

BioDesign

Depuis de nombreuses années, la conception mécanique a été basée sur des pièces définies à partir de géométries canoniques (par exemple des cylindres et des plans). Aujourd'hui, les moyens de simulation, de prototypage et de fabrication ne sont plus des contraintes pour le développement de nouveaux concepts. Les moyens de calcul et les nouveaux formalismes de modélisation, tels que les jumeaux numériques, permettent une analyse mécanique détaillée et réaliste de systèmes complexes (mécaniques et biologiques). Les technologies de fabrication actuelles, telles que la fabrication additive et l'usinage CNC 5 axes, permettent d'obtenir des pièces présentant des surfaces complexes. La fabrication additive ouvre des perspectives sur l'obtention de mécanismes déjà assemblés. Ainsi, les barrières technologiques ont été levées, cela ouvre de nouvelles voies pour le développement de nouveaux paradigmes de conception.

La bio-inspiration, en tant que paradigme de recherche, vise à comprendre les structures et les processus naturels pour guider la recherche scientifique dans les sciences non biologiques. Dans la lutte pour la survie, les systèmes naturels ont atteint des propriétés extraordinaires en exploitant des structures multi-échelles et multiphasiques. D'un point de vue mécanique, la nature a généré des structures et des liaisons spécialisées dont les propriétés mécaniques dépassent celles créées par l'homme. Alors, pourquoi ne pas inspirer la conception des systèmes mécaniques des processus biologiques ?

Des théories et des modèles numériques ont été développés pour reproduire les processus de morphogenèse et de croissance osseuse. Cependant, ces théories et modèles n'ont pas encore été explorés comme source d'inspiration pour la conception et le dimensionnement de systèmes et de pièces mécaniques. Il manque un lien entre les théories de croissance osseuse et les méthodologies de conception mécanique. L'adaptation de ces théories biologiques dans un contexte technologique pourrait offrir une opportunité de formuler des nouvelles approches de conception mécanique.

Le projet BioDesign étudiera l'hypothèse que les mécanismes biologiques de croissance des endosquelettes peuvent être imités dans un contexte d'ingénierie pour automatiser la conception des mécanismes. Afin de vérifier cette hypothèse, l'objectif global de ce projet est de formuler de nouvelles méthodologies de conception et d'implémenter des outils numériques inspirés des théories de la croissance osseuse pour le développement d'applications en ingénierie. En d'autres termes, il s'agit d'apprendre comment la nature fait croître la matière, dans un contexte à ressources limitées, pour réaliser de systèmes mécaniques fonctionnels. L'idée est de capitaliser les possibilités de la fabrication additive pour obtenir des mécanismes à géométrie complexe déjà assemblés.

Les données d'entrée de la méthodologie seront les chargements mécaniques externes au système mécanique étudié ainsi que sa topologie. L'algorithme, imitant les processus de morphogenèse biologique, façonnera les pièces élémentaires en fonction des contraintes mécaniques générées notamment sur les surfaces de contact. Dans une formulation itérative, toutes les pièces seront façonnées simultanément. Le résultat de la méthodologie sera la géométrie externe optimisée des pièces élémentaires du système. Des algorithmes seront développés sous la forme d'un démonstrateur. Des évaluations expérimentales et numériques seront effectuées. Des logiciels libres de droit seront utilisés pour l'implémentation du démonstrateur : Salome/Code Aster pour l'analyse mécanique par éléments finis, SimTK pour la l'analyse dynamique multicorps et OpenCascade pour la modélisation géométrique. Conformément à l'esprit d'une science ouverte, les outils numériques développés seront également à code source ouvert pour être diffusés dans la communauté scientifique.