

Interactions-presse

L'UTC et SEGULA Technologies consolident leur partenariat en collaboration avec l'AP-HP et le CNRS pour finaliser le design du nouvel implant cardiaque Renovalve

Au carrefour de la recherche scientifique, de la clinique et de l'ingénierie, le projet Renovalve résulte du partenariat réussi entre des entités aux expertises complémentaires. À la tête d'une équipe spécialisée en biomécanique des fluides, Anne-Virginie Salsac, directrice de recherche du CNRS au laboratoire Biomécanique et bioingénierie (UTC/CNRS) pilote depuis sept ans la conception, en collaboration avec l'Hôpital Henri Mondor (AP-HP), d'un nouvel implant destiné à la réparation de la valve mitrale. C'est en 2017 que le groupe d'ingénierie SEGULA Technologies rejoint le projet Renovalve afin de lui apporter son expertise en simulation numérique. Les deux travaillent actuellement main dans la main sur la finalisation du design de l'implant.

Au sein du laboratoire **Biomécanique et bioingénierie** (BMBI, **Université de Technologie de Compiègne** et **CNRS**), **Anne-Virginie Salsac**, directrice de recherches au CNRS, dirige l'**équipe Interactions fluides structures biologiques** (IFSB), qui s'intéresse notamment à la modélisation numérique et expérimentale du système cardiovasculaire et à diverses modalités d'intervention thérapeutique.

Dans le prolongement de sa thèse en biomécanique des fluides obtenue à l'Université de Californie à San Diego, en double tutelle avec le LadHyX de l'École Polytechnique, Anne-Virginie Salsac s'intéresse en particulier aux écoulements dans les grandes artères et dans le cœur, en s'appuyant sur les avantages complémentaires de l'approche numérique et de l'expérimentation. Elle s'est ainsi penchée sur diverses approches endovasculaires (via cathéter) pour la thérapie de pathologies cardiovasculaires, comme le traitement de sténoses apparaissant sur des fistules artérioveineuses (courts-circuits

vasculaires), qu'elle a exploré par simulation numérique, ou l'embolisation (obstruction) de vaisseaux sanguins par injection de biocolles liquides, qu'elle a étudiée par des expériences in vitro.

Un implant pour restaurer l'efficacité de la valve mitrale

Anne-Virginie Salsac co-encadre depuis sept ans un ambitieux projet de conception d'un implant cardiaque innovant, et breveté, destiné à traiter un certain type d'insuffisance cardiaque affectant la valve mitrale. Cette aventure commence en 2014, lorsque le professeur Jean-Paul Couetil, chef du service de chirurgie thoracique et cardio-vasculaire, et son collègue le docteur Eric Bergoënd, tous deux chirurgiens cardiaques au CHU Henri Mondor de Créteil, contactent les chercheurs du BMBI pour leur exposer leur concept d'un nouveau type d'implant cardiaque afin qu'ils puissent concrétiser leur idée.

Baptisé Renovalve, cet implant est destiné à compenser la détérioration de la valve mitrale, qui permet au sang de s'écouler en sens unique de l'oreillette gauche vers le ventricule gauche, tel un double clapet anti-retour. Quand elle est défectueuse, ses deux feuillets (valvules) ne viennent plus au contact l'un de l'autre, et une partie du sang reflue dans l'oreillette au cours de la contraction du muscle cardiaque, avec pour conséquence une perte d'efficacité de la pompe cardiaque. Pour remplacer ou réparer cette valve déficiente, l'option radicale reste la chirurgie à cœur ouvert. Pour éviter la thoracotomie (ouverture du thorax), on intervient aujourd'hui de manière « mini-invasive », par voie transcutanée, c'est-à-dire à l'aide d'un long tube souple (cathéter) inséré dans la veine fémorale au niveau de l'aîne. La technique en vigueur consiste à poser une sorte de pince (comme le MitraClip du laboratoire Abbott), qui maintient face à face les deux feuillets de la valve. Cela favorise leur contact sans le garantir, mais perturbe le fonctionnement de la valve et l'écoulement sanguin.

Un partenariat université – industrie efficace

L'approche innovante développée par cette équipe de l'UTC et du CNRS consiste à rétablir l'étanchéité de la valve en fixant sur l'un de ses feuillets un ballonnet gonflable, de manière « mini-invasive » (par voie transcutanée, sans opération à cœur ouvert). Un prototype de cet implant, réalisé par impression 3D, a été testé in vitro sur une valve bioartificielle, ouvrant la voie à des études précliniques plus avancées.

En 2017, le groupe mondial d'ingénierie **SEGULA Technologies** rejoint le projet Renovalve pour y apporter son expertise en simulation numérique. L'artisan de cette opération sera Laurent Lanquetin, responsable d'activités calcul en mécanique des fluides au sein du groupe.

La collaboration passe par le recrutement en stage de Thibaut Alleau, qui dès l'obtention de son diplôme de l'école d'ingénieurs SeaTech de l'université de Toulon, poursuit les travaux de simulation numérique de la valve mitrale au cours d'une thèse Cifre, co-pilotée par Anne-Virginie Salsac à l'UTC et Laurent Lanquetin à SEGULA Technologies. Il soutiendra cette thèse prochainement.

Durant ces trois années, Thibaut Alleau a développé une plateforme de simulation adaptée à ce sujet bien particulier. Les difficultés sont nombreuses : le modèle associe des éléments solides (cœur, valve prothétique) et liquides (sang) et il faut donc simuler ce couplage solide-liquide. Les matériaux utilisés sont hyper-élastiques et anisotropes. À l'issue de ces travaux de thèse, la plateforme ad hoc est opérationnelle. « On visualise la fermeture de la valve, affirme Anne-Virginie Salsac, on voit à quel point les feuillets se touchent, s'il y a une fuite ou pas. »

Finaliser la conception, préparer l'industrialisation

Aujourd'hui, le partenariat entre l'UTC et SEGULA Technologies passe à la vitesse supérieure : Thibaut Alleau va effectuer un post-doctorat de deux ans au cours duquel il va finaliser la conception de l'implant. Il s'agit de terminer le design, de réaliser un prototype complet, en faisant potentiellement appel à l'impression 3D, puis de réaliser les premiers essais sur des animaux en vue d'arriver aux essais précliniques. Un dossier « France Relance » a été déposé et des discussions sont en cours avec la SATT (Société d'Accélération du Transfert de Technologies) Lutech. « Nous recherchons activement

un partenaire industriel qui serait intéressé à produire et commercialiser notre implant, indique Anne-Virginie Salsac. Mais l'hypothèse de la création d'une start-up est également explorée. »

Cette collaboration entre l'UTC, le CNRS, le CHU Henri Mondor et Segula Technologies devrait connaître encore un nouveau rebondissement, assure Anne-Virginie Salsac, puisqu'un second brevet vient d'être déposé pour un autre dispositif de réparation mitrale, reposant cette fois sur un matériau à mémoire de forme. À suivre...

INTERVENANTS

Dr Anne-Virginie Salsac, directrice de recherche CNRS au sein du laboratoire Biomécanique et bioingénierie, Université de Technologie de Compiègne/CNRS.

Thibaut Alleau, qui va prolonger sa thèse Cifre sous la direction d'Anne-Virginie Salsac en partenariat avec l'entreprise SEGULA Technologies en effectuant un post-doctorat pendant deux ans entre l'UTC et cette entreprise.

Dr Eric Bergoënd, chirurgien cardiaque au CHU Henri Mondor (AP-HP).

Laurent Lanquetin, responsable d'activités calculs chez SEGULA Technologies.