

Table des matières

Avant-propos	11
Introduction	15
Chapitre 1. Introduction à l'optimisation structurale	19
1.1. Introduction	19
1.2. Développements en optimisation structurale	20
1.3. Optimisation d'échelle.	22
1.3.1. Définition	22
1.3.2. Premières études en optimisation d'échelle	22
1.3.3. Application numérique	23
1.3.3.1. Description et modélisation du problème	23
1.3.3.2. Résultats numériques	24
1.4. Optimisation de forme	29
1.4.1. Définition	29
1.4.2. Premières études en optimisation de forme	30
1.4.3. Application numérique	30
1.4.3.1. Description et modélisation du problème	30
1.4.3.2. Résultats numériques	31
1.5. Optimisation de topologie.	34
1.5.1. Définition	34
1.5.2. Premières études en optimisation de topologie	35
1.5.3. Application numérique	36
1.5.3.1. Description et modélisation du problème	36
1.5.3.2. Résultats numériques	37
1.6. Conclusion.	39

Chapitre 2. Intégration de l'optimisation structurale en biomécanique	41
2.1. Introduction	41
2.2. Intégration de l'optimisation structurale en conception des prothèses orthopédiques	41
2.2.1. Optimisation structurale de la prothèse de hanche	42
2.2.1.1. Optimisation de forme d'une tige de la prothèse de hanche en 2D	42
2.2.1.2. Optimisation de topologie d'une tige de la prothèse de hanche sans interface avec l'os	45
2.2.1.3. Etude des matériaux et des formes de la prothèse de hanche en 3D	49
2.2.2. Optimisation d'échelle de la prothèse d'un disque intervertébral en 3D	60
2.2.2.1. Description et modélisation du problème	60
2.2.2.2. Résultats numériques	62
2.3. Intégration de l'optimisation structurale en conception des prothèses orthodontiques	65
2.3.1. Optimisation d'échelle d'un implant dentaire	65
2.3.1.1. Description et modélisation du problème	65
2.3.1.2. Résultats numériques	67
2.3.2. Optimisation de forme d'une mini-plaque	67
2.3.2.1. Description et modélisation du problème	67
2.3.2.2. Résultats numériques	69
2.4. Intégration avancée de l'optimisation structurale en chirurgie de forage	70
2.4.1. Cas de traitement d'une fissure avec un seul trou	71
2.4.1.1. Description et modélisation du problème	71
2.4.1.2. Résultats numériques	71
2.4.2. Cas de traitement d'une fissure avec deux trous	73
2.4.2.1. Description et modélisation du problème	73
2.4.2.2. Résultats numériques	73
2.5. Conclusion	75
 Chapitre 3. Intégration de la fiabilité en optimisation structurale	 77
3.1. Introduction	77
3.2. Bibliographie du couplage d'optimisation fiabiliste	78
3.3. Comparaison entre optimisation déterministe et fiabiliste	81

3.3.1. Optimisation déterministe	81
3.3.2. Optimisation fiabiliste.	83
3.4. Application numérique	85
3.4.1. Description et modélisation du problème.	85
3.4.2. Résultats numériques	85
3.5. Approches et stratégies pour l'optimisation fiabiliste	88
3.5.1. Approches mono-niveau MLA (<i>Mono-Level Approaches</i>)	88
3.5.2. Approches à deux niveaux DLA (<i>Double-Level Approaches</i>).	89
3.5.3. Approches séquentielles découplées SDA (<i>Sequential Decoupled Approaches</i>)	89
3.6. Deux points de vue pour les développements de l'optimisation fiabiliste.	89
3.6.1. Point de vue « fiabilité »	90
3.6.2. Point de vue « optimisation »	91
3.6.3. Efficacité des méthodes.	91
3.7. Intégration de la fiabilité en optimisation structurale	94
3.8. Conclusion	95

Chapitre 4. Modèle de l'optimisation fiabiliste de conception. 97

4.1. Introduction	97
4.2. Méthode classique	98
4.2.1. Formulations	98
4.2.2. Conditions d'optimalité.	98
4.2.3. Algorithme	99
4.2.4. Avantages et inconvénients.	100
4.3. Méthode hybride	101
4.3.1. Formulation.	101
4.3.2. Conditions d'optimalité.	103
4.3.3. Algorithme	105
4.3.4. Avantages et inconvénients.	106
4.4. Méthode hybride améliorée (IHM)	107
4.4.1. Formulations	107
4.4.2. Conditions d'optimalité.	108
4.4.3. Algorithme	111
4.4.4. Avantages et inconvénients.	112
4.5. Méthode des facteurs optimaux de sûreté (OSF).	112
4.5.1. Facteurs de sécurité (sûreté)	112
4.5.2. Développements et conditions d'optimalité	113
4.5.3. Algorithme	118
4.5.4. Avantages et inconvénients.	119

4.6. Méthode du point le plus sûr (SP)	120
4.6.1. Formulations	120
4.6.1.1. Cas non symétrique	121
4.6.1.2. Cas symétrique	122
4.6.2. Algorithme	124
4.6.2.1. Algorithme pour le cas non symétrique	124
4.6.2.2. Algorithme pour le cas symétrique	124
4.6.3. Avantages et inconvénients.	126
4.7. Applications numériques	127
4.7.1. Optimisation fiabiliste d'un crochet : CM et HM	127
4.7.1.1. Description et modélisation du problème	127
4.7.1.2. Résultats numériques	127
4.7.2. Optimisation fiabiliste d'une plaque triangulaire : HM et IHM	129
4.7.2.1. Description et modélisation du problème	129
4.7.2.2. Résultats numériques	130
4.7.3. Optimisation fiabiliste d'une poutre console (sandwich) : HM et OSF	131
4.7.3.1. Description et modélisation du problème	131
4.7.3.2. Résultats numériques	134
4.7.4. Optimisation fiabiliste d'une aile d'avion : HM et SP	134
4.7.4.1. Description et modélisation du problème	134
4.7.4.2. Résultats numériques	135
4.8. Classification des méthodes développées	137
4.8.1. Méthodes numériques	137
4.8.2. Méthodes semi-numériques	138
4.8.3. Comparaison entre les méthodes numériques et semi-numériques	140
4.9. Conclusion	141

Chapitre 5. Modèle de l'optimisation fiabiliste de topologie 143

5.1. Introduction.	143
5.2. Formulation et algorithme pour le modèle RBTO	144
5.2.1. Formulation	144
5.2.2. Algorithme	145
5.2.3. Validation du code développé.	147
5.3. Validation du modèle RBTO	148
5.3.1. Validation analytique.	148
5.3.2. Validation numérique	149
5.3.2.1. Application en optimisation d'échelle	149
5.3.2.2. Application en optimisation de forme.	153

5.4. Variabilité de l'indice de fiabilité	156
5.4.1. Exemple 1 : poutre à deux appuis (<i>MBB beam</i>)	157
5.4.2. Exemple 2 : poutre console (<i>Cantilever beam</i>).	158
5.4.3. Exemple 3 : poutre console à double force (<i>Cantilever beam with double loads</i>)	158
5.4.4. Exemple 4 : poutre console avec un trou (<i>Cantilever beam with a hole</i>)	158
5.5. Applications numériques pour le modèle RBTO	159
5.5.1. Analyse statique	159
5.5.2. Analyse modale	161
5.5.3. Analyse en fatigue	162
5.6. Deux points de vue pour l'intégration de la fiabilité en optimisation de topologie	165
5.6.1. Point de vue « topologie »	165
5.6.2. Point de vue « fiabilité »	165
5.6.3. Applications numériques pour les deux points de vue	167
5.6.3.1. Analyse au point de vue « topologie »	168
5.6.3.2. Analyse au point de vue « fiabilité »	170
5.7. Conclusion	173

Chapitre 6. Intégration de la fiabilité et de l'optimisation structurale en conception de prothèses 175

6.1. Introduction.	175
6.2. Conception de prothèses	176
6.3. Intégration de l'optimisation de topologie en conception de prothèses	176
6.3.1. Importance de l'optimisation de topologie en conception de prothèses	177
6.3.2. Place de l'optimisation de topologie en chaîne de la conception de prothèses	178
6.4. Intégration de la fiabilité et de l'optimisation structurale en conception de la prothèse de hanche.	179
6.4.1. Application numérique de l'approche déterministe	180
6.4.1.1. Description et modélisation du problème.	180
6.4.1.2. Résultats numériques	184
6.4.2. Application numérique de l'approche fiabiliste	190
6.4.2.1. Description et modélisation du problème.	190
6.4.2.2. Résultats numériques	191

6.5. Intégration de la fiabilité et de l'optimisation structurale en conception des systèmes des mini-plaques utilisées pour le traitement des mandibules fracturées	197
6.5.1. Application numérique de l'approche déterministe	198
6.5.1.1. Description et modélisation du problème.	198
6.5.1.2. Résultats numériques	200
6.5.2. Application numérique de l'approche fiabiliste	204
6.5.2.1. Description et modélisation du problème.	204
6.5.2.2. Résultats numériques	205
6.6. Intégration de la fiabilité et de l'optimisation structurale en conception des implants dentaires	208
6.6.1. Description et modélisation du problème	208
6.6.2. Résultats numériques.	210
6.6.2.1. Optimisation déterministe de conception.	211
6.6.2.2. Optimisation fiabiliste de conception	212
6.7. Conclusion	213
Annexe 1. Code ANSYS pour la géométrie de la tige.	215
Annexe 2. Code ANSYS pour la géométrie de la mini-plaque	221
Annexe 3. Code ANSYS pour la géométrie de l'implant dentaire.	225
Annexe 4. Code ANSYS pour la géométrie de l'implant dentaire avec l'os	231
Bibliographie	237
Index	251