

Avant-propos

L'intégration de l'optimisation structurale en biomécanique est un domaine très vaste. Dans cet ouvrage, on s'intéresse tout d'abord à l'intégration de *l'optimisation structurale* en conception des prothèses orthopédiques et orthodontiques, mais également en chirurgie de forage. Puis on expose l'intégration *de la fiabilité et de l'optimisation structurale* en conception des prothèses orthopédiques et orthodontiques. Les applications sont effectuées en 2D et en 3D d'une façon simple, en considérant les trois grandes familles de l'optimisation structurale : optimisation d'échelle, de forme et de topologie.

Dans tous les domaines de la mécanique des structures, l'impact de la bonne conception d'une pièce est très important sur sa résistance, sa durée de vie et son utilisation en service. Ce défi est quotidien dans les secteurs de pointe que sont la recherche spatiale, l'aéronautique, l'automobile, la compétition navale, la mécanique fine, la mécanique de précision ou les ouvrages d'art en génie civil... Le développement de l'art de l'ingénieur requiert des efforts considérables pour améliorer sans cesse les techniques de conception des structures. L'optimisation intervient de façon primordiale dans l'augmentation des performances et la réduction de masse des engins aérospatiaux et automobiles, entraînant ainsi de substantielles économies d'énergie. Le développement constant des techniques de conception assistée par ordinateur et des stratégies d'optimisation s'inscrit dans ce cadre.

L'optimisation structurale est encore un peu difficile à appliquer dans certains domaines. Dans l'optimisation structurale déterministe, tous les paramètres ayant une nature incertaine sont décrits par des valeurs caractéristiques défavorables, associées à des coefficients de sécurité. L'approche déterministe utilise une marge pessimiste déterminée en fonction des conséquences d'une défaillance probable. Cette approche conduit la plupart du temps à un dimensionnement injustifié, notamment pour les structures sensibles. En revanche, les chercheurs ont développé

une autre approche mieux adaptée aux phénomènes physiques incertains. Dans cette approche, la défaillance d'une structure est réalisée si la probabilité de défaillance est supérieure à un seuil préfixé. Cette approche, appelée « approche probabiliste », est de plus en plus utilisée dans l'ingénierie, comme en témoignent les différentes applications en industrie. Elle est appliquée pour vérifier que la probabilité est suffisante lorsque la géométrie de la structure est connue, ou pour optimiser le dimensionnement de la structure de façon à respecter certains objectifs fixés, comme un coût souhaité ou un niveau de probabilité espéré.

L'analyse de fiabilité est un outil important à la prise de décision pour établir un plan de maintenance et d'inspection. Elle peut également être utilisée dans la validation des normes et des règlements. Pour effectuer l'analyse de fiabilité, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour donner la probabilité de défaillance d'une façon efficace et simple. L'analyse de fiabilité est une stratégie qui permet d'évaluer le niveau de fiabilité sans pouvoir contrôler la conception pour un niveau requis de fiabilité. La fiabilité est ainsi devenue un outil important à intégrer dans le processus d'optimisation structurale.

Cet ouvrage fait aussi le point sur les outils nécessaires à l'intégration de la fiabilité et de l'optimisation structurale en biomécanique. Tout d'abord, les stratégies déterministes de l'optimisation structurale sont présentées pour pouvoir les implémenter en conception des structures. Ces stratégies déterministes sont appliquées dans plusieurs domaines en biomécanique, notamment dans la conception de prothèses orthopédiques et orthodontiques, et la chirurgie de forage. Les approches fiabilistes portant sur l'intégration de la fiabilité en optimisation structurale sont ensuite présentées en détail avec des applications mécaniques. Ces stratégies fiabilistes sont également appliquées en conception de prothèses orthopédiques et orthodontiques en prenant en compte l'incertitude en géométrie, matériaux et chargement. Enfin, la fiabilité des systèmes est intégrée en considérant plusieurs scénarios de défaillance.

Cet ouvrage constitue un support précieux pour les enseignants et les chercheurs. Il s'adresse également aux élèves ingénieurs, aux ingénieurs en activité et aux étudiants universitaires du niveau Master.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de cet ouvrage, en particulier Sophie Le Cann, chercheur du

Département de génie biomédical (BMC) de l'Université de Lund pour sa contribution de linguiste au niveau biologique. Une grande reconnaissance s'adresse à nos familles, à nos étudiants et à nos camarades pour leur grand soutien moral pendant l'élaboration de cet ouvrage.

Ghias KHARMANDA
Abdelkhalak EL HAMI