

# Projet de biomécanique – GM-5-CEBAL

## Identification des propriétés mécaniques des composants d'un modèle simplifié de paroi abdominale

### Présentation des laboratoires



Le **LaMCoS** (Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures) est une unité mixte de recherche de l'INSA de Lyon et du CNRS composée d'environ 200 collaborateurs. Implanté sur le campus de l'INSA de Lyon, le LaMCoS se structure en 6 équipes de recherche, dont l'équipe MECALIPS (Mécanique, Lipidomique et Ingénierie pour la Santé). Les objectifs de l'équipe MECALIPS sont notamment de **comprendre les mécanismes physiopathologiques** à partir de l'étude des perturbations biologiques, biochimiques et biomécaniques des maladies chroniques ciblées (de l'échelle moléculaire à l'échelle macroscopique), ainsi que de développer de nouvelles stratégies combinant la biochimie et la biomécanique pour détecter précocement des dysfonctionnements pathologiques.



Le **LBA** (Laboratoire de Biomécanique Appliquée) est une unité mixte de recherche de l'Université Gustave Eiffel et d'Aix Marseille Université composée d'une quarantaine de collaborateurs. Implanté au sein du campus de la faculté des sciences médicales et paramédicales, et adjacent à l'hôpital universitaire Nord de Marseille, la singularité du LBA provient de l'**approche pluridisciplinaire entre sciences pour l'ingénieur et médecine**. Les thématiques de recherche sont l'étude **biomécanique du corps humain** depuis la pathologie ou le traumatisme jusqu'à sa réparation. Ces recherches conjuguent connaissances cliniques et anatomiques, approches théoriques, expérimentales et numériques du comportement du corps humain.

### Contexte scientifique du projet

La paroi abdominale constitue l'interface entre les organes de l'abdomen et l'environnement extérieur (figure 1-a). La pathologie de la paroi abdominale la plus fréquente est la hernie, protrusion du contenu de la cavité abdominale (viscères) au travers d'une rupture de la sangle abdominale (figure 1-b). Une hernie se traite chirurgicalement en fermant l'orifice, souvent à l'aide d'un implant prothétique (figure 1-c et d). Très peu de connaissances scientifiques sont disponibles pour guider le chirurgien sur la meilleure façon de réparer la paroi abdominale, expliquant les forts taux de récurrence de hernies avoisinant les 30%. De meilleures connaissances des phénomènes mécaniques à l'origine des lésions de la paroi

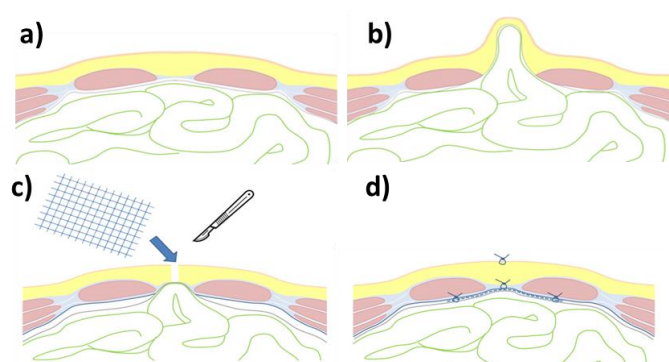
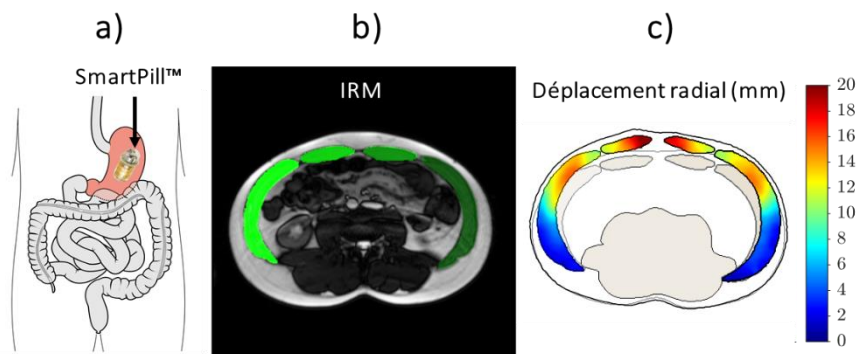


Figure 1 : Schéma de paroi abdominale : a) saine, b) herniée, c) pendant chirurgie avec implant, d) réparée

abdominale sont essentielles pour améliorer la prise en charge des patients. La simulation numérique du comportement de la paroi abdominale pourrait être un outil de compréhension et d'évaluation objective de la biomécanique de la paroi, afin d'optimiser le traitement et de le personnaliser.

## Objectif et descriptif du projet

Peu de données *in vivo* sont disponibles pour alimenter les modèles numériques de paroi abdominale. Une étude expérimentale a été menée au LBA afin d'évaluer la biomécanique de la paroi abdominale en situation physiologique chez le sujet sain. Pour cela, deux outils ont été utilisés : la SmartPill (Medtronic) qui est capsule ingérée mesurant la pression dans l'estomac (figure 2-a) et l'IRM dynamique (figure 2-b). La pression intra-abdominale, le déplacement (figure 2-c) et la déformation des muscles abdominaux lors d'une respiration profonde ont été mesurés expérimentalement.



**Figure 2 : Dispositifs expérimentaux mesurés *in vivo* chez le sujet sain :**  
**a) Capteur SmartPill pour mesure de la pression intra-abdominale**  
**b) IRM axial dynamique avec segmentation des muscles abdominaux**  
**c) Déplacement des muscles pendant un exercice de respiration**

Afin d'évaluer les contraintes dans la paroi abdominale et ainsi mieux comprendre sa biomécanique, des formules théoriques de cylindre pressurisé et des modèles numériques de paroi abdominale utilisant les données expérimentales *in vivo* peuvent être utiles.

L'objectif de ce projet est d'identifier, à partir des données expérimentales en pression et déplacement/déformation disponibles, les propriétés mécaniques des constituants de la paroi abdominale. L'un des enjeux est d'évaluer la pertinence du modèle analytique de cylindre pressurisé, qui présente l'avantage de fournir une réponse temps-réel.

Pour cela, il faudra :

- Développer un modèle simplifié d'abdomen contenant les différents groupes musculaires, la ligne blanche et la cage thoracique, en 2D ou en 3D, paramétré géométriquement pour reproduire différents cas patients, et permettant la simulation de la respiration profonde. En première approche, le comportement des tissus sera considéré élastique linéaire et homogène par composant ;

- Programmer une méthode d'identification du(des) module(s) élastique(s) basée sur la carte des déplacements et la pression mesurées ;  
Comparer les résultats à ceux obtenus par le modèle analytique.

## Contacts

- Aline Bel-Brunon, [aline.bel-brunon@insa-lyon.fr](mailto:aline.bel-brunon@insa-lyon.fr)
- Victoria Joppin, [victoria.joppin@univ-eiffel.fr](mailto:victoria.joppin@univ-eiffel.fr)