



**HAL**  
open science

## **LBMC - Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs**

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LBMC - Laboratoire de biomécanique et mécanique des chocs. 2010, Université Claude Bernard Lyon 1 - UCBL. hceres-02034023

**HAL Id: hceres-02034023**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02034023>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des  
Chocs

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université Claude Bernard Lyon 1

INRETS

Mai 2010



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des  
Chocs

## Sous tutelle des établissements et organismes

Université Claude Bernard Lyon 1

INRETS

Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mai 2010



## Unité

Nom de l'unité : Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC)

Label demandé : UMR\_T

N° si renouvellement : UMR\_T9406

Nom du directeur : M. Philippe VEZIN

## Membres du comité d'experts

### Président :

Mme Marie-Christine HO BA THO, Université Technologique de Compiègne

### Experts :

M. Ronan BOULIC, EPFL

M. Olivier GAGEY, Université Paris-Sud, Le Kremlin Bicêtre

M. Jean-Luc LATAILLADE, ENSAM, Bordeaux

M. Jean-Yves LE COZ, Renault

Expert(s) proposés par des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD.....) :

M. Philippe SARDAIN, au titre du CNU

M. Joaquin RODRIGUEZ, au titre de la CEC Inrets

## Représentants présents lors de la visite

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

Mme Marie Yvonne PERRIN

### Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

Mme Christelle GOUTAUDIER, VP Déléguée aux Sciences Mathématiques, de la Matière, pour l'Ingénieur et Humaine et Sociale, Lyon 1

M. Bernard CAMBOU, Directeur Scientifique de l'INRETS



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée les 2 et 3 Février 2010. Le comité s'est réuni à huis clos afin d'échanger sur la pré-évaluation basée uniquement sur l'examen des dossiers du rapport d'activité 2005-2009 et du projet 2011-2014 et de préparer l'audition. Par la suite, les présentations des bilans et projets ont été effectuées par le directeur et les responsables d'équipe. La deuxième journée a été centrée sur la visite des plateformes, les posters et les entretiens avec les représentants des personnels (Doctorants, ITA et IATOS, Chercheurs et Enseignants Chercheurs) puis les tutelles (Université, INRETS). La journée s'est terminée par un huis-clos.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Le LBMC, Unité Mixte de Recherche, a été créé en 2007 sous les tutelles de l'INRETS et de l'Université Claude Bernard - Lyon 1. Cette UMR est issue du LBMH (Laboratoire de Biomécanique et de Modélisation Humaine) fusion du laboratoire LBMC de l'INRETS et d'une Equipe d'accueil MECAL de Lyon 1 en 2003. Deux équipes ont rejoint successivement la structure, une équipe clinique en Orthopédie en 2004, et une équipe de Mécanique des chocs et Structures en 2005. Une partie du personnel a quitté l'unité pour créer l'UNEX (unité de service dédiée aux prestations de services externes) en 2007. Ces restructurations expliquent la dissémination des équipes de recherches sur plusieurs sites (Bron, Villeurbanne, La Doua et Lyon Sud). On distingue deux domaines de recherche qui concernent la modélisation humaine dans le cadre du transport et de la santé. Le premier domaine concerne la modélisation humaine dans le contexte de la protection, confort du passager dans les transports, le deuxième domaine est lié à l'orthopédie et la rééducation fonctionnelle.

- Equipe de Direction :

Philippe VEZIN - Directeur



- Effectifs de l'unité : (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	14	16
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	9	8
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	4	5
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	10(8.6E TP)	7 (5.6ET P)
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	4	2
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	21	18
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	14	15

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global:

Le LBMC mène des activités de recherche dans le domaine du transport et de la santé. Les activités des différentes équipes s'articulent autour de ces domaines. Les recherches développées sont pertinentes tant sur le plan de l'avancée des connaissances que sur le plan applicatif dans des secteurs socio économiques significatifs.

La qualité des recherches est très satisfaisante globalement mais inégale entre les équipes du fait d'une masse critique parfois insuffisante et des évolutions récentes. En effet, durant ces dernières années, le LBMC a connu des évolutions importantes : restructurations des activités de recherche, aménagement de nouveaux locaux, mutualisation de plateformes, mise en place des réglementations pour les expérimentations sur pièces anatomiques.

Le LBMC bénéficie d'une renommée internationale pour les activités de recherche sur la modélisation de mannequins numériques et l'ergonomie appliquées au domaine du transport, ceci se traduit par de nombreuses implications dans des projets européens.

La direction a su mener avec ses responsables d'équipe des réflexions sur les actions de recherche à mener pour mettre en synergie des équipes de cultures disciplinaires différentes. Les interactions sont encore timides ou au stade préliminaire dans le bilan mais semblent émerger dans les projets en cours.

La diminution significative du potentiel d'ITA/IATOS liée à la création de l'UNEX a finalement eu un impact négatif sur le laboratoire.



- **Points forts et opportunités :**

- Le LBMC a eu un fort soutien des deux tutelles lui permettant de recruter de nouveaux chercheurs expérimentés de qualité. Trois chercheurs Inrets (2CR et 1DR) et 3 MCF (Lyon1) ont été recrutés, 2 jeunes PH (Hospices Civils de Lyon) ont été intégrés dans le laboratoire sur la période considérée.

- Les activités de recherche développées sont riches en termes de verrous scientifiques et technologiques, la plupart ayant été identifiés par le laboratoire.

- Les efforts sur la mise en place des plateformes dédiées aux activités de recherche sur le corps humain (in vitro, in vivo) avec respect des réglementations Hygiène et Sécurité et Ethique en vigueur devraient être un atout important sur le plan local, national et international.

- Tous les éléments sont favorables pour que le LBMC puisse encore accroître son dynamisme et son attractivité sur le plan international.

- **Points à améliorer et risques :**

- La synergie des activités de recherche intra et inter équipes n'est pas encore effective vu le contexte local (restructuration et aménagement des locaux). Cependant, le bilan montre de nouvelles interactions cohérentes entre les équipes du domaine du transport et de la santé. En ce qui concerne l'équipe mécanique et comportement au choc des structures, les interactions avec les autres équipes restent encore faibles ; ses activités de recherche restent éloignés des problématiques propres aux autres équipes. Il serait urgent et opportun de renforcer les interactions entre les équipes du domaine de transport et de la santé et l'équipe des mécaniciens au risque de l'isolement de ces derniers, alors que les compétences sont là. Pour cela il sera nécessaire de mener des réflexions d'orientations stratégiques au sein du LBMC.

- Si on constate un fort recrutement d'enseignants-chercheurs et de chercheurs, le potentiel ITA/IATOS rattaché au LBMC a par contre fortement chuté lors de la création de l'UNEX. Ceci crée un déséquilibre néfaste aux activités de recherche adossées aux plateformes du LBMC.

- De plus, le bilan montre des liens quasi inexistantes entre le LBMC et l'UNEX. Il serait fortement souhaitable de redéployer le personnel de l'UNEX pour ne pas pénaliser d'une part les futurs projets et éviter d'autre part de perdre les compétences techniques et les savoir faire acquis.

- **Recommandations au directeur de l'unité :**

- Le comité suggère la création d'un comité (comité à orientation stratégique ou conseil scientifique) ouvert à des membres extérieurs afin d'aider l'unité à poursuivre la réflexion sur les thèmes de recherche stratégiques à développer pour mettre en synergie les activités de recherche du LBMC. Il recommande également d'avoir un suivi des actions conduites dans cette optique à partir d'indicateurs tels que : co encadrement de thèses, publications communes, identification et soutien des projets transversaux...

- Le comité suggère une politique plus volontariste pour augmenter le personnel HDR, afin d'augmenter la capacité d'encadrement de thèse et par conséquent de pouvoir augmenter significativement le nombre de thèses. Ceci devrait aussi avoir un impact sur la production scientifique qui évolue positivement mais est encore inégale selon les équipes. Cette production doit être renforcée pour le prochain quadriennal, de même que l'incitation aux doctorants à effectuer des publications internationales.



- Données de production :

(cf. [http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres\\_Identification\\_Ensgts-Chercheurs.pdf](http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Ensgts-Chercheurs.pdf))

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	22
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	6
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	92%
Nombre d'HDR soutenues (lors du quadriennal)	3
Nombre de thèses soutenues	18
Autre donnée pertinente pour le domaine (à préciser...)	

### 3 • Appréciations détaillées :

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Les activités de recherche menées au sein du LBMC concernent d'une part l'homme dans l'environnement du transport, notamment la sécurité et l'accessibilité dans les transports, et d'autre part les pathologies du système musculosquelettique. Elles s'organisent autour de 4 équipes. Le domaine qui concerne la biomécanique et le transport bénéficie de la dynamique des recherches menées depuis la création du LBMC. Les activités de recherche ont été développées dans le cadre de programmes européens et de partenariats avec l'industrie automobile plus particulièrement. Cette culture propre au LBMC et à l'INRETS a permis au LBMC d'avoir une reconnaissance sur le plan international des activités de modélisation humaine (mannequins numériques et simulation ergonomique). Cette assise continue à se développer avec de nouvelles approches de modélisation plus proches de la physiologie humaine in vivo basées sur les développements de modèles géométriques issus des techniques d'imagerie et des données expérimentales des matériaux biologiques issues des techniques de mesures non invasives. Ces nouvelles connaissances vont être utiles aux activités de recherche du deuxième domaine qui concernent les pathologies du système musculosquelettique dont la compréhension et la quantification passe par la modélisation du système musculosquelettique (corps rigides et corps déformables) et par des mesures expérimentales in vivo à l'échelle du système (analyse quantifiée du mouvement et de la fonction musculaire).

Ces activités de recherche représentent des enjeux socio économiques à fort impact. La pertinence et l'originalité des travaux se traduisent par des publications dans des journaux de bonne à très bonne notoriété, des activités de transfert (création d'une start-up et d'une filiale), des collaborations avec des entreprises nationales et internationales, des participations à des programmes nationaux et internationaux.

Les indicateurs de production scientifique montrent que des efforts ont été fournis. Ces indicateurs sont en progression, mais peuvent être améliorés sur plusieurs points. Le nombre de HDR doit augmenter, ceci permettra d'augmenter le nombre de thèses qui peut l'être compte tenu du nombre de permanents et qui est en décalage avec le nombre des projets européens, ANR, et contrats industriels. La quantité et qualité des publications y compris des publications inter équipes évoluent positivement, mais cette évolution doit être confirmée dans le prochain quadriennal notamment au vu des derniers recrutements de qualité. On compte 112 publications dans des journaux à facteur d'impact sur la période évaluée.





Les relations contractuelles sont très satisfaisantes. Elles sont plus conséquentes pour les activités autour des transports mais restent satisfaisantes pour le domaine de la santé. Ces relations concernent des collaborations de recherche dont la durée moyenne est de 23,5 mois et représente 34% des ressources propres. Les projets européens représentent 46% des ressources propres du LBMC, et les projets nationaux 21%.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

On note des récompenses sur le plan national (2) et international (1) liées aux travaux dans le domaine de la santé, des conférences invitées internationales (9) majoritairement dans le domaine des transports et des conférences invitées nationales et séminaires (6). Il faudrait saisir des opportunités pour organiser des symposiums à l'échelle européenne ou internationale.

L'unité a bénéficié de l'arrivée de plusieurs chercheurs, enseignants-chercheurs et praticiens hospitaliers de très bon niveau scientifique. On peut s'étonner du faible taux de recrutement d'étudiants et post-doctorants étrangers dans un contexte favorable (plusieurs projets européens).

Le LBMC montre une forte capacité à répondre aux appels d'offres, plus particulièrement dans le cadre de projets européens (10), projets nationaux (9), avec partenariats privés (17) qui lui permet d'avoir des ressources propres confortables. De plus, le LBMC est impliqué dans deux pôles de compétitivité dans le domaine du transport (LUTB) et de la santé (Pôle Enfant). Les activités de valorisation (transfert) se traduisent par la création d'une start-up et d'une filiale, une sensibilisation au brevet qui mérite, avec l'appui des structures juridiques, d'être plus poussée au vu du nombre de relations contractuelles.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'unité:**

L'effectif global du LBMC est au 1er janvier 2010 de 36 permanents : 11EC (3PR, 8MCF), 9 Chercheurs (4 DR, 5CR), 10 Praticiens Hospitaliers (5 PUPH, 5 PH) et 7 ITA/IATOS dont 3 IR. Les activités de recherche du LBMC s'organisent autour de 4 équipes pilotées par 2 PR et 2DR ; une animation s'effectue au sein de chaque équipe. L'animation du laboratoire s'effectue au travers des réunions trimestrielles du conseil de l'UMR dans lesquelles la politique scientifique est discutée. De plus des réunions de laboratoire mensuelles avec les responsables d'équipes et la direction sont organisées.

Grâce à cette animation, des réflexions sur l'organisation des équipes ont été menées. Les équipes sont en évolution (notamment les deux équipes de biomécanique 1 et 2). Une fois ces équipes stabilisées, il est fortement recommandé de mener des réflexions pour une meilleure intégration de l'équipe 4 (Mécanique et comportement au choc) sur des projets scientifiques plus pertinents à long terme. Il faudra veiller à maintenir au sein de chaque équipe une animation nécessaire pour cultiver la spécificité de l'équipe mais également proposer des projets transversaux pour obtenir un minimum de cohérence de l'ensemble.

Les EC du LBMC sont fortement impliqués dans les activités d'enseignement de Lyon 1. On note une décharge d'enseignement appréciable et nécessaire pour les jeunes recrutés.

- **Appréciation sur le projet :**

Le bilan des activités des différentes équipes démontre clairement les nombreuses possibilités d'interaction entre les équipes. A court terme, des projets transversaux ont démarré, mettant en convergence soit les outils, soit les applications. Mais il sera nécessaire de poursuivre un travail de réflexion en profondeur avec l'aide d'expertises externes.

Dans le projet proposé par la direction, il manque une prévision des demandes de moyens en termes de recrutement et d'investissement. Le comité s'inquiète du déséquilibre entre le flux d'entrée des Enseignants-Chercheurs et Chercheurs et le flux de sortie des ITAS/IATOS avec des départs imminents dont certains associés à des postes clés (notamment celui rattaché à la nouvelle plateforme d'expérimentation sur l'humain). De même, alors que les activités de modélisation se renforcent, aucun plan n'a été prévu pour la mutualisation des outils et l'adaptation des capacités de calcul.

Pour conclure, le projet proposé est cohérent dans la volonté d'orienter et de faire converger les activités de recherche du thème transport et santé, mettant obligatoirement en synergie toutes les équipes. Cette volonté



requiert une prise de risque en elle-même et la réflexion menée sur des projets transversaux devrait aboutir à des projets émergents.

#### 4 • Analyse équipe par équipe et/ou par projet

**Intitulé de l'équipe** : Biomécanique pour l'évaluation et l'amélioration de la protection des usagers.

**Responsable** : M. David MITTON

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	2	2
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	5.5	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3.5 ETP	0.5 ETP
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	3 CCD	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	6	4
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	2

La problématique de l'équipe consiste à mettre en œuvre des simulations réalistes du comportement du thorax et de l'abdomen sous l'effet de chocs afin d'aider à la prédiction des risques de lésion pouvant en résulter. L'accent est mis sur la modélisation des tissus mous sous sollicitation dynamique, sur la modélisation géométrique des organes internes en fonction de la posture, en tenant compte des variabilités inter et intra individuelles, avec l'objectif d'améliorer la protection des usagers vulnérables des transports en général et celle des passagers voyageant debout dans les transports en commun.

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production** :

Les recherches fondamentales et expérimentales de caractérisation du comportement des bio-matériaux et des organes humains aboutissent in fine à l'élaboration de mannequins physiques de nouvelle génération et de mannequins numériques bio-fidèles, dont l'utilité est évidente dans le cadre de la mission de l'INRETS relative à la sécurité dans les transports. L'équipe est en phase avec l'axe prioritaire (parmi trois) « Transports-Santé » de l'INRETS ainsi qu'avec l'axe (parmi trois également) « Matériaux » de l'université Lyon 1.



Pour le bilan quantitatif des publications, communications et thèses, il convient de tenir compte du fait que parmi les 7.5 chercheurs et enseignants-chercheurs composant l'équipe actuellement, 4 ont été recrutés au cours du quadriennal. L'équipe totalise 14 articles (dont 10 dans des journaux de rang A appartenant à la liste établie par l'Inrets), 4 articles non indexés, 7 conférences en tant qu'invités, 32 actes de conférences internationales, 12 actes de conférences nationales. La production est donc très importante avec toutefois un bémol sur le nombre d'articles car la culture des chercheurs de l'équipe tendrait plutôt à leur faire privilégier les conférences internationales. Il faut noter que dans le domaine de la biomécanique des chocs, les interventions de référence se font le plus souvent dans des conférences très spécialisées. Cinq thèses soutenues ont été dirigées par les membres de l'équipe, ce qui peut également paraître un peu faible. L'équipe comporte actuellement 8 doctorants.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

Si l'attractivité de l'équipe est évaluée au travers de la qualité des recrutements effectués au cours du quadriennal, au nombre de 4, alors il est certain qu'elle est forte. En revanche un effort peut être fait en direction des chercheurs étrangers et des post-doctorants. Un chercheur étranger et un post-doctorant étaient présents dans le groupe au moment de l'évaluation. Quant aux doctorants, ils proviennent de cursus divers, aussi bien écoles d'ingénieurs que masters recherche, les uns comme les autres de bon niveau.

L'importante participation à des programmes de recherche a conduit à une base de données, 34 rapports de projets internationaux et 6 de projets nationaux.

Les relations socio-économiques ont donné lieu à 11 rapports d'expertise et 1 rapport de contrat industriel. Les recherches de l'équipe n'ont pas été valorisées par des dépôts de brevet, mais pourraient peut-être l'être à terme en ce qui concerne les mannequins physiques et/ou numériques.

L'équipe a démontré sa capacité à obtenir d'importants financements externes, que ce soit dans des projets européens, dans des projets nationaux, y compris pôles de compétitivité, et au travers de contrats de recherche privés.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

Le responsable de cette équipe, nouvellement recruté, semble avoir pris la mesure du management, tant du personnel, que des contenus scientifiques (comme en atteste la très bonne maîtrise de ses présentations). Le directeur du laboratoire étant par ailleurs membre de cette équipe, aucun problème de gouvernance et de communication interne et externe n'apparaît.

L'animation de l'équipe assure une cohérence interne tout à fait perceptible lors de la visite. D'un point de vue externe à l'équipe, des initiatives d'animation à visée transversale doivent être encouragées vers les autres équipes, afin de faire émerger des thématiques à l'interface.

Les collaborations académiques locales s'opèrent vers des départements universitaires de médecine et vers des laboratoires d'écoles d'ingénieurs.

L'implication dans l'enseignement, mesurée à l'aune du statut majoritairement chercheur des membres de l'équipe, se fait dans des formations doctorales et des écoles d'ingénieurs.

Au niveau régional, l'équipe est impliquée dans l'animation d'un pôle de compétitivité. Au niveau national, l'équipe collabore avec plusieurs laboratoires (LBA, LBMC, LAMIH et coordonne le GDR 2610 Biomécanique du Choc).

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet, qui répond aux attentes des tutelles, est défini dans la continuité du projet actuel avec de nouvelles approches telles que les méthodes de caractérisation non destructives et une ouverture vers les applications de santé (pré et post-traitements des lésions de la paroi abdominale).

On notera l'effort qui est fait dans le projet en termes de collaboration inter-équipes, effort qui répond à une critique sur le manque d'ouverture et d'animation formulée dans une précédente évaluation. En revanche, le



positionnement des recherches sur le plan national et international doit être plus clairement analysé, afin d'éviter des recouvrements importants.

L'équipe bénéficie d'une politique de financement de moyens d'essai et dispose d'un ensemble technique pertinent et récent. Il reste à en assurer un fonctionnement optimal en termes de personnels de soutien. Une réaffectation des personnels de l'unité de service créée il y a quelques années à côté du laboratoire, vers les nouvelles plateformes, serait peut-être une solution.

- **Conclusion :**

- **Avis :**

Cette équipe dispose d'un fort potentiel qui bien exploité devrait lui permettre de se positionner au plus haut niveau d'excellence.

- **Points forts et opportunités :**

- Jeunesse et compétence des chercheurs et enseignants-chercheurs.
- Cohérence du projet.
- Qualité du plateau technique.

- **Points à améliorer:**

- Le positionnement national et international est à bien analyser.

- **Recommandations :**

Assurer autant que possible la succession de l'ancien directeur du laboratoire dans les divers réseaux où il était impliqué.



**Intitulé de l'équipe :** Biomécanique pour l'orthopédie, la médecine du sport et la réadaptation fonctionnelle

**Responsable :** Mme Laurence CHEZE

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	8	9
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0,5 ETP	0,5 ETP
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	4	5
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	2ETP	2ETP
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1CDI	1CDI
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	9	8
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	10	11

Cette équipe pluridisciplinaire compte, au 1<sup>er</sup> janvier 2010, 28 personnes dont 18 permanents et 9 doctorants et 1 post doctorant. L'équipe de permanents est composée de 8 biomécaniciens et physiologistes (1 PR, 3 MCF, 1 CR à 50%, 2 IATOS (1IR, 1 Technicien et un ingénieur en CDI) et de 10 cliniciens essentiellement des chirurgiens orthopédistes (5 PU-PH, 5 PH).

La composante biomécanique a bénéficié du renfort depuis le dernier quadriennal de 3 MCF et d'un CR appartenant également à l'équipe 3 (Simulation ergonomique).

L'équipe travaille dans des locaux hospitalo-universitaires situés à Lyon-Sud et sur le campus de la Doua. Cette organisation offre l'avantage de la proximité pour les expérimentations sur les patients volontaires et pour les médecins concernés. Le plateau technique est composé d'une chaîne de capture optique du mouvement, de deux plate-formes de force, d'une plate-forme de pression, d'une EMG et d'une chaîne de mesure métabographique.

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Les activités de recherche de l'équipe consistent à développer des modèles musculo-squelettiques à partir de mesures cinématiques et dynamiques (analyse quantifiée du mouvement) et à les appliquer dans les domaines de l'orthopédie (chirurgie et réadaptation fonctionnelle) et la médecine sportive.

Pour le thème des modélisations, plusieurs projets ont été menés à bien pendant ce quadriennal : 1) la cinématique du rachis lombaire et cervical, 2) l'étude d'un système d'aide au choix et aux réglages des fauteuils roulants manuels (financement ANR Tecsan), 3) la modélisation des efforts musculaires et 4) la modélisation des pressions de contact au niveau de la hanche. Pour le thème applications cliniques, les études ont été effectuées sur 1) l'optimisation et le positionnement de l'articulation de la hanche, 2) l'étude de la cinématique des prothèses totales à plateau mobile par recalage des contours du modèle 3D de la prothèse sur les radiographies de profil et en



collaboration avec l'Université de Floride, 3) une étude clinique (basée sur un nouveau protocole radiologique) sur des prothèses de cheville et 4) une analyse sur la performance motrice des membres supérieurs.

Par rapport à la problématique énoncée, le bilan des activités de recherche montre une séparation entre les modélisations cinématiques, dynamiques développées et les applications cliniques présentées (hanche, genou, cheville, mouvements des membres supérieurs). En effet, on constate qu'il n'y a pas de publications communes entre les équipes biomécanicienne et clinique. La jeunesse de l'équipe biomécanicienne qui était en train de se constituer peut expliquer en partie cet état de fait. Néanmoins la présentation des résultats reste cohérente et des collaborations récemment mises en place seront effectives pour le prochain quadriennal.

La production scientifique est excellente pour cette équipe pluridisciplinaire : 20 revues de rang A pour les biomécaniciens (ne concernant que 2 EC et 1 IR, vu la jeunesse de l'équipe), 74 publications de rang A pour les cliniciens dans des revues de leur spécialité.

On notera que depuis Janvier 2005, 8 thèses (dont une avec financement CIFRE) ont été soutenues ainsi qu'une HDR.

Les financements obtenus proviennent d'un projet ANR Tecsan, de l'OSEO ANVAR et de plusieurs contrats industriels. Trois contrats sont à mettre à l'actif de l'équipe de biomécaniciens dont deux relèvent du long terme et 4 pour les cliniciens (non gérés par l'unité). Quatre thèses sur les 9 en cours bénéficient de financement CIFRE.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

Deux distinctions ont été obtenues : Franck Sinchfield Award 2009 et prix Mécabio 2006.

La responsable d'équipe est présidente de la Société de Biomécanique, un des membres praticiens hospitaliers est vice Président de Société Française de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (SoFCOT) et vice président de la AFCP, les membres de l'équipe font partie de l'Editorial board de 4 revues internationales et ont participé à l'organisation de 6 rencontres internationales.

Des collaborations ont été entreprises avec des équipes internationales de renom (Mayo Clinic) sur les mobilités des prothèses de hanche et l'Université de Floride pour leur spécificité sur l'analyse cinématique du genou. Ceci devrait aboutir à de futurs échanges à court et long terme. L'intégration récente à un projet d'excellence (VPH) européen devrait accroître le réseau d'échange sur le plan international.

L'équipe met à profit l'environnement local de l'industrie biomédicale et hospitalier pour développer ses thématiques de recherche en relation avec les besoins socio-économiques.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

Dans le précédent quadriennal, la synergie intra équipe n'a pas été effective. Cependant des projets communs commencent à émerger permettant d'apporter une cohésion à cette équipe pluridisciplinaire de biomécaniciens et cliniciens.

Malgré les distances géographiques, la responsable d'équipe a su proposer des projets en synergie avec les équipes 3 (Simulation ergonomique) et 4 (Comportement au choc) pour le prochain quadriennal.

L'équipe est bien impliquée dans les formations assurées par l'Université de Lyon 1 avec des responsabilités pédagogiques pour les membres de l'équipe au niveau du parcours Biomécanique Master MEGA, et des parcours licences Mécanique.



- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé pour le prochain quadriennal est centré sur les membres inférieurs dans la perspective d'appréhender les applications cliniques. Les modèles et les méthodologies de mesures vont être affinés selon plusieurs axes : l'analyse du mouvement, la modélisation et les applications cliniques.

Pour l'analyse du mouvement cela va consister à améliorer plus finement la cinématique articulaire en collaboration avec l'équipe 3 et à s'affranchir des artefacts de tissus mous existant dans le système d'analyse du mouvement utilisant des repères fixés sur la peau en considérant la dynamique des multicorps flexible en collaboration avec l'équipe 4.

Pour la modélisation, les projets en synergie avec les équipes 3 et 4 vont concerner la modélisation de la commande motrice, la personnalisation des modèles via l'imagerie, l'amélioration de la modélisation musculaire (en prenant en compte le caractère déformable et contractile du muscle), et le développement des moyens de validation.

Sur le volet des recherches cliniques, les projets du précédent quadriennal continuent avec plus d'interactions avec les biomécaniciens notamment dans les études concernant la hanche et le genou (analyse du mouvement sous fluoroscopie). Enfin des analyses originales et spécifiques sur le développement de la marche chez l'enfant et le sportif de haut niveau (rugby) seront menées.

Le projet est ambitieux, en adéquation avec le profil des nouveaux recrutés. Il devrait permettre à l'équipe de mener à bien une recherche interdisciplinaire de haut niveau.

Cette équipe de recherche est située à l'interface de la recherche en biomécanique et de la chirurgie orthopédique. L'interdisciplinarité est donc sa marque fondamentale. Cette position bien spécifique explique le caractère foisonnant des publications, assez souvent en marge du domaine prioritaire délimité par l'INRETS. Cela explique également que le projet de recherche reste plus centré autour des outils qu'autour d'axes de recherche vraiment cohérents.

Cette position d'interface est stratégique aujourd'hui compte tenu de la montée en charge des pathologies dégénératives liées au vieillissement de la population et aux enjeux médico-économiques qui en découlent.

Des perspectives de collaboration transversales entre les différentes équipes se mettent en place. Ce sera un des enjeux du futur quadriennal que de les développer et de les pérenniser de manière volontariste.

- **Conclusion :**

- **Points forts et opportunités :**

- Equipe pluridisciplinaire comprenant des EC, CR et des praticiens hospitaliers.
- Opportunités de développer des projets originaux appliqués directement dans le monde médical.

- **Points à améliorer et risques :**

Il sera nécessaire d'établir un équilibre entre recherche amont et recherche appliquée.

- **Recommandations :**

- Conduire une politique volontariste pour les MCF dont les dossiers sont mûrs pour passer l'Habilitation à Diriger des Recherches.

- Organiser l'activité en axes de recherche pour avoir une cohérence sur le long terme et éviter la dispersion.



**Intitulé de l'équipe :** Simulation ergonomique pour la conception de produits

**Responsable :** M. Xuguang WANG

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	1
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3 ETP	2,5 ETP
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité) M Caire passe en SC	1ETP	0
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	1CDD
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité) + 4 docteurs ayant soutenus	2	4
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	1

Cette équipe est composée de 3 Chercheurs déjà présents en 2005 (DR1 à 50%, DR2, CR2), d'un CR2 arrivé est 2008 qui est également membre de l'équipe 2 (Biomécanique pour l'orthopédie) et d'un MCF arrivé en 2009.

Par ailleurs cette unité a fait temporairement appel à 3 chercheurs en CDD pour un total d'environ 29 mois, et a reçu 1 postdoctorant étranger pour un total de 12 mois. 6 doctorants étaient présents au 1er janvier 2010. La mise en place des systèmes de mesure fait l'objet d'engagements temporaires (2 personnes actuellement).

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Les travaux de cette équipe sont centrés sur la mise au point d'un mannequin numérique pour l'évaluation ergonomique d'un poste de travail ou d'un produit (ex : véhicule). Ils se concentrent sur la simulation de l'activité motrice humaine en vue d'estimer le niveau du confort et de l'inconfort associé à une activité donnée (par exemple : entrer-sortir d'un véhicule, mettre la ceinture de sécurité). Ces recherches sont confrontées à la grande variabilité des stratégies d'usage ; cela requiert de mener des campagnes de mesures avec de nombreux sujets représentatifs afin de bien cerner une problématique donnée. Les paramètres biomécaniques identifiés à travers ces mesures permettent ensuite de structurer les connaissances sous forme de modèles d'inconfort et de mouvement. Plus spécifiquement cette équipe a travaillé sur les capacités fonctionnelles des personnes âgées, le mouvement de préhension, la modélisation de surfaces iso-confort d'atteinte, la simulation des efforts musculaires, et la simulation de comportement postural en pré-crash des conducteurs.

La ligne de recherche est cohérente avec l'objectif clairement défini de caractériser la notion d'inconfort, particulièrement importante pour les personnes âgées dont la proportion augmente. Les applications dans les transports sont manifestes comme le démontre l'implication des industriels dans les projets. L'approche proposée est bien justifiée. Il est encore trop tôt pour évaluer l'impact des engagements récents mais les collaborations établies avec le CEA et l'INRIA augurent une période très active pour cette unité.





Les publications sont de bonne qualité. Globalement, la quantité de publication de rang A (10 ACL et 22 ACT) est un peu juste mais il faut tenir compte des responsabilités du chef d'équipe, du temps partiel d'un membre et des dates d'arrivée des jeunes chercheurs. Le nombre de thèses (4) et HDR (1) soutenues est très bon rapporté à la taille de l'équipe.

L'équipe a des relations solides et suivies avec l'industrie automobile à travers des projets bilatéraux, nationaux, européens et internationaux. Un nombre important de projets vient à peine de commencer. Par ailleurs une start-up est en cours de montage via une demande de financement à la région pour valoriser le logiciel issu d'un projet avec un industriel.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

La renommée de l'équipe repose jusqu'à présent essentiellement sur le responsable de l'équipe qui a été invité 4 fois à des conférences nationales et internationales durant la période examinée.

L'équipe a démontré son attractivité en recrutant deux chercheurs expérimentés ayant tous les deux effectué un postdoc aux USA. De plus deux chercheurs étrangers (Espagne, Corée) ont fait un séjour de 18 mois et un de 6 mois dans l'équipe.

L'équipe a montré sa capacité à répondre aux appels d'offre nationaux et européens (7ème PCRD) et à monter des partenariats industriels avec des constructeurs d'automobile (national et international).

Les collaborations nationales et internationales découlent directement du point précédent ; elles impliquent des échanges formalisés et soutenus. Les relations avec les USA sont plus modestes mais se développent à travers un « Memorandum of Understanding », commun avec l'équipe 1, établi avec l'Université de Virginie.

La valorisation du logiciel RPx® mis au point en collaboration avec un industriel est en cours par une société de consulting. Il s'agit d'un logiciel d'aide à la conception permettant de réaliser l'évaluation ergonomique d'un environnement numérique en vue de quantifier l'inconfort lors de mouvements humains. Il permet également la reconstruction de mouvements capturés et leur modification pour s'adapter à de nouvelles contraintes géométriques (e.g. des véhicules différents). Il a été exploité dans plusieurs études portant sur le mouvement d'entrée-sortie de voiture ou de camion. De plus, un projet de start-up (avec un soutien financier de la région) et un projet de création de filiale visant à la valorisation du savoir faire dans le domaine de l'analyse et la simulation du mouvement humain sont en cours de montage.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

L'équipe est en voie de consolidation grâce aux 2 recrutements effectués. Un de ses recrutements est partagé avec l'équipe 2, ce qui est particulièrement pertinent étant donné les éléments communs aux problématiques des deux équipes. L'autre recrutement apportera une contribution stratégique sur l'étude fine des couples maximum ou limites articulaires du complexe de l'épaule notamment dans le cadre d'un projet européen.

Cependant, à terme, l'équipe pourrait souffrir d'un manque de technicien pour la mise en œuvre des systèmes de mesure de mouvement à la base de nombreux projets envisagés et en cours. Il faut veiller à s'assurer que cette ressource soit toujours disponible.

Le lien avec l'équipe 2 est effectif grâce au poste partagé d'un nouveau chercheur. Ce rapprochement est bénéfique et doit se poursuivre pour tirer partie de toutes les synergies possibles entre ces deux équipes. De plus des relations fortes ont été initiées avec le CEA et l'INRIA Rhône-Alpes au travers de deux thèses sur la modélisation dynamique, un domaine difficile mais très porteur pour le domaine de l'ergonomie.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet présenté se situe dans la continuité des travaux réalisés avec une dynamique positive supportée par les projets industriels et académiques en cours. L'ensemble est cohérent et ambitieux. Les verrous sont clairement identifiés et certains aspects sont abordés à travers des collaborations stratégiques (CEA, INRIA) à l'échelle de thèses co-encadrées.



L'équipe doit veiller à s'assurer le personnel technique qualifié suffisant pour la mise en œuvre des systèmes de mesure de mouvement dont elle a besoin car il s'agit de systèmes uniques non disponibles dans le commerce. Par ailleurs la répartition des rôles par sous-projet n'apparaît pas clairement.

Les travaux envisagés sont originaux et l'ensemble est très cohérent. En particulier, la conceptualisation et l'effectivité de la notion d'inconfort peuvent devenir une caractéristique phare de cette équipe si cette notion est correctement formalisée et si l'équipe propose des méthodologies d'évaluation reconnues et adoptées internationalement. A l'inverse, il existe un risque que ce concept soit trop fuyant et ne soit pas utilisable sous forme d'indicateur quantitatif dans le secteur industriel.

- **Conclusion :**

- **Avis :**

Il s'agit d'une équipe de très bon niveau, reconnue à travers ses publications et le nombre de projets et de collaborations engagés. Il faut poursuivre la consolidation d'une masse critique de chercheurs et de techniciens. L'équipe peut et doit poursuivre son projet de manière autonome. Il faut cependant veiller à renforcer la relation particulière avec l'équipe 2 (Biomécanique pour l'orthopédie), fondée sur une communauté d'outils et de certaines problématiques. Pour cela les deux équipes bénéficient du lien fort que constitue le poste de chercheur partagé qui permet à tout moment d'identifier des opportunités de synergie.

- **Points forts et opportunités :**

- L'équipe dispose d'une très bonne renommée internationale avec de nombreux projets autant industriels qu'académiques.

- L'effort de valorisation des résultats est à souligner.

- **Points à améliorer et risques :**

- Le responsable doit veiller à stimuler les chercheurs (et EC) dans une démarche de passage de leur HDR. Il importe en effet de distribuer la responsabilité des doctorats sur une base plus large et de garantir que les doctorants fassent une à plusieurs publications de bon niveau pendant leur doctorat.

- Par ailleurs, il faut s'assurer de la disponibilité des personnels techniques compétents pour la réalisation des maquettes instrumentées qui sont indispensables pour les projets de cette équipe.

- Enfin il faut plus impliquer le service juridique dans le cadre des partenariats avec l'industrie notamment dans la phase de préparation des projets pour éviter le verrouillage de l'usage de la propriété intellectuelle par les partenaires industriels (négociation plus fine qu'actuellement de la possibilité de publication des résultats).

- **Recommandations :**

- Faire passer une HDR aux chercheurs. Conforter la production scientifique.

- S'assurer les ressources nécessaires en techniciens.

- Travailler avec le service juridique pour négocier avec les industriels la possibilité de publier.



**Intitulé de l'équipe :** Mécanique et comportement au choc des structures

**Responsable :** M. Eric JACQUELIN

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	4	4
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	0	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	4	2
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	3

L'équipe est composée au 1 janvier 2010 de 10 personnes dont 4 permanents (2 PR et 2 MCF) et 6 étudiants en thèse dont un co-encadré avec l'équipe 1. Cette équipe, issue d'un autre laboratoire de l'Université de Lyon 1, a rejoint le LBMC en 2005 afin d'apporter ses compétences en mécanique et dynamique des structures dans les problématiques abordées au sein du LBMC.

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

Les activités de recherche s'articulent autour de deux thèmes : 1) comportement et modélisation de structures dans le cadre de l'impact-choc 2) développement de technologies pour la santé et la sécurité des transports. Le premier thème correspond aux compétences historiques de l'équipe.

La production scientifique comprend 10 revues de rang A essentiellement sur le premier thème, 2 conférences internationales avec actes également sur le premier thème et un brevet déposé en 2009 pour le deuxième thème. Cette production est faible et montre que l'ouverture thématique n'a pas été effective alors que les compétences de cette équipe en mécanique des chocs sont certaines et potentiellement intéressantes en biomécanique.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

Le bilan montre une continuité des activités de recherche de l'équipe qui ne s'est pas encore pleinement intégrée. Même si les recherches concernent le domaine du transport et de la santé, elles ne sont pas actuellement vraiment associées aux problématiques des équipes de biomécanique et sont même en marge (projets concernant les structures pressurisées et la caractérisation des impacts par méthodes inverses par exemple). Les projets concernant les technologies pour la santé - attelles de maintien d'enfants atteints d'IMC (Infirmité Motrice et Cérébrale) et correction de la scoliose chez l'enfant - se font dans le cadre de collaborations hors LBMC. Sur le thème de la sécurité des transports, l'étude sur la modélisation de la cage thoracique est menée en interaction avec l'équipe 1 (Biomécanique des chocs), celle sur la sécurité des piétons est faite en collaboration avec le LBA (INRETS, Marseille).



Tout cela traduit un isolement certain de l'équipe dans l'unité, qui se répercute également en termes d'attractivité et de rayonnement.

Les enseignants de l'équipe sont fortement impliqués dans l'enseignement de l'IUT de Lyon situé sur un site éloigné du LBMC ; ceci ne facilite pas leur intégration ni leur visibilité auprès des étudiants en formation doctorale. On notera deux doctorants étrangers bénéficiant de bourses de leur pays parmi les 6 doctorants de l'équipe.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

L'équipe est visiblement très soudée. La stratégie adoptée n'a pas conduit à une intégration satisfaisante dans le LBMC.

Les membres de l'équipe sont impliqués dans les enseignements et responsabilités du Master M1 parcours génie civil de l'Université Lyon 1, coordination d'une licence professionnelle à l'IUT et chef de département IUT.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet présenté affiche une certaine continuité en gardant les axes du précédent quadriennal. Néanmoins, des projets émergent avec les deux équipes de biomécanique 1 et 2. Le premier s'intègre dans un projet européen concernant la simulation et la réglementation dont le responsable de l'équipe est aussi responsable d'un 'Work Package'. Le deuxième concerne les modélisations du système musculosquelettique plus particulièrement la prise en compte des effets d'inertie de la masse musculaire en proposant une étude dynamique des multi-corps flexibles.

Le nombre des problématiques affichées est élevé compte tenu de la taille de l'équipe. L'activité apparaît morcelée.

- **Conclusion :**

- **Points forts et opportunités:**

- L'équipe a des compétences en mécanique du choc.

- Le laboratoire offre un contexte favorable au développement de cette équipe: la biomécanique du choc est en forte réactivation avec l'arrivée de nouveaux chercheurs, l'équipe de biomécanique pour l'orthopédie propose des programmes ambitieux, il y a des ouvertures probables vers l'équipe de simulation ergonomique. Les potentialités d'interaction sont grandes.

- **Points à améliorer et risques :**

- Le bilan montre une très faible interaction de cette équipe avec les autres. Son intégration dans les domaines de recherches du LBMC reste perfectible. Le projet proposé montre une continuité mais aussi de nouvelles interactions avec les autres équipes. Néanmoins, celles-ci ne doivent pas être conditionnées par une attribution d'une allocation éventuelle. Il s'agit de définir une politique volontariste au sein de l'équipe en concertation avec le laboratoire qui doit se donner les moyens pour aboutir à cet objectif. De plus, des co-encadrements de thèses définies en commun avec les autres équipes du LBMC permettront d'augmenter le taux d'encadrement de thèses, et cela finira par impacter positivement l'équipe.

- Une réflexion doit être menée pour mener des projets inter équipes à plus long terme et pas uniquement basés sur l'opportunité d'un projet européen qui s'inscrit dans le court terme ou encore de projets où seul l'apport des compétences techniques dans une problématique est mentionné. Il est nécessaire de définir des verrous scientifiques et technologiques.

- **Recommandations :**

Une politique d'intégration plus affirmée doit être conduite. Elle doit s'appuyer sur une réflexion stratégique identifiant des enjeux scientifiques et technologiques pertinents et en nombre limité permettant à cette équipe de trouver sa place au sein du LBMC.



Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	B	A

Nom de l'équipe : Biomécanique pour l'évaluation et l'amélioration de la protection des usagers

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A	A

Nom de l'équipe : Biomécanique pour l'orthopédie, la médecine du sport et de réadaptation fonctionnelle

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A	A

Nom de l'équipe : Simulation ergonomique pour la conception de produits

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A	A	A	A



Nom de l'équipe : Mécanique et comportement au choc des structures

Note de l'équipe	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
B	B	B	B	B



Villeurbanne, le 07 Avril 2010

M. Pierre GLORIEUX  
Directeur de la section des unités de l'AERES  
20 rue Vivienne

75002 PARIS

Monsieur le Directeur,

Je vous remercie pour l'envoi du rapport du comité de visite concernant l'unité de recherche :

«Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs» rattachée à mon établissement.

Ce rapport n'appelle pas de commentaire particulier de la part de l'université.

Je vous prie de croire, Monsieur le Directeur, à l'expression de ma meilleure considération.

Le Président de l'Université

Lionel Collet



Institut national de recherche  
sur les transports et leur sécurité

Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs  
UMR\_T 9406, INRETS - Université de Lyon 1

## Commentaires sur le rapport du comité d'experts AERES Unité : Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs UMR\_T9406

L'Unité souhaite remercier le comité de visite pour la pertinence de son rapport d'évaluation des activités du laboratoire. Les membres de l'unité ont particulièrement apprécié les diverses phases de rencontres et les nombreuses questions des experts du comité. Les équipes de recherche et la direction de l'unité s'appuieront fortement sur les divers recommandations, encouragements et conseils émis lors de la visite et dans le rapport pour améliorer leur projet de recherche pour la période 2011-2014. Certains points particuliers ont déjà attisé la réflexion des équipes et sont détaillés ci-après.

Un projet d'unité ambitieux doit s'appuyer sur une politique de développement des moyens nécessaires à sa mise en œuvre. C'est le cas du LBMC qui vient, au moins pour le personnel INRETS, de finaliser son bilan de compétences, en particulier celui de son personnel technique. Cela a permis d'obtenir des garanties quant au remplacement de la compétence critique qu'est la préparation des matériaux biologiques pour l'expérimentation humaine. Le recrutement d'un ingénieur d'études pour les plateaux techniques de Bron est également acquis pour 2010. Toutefois, la question des personnels techniques qui ont quitté le LBMC en 2007 a bien été identifiée comme point crucial de la mise en œuvre de notre projet quadriennal par le comité de visite, ceci en réponse à un questionnement de l'institut à ce sujet.

Dans un contexte difficile, le LBMC poursuivra, en fonction des opportunités, le renforcement en chercheurs et enseignants-chercheurs des équipes de petite taille, leur permettant d'atteindre une taille critique indispensable et de renforcer leur positionnement dans les thématiques générales du LBMC. Un poste de chargé de recherche INRETS a d'ailleurs été défini pour l'équipe 4 sur des thèmes propres à la sécurité des transports. Ce recrutement n'a pas été retenu en 2010 et sera à nouveau soumis en 2011. Le LBMC compte également s'appuyer sur le mécanisme de CDD FGRC (Fonds de Garantis de la Recherche Contractuelle) mis en place à l'INRETS permettant, en mutualisant les ressources contractuelles, de recruter des chercheurs pour une longue durée (jusqu'à 6 ans). Une gestion unique de l'ensemble des ressources du LBMC serait d'ailleurs un atout en ce sens.

En termes d'équipements scientifiques, le LBMC continue sa politique d'investissement et de renouvellement de ses moyens expérimentaux. Un plan sur quatre ans de développement du plateau d'expérimentation biomécanique de Bron a été établi, les financements (région, grand emprunt, ...) sont déjà recherchés. Ce plateau se veut fédérateur de la biomécanique lyonnaise, tant avec les laboratoires des écoles d'ingénieurs, de l'école vétérinaire ou encore les facultés de médecine. Les premiers effets se font déjà sentir avec une activité en croissance forte de par l'utilisation du laboratoire de biomécanique « L2 » par des praticiens hospitaliers de la faculté de Médecine de Lyon-Sud. Il nous reste également à mutualiser nos moyens de calcul. La plupart des équipes ayant une activité en pleine croissance sur ce sujet, il devient nécessaire de définir une politique affirmée et cohérente en ce sens. Ici aussi, la gestion unique de l'UMR permettrait une plus grande efficacité dans ce domaine.

Enfin, améliorer la valorisation de nos recherches sera la priorité du quadriennal : tant sur le plan des logiciels (en ergonomie, orthopédie, ...) que dans le domaine des mannequins physiques (un dépôt de brevet sur le capteur abdominal pour les mannequins de chocs est en cours, ...). Ces efforts seront conduits en collaboration étroite avec les services juridiques et les cellules de valorisation de nos établissements.





Après la phase de croissance rapide vécue au cours de ce quadriennal, l'unité va renforcer les interactions entre ses équipes autour des domaines du transport et de la santé. Plusieurs projets communs entre équipes, ont été ou vont être définis, notamment des projets de thèses co-encadrées ont été soumis à financement cette année (entre les équipes 1 et 3, entre les équipes 2 et 4, ...).

Evidemment, l'évolution et la poursuite de la progression de notre unité va nécessiter, comme l'a souligné le comité, un effort accru sur la définition des stratégies de l'unité. Le laboratoire entend se donner les moyens de réussir, et s'appuiera de manière forte sur les exercices de programmation mis en place par l'INRETS et des retours de la direction scientifique et du conseil scientifique de l'institut sur ces documents annuels. Le comité de pilotage de l'UMR, lui aussi annuel, réunissant des membres de la direction générale de l'institut et du conseil scientifique de l'Université sera sollicité sur ce volet crucial de la stratégie de l'unité.

Le Laboratoire est conscient de sa marge de progression vis-à-vis de l'encadrement des doctorants tant en nombre d'étudiants qu'en qualité d'encadrement. La plupart de ses chercheurs ou enseignants-chercheurs sont jeunes et récemment recrutés (9 EC ou chercheurs arrivés depuis 4 ans ou moins). Il faut un peu de temps à un jeune chercheur pour être en mesure de soutenir une Habilitation à Diriger des Recherches. Toutefois, la prise de conscience de l'utilité et de l'intérêt de cette démarche est à présent claire au sein de l'unité. Une HDR a été soutenue entre le dépôt du dossier et la visite, deux le seront en 2010 et une quatrième au plus tard en 2011, renforçant les capacités d'encadrement notamment des équipes 1 et 2. Les recrutements plus récents dans l'équipe 3 font que celle-ci verra son potentiel d'HDR s'accroître également mais à plus longue échéance (d'ici 2 à 3 ans). En s'appuyant sur les recommandations et conseils du comité, des mesures incitatives ont déjà été discutées et seront mises en œuvre rapidement. Nos objectifs sont d'augmenter sensiblement le nombre de nos doctorants, tout en offrant un encadrement de haut niveau. Pour cela, il faut réduire la durée des thèses et limiter le nombre de thèses par encadrant, ce qui implique forcément une hausse du nombre d'HDR. Cet engagement fort de notre projet d'UMR sera suivi à l'aune de ces indicateurs et également à travers le nombre de publications des doctorants. Former les doctorants à la rédaction d'articles et à la présentation en congrès est, en effet, également un point clé de cette politique de formation à la recherche mise en place.

Le laboratoire est, également, bien conscient que son ouverture vers l'international qui est un de ses atouts majeurs devrait drainer plus de chercheurs et postdoctorants étrangers. Un chercheur suédois de KTH Stockholm est attendu pour la rentrée universitaire, les liens déjà noués avec l'Indian Institute of Technology Delhi (2 chercheurs actuellement en séjour au LBMC) devraient s'intensifier et les collaborations avec les USA (University of Virginia, Virginia-Tech, Penn State University) également.

Cette ouverture et le rayonnement international passent, en plus des participations actives et de l'animation de réseaux de recherche, par l'organisation de symposiums internationaux. Le LBMC ambitionne de pérenniser le colloque sur l'expérimentation humaine organisé, dans le cadre du réseau ISN (*Integrated Safety Network*), en préambule de la conférence IRCOBI (*International Research Council on Biomechanics of Injury*) et d'en faire un évènement incontournable pour les chercheurs en biomécanique des chocs. Il est d'ores et déjà candidat à l'organisation d'une conférence internationale qui devrait succéder à la conférence DHMC (*Digital Human Modeling for Design & Engineering Conference*) sur les mannequins numériques, et dans le cadre de son quadriennal à venir, essaiera d'organiser un congrès de l'European Society of Biomechanics (ESB) dont plusieurs chercheurs du LBMC sont membres.

De manière plus détaillée, les équipes souhaitent préciser certains points qui leur sont propres et qui leur semblent importants.

### **Equipe 1 : Biomécanique pour l'évaluation et l'amélioration de la protection des usagers**

Le LBMC, à travers cette équipe, joue un rôle majeur dans le paysage français et européen tant en biomécanique du choc qu'en sécurité dans les transports. Les actions menées par l'ancien directeur de l'unité, Jean Pierre Verriest, vont être reprises et poursuivies par plusieurs chercheurs de l'équipe que ce soit au niveau régional (Cluster recherche), national par le pilotage de la structure qui va poursuivre l'action du GDR2610 qu'europpéen à travers le réseau ISN. Dans ce réseau, outre la représentation de l'INRETS, le LBMC briguera la succession de J-P. Verriest à sa présidence. Cette implication forte de plusieurs membres de l'équipe (dont le DUR actuel) permettra de poursuivre les efforts sur la mise en synergie des divers acteurs de la recherche en biomécanique des chocs et dans le domaine de la sécurité des transports à l'échelle européenne.

Sur le plan de la recherche plus fondamentale (recherche amont) il s'agit de développer des collaborations et de mettre en cohérence les compétences dans la communauté biomécanicienne en évitant ainsi les redondances pour une meilleure efficacité pour tous. Les liens que l'équipe va essayer de mettre en place entre le GDR2610 Biomécanique du Choc, la Société de Biomécanique et le réseau ISN peuvent constituer une première étape pour cet objectif.

L'objectif stratégique est de collaborer et partager les connaissances de base pour nos applications spécifiques respectives. Sur le plan de ces applications, il s'agit, de plus, d'orienter les programmes de recherches vers les priorités définies en commun avec nos partenaires industriels et académiques. Pour ce faire, outre ISN qui est centré sur ses métiers (sécurité des transports et biomécanique des chocs), une participation active de l'équipe au sein du réseau d'excellence du 7<sup>ème</sup> PCRD virtual Physiological Human (VPH) (à développer) sera développée.

### **Equipe 2 : Biomécanique pour l'orthopédie, la médecine du sport et la réadaptation fonctionnelle**

Selon nous, l'un des atouts majeur de cette équipe est son interdisciplinarité. Cette opportunité de mixer, dans une même équipe, des chercheurs en mécanique et des chirurgiens orthopédistes est fortement soutenue par l'Université. De plus, la thématique « Santé » est clairement identifiée dans les axes prioritaires du prochain quadriennal de l'INRETS. Il faut, à présent, renforcer les synergies entre équipes « INRETS » et « Universitaire » à travers des projets communs dont certains ont été mis en place récemment.

Toutefois, il est vrai que le manque d'interactions véritables jusqu'à récemment à l'intérieur de l'équipe entre cliniciens et biomécaniciens a gêné la définition d'axes de recherche cohérents, menés sur le long terme. Les efforts réalisés et la volonté de plusieurs membres actuels de l'équipe de travailler ensemble vont permettre de faciliter cette tâche. La plupart des membres de l'équipe sont très conscients de cette nécessité, et vont mettre en œuvre une démarche dans ce sens, en espérant que les « cliniciens » moins convaincus comprendront l'enjeu important de cette collaboration véritable pour l'équipe mais aussi, plus généralement, pour l'évolution de l'unité dans son ensemble.

### **Equipe 3 : Simulation ergonomique pour la conception de produits**

Afin d'éclairer les objectifs et enjeux des travaux de cette jeune équipe en pleine croissance, il apparaît pertinent de préciser la notion d'inconfort qui est un élément clé de ses recherches. L'inconfort ou la gêne est et reste une notion subjective directement ressentie par les sujets. A travers son approche biomécanicienne, l'équipe ne cherche pas la conceptualisation de cette notion. Elle cherche plus précisément à fournir des indicateurs objectifs de cet inconfort qui sont basés sur la capacité fonctionnelle de l'individu, comme par exemple, le ratio entre l'effort articulaire et la capacité maximale, le concept de mouvement neutre, etc. Dans cet objectif, il est donc primordial de disposer de données sur la capacité fonctionnelle et de modèles biomécaniques permettant de comprendre et prédire ses capacités fonctionnelles. C'est là tout l'enjeu des recherches menées au LBMC et ce qui suscite le fort potentiel de valorisation (logiciel et prestations) de nos résultats.

### **Equipe 4 : Mécanique et comportement au choc des structures**

L'équipe est la dernière à avoir rejoint le LBMC qui était alors intégralement centré sur la modélisation humaine et la biomécanique. Il y avait un intérêt certain à intégrer ces mécaniciens dans le laboratoire afin, notamment, d'élargir l'éventail des connaissances en mécanique des chocs et des structures. Une équipe existante a forcément une histoire et il est difficile de tourner la page lors d'une intégration dans une nouvelle structure. La place de l'équipe n'est pas effectivement encore pleinement définie et, en ce sens, l'évaluation du LBMC nous fournit des éléments importants pour alimenter cette réflexion.

L'unité pense que l'existence de l'équipe de manière autonome et non pas intégrée dans une autre équipe est pleinement justifiée. Ses compétences sont, et les collaborations inter-équipes naissantes le démontrent, précieuses pour plusieurs thématiques des trois équipes de biomécanique. Cette partie de l'activité de l'équipe en lien étroit avec les autres équipes doit absolument augmenter lors du prochain quadriennal. Pour autant, cette équipe ne souhaite pas abandonner son cœur de métier. Pour cela, il lui faudra saisir les opportunités dans le domaine de la sécurité des transports d'un point de vue de la dissipation d'énergie et de la réponse des structures au choc qui vont se présenter à elle et c'est, entre autres, pour cela que le recrutement d'un CR INRETS au sein de cette équipe est envisagé.



Bron, le 30 mars 2010

*Pour Lyon 1 :*  
Le Président  
Lionel Collet

*Pour l'INRETS :*  
Le Directeur Général  
Guy Bourgeois

Le Directeur du LBMC  
Philippe Vezin

A blue ink signature of Philippe Vezin, consisting of a large, sweeping horizontal stroke followed by a smaller, more intricate flourish.

A black ink signature of Guy Bourgeois, featuring a stylized, cursive script with a prominent vertical stroke and a horizontal underline.