

Table des matières

Préface	11
Michel GRÉDIAC	
Chapitre 1. Introduction	13
1.1. Expérimentations pour la mécanique des solides et des structures	13
1.1.1. Etude d'une roue de vélo : exemple d'une validation sur structure complète	14
1.1.2. Effet mécanique de ceintures lombaires : exemple d'une analyse phénoménologique.	18
1.1.3. Coefficient de frottement en laminage : une identification de paramètres	21
1.2. Construction d'un modèle expérimental	27
1.2.1. Traitement des difficultés expérimentales	27
1.2.2. Modèle expérimental	28
1.2.3. Vue d'ensemble d'un processus expérimental	28
Chapitre 2. Essais mécaniques	33
2.1. Introduction.	33
2.2. Les grandeurs mesurables	34
2.3. Essai de traction	35
2.3.1. Conditions d'essais optimales.	36
2.3.2. Résultat d'un essai de traction classique	39
2.3.3. Raideur d'une machine de traction.	40
2.4. Essai de flexion	41

2.4.1. Principe de l'essai	41
2.4.2. Conditions de réalisation optimales	42
2.4.3. Détermination du module de flexion.	42
2.4.4. Endommagement de la structure	44

Chapitre 3. Quelques capteurs pour la mécanique 47

3.1. Introduction	47
3.2. Mesure de déformation	47
3.2.1. Principe	47
3.2.2. Facteur de jauge	48
3.2.3. Description d'une jauge	49
3.2.4. Conditionnement	51
3.2.5. Montages multijauges	52
3.2.6. Compensation des effets de flexion	53
3.2.7. Effet de la température	54
3.2.8. Mesure du tenseur des déformations à la surface d'un objet	54
3.2.9. Considérations « mesure ».	56
3.3. Mesure de déplacement.	58
3.3.1. Principe	58
3.3.2. Principales caractéristiques	59
3.4. Mesure de force	59
3.4.1. Cellule de force à jauges de déformation	59
3.4.2. Cellule de force à jauges piézoélectriques	61
3.5. Mesure d'accélération.	63
3.5.1. Principe	63
3.5.2. Critères de choix	66

Chapitre 4. Méthodes optiques de champ 69

4.1. Généralités	69
4.2. Choix d'une méthode optique de champ.	70
4.2.1. Eléments de choix.	70
4.2.2. Projection de franges	71
4.2.2.1. Modèle géométrique	71
4.2.2.2. Principe d'extraction de phase	73
4.2.2.3. Applications mécaniques	74
4.2.3. Méthode de grille	75
4.2.3.1. Optique géométrique.	75
4.2.3.2. Traitement du signal	75
4.2.3.3. Applications mécaniques	77

4.2.4. Corrélation d'images numériques	78
4.2.4.1. Principe de la corrélation d'images numériques.	79
4.2.4.2. Déplacement sub-pixel par analyse de phase	80
4.2.4.3. Corrélation 2D ^{1/2}	81
4.2.5. Interférométrie de speckle (ESPI)	82
4.2.5.1. Montage interférométrique	82
4.2.5.2. Corrélation des grains de speckle	85
4.2.5.3. Interférométrie de speckle 2D ^{1/2}	86
4.3. Principaux traitements d'un résultat photomécanique	90
4.3.1. Aspects métrologiques	90
4.3.2. Correction de la distorsion des objectifs	91
4.3.3. Débruitage d'une cartographie	93
4.3.3.1. Convolution avec noyau passe-bas	93
4.3.3.2. Débruitage non linéaire	93
4.3.4. Déroulage de phase	94
4.3.5. Dérivation d'une carte de déplacements.	95
4.3.5.1. Introduction	95
4.3.5.2. Obtention des déformations par filtrage/dérivation	95
4.3.5.3. Extraction directe du gradient de déplacement par un noyau de dérivation	96

Chapitre 5. Outils élémentaires des méthodes de mesure 99

5.1. Introduction	99
5.2. Mesure et « précision »	100
5.2.1. Etalonnage	100
5.2.2. Tests	103
5.2.2.1. Tests séquentiels	103
5.2.2.2. Tests aléatoires	104
5.2.2.3. Résolution et seuil de discrimination	106
5.2.3. Evaluation des incertitudes	106
5.2.3.1. Introduction	106
5.2.3.2. Evaluation de l'incertitude de type A	108
5.2.3.3. Evaluation de l'incertitude de type B	112
5.2.3.4. Incertitude élargie	113
5.2.3.5. Combinaison des incertitudes	113
5.2.3.6. Approche de méthode de Monte-Carlo	114
5.3. Plan d'expériences.	115
5.3.1. Démarche.	118
5.3.2. Ajustement de modèles polynomiaux par moindres carrés.	120
5.3.3. Plan factoriel linéaire sans interaction	121

5.3.3.1. Modèle linéaire	121
5.3.3.2. Plan d'expériences usuel	122
5.3.3.3. Plan d'expériences factoriel	123
5.3.3.4. Fraction régulière d'un plan factoriel complet.	124
5.3.4. Plan factoriel linéaire avec interactions	127
5.3.5. Plan quadratique avec interactions	129
5.3.6. Analyse de la variance	132
5.4. Tests d'hypothèse	134
5.4.1. Principe général	134
5.4.2. Erreur de 1 ^{re} et 2 nd e espèce, puissance d'un test	135
5.4.3. Choix d'une loi statistique.	137
5.4.4. Exemples	138
5.4.4.1. Exemple 1 : fabrication de composites	138
5.4.4.2. Exemple 2 : application de pression par bas de compression	139
5.4.5. Test d'ajustement d'un modèle : retour sur l'analyse ANOVA	140

Chapitre 6. Exercices 141

6.1. QCM.	141
6.2. Problème : conception d'un couple-mètre	142
6.2.1. Analyse mécanique	142
6.2.2. Montage électrique	143
6.2.3. Analyse d'incertitude.	144
6.3. Problème : essai de traction sur un composite	144
6.3.1. Dimensionnement d'un essai de traction	145
6.3.2. Mesure	145
6.3.3. Photomécanique.	145
6.4. Problème : fibres optiques à réseaux de Bragg	146
6.4.1. Que se passe-t-il en cas de variation de température ?	146
6.4.2. Que se passe-t-il en cas de traction sur la fibre ?	146
6.4.3. Que devient l'indice effectif en fonction des paramètres de température et de déformation ?	147
6.4.4. Découplage température/mécanique	147
6.4.5. Analyse d'incertitude.	148
6.5. Problème : flexion d'un microcapteur MEMS	148
6.5.1. Proposer une modélisation mécanique de ce problème	148
6.5.1.1. Choix d'instrumentation.	148
6.5.1.2. Métrologie	148
6.6. Problème : étude d'un système de flexion 4 points	149

6.6.1. Analyse du dispositif	149
6.6.2. Analyse mécanique	150
6.6.3. Analyse d'incertitudes	150
6.6.4. Méthode optique de champ	151
6.7. TP numérique : tests statistiques	151
6.7.1. Découverte de la bibliothèque de fonctions statistiques	151
6.7.2. Estimation d'un intervalle de confiance	151
6.7.3. Calcul de la puissance d'un test.	151
Conclusion	153
Bibliographie	155
Index	161