux ateliers en conférences internationales, donné des conférences invitées lors de quatre événements internationaux et servi en tant qu'éditeur pour une excellente revue (Ultrasonics). L'équipe a une bonne capacité à attirer des chercheurs (1 doctorant et 7 post-doctorants étrangers), avec un bon taux d'insertion dans le milieu académique, dont un chercheur post-doctoral ayant remporté un ATIP-Avenir.

L'équipe a bénéficié du financement d'un projet ANR JCJC, des apports provenant de la SATT, de deux contrats Cifre, et de trois contrats doctoraux de l'établissement.

Concernant les équipements, BQ a développé des systèmes d'échographie ultra-rapide programmable pour l'imagerie osseuse et la mesure du flux sanguin intra-osseux. De plus, l'équipe a valorisé des dispositifs conçus par le passé (BDAT et RUS).

L'équipe entretient des relations étroites avec plusieurs hôpitaux. L'impact sociétal des recherches sur la santé est clair avec des avancées dans la compréhension et la mesure de la santé de l'os et le développement des technologies qui trouvent leur chemin jusqu'aux essais cliniques sur les humains.

### Points faibles et risques liés au contexte

Malgré la cohérence de la fusion de trois équipes, les objectifs scientifiques liés aux compétences de membres de BQ ne sont pas très visibles dans le projet d'équipe MU.

L'axe de recherche sur la qualité de l'os en orthopédie, et la production scientifique dans des journaux cliniques, sont légèrement en retrait.

L'animation scientifique se limite à cinq réunions annuelles.

Le nombre de chercheurs non permanents a naturellement diminué, suivant la dynamique de départs de permanents.

La recherche de projets académiques aux niveaux national et international est en retrait par rapport au potentiel des thématiques. Après le départ de multiples chercheurs, l'activité d'encadrement et montage de projets s'est concentrée sur un membre de l'équipe.

L'équipe BQ est reconnue par sa capacité à développer des dispositifs d'échographie novateurs. Un changement de cap depuis 2020 suite aux départs oriente aujourd'hui les activités vers le développement des systèmes d'échographie ultra-rapides et programmables, moins lourds d'un point de vue instrumentation et certification, mais avec une plus grande concurrence internationale.

L'équipe ne fait pas mention d'actions de partage de la connaissance avec le grand public ni d'actions de médiation scientifique.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

Durant la période précédente, l'équipe BQ a réussi à équilibrer ses efforts entre la valorisation de projets historiques tels que BDAT, RUS et la biomécanique osseuse, tout en explorant de nouvelles thématiques telles que l'imagerie intra-osseuse.

Pour l'avenir, BQ fusionnera avec les équipes IT2D et PPM, afin de partager des plateformes expérimentales et des objectifs scientifiques. Dans le contexte de nombreux départs, cette fusion est une bonne opportunité pour redynamiser les forces des membres de BQ avec un fort potentiel de synergie étant donné la proximité de thématiques.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe doit affiner ses objectifs scientifiques et veiller à la bonne intégration des compétences de tous les membres dans la nouvelle équipe MU.

L'équipe doit s'appuyer sur la dynamique de fusion pour renforcer à la fois son activité scientifique et la recherche de financements au niveau national et international.

Les membres de BQ sont encouragés à profiter de MU pour créer une synergie.

**Équipe 2 :** Imaging and Targeted Therapy Development in Cancer and Inflammation (IT2D)

Noms des responsables : M. Nicolas Taulier / Mme Lori Bridal

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

La thématique générale de l'équipe porte sur l'amélioration des méthodes de thérapie ciblée basées sur la biophysique et l'évaluation quantitative par imagerie du cancer et de l'inflammation et, plus spécifiquement, les vecteurs de médicaments, les nanotransporteurs sensibles aux ultrasons, l'imagerie acoustique et photoacoustique, la caractérisation tissulaire et les applications cliniques associées.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe a parfaitement pris en compte les recommandations du précédent rapport, en renforçant ses effectifs, en élargissant ses thématiques de recherche (vers les problématiques d'inflammation et non exclusivement le cancer) de façon à répondre avec succès aux appels de l'ANR (3 projets durant la période) et enfin en répondant favorablement à des invitations à des conférences importantes du domaine.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	3
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>14</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	6
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>7</b>
<b>Total personnels</b>	<b>21</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

Dans un contexte international relevé, l'équipe se positionne avec une très forte originalité notamment sur la vectorisation sono-sensible de médicaments. Cette originalité est attestée par une production scientifique de très bon niveau mais inégalement répartie entre ses membres. Sa visibilité internationale est excellente par l'implication importante de quelques membres dans des activités éditoriales et des sociétés savantes. Un nombre important de brevets confirme le potentiel de valorisation des travaux. L'équipe contribue faiblement aux activités de diffusion auprès du grand public.

## Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a proposé des contributions originales sur des aspects fondamentaux et applicatifs, avec des publications dans de très bonnes revues du domaine (IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Control, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Plos one...). La production scientifique est dans l'ensemble de très bonne qualité. Le ratio moyen est de plus de deux revues par ETP et par an. L'équipe co-signe un nombre satisfaisant d'articles avec des partenaires extérieurs parmi lesquels figurent des partenaires étrangers issus d'une vingtaine de pays dont la Chine, l'Inde ou le Liban, en plus des pays européens.

La visibilité nationale et internationale de l'activité est excellente par l'implication importante de quelques membres dans des activités éditoriales en tant qu'éditeur associé dans IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Control, 2014-2021, ou Guest Editor dans Special Issue IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Control) et des responsabilités de premier plan dans les sociétés savantes (Technical co-chair et General co-chair pour la conférence internationale IEEE International Ultrasonics Symposium en 2019 et 2022, Vice-Présidence pour les publications de l'IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control Society) et dans les meilleures conférences du domaine.

Les membres de l'équipe participent aussi aux instances d'évaluation de la recherche au niveau européens (Latvian Council of Science, ETH Zürich, FRQ - FNRS [Collaborative program Quebec-Wallonie])

L'équipe participe à de nombreuses interactions non-académiques avec l'implication de ses membres dans des plateformes et structures de recherches hospitalo-universitaires locales (plateforme d'imagerie du centre d'Exploration Fonctionnelle du centre de recherches des Cordeliers, centre de recherches hospitalo-universitaire) avec des développements d'instruments comme le système d'imagerie photo-acoustique, ou une participation à des projets d'Intelligence artificielle pour les maladies rares. Cela constitue indéniablement une grande force à souligner.

Les activités de recherche de l'équipe s'appuient sur un volet partenarial académique et clinique local remarquable. L'activité de dépôt de brevet de l'équipe est tout aussi remarquable : l'équipe a, à son actif, un brevet étendu aux USA, trois brevets actifs, et deux en cours d'instruction. Ces brevets portent sur le développement de matériaux sonosensitives pour la thérapie.

Cela représente le tiers des brevets déposés par l'unité, montrant ainsi une forte activité de valorisation.

## Points faibles et risques liés au contexte

Bien que le taux de publications de l'équipe soit bon, le comité note une forte disparité entre les permanents.

De même, le comité trouve dans la production scientifique de l'équipe de très bonnes revues, mais également un nombre (une dizaine) de revues opérées par des éditeurs « prédateurs ».

De même, en dehors de deux membres très actifs dans les comités d'organisation des conférences internationales importantes, notamment IEEE IUS et de façon récurrente, l'équipe est peu présente aux conférences internationales phares de ses domaines. Ainsi au cours de la période l'équipe n'a participé qu'à IEEE IUS en 2018, 6th European Congress on Radiation Protection, IRPA en 2022, 71st Annual Meeting of the American Association for the Study of Liver Diseases, AASLD 2022.

Le comité note aussi un faible nombre de chercheurs post-doctorants (deux) et de chercheurs invités pendant la période.

Enfin, l'équipe n'a eu pas d'activité en matière de partage de la connaissance avec le grand public, en dehors d'une participation à ma thèse en 180s.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe IT2D est née lors de la période précédente d'une fusion entre différentes équipes de laboratoires différents afin de fédérer des forces autour, d'une part, de l'imagerie ultrasonore quantitative et fonctionnelle et, d'autre part, des nano-systèmes et de la bioacoustique pour la thérapie ciblée. L'équipe a élargi son spectre thématique durant la période actuelle en étendant son activité autour du cancer à l'inflammation. Pour gagner encore plus en visibilité, l'équipe se projette vers une fusion avec deux autres équipes actuelles (BQ et PPM).

En plus d'un gain de visibilité des activités de l'unité, cette fusion permettra une meilleure visibilité et de meilleures synergies des activités autour de la thérapie de la biophysique et des ultrasons portées par l'équipe.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe doit poursuivre ses efforts pour veiller à la qualité des revues ciblées et notamment éviter les revues opérées par des éditeurs prédateurs.

Même si les collaborations internationales sont nombreuses (l'équipe ayant co-signé plus d'une vingtaine de publications avec des collaborateurs étrangers), le nombre de post-doctorants dans l'équipe est faible au regard du rayonnement des activités de l'équipe. L'équipe doit ainsi améliorer son attractivité vis-à-vis des jeunes chercheurs.

Enfin, l'équipe comprend des membres permanents arrivés récemment et non publiants. Même si leur arrivée récente dans l'équipe peut expliquer cette absence de production suivante, cela reste un point de vigilance.

Le comité encourage les membres d'IT2D à veiller à ne pas isoler certains de ses chercheurs aux compétences spécifiques lors de la création de la nouvelle équipe MU.

**Équipe 3 :** Cardiovascular Imaging (iCV)

Nom du responsable : Mme Nadjia Kachenoura

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'activité concerne le développement et la validation de nouveaux biomarqueurs caractérisant les altérations du système cardiovasculaire central (cœur et aorte) dans le cadre du vieillissement, à partir de techniques d'observation non invasives et d'imagerie non ionisantes en Imagerie de Résonance Magnétique (IRM). Un continuum est recherché allant de développements méthodologiques (analyse d'images anatomiques et de flux, caractérisation tissulaire) à une recherche appliquée et translationnelle en imagerie clinique, avec un accès à de grandes bases de données. L'activité est menée dans le cadre de plateformes expérimentales pré-cliniques et cliniques, de grandes études et cohortes nationales et internationales, dont certaines ont été mises en place et sont gérées par l'équipe.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La situation s'est nettement améliorée quant à l'environnement technologique et clinique, permettant de lever les difficultés rencontrées et liées à l'accessibilité de l'équipement d'imagerie. Cet environnement s'est en effet enrichi avec le montage de la plateforme d'imagerie ICAN, gérée par des membres de l'équipe, et permettant à la fois le développement de nouvelles séquences d'acquisition et de méthodologies de traitement en IRM spécifiques à l'imagerie de l'aorte et du cœur gauche, la création de cohortes et l'accès à de grandes études multicentriques.

Un très bon accroissement des succès aux appels à projets institutionnels est à noter, avec l'ANR au niveau national, mais surtout avec des projets majeurs au niveau international (H2020, EIT HEALTH), ce qui atteste d'un renforcement des ressources financières et de la visibilité de l'équipe.

Un équilibre a été mis en place, à la fois sur les ressources en ETP et sur le mode d'organisation, pour assurer un très bon fonctionnement de l'équipe sur les deux sites séparés géographiquement (site des Cordeliers et site du CHU PSL). Même si un équilibre idéal en nombre d'ETP ingénieurs est difficile à obtenir, le fonctionnement installé est opérationnel, avec la création de binômes ingénieurs et médecins travaillant ensemble et des réunions régulières. Ce fonctionnement a porté ses fruits par la création de la plateforme ICAN et du Core Lab au CHU PSL et à la mise en place de plusieurs protocoles cliniques sur projets financés.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>7</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	0
Doctorants	6
<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>9</b>
<b>Total personnels</b>	<b>16</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe a une remarquable production scientifique intégrant également la production de grandes cohortes cliniques. Elle bénéficie d'une excellente visibilité internationale attestée par des collaborations et co-publications avec des acteurs majeurs du domaine (par exemple l'université John Hopkins) et la participation de ses membres en tant qu'orateurs invités dans de nombreuses conférences internationales (comme IEEE EMBS). Elle a une excellente progression sur les succès aux appels à projets au niveau national et européen. Elle présente une montée en puissance en moyens d'imagerie notamment avec la mise en place et le montage de la plateforme ICAN, conduisant à une excellente activité de valorisation. Les moyens humains en présence peuvent s'avérer limités face à l'étendue des thématiques de recherche et applications traitées.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe a apporté des avancées scientifiques majeures sur le développement de biomarqueurs de la rigidité aortique en IRM 4D de flux et la quantification de fibrose atriale du cœur gauche.

Les activités de recherche ont conduit à des contributions originales et innovantes. La production scientifique est de qualité remarquable, avec un total de 240 publications dont 157 dédiées à l'activité de recherche clinique et 83 avec contributions méthodologiques et cliniques conjointes, publiées pour ces dernières dans des revues internationales d'excellent niveau (84 %) et de très bon à excellent niveaux (99 %) (J. of Mag. Res. Imaging, Computers in Biol. and Medicine, Physics in Medicine and Biol.). Le ratio moyen de 8 revues/ETP/an incluant tous les travaux et de 3,92 revues/ETP/an sur les publications à l'interface est remarquable. La production de grandes cohortes cliniques (ICONIC, première cohorte française avec imagerie cardiovasculaire et hépatique) est aussi un excellent marqueur.

L'équipe présente un excellent rayonnement scientifique au niveau international. Cela se traduit par un grand nombre (13) de conférences invitées (comme IEEE EMBS 2019 Berlin, ECR 2018 Vienne), de nombreux prix (trophée Lutech 2020, Distinguished reviewer award pour J. of MRI 2017), une implication dans des responsabilités éditoriales (éditeur associé pour J. Frontiers in Cardio. Medicine, éditeur invité de deux numéros spéciaux dans J. of Clinical Medicine), dans des comités de programme de conférences internationales et dans des instances nationales d'évaluation (section 28 du CoNRS).

L'encadrement doctoral est très bon avec cinq thèses soutenues (avec une durée moyenne de 38,6 mois, ce qui est excellent), des financements variés, publications en co-auteurs, l'obtention de prix (Rosana Degani CinCYI finalist 2019).

L'équipe présente un nombre élevé de projets en tant que porteur (10), avec une diversité dans l'origine des fonds. Une excellente progression sur les succès aux appels à projets est notée, particulièrement au niveau européen, avec une implication et des responsabilités dans des projets majeurs (EIT HEALTH [2022, 344 k€], H2020 MAESTRIA [2021-26, 316 k€, WP leader]), et au niveau national (Sésame/BPI [ICONIC-410k€], PHRC [482 k€]).

L'équipe a mis en place et pilote une plateforme d'imagerie IRM ICAN, apportant de nouveaux moyens d'imagerie (SEQUOIA), de développement et de valorisation (études multicentriques [OPTIM]). Les activités de recherche s'appuient sur un large partenariat académique et clinique national (IHU ICAN, PARCC) et international (Univ. Johns Hopkins, Univ. Bologne), concrétisé par des collaborations scientifiques (projet CNRS international PICS) et des applications cliniques remarquables.

Un fort partenariat industriel est présent avec des leaders du domaine. L'activité de valorisation est globalement excellente, avec la production de solutions logicielles (ArtFun, ArtFun+1.3.3, CardioTrack) mises à la disposition des partenaires académiques nationaux et internationaux.

### Points faibles et risques liés au contexte

Les publications ne sont pas uniformément réparties entre les membres de l'équipe. Les aspects méthodologiques relatifs au traitement du signal et des images sont peu publiés dans des journaux reconnus de ces domaines (IEEE TMI, MedIA, etc.).

La charge concernant les activités de rayonnement au niveau international n'est pas équitablement répartie.

L'encadrement de doctorants par des membres HDR repose essentiellement sur trois personnes de l'équipe sur cinq membres titulaires de l'HDR (bientôt six).

Le comité relève peu de participation dans des projets ANR (un seul durant la période).

Le comité note peu de thèses financées par des contrats Cifre.

Les moyens en ingénieurs de recherche pourraient s'avérer limités pour maintenir et assurer l'activité grandissante de l'équipe en lien avec la plateforme d'imagerie. Le risque est d'autant plus grand pour l'équipe que l'IR responsable de la plateforme est plus souvent sur le site hospitalier alors que l'équipe est localisée sur deux sites distants.

L'activité de vulgarisation est assez limitée compte tenu du large spectre d'activités à fort impact en santé et dans le domaine socio-économique.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

Depuis la création de l'équipe ICV en 2012 en apportant une nouvelle thématique au laboratoire, l'équipe a développé et amplifié de manière excellente son activité de recherche sur le développement de biomarqueurs en imagerie cardiaque et artérielle. Une progression continue a porté sur les innovations technologiques développées, dans la production scientifique, mais aussi sur les capacités à valider les approches par la création de bases de données originales en lien direct et en collaboration avec les équipes cliniques nationales et internationales. Le développement de la plateforme de recherche et clinique locale a également été un élément majeur permettant d'harmoniser la recherche et les interactions avec les différents acteurs, le montage de projets à l'interface. Ce développement a aussi permis d'aller jusqu'au transfert clinique à travers le dépôt de logiciels et leur exploitation. L'équipe a également amplifié son implication dans des projets de niveaux européen et international.

La trajectoire scientifique proposée par l'équipe est dans la continuité des thématiques actuelles, avec une dimension plus large visant une approche multi-organes impliquant à la fois l'imagerie multimodale, l'analyse de nouvelles séquences IRM sans injection et l'exploitation de techniques d'intelligence artificielle.

L'ambition est de traiter des problématiques applicatives nécessitant l'étude d'interactions structures et tissus, une analyse des interactions cardiaques et hépatiques (projet très innovant en lien avec la création de grandes bases de données [projet ICONIC]), et une valorisation des études sur populations à plus large échelle.

La trajectoire de l'équipe reste dans une démarche de recherche innovante et originale. Les orientations méthodologiques sont claires, les cibles cliniques et leurs enjeux sont parfaitement identifiés.

Le comité souligne néanmoins le risque de surcharge sur les applications cliniques potentielles des technologies développées, vis-à-vis des forces en présence de l'équipe.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité invite l'équipe à préserver la richesse de l'activité interdisciplinaire menée à l'interface entre méthodologies du traitement d'image et recherche clinique en imagerie cardiovasculaire.

Le comité invite l'équipe à conserver son excellent niveau scientifique et son excellente visibilité internationale, tout en encourageant une implication de tous les membres de l'équipe.

Le comité invite l'équipe à maintenir son niveau de publication remarquable, en impliquant l'ensemble des membres de l'équipe. En complément des revues internationales visées et phares de son domaine, le comité encourage l'équipe à cibler plus de revues méthodologiques bien identifiées par la communauté scientifique signal et image.

Le comité encourage l'équipe à renforcer sa capacité d'encadrement doctoral via le passage d'HDR.

Le comité encourage l'équipe à resoumettre des projets de type ANR.

L'équipe est encouragée à maintenir son partenariat industriel et à l'enrichir avec l'obtention de conventions Cifre.

Le comité invite l'équipe à bien conserver sa spécificité, face aux demandes pouvant être de plus en plus grandissantes au sein de la plateforme d'imagerie et vis-à-vis des ressources humaines en place.



Le comité encourage à poursuivre les efforts pour consolider les moyens humains en ingénieurs de recherche et assurer la pérennité de la plateforme ICAN et des activités de transfert associées.

Le comité invite l'équipe à amplifier ses activités de vulgarisation.

**Équipe 4 :** Neural Connectivity and Plasticity (NCP)

Nom du responsable : Mme Véronique Marchand-Pauvert

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'activité de recherche de l'équipe se situe à l'interface des neurosciences fondamentales et appliquées, des technologies de la santé, et de la médecine. En combinant données cliniques, neuro-imagerie, électrophysiologie et modélisation statistique, l'équipe NCP vise à : (i) proposer de nouveaux modèles physiologiques et théoriques de la connectivité cérébrale, spinale et cérébrospinale, et de la plasticité physiologique, physiopathologique ou induite par neurostimulation, (ii) améliorer la compréhension des processus physiologiques et physiopathologiques impliqués dans les neuropathologies, et (iii) identifier de nouveaux biomarqueurs cliniques pour le diagnostic, le pronostic, l'évaluation thérapeutique, et la personnalisation des soins.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'ensemble des recommandations du rapport précédent a globalement été pris en compte.

Les liens avec les industriels ont notamment été renforcés avec la création de deux start-up avec lesquelles les collaborations sont maintenues.

Si le recrutement des doctorants a augmenté par rapport à la période précédente, le nombre de recrutements de post-doctorants reste encore assez faible.

Le rapport précédent mentionnait que l'équipe devrait cibler davantage les conférences internationales sélectives avec actes. L'équipe a donné une vingtaine de communications en conférences sélectives avec actes pendant la période (OHBM, SNFMI...).

Le rapport précédent mentionnait également que la valorisation de logiciels libres et base de données disponibles pourrait améliorer l'impact socio-économique de l'équipe. Grâce à la création des start-up NAOX et BrainTale, une partie des résultats est désormais exploitée pour des applications cliniques.

Concernant l'organisation et la vie d'équipe, le précédent rapport mentionnait que les interactions avec les autres équipes devaient être encouragées. Des projets communs inter-équipes ont été déposés mais ne sont pas encore financés. De régulières visioconférences ont été mises en place pour soutenir la cohésion de l'équipe répartie sur les deux sites.

Enfin, le rapport mentionnait que l'équipe devait travailler au recrutement de jeunes chercheurs permanents. Des chercheurs-cliniciens ont rejoint l'équipe ou ont été promus.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5 (+ 1PREM)
Maîtres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	6 (dont 3 partagés avec autre équipe)
Personnels hospitaliers	1
<b>Sous-total personnels permanents en activité</b>	<b>16 (dont 3 ITA partagés, +1PREM)</b>
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	14

<b>Sous-total personnels non permanents en activité</b>	<b>15</b>
<b>Total personnels</b>	<b>31</b>

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique est excellente, bien qu'il y ait une certaine hétérogénéité dans les taux de publication entre les membres permanents. L'équipe a une très bonne visibilité internationale, qui se traduit par des collaborations et des invitations régulières à communiquer en congrès et en conférences. Sa capacité de financement est très bonne et croissante au cours de la période. Durant la période de référence, l'équipe a déposé trois brevets et participé à la création de deux start-up. L'équipe est aussi très impliquée dans la dissémination des résultats de ses travaux auprès du grand public.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe NCP, interdisciplinaire, composée de chercheurs et cliniciens témoigne d'une forte expertise en électrophysiologie et en modélisation mathématique/statistique, et d'une très bonne capacité à exploiter ces méthodes dans des populations cliniques afin de mieux comprendre les neuropathologies. Cette expertise favorise les collaborations et la reconnaissance au niveau international. Les recherches menées ont apporté de nouvelles connaissances dans le domaine de la sclérose latérale amyotrophique (SLA), des AVC chez l'enfant et dans la description des phénomènes de neuroplasticité.

L'activité de l'équipe se caractérise par une excellente production scientifique (en moyenne sept publications par ETP par an), avec plus de 180 articles publiés, dont environ 70 % dans des journaux de premier plan (Neuroimage, J. Neuroradiol., Brain, HBM, Sci. Report, Radiology...).

Ces recherches sont soutenues par une excellente activité de projets collaboratifs sélectifs au niveau international, européen et national : un Eranet Neuron en porteur, un NIH RO1 en partenaire, trois ANR en porteur, trois ANR en partenaire, plusieurs projets soutenus au niveau institutionnel ou par des fondations ou associations (Cancéropole, France Alzheimer, BPI, FRM, ARSLA, Fondation Latran, AFM-Téléthon).

Le rayonnement scientifique est très bon, avec de nombreuses communications invitées dans des congrès nationaux (JFR, SOFMER, SFP, etc.), et internationaux (ECMP, IPBIS, etc.), et l'implication de plusieurs membres dans l'organisation de congrès (International meeting on spinal cord neurophysiology, Société Française de Médecine Physique et de Réadaptation, etc.).

Les membres de l'équipe sont fortement impliqués dans des responsabilités éditoriales (J. Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, Sci. Reports, Frontiers in Cognitive Science ; éditeur associé : Frontiers in System Neuroscience, etc.) ou d'expertise (Commissions Scientifiques Spécialisées Inserm [CCS4, CSS7], conseil scientifique de la faculté Sciences Ingénierie Sorbonne université, conseil scientifique de la fédération mondiale de neuroréadaptation, IRME, etc.).

L'équipe est également fortement impliquée dans la mise en place de recherches impliquant l'homme (vingt-six cohortes) et la rédaction de procédures et lignes directrices au niveau national et international.

Les recherches ont contribué à la mise en place de solutions logicielles exploitées par des start-up issues de l'unité (deux créations : Naos Technologies et Braintale). Ces recherches ont également conduit au dépôt de trois brevets.

L'ouverture vers le monde socio-économique et la dissémination des résultats auprès du grand public est solide (prévention « Santé Cerveau » en classes primaires, association patients [IRME], France Inter « La Terre au carré », etc.).

## Points faibles et risques liés au contexte

La production moyenne des doctorants en tant que premier auteur est hétérogène (2,4 publications/doctorants en moyenne, sur une gamme de 0 à 9 publications/doctorant).

Trois personnels titulaires de l'habilitation à diriger des recherches ne contribuent pas à la direction ou co-direction de thèses.

Le nombre de post-doctorants recrutés pendant la période est faible et déséquilibré par rapport au potentiel offert par l'obtention des financements.

Les doctorants donnent peu de communications orales en congrès (moins de 20 % des communications).

L'équipe n'a participé qu'à une vingtaine de communications en conférences sélectives avec actes sur la période (OHBM...).

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe NCP, avec son recentrage thématique sur la SLA et les traumatismes crâniens durant la période 2017-2022, présente une évolution positive et cohérente dans ses activités de recherche et leurs mises en pratique. Celles-ci seront poursuivies dans le prochain quinquennat selon les trois axes de recherche actuels (connectivité/plasticité, biomarqueurs, nouveaux outils cliniques). De nouvelles modalités (EEG, neuroimagerie, neurophysiologiques) viendront agrémente les modèles de connectivité et d'interactions cérébrales. La mise en œuvre de l'intelligence artificielle sera étendue pour le traitement du signal et la classification des patients. Une ouverture inter-équipes (MU) est également envisagée pour bénéficier de leurs apports au niveau de l'évaluation musculaire et de nouvelles techniques d'imagerie (fonction neuro-musculaire, microvascularisation cérébrale).

Plusieurs projets sont financés depuis 2023 (Inserm, ANR, BPI) et l'équipe sera renforcée grâce à la mobilité d'un chercheur (inter-équipe, BQ vers NCP), le recrutement d'un CR CNRS et l'obtention d'une CPJ Inserm/SU.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe est encouragée à poursuivre ses thématiques de recherche, tout en cherchant à cibler davantage les conférences internationales sélectives avec actes.

Le comité recommande à l'équipe de veiller à ce que l'ensemble des doctorants puisse valoriser leurs travaux sous la forme de publications en 1er auteur et de communications en congrès.

Le comité invite l'équipe à partager les données de recherche clinique afin d'améliorer l'impact socio-économique de ses travaux et leur visibilité au niveau national et international.

L'équipe est encouragée à poursuivre ses efforts de cohésion au sein des deux sites de recherche et entre chercheurs et cliniciens.

Le comité encourage l'équipe à s'appuyer sur ses collaborations internationales fortes pour diversifier ses financements et permettre l'obtention de contrats doctoraux en codirection ou cotutelle.

Le comité invite l'équipe à veiller à faire participer l'ensemble des HDR à la direction et co-direction de thèses et encourage les plus jeunes à obtenir leur habilitation.

L'équipe devrait chercher à attirer plus de post-doctorants et poursuivre sa dynamique de recrutement de compétences pérennes spécialisées dans le domaine du traitement de l'image et analyse de données multimodales.

L'équipe est encouragée à collaborer avec les autres équipes sur les aspects IA, certains postes colorés IA étant fléchés pour le prochain contrat.

**Équipe 5 :** Physiology and pathology of microcirculation (PPM)

Nom du responsable : M. Olivier Couture

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe Physiology and Pathology of Microcirculation (PPM) a rejoint le LIB fin 2019. Elle s'intéresse à la caractérisation et la cartographie de la microcirculation qui soutient la fonction des organes, plus particulièrement le cerveau, le rein et le foie. Diverses pathologies affectent la microcirculation, notamment les accidents vasculaires cérébraux, le diabète, le cancer, la démence et bien d'autres. L'équipe PPM poursuit le développement de la Microscopie de Localisation Ultrasonore (ULM) pour la rendre 3D, transcrânienne et clinique. Elle souhaite à terme proposer un appareil portable de neuro-imagerie pour le diagnostic des accidents vasculaires cérébraux, de la stéatose hépatique non alcoolique (NASH) et des maladies rénales.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe nouvellement créée en 2019 n'a pas été évaluée lors du précédent rapport.

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

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

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe bénéficie d'une visibilité mondiale remarquable. L'extension 3D de l'ULM a permis l'imagerie transcrânienne chez le rat et ouvre des applications nouvelles chez l'homme, par exemple pour la caractérisation des AVC. Sa production scientifique est excellente sur la thématique de cartographie de la micro-perfusion cérébrale par imagerie ULM, avec des publications dans des journaux prestigieux (comme Nature, Nature Biomedical Engineering, Scientific report). Son activité est soutenue par des financements nationaux et internationaux (ERC POC) très compétitifs. L'impact sur le monde socio-économique est remarquable par des activités de transfert à différents stades de maturation, les récents travaux ayant conduit à la création de la start-up Resolve Stroke. Le comité regrette l'investissement limité de l'équipe dans l'organisation d'événements scientifiques internationaux.

## Points forts et possibilités liées au contexte

Le responsable de l'équipe PPM est l'inventeur de la technique de Microscopie de Localisation Ultrasonore (ULM). Son équipe faisant anciennement partie du laboratoire Physics for Medicine, est jeune au LIB (arrivée en 2019) mais bénéficie de la renommée internationale conférée aux travaux pionniers de son responsable. Elle demeure la référence internationale de l'ULM.

La production scientifique repose sur des fondements théoriques et méthodologiques très solides. Les supports de productions scientifiques ciblés sont de niveau international (par exemple Nature BME 2022), avec un effort particulier pour la science ouverte, avec la mise à disposition de tous les codes permettant à la communauté scientifique et industrielle d'implémenter l'ULM 2D dans leurs recherches et développements.

La production scientifique est proportionnée au potentiel de recherche de l'équipe. Le ratio moyen est de 2.5 publications/ETP/an, avec un taux proche de 100 % dans les meilleures revues du domaine. Sept publications sont à noter depuis l'arrivée de l'équipe en 2019, la première étant apparue en 2021. Ces chiffres n'incluent pas le nombre très important de publications publiés en lien avec l'activité clinique d'un membre de l'équipe (55 depuis 2017).

Malgré une arrivée de l'équipe en cours de période (2019), le développement de l'ULM 3D et transcraniale représente une avancée majeure. L'équipe est reconnue au niveau international sur la thématique de l'ULM, avec des invitations régulières depuis 2020 à dispenser des cours sur la technique ULM dans un congrès international de premier plan (IEEE IUS) ; avec l'obtention de divers prix chercheurs (le Prix Béatrice Denys – FRM, 2022) et étudiants (Prix de thèse IRBM ; Prix de thèse du Conseil départemental du Val-de-Marne 2022).

La création de l'équipe PPM en 2019 a de fait attiré un nouveau chercheur et une équipe ERC de haut niveau pour développer l'ULM au LIB sur des applications cerveau et foie (ERC Consolidator obtenu avant l'arrivée au LIB). En 2022, un clinicien rejoint l'équipe pour étendre cette recherche aux applications dans le rein. De nouveaux financements de niveaux national (collaboration hospitalo-universitaire RHU QUID NASH) et européens (ERC Proof of Concept) sont obtenus au LIB.

L'effort fait par l'équipe pour se rapprocher du milieu industriel se traduit pendant la période de référence par trois brevets sur des techniques en relation avec la technique d'ULM. Les brevets ont été valorisés par la création, d'une start-up (ResolveStroke) en Avril 2022, par la pré-maturation du projet ERC Consolidator par le CNRS et sa maturation par la Satt Lutech (Paris). Dans ce cadre, l'équipe a créé des liens forts avec différents acteurs de la santé (Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, Laboratoires Servier, Biopredictive).

## Points faibles et risques liés au contexte

Le directeur de l'équipe PPM est l'inventeur de la technique de Microscopie de Localisation Ultrasonore (ULM). L'équipe faisait anciennement partie de l'unité de recherche Physics for Medicine, avant de rejoindre le LIB en 2019. Le positionnement de deux équipes françaises (toutes deux parisiennes) pionnières sur cette même technique ULM représente un risque en termes de visibilité et de compétitivité à l'international. Les travaux et la production scientifique sur l'ULM étant désormais scindés entre deux équipes de deux unités de recherche différentes, la production de l'équipe PPM est excellente, plutôt que remarquable.

L'équipe n'a pas participé à l'organisation de manifestations scientifiques majeures (comités d'organisation de congrès internationaux). Le nombre de personnels d'appui à la recherche impliqué dans l'équipe PPM au cours de la période est faible, tout comme le nombre de chercheurs ou d'étudiants invités, au regard des nombreux projets et financements obtenus. Cela traduit une attractivité inférieure au potentiel de l'équipe que lui confère son statut de pionnière de la technique d'imagerie ULM.

## Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe PPM est jeune car arrivée au LIB en 2019 en cours de période. Cependant, l'équipe PPM arrive avec un important historique scientifique puisque son responsable est reconnu à l'échelle internationale comme l'inventeur et le pionnier de la technique d'ULM, lauréat d'un financement de niveau européen pour poursuivre sa lancée comme leader de la technique. L'équipe PPM a fait un choix fort en faveur de la science ouverte en partageant avec le reste du monde les outils de traitements qu'elle a développés pour l'ULM en 2D, se positionnant définitivement à l'échelle internationale comme le point de départ de cette nouvelle technique en pleine expansion. Séparée de son laboratoire d'origine, elle a mécaniquement perdu des forces qui l'auraient aidé à maintenir plus aisément une dynamique compatible avec son statut de leader pionnier. Par conséquent, la taille encore faible de l'équipe peut expliquer que sa participation dans l'organisation de l'animation scientifique à l'échelle internationale ne soit pas encore au niveau de sa renommée internationale.

La proposition de projet scientifique à cinq ans visant à fusionner trois équipes (BQ, IT2D et PPM) partageant de nombreux objectifs communs de recherches fondamentales (conception de séquences ultrasonores, modélisation de systèmes complexes, propagation d'ondes dans des milieux complexes, effets biologiques, évaluation fonctionnelle et structurale de structures hétérogènes) pour constituer la nouvelle équipe « Medicine and Ultrasound (MU) » doit contribuer à agrandir la taille de l'équipe (12,8 ETP/an : 9,8 chercheurs statutaires, 3 Ingénieurs) et élargir le champ des recherches du LIB sur de nouvelles évolutions et applications de la technique ULM (ULM 3D, applications dans l'os, couplage avec l'imagerie photo-acoustique). Cette restructuration et en particulier la fusion avec l'équipe BQ, historiquement reconnue et impliquée à l'échelle internationale (depuis les années 90) pour ses travaux sur la caractérisation osseuse par ultrasons, devraient conférer à l'équipe nouvelle les rôles d'organisations d'évènements scientifiques internationaux qui font défaut actuellement à l'équipe PPM.

La capacité remarquable de l'équipe PPM à mobiliser des fonds de niveaux européens sur une technique ULM en pleine essor dans son utilisation en recherche fondamentale et clinique devrait être un point très fort pour l'équipe MU nouvellement créée.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe est encouragée à poursuivre ses travaux de recherche dans la nouvelle équipe MU tout en cherchant à bien maintenir et exploiter son statut de pionnière de la technique d'imagerie ULM, qui représente un avantage rare dans la recherche et la compétition internationale.

Le comité recommande en effet à l'équipe PPM de s'agrandir à travers un projet comme celui de l'équipe MU, et d'augmenter sa participation dans l'organisation de l'animation scientifique à l'échelle internationale.

Le comité encourage également les membres actuels de l'équipe PPM à poursuivre et transmettre leur engagement dans la recherche ouverte à l'ensemble de la future équipe MU.

**Équipe 6 :** 3D mechanical wave ultrasound imaging (3DMW) - Équipe ATIP-Avenir

Nom du responsable : M. Sébastien Salles

## THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe s'intéresse à la génération d'ondes mécaniques en 3D dans les structures cardiovasculaires, l'imagerie cardiovasculaire ultrasonore et l'évaluation non invasive du remodelage structurel.

## PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe nouvellement créée en 2022 n'a pas été évaluée lors du précédent rapport.

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

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

## ÉVALUATION

### Appréciation générale sur l'équipe

Créée en 2022 sur un concept original et un financement compétitif (appel commun Inserm-CNRS « Action thématique incitative » sur programme ATIP-avenir), l'équipe présente des perspectives prometteuses. Le projet s'intègre parfaitement dans l'environnement scientifique et clinique de l'unité. De nombreuses collaborations sont déjà identifiées par le porteur, notamment avec des partenaires internationaux et un constructeur d'échographes.

### Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe très récemment créée repose sur les compétences d'un jeune chercheur prometteur, ayant une parfaite connaissance de l'état de l'art et des objectifs clairs. L'équipe a pour but de développer une nouvelle méthode d'imagerie cardiaque basée sur la détection non invasive en 3D de propagation d'ondes mécaniques dans l'environnement cardiaque.

Le porteur de l'équipe a récemment publié des avancées pour améliorer la reconstruction par imagerie ultrarapide ultrasonore dans IEEE UFFC en 2022.



Il a également publié dans JACC 2021 l'intérêt de ces nouvelles techniques de cartographie de propagation de l'onde mécanique auriculaire pour une imagerie de la rigidité en 3D et la détection du remodelage des tissus au cours du développement de la fibrose. L'idée de l'équipe, à terme, de répondre à des appels d'offre et de recruter des doctorants et post-doctorants est positive, tout comme l'extension des méthodes développées vers d'autre organes. Enfin les collaborations académiques internationales déjà établies et les liens tissés avec le monde industriel notamment avec des sociétés telles que Winback ou General Electric sont très porteurs.

### Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe est (pour l'instant) monopersonnelle.

### Analyse de la trajectoire de l'équipe

Ne s'applique pas.

## RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Une vigilance particulière devrait être apportée à ce que l'équipe se focalise sur le projet d'imagerie de détection non invasive d'ondes cardiaques, et éviter dans un premier temps trop de dispersion afin d'assurer le succès du projet initial.

## DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

### DATES

**Début :** 14 novembre 2023 à 11h30

**Fin :** 15 novembre 2023 à 17h30

**Entretiens réalisés : en présentiel**

### PROGRAMME DES ENTRETIENS

#### Mardi 14 novembre 2023

- 11h30 Début des entretiens
- 11h30 – 12h30 Réunion du comité à huis clos
- 12h30 – 12h40 Introduction de la visite par le Chargé de Mission Scientifique du Hcéres
- 12h40 – 13h25 Présentation du bilan de l'unité par la direction
- 13h25 – 13h55 Présentation de la trajectoire de l'unité par la direction
- 13h55 – 14h15 Pause café
- 14h15 – 14h45 Équipe BQ : bilan
- 14h45 – 15h15 Équipe iT2D : bilan
- 15h15 – 15h45 Équipe PPM : bilan
- 15h45 – 16h05 Pause café
- 16h05 – 16h35 Équipes BQ-iT2D-PPM : trajectoire de la future équipe MU
- 16h35 – 17h15 Équipe NCP : bilan et trajectoire
- 17h15 – 19h30 Réunion du comité à huis clos

#### Mercredi 15 novembre 2023

- 08h15 – 10h15 Créneau « Science » : visite des plateformes sur les sites des Cordeliers et de la Pitié-Salpêtrière
- 10h15 – 10h55 Équipe iCV : bilan et trajectoire
- 10h55 – 11h15 Équipe 3DMW : bilan et trajectoire
- 11h15 – 11h30 Pause café
- 11h30 – 12h00 Rencontre avec les représentants du personnel : doctorants et post-doctorants
- 12h00 – 12h30 Rencontre avec les représentants du personnel : personnels administratifs et techniques
- 12h30 – 13h00 Rencontre avec les représentants du personnel : enseignants-chercheurs et chercheurs
- 13h00 – 14h30 Réunion du comité à huis clos
- 14h30 – 15h30 Réunion du comité avec les représentants des tutelles (Sorbonne université, CNRS, Inserm)
- 15h30 – 16h00 Réunion du comité avec la direction de l'unité
- 16h00 – 17h30 Réunion du comité à huis clos
- 17h30 Fin des entretiens

### POINTS PARTICULIERS À MENTIONNER

Le comité ne mentionne pas de points particuliers.

## OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

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

à

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

Paris, le 6 février 2024

Objet : Rapport d'évaluation LIB – Laboratoire d'imagerie biomédicale

Cher Collègue,

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

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

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

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



Les rapports d'évaluation du Hcéres  
sont consultables en ligne : [www.hceres.fr](http://www.hceres.fr)

Évaluation des universités et des écoles

Évaluation des unités de recherche

Évaluation des formations

Évaluation des organismes nationaux de recherche

Évaluation et accréditation internationales



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

[hceres.fr](http://hceres.fr)

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

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