

Avant-propos

L'optimisation est un domaine des mathématiques où l'on s'intéresse à la maximisation (ou à la minimisation) d'un objectif donné, tel qu'une énergie ou encore une valeur économique. Les problèmes en dynamique des structures mécaniques par exemple prennent une très grande importance, notamment la tendance à construire des assemblages mécaniques de plus en plus souples et soumis aux excitations qui fluctuent de plus en plus rapidement dans le temps.

Cet ouvrage illustre, avec de nombreux détails, l'état de l'art de la science pluridisciplinaire de l'optimisation multiphysique et la fiabilité des structures. Dans un contexte de recherche perpétuelle d'amélioration de la compétitivité industrielle, l'évolution des méthodes, et des outils de conception et d'optimisation des produits apparaît comme une nécessité stratégique au regard d'un impératif de réduction des coûts. Pour accroître la compétitivité de leurs dispositifs mécatroniques, les équipementiers des domaines du génie civil, de l'automobile et l'aéronautique doivent innover tant au niveau de la conception qu'au niveau des processus d'assemblage, et ce pour réduire les durées de développement des produits. De plus, ces produits innovants doivent bien évidemment allier d'excellentes performances fonctionnelles et opérationnelles incluant l'optimisation fiabiliste pour pouvoir pleinement répondre aux attentes du marché mondial. Dans le domaine de l'aéronautique, les besoins portent principalement sur la prévision et la maîtrise des coûts induits par les défaillances apparaissant à la mise en service, pendant la période de garantie, et pendant l'exploitation de l'avion sachant que, dans le futur, les nouveaux contrats de vente de matériels aéronautiques s'orienteront de plus en plus vers de la vente à l'heure d'exploitation. Bien que le secteur aéronautique présente des volumes de production relativement faibles par rapport à l'automobile (en termes de nombre d'unités par type de produit), les enjeux financiers sont forts et de fait, les constructeurs aéronautiques surdimensionnent les composants mécatroniques en cas de méconnaissance des problèmes.

Cet ouvrage propose de nouvelles méthodes d'optimisation couplées avec les méthodes fiabilistes permettant l'analyse du cycle de vie d'un système. Le cycle en V permet d'inscrire les phases de développement dans la dimension du temps de développement et des niveaux de complexité d'intégration. Chaque chapitre débute par des rappels de résultats essentiels, ce qui ne doit pas empêcher le lecteur d'aller consulter les références mentionnées dans l'ouvrage.

Le premier chapitre présente les différentes méthodes en mécanique pour l'analyse en dynamique des structures et l'optimisation. Ensuite, on a pris en compte la notion d'incertitude en présentant les différentes méthodes d'éléments finis stochastiques et d'optimisation fiabiliste.

Le deuxième chapitre présente une méthodologie couplant les techniques de l'optimisation fiabiliste en conception et les méthodes de synthèse modale. Premièrement, on présente l'état de l'art des méthodes de synthèse modale. Ensuite, on propose un algorithme en intégrant les méthodes de synthèse modale dans le processus d'optimisation fiabiliste. Enfin, nous évaluons cet algorithme sur différentes applications en montrant l'efficacité et la robustesse de la méthode proposée.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des équations générales de la dynamique des structures mécaniques en envisageant de les appliquer aux méthodes de synthèse modale stochastiques. La première section est consacrée à un rappel des équations du mouvement d'une structure mécanique, aux notations pour le calcul des réponses dynamiques, au calcul des modes propres et les fonctions de réponse en fréquence. En revanche, les méthodes de résolution directe font l'intégration des équations du mouvement, afin de traiter les structures non linéaires ou si le contenu fréquentiel de l'excitation couvre un grand nombre de modes de la structure. Dans la seconde section, on rappelle la méthode de la sous-structuration. Elle consiste à traiter une structure comme un assemblage de sous-structures interconnectées les unes aux autres.

L'objectif du quatrième chapitre est de déterminer la meilleure méthodologie à suivre pour l'optimisation fiabiliste des structures soumises à des vibrations aléatoires en prenant en compte l'endommagement par fatigue.

Le cinquième chapitre présente l'optimisation et la mise en forme par hydroformage. Ce procédé fait intervenir plusieurs phénomènes complexes et présente plusieurs types de non-linéarités (matérielle, géométrique, conditions aux limites, etc.). Le perfectionnement d'une telle opération nécessite beaucoup d'essais afin de déterminer d'une manière précise les trajets optimaux de chargements et obtenir une pièce sans défauts.

Le sixième chapitre présente les problèmes d'optimisation fiabiliste de conception des structures en vibration et en interaction avec un fluide en écoulement, dans le but de détecter les bandes fréquentielles critiques qui peuvent mener à l'endommagement ou la destruction de la structure à optimiser.

Le septième chapitre est consacré à la présentation de la méthode du Chaos polynomial généralisé dans le processus de l'optimisation fiabiliste d'implant dentaire.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de cet ouvrage, en particulier les élèves ingénieurs et les doctorants de l'INSA de Rouen Normandie, que nous avons eus en charge au cours de ces dernières années.