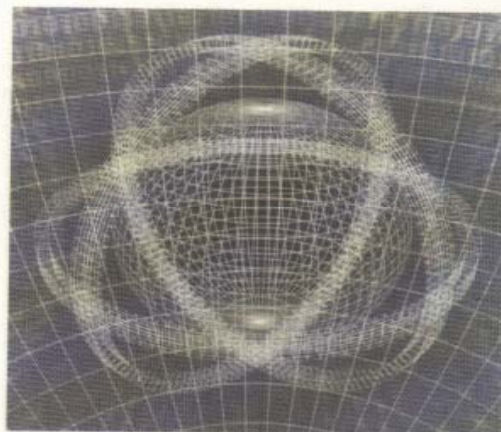


Mécanique et Ingénierie des Matériaux

Maillage et adaptation



sous la direction de
Paul-Louis George

hermes

Lavoisier

Table des matières

Introduction générale	17
Paul-Louis GEORGE	
Chapitre 1. Maillage adapté	21
Daniel H. LO	
1.1. Introduction	21
1.2. Maillage adapté en deux dimensions	23
1.2.1. Maillage en triangles	24
1.2.1.1. Méthode de Delaunay 2D	24
1.2.1.2. Méthode frontale 2D	27
1.2.1.3. Génération de maillage par isolignes	29
1.2.1.4. Technique de remplissage	30
1.2.1.5. Technique de type <i>quadtree</i>	31
1.2.1.6. Raffinement par subdivision	31
1.2.2. Maillage en quadrangles	32
1.2.2.1. Méthodes directes	33
1.2.2.2. Méthodes indirectes	33
1.3. Maillages adaptés pour les surfaces	35
1.3.1. Introduction	35
1.3.2. Méthode de projection paramétrée	35
1.3.3. Génération de maillages de surface par une méthode directe	38
1.4. Adaptation de maillages pour des solides 3D	39
1.4.1. Maillages non structurés en tétraèdres	39
1.4.1.1. Technique <i>octree</i>	40
1.4.1.2. Triangulation de Delaunay 3D	41
1.4.1.3. Méthode frontale 3D	45
1.4.1.4. Génération de maillages par raffinement sélectif	46
1.4.2. Génération de maillages non structurés en hexaèdres	47
1.4.2.1. Méthodes directes	48
1.4.2.2. Méthodes indirectes	50
1.5. Bibliographie	52

Chapitre 2. Arbres et mailles	63
Pascal Jean FREY	
2.1. Introduction	63
2.2. Décomposition spatiale d'un domaine.	64
2.2.1. Données spatiales.	65
2.2.1.1. Indexation spatiale.	65
2.2.1.2. Arbres	65
2.2.2. 4-arbres.	69
2.2.3. Principe de décomposition spatiale	71
2.2.3.1. Principe général	71
2.2.3.2. Critère de découpage	71
2.2.3.3. Espace de voisinage	72
2.2.4. Applications	73
2.2.4.1. Compression d'image	73
2.2.4.2. Décomposition associée à une frontière	73
2.3. De l'arbre au maillage	74
2.3.1. Considérations générales	75
2.3.1.1. Interaction avec un modèle géométrique.	75
2.3.1.2. Motivations	77
2.3.2. Techniques de maillage par décomposition spatiale	78
2.3.3. Spécification des paramètres de maillage	78
2.3.4. Construction de l'arbre	79
2.3.5. Un maillage, enfin !	84
2.3.6. Optimisation de maillage	87
2.3.6.1. Mesure de qualité	88
2.3.6.2. Procédure d'optimisation.	88
2.3.6.3. Quelques exemples	89
2.3.7. Une brève synthèse.	91
2.3.7.1. Schéma général.	91
2.3.7.2. Aspects numériques	92
2.4. Maillage gouverné	92
2.4.1. Définition d'un espace de contrôle	93
2.4.2. Construction gouvernée de l'arbre.	93
2.4.3. Optimisation en taille du maillage.	94
2.4.4. Aspects algorithmiques	95
2.5. Autres applications	95
2.5.1. Maillage voxels	96
2.5.2. Génération de maillage hexaédrique	96
2.6. Conclusions	97
2.7. Bibliographie.	98

Chapitre 3. La méthode frontale	105
Rainald LÖHNER	
3.1. Introduction	105
3.2. Description du domaine à mailler	106
3.2.1. Description par des fonctions analytiques	106
3.2.2. Description par des données discrètes.	106
3.3. Description des tailles et formes des éléments	107
3.3.1. Mesure de la qualité du maillage.	107
3.3.2. Fonctions analytiques	108
3.3.3. Définition par boîtes	108
3.3.4. Sources ponctuelles, linéïques ou surfaciques	108
3.3.5. Maillage de fond	112
3.3.6. Taille d'élément attachée aux données CAO	114
3.3.7. Maillages de fond adaptatifs	116
3.3.8. Maillage de surface avec un maillage de fond adaptatif	117
3.4. La méthode frontale.	119
3.4.1. Description générale	119
3.4.2. Détection des intersections entre faces	121
3.4.3. Techniques pour améliorer la fiabilité	123
3.4.4. Structures de données pour faciliter les recherches	124
3.4.5. Techniques pour améliorer la vitesse (en scalaire)	125
3.4.6. Parallélisation	127
3.5. Exemples d'application	129
3.6. Bibliographie.	132
Chapitre 4. La marche unité	139
Houman BOROUCHE	
4.1. Introduction	139
4.2. Maillage équilatéral, maillage unité	141
4.3. La marche unité	150
4.3.1. Discrétisation unité de Γ , la frontière du domaine Ω	151
4.3.2. Maillage unité du domaine Ω	152
4.3.2.1. Stratégie de placement des points internes	153
4.3.2.2. Noyau de Delaunay contraint généralisé.	154
4.4. Quelques procédures d'optimisations	156
4.4.1. Qualité en longueur d'arêtes	156
4.4.2. Qualité en forme d'éléments	157
4.4.3. Bascules d'arêtes	158
4.4.4. Bougés de points	158
4.5. Exemples d'application	159
4.5.1. Maillage unité adapté à une image.	160
4.5.2. Remaillages en grandes déformations.	162

4.6. Conclusion	167
4.7. Bibliographie.	168
Chapitre 5. Maillages de grande taille	173
Brian LARWOOD, Nigel WEATHERILL, Oubay HASSAN, Ken MORGAN	
5.1. Introduction	173
5.2. Stratégies pour la génération de grands maillages	176
5.2.1. H-raffinement puis décomposition de domaine	176
5.2.2. Décomposition de domaine puis h -raffinement	176
5.2.3. Génération de maillages sur un ordinateur parallèle.	177
5.3. Génération de maillages en parallèle.	177
5.3.1. Partitionnement géométrique	177
5.3.2. Communication entre processeurs	178
5.3.3. Equilibrage dynamique	178
5.3.4. Communication entre sous-domaines	179
5.3.5. Equilibrage des charges	180
5.3.6. Lissage des interfaces	180
5.4. Décomposition du domaine	181
5.4.1. Une décomposition de type Delaunay.	181
5.4.2. Subdivision multidirectionnelle par plans	181
5.5. Exemples et résultats	187
5.5.1. Performances du mailleur parallèle	187
5.5.2. Qualité du maillage.	187
5.5.3. Cas test n° 1 : véhicule supersonique	187
5.5.4. Cas test n° 2 : conduit CEM Aerospace.	189
5.5.5. Cas test n° 3 : génération de maillages anisotropes pour un avion .	191
5.6. Conclusion	191
5.7. Bibliographie.	192
Chapitre 6. Interpolation transfinie et maillage	193
Alain PERRONNET	
6.1. Introduction	193
6.2. Cas du rectangle ou d'un quadrangle déformé	195
6.2.1. Interpolation transfinie sur un rectangle	195
6.2.2. Maillage structuré C^0 d'un quadrangle de $\mathbb{R}^d$	196
6.3. Cas d'un triangle droit ou déformé.	198
6.3.1. Interpolation transfinie sur un triangle	198
6.3.2. Maillage structuré C^0 d'un triangle de $\mathbb{R}^d$	201
6.4. Maillage G^1 d'un triangle de $\mathbb{R}^d$	202
6.4.1. Maillage structuré G^1 d'un triangle de $\mathbb{R}^d$	202
6.4.2. Maillage non structuré G^1 d'un triangle de $\mathbb{R}^d$	203
6.4.3. Maillage G^1 d'un triangle ou d'un quadrangle courbe	206

6.4.4. Maillage G^1 d'un ensemble de triangles et quadrangles	207
6.5. Hexaèdre, tétraèdre et pentaèdre	209
6.5.1. Interpolation transfinie sur un parallélépipède rectangle.	209
6.5.2. Maillage structuré C^0 d'un hexaèdre	212
6.5.3. Interpolation transfinie sur un tétraèdre.	212
6.5.4. Maillage structuré C^0 d'un tétraèdre	214
6.5.5. Interpolation transfinie sur un pentaèdre	215
6.5.6. Maillage structuré C^0 d'un pentaèdre	217
6.6. Une structuration des données	217
6.7. Application à la prise en compte de condition de Dirichlet dans les méthodes d'éléments finis	221
6.8. Conclusions	221
6.9. Bibliographie.	223

Chapitre 7. Techniques sans maillage 225

Alain RASSINEUX, Piotr BREITKOPF, Pierre VILLON

7.1. Introduction	225
7.2. Les méthodes sans maillage	226
7.2.1. Bref historique	226
7.2.2. Approximation diffuse.	228
7.2.3. Calcul des fonctions poids	230
7.2.4. Formulation globale	231
7.2.5. Interpolation diffuse	232
7.3. Application à l'adaptation de maillages surfaciques	235
7.3.1. Hypothèses sur le maillage initial	235
7.3.2. Maillage de modèles CAO	236
7.3.3. Adaptation de maillage	237
7.3.4. Respect de la géométrie	237
7.3.5. Construction du modèle Hermite diffus.	238
7.3.5.1. Définition de la surface	238
7.3.5.2. Courbures principales	239
7.3.6. Construction du support d'interpolation à partir de la triangulation initiale.	239
7.3.6.1. Interpolation diffuse standard	240
7.3.6.2. Détermination du plan de projection	241
7.3.6.3. Calcul des poids d'interpolation à partir du maillage initial	242
7.3.6.4. Détermination des coefficients de la surface	244
7.3.7. Optimisation du maillage	245
7.3.8. Quelques exemples.	246
7.4. Bibliographie.	247

Chapitre 8. Analyse numérique d'indicateurs d'erreur 251

Christine BERNARDI, Brigitte MÉTIVET, Rudiger VERFÜRTH

8.1. Introduction	251
8.2. Indicateur par résidu pur	253
8.3. Indicateur par résidu plus problème local	260
8.3.1. Indicateur par problème de Neumann local	260
8.3.2. Indicateur par problème de Dirichlet local	262
8.3.3. Indicateur par problèmes locaux réduits	263
8.4. Extension au problème de Stokes.	265
8.4.1. Indicateur par résidu	266
8.4.2. Indicateur par problèmes locaux	267
8.4.3. Exemples d'éléments finis	271
8.4.4. Un cas spécial : les éléments finis redécoupés.	275
8.5. Bibliographie.	277

Chapitre 9. Estimateurs d'erreur géométriques et adaptation 279

Houman BOROUCAKI, Dominique CHAPELLE, Paul-Louis GEORGE,
Patrick LAUG, Pascal Jean FREY

9.1. Introduction	279
9.2. Formulation du problème et état de l'art	280
9.3. Une majoration d'erreur d'interpolation.	283
9.3.1. Cas de la dimension un	283
9.3.2. Cas de la dimension deux	286
9.3.2.1. Une majoration brutale	286
9.3.2.2. Une majoration de nature anisotrope	290
9.3.3. Cas de la dimension quelconque d	293
9.4. Une nouvelle approche surfacique	294
9.4.1. Déformation locale d'une surface	294
9.4.2. Courbure locale d'une surface	295
9.5. Exemples	297
9.5.1. Les deux bosses	297
9.5.2. Des collines et des vallées.	301
9.6. Conclusion	309
9.7. Bibliographie.	309

Chapitre 10. Critères de qualité 311

Paul LABBÉ, Julien DOMPIERRE, Francois GUIBAULT, Ricardo CAMARERO

10.1. Introduction.	311
10.2. Les simplexes.	312
10.2.1. Définition d'un simplexe	312
10.2.2. Simplexes dégénérés	313

10.2.3. Taxonomie des simplexes dégénérés	313
10.2.4. Métrique et simplexes réguliers	318
10.2.5. Formules pour le triangle	321
10.2.6. Formules pour le tétraèdre.	322
10.3. Qualité en forme des simplexes	323
10.3.1. Définition du critère de forme	323
10.3.2. Le rapport des rayons.	325
10.3.3. Critères basés sur une transformation linéaire	325
10.3.4. Le minimum des angles solides.	327
10.3.5. Autres angles d'un tétraèdre.	328
10.3.6. Le coefficient de l'erreur d'interpolation	329
10.3.7. Le rapport des arêtes	329
10.3.8. Autres critères de forme	330
10.3.9. Critère de Delaunay <i>versus</i> critère de forme	331
10.3.10. Evaluation des critères de forme dans une métrique.	332
10.4. Représentation des critères de forme simpliciaux	333
10.4.1. Représentation en deux dimensions	333
10.4.2. Représentation avec une métrique	335
10.5. Equivalence des critères de forme	336
10.5.1. Définition d'une équivalence	336
10.5.2. Equivalence des critères de forme	337
10.5.3. Classes d'équivalence des critères de forme	338
10.6. Qualité globale des maillages	339
10.6.1. Statistiques sur la qualité des simplexes.	339
10.6.2. Optimisation de maillages	342
10.7. Conclusion	345
10.8. Bibliographie	346
Index	349

MÉTHODES NUMÉRIQUES

Le traité Mécanique et Ingénierie des Matériaux répond au besoin de disposer d'un ensemble complet des connaissances et méthodes nécessaires à la maîtrise de ce domaine.

Conçu volontairement dans un esprit d'échange disciplinaire, le traité MIM est l'état de l'art dans les domaines suivants retenus par le comité scientifique :

- Alliages métalliques
- Géomatériaux
- Matériaux de construction
- Méthodes numériques
- Mise en forme des matériaux
- Polymères

Chaque ouvrage présente aussi bien les aspects fondamentaux qu'expérimentaux. Une classification des différents articles contenus dans chacun, une bibliographie et un index détaillé orientent le lecteur vers ses points d'intérêt immédiats : celui-ci dispose ainsi d'un guide pour ses réflexions ou pour ses choix.

Les savoirs, théories et méthodes rassemblés dans chaque ouvrage ont été choisis pour leur pertinence dans l'avancée des connaissances ou pour la qualité des résultats obtenus.