



N° d'ordre: 09/2016

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Mr : Mouhssine Chahbouni

Spécialité : **Génie Mécanique**

Sujet de la thèse :

Contribution à la conception des mécanismes : Analyse des tolérances avec influence des défauts de forme

Thèse présentée et soutenue le 22 / 02 /2016 devant le jury composé de

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Taoufiq ACHIBAT	P.E.S.	FST - Fès	Président
Ahmed EL KHALFI	P.E.S.	FST - Fès	Rapporteur
Mohammed SALLAOU	P.H.	ENSAM - Meknès	Rapporteur
Brahim HERROU	P.H.	EST - Fès	Examinateur
Said BOUTAHARI	P.H.	EST - Fès	Directeurs de thèse
Driss AMEGOUZ	P.E.S.	EST - Fès	

Laboratoire d'accueil : Productique , Energétique et Développement Durable

Etablissement : Ecole Supérieure de Technologie Fès





Résumé de la thèse

L'analyse des tolérances est une étape très importante dans le processus de conception d'un mécanisme, elle permet de relier les tolérances spécifiques des pièces élémentaires constituant d'un mécanisme et les tolérances fonctionnelles qui représentent les conditions fonctionnelles de ce mécanisme.

Cette thèse intitulée Contribution à la conception des mécanismes : Analyse des tolérances avec influence des défauts de forme, présente l'analyse des tolérances géométriques avec la prise en compte de l'influence des défauts de forme. Pour cela, nous avons présenté dans la première partie de ce travail un état de l'art sur les méthodes et les approches utilisées dans l'analyse des tolérances, puis nous avons présenté le principe et l'application de la méthode des domaines qui est basée sur les torseurs des petits déplacements. Ensuite nous avons étudié l'analyse des tolérances de quelques assemblages classiques en utilisant la méthode des domaines. Dans cette analyse nous avons utilisé les approches : au pire des cas et statistique. Enfin nous avons comparé les résultats obtenus avec les deux approches.

Dans la deuxième partie de ce travail, nous avons présenté une analyse des tolérances avec prise en compte de l'influence des défauts de forme. En fait cette étude est basée sur la méthode des domaines, mais au lieu de représenter la surface tolérancée avec une surface de substitution (surface des moindres carrées), elle est représentée par les deux surfaces extrêmes qui délimitent la surface réelle. Alors pour assembler deux pièces, on se base sur la surface commune des deux pièces, l'application de ce principe engendre un domaine écart différent de celui engendré avec la méthode des domaines si les défauts de forme sont négligés. Enfin une simulation de plusieurs assemblages est effectuée afin d'estimer le taux de non-conformité qui illustre la différence entre la prise et non des défauts de forme lors de l'analyse des tolérances. Une deuxième partie de ce travail présente une analyse statistique des tolérances avec influence des défauts de forme. Cette étude est basée sur la méthode des domaines. Les écarts géométriques (d'orientation et de forme) des surfaces suivent des lois de distribution statistique connues. Enfin pour réaliser une simulation de plusieurs mécanismes avec et sans prise en compte des défauts de forme et calculer le taux de non-conformité nous avons utilisé la méthode de Monte-Carlo à l'aide du logiciel matlab.

Dans la troisième partie, nous avons présenté une étude de cas qui permet d'illustrer l'influence des défauts de forme sur l'analyse des tolérances. Pour cela nous avons usiné un ensemble des pièces prismatiques de mêmes dimensions, puis nous avons contrôlé les défauts géométriques de ces pièces sur la machine à mesurer tridimensionnelle (MMT), ensuite nous avons réalisé un échantillon d'assemblages aléatoires constitués de deux pièces afin de pouvoir mesurer et analyser la condition fonctionnelle de ces assemblages. Enfin le traitement des résultats est effectué sous Excel et présentés sous forme des tableaux et des graphes afin de pouvoir les comparer avec les résultats du tolérancement sans prise en compte des défauts de forme.

Mots clés : analyse des tolérances, méthode des domaines, méthode de Monte-Carlo, assemblabilité d'un mécanisme, défauts de forme.

Table des Matières

Introduction Générale.....	15
Chapitre 1 : Méthodes d'analyse des tolérances.....	17
1. 1.Introduction.....	17
1. 2 . Le modèle unidirectionnel.....	17
1.2. 1 .Chaîne de cotes	18
1.2. 2. Approche pire de cas	19
1.2. 3. Approche statistique.....	20
1. 3 . Le Modèle paramétrique.....	21
1.3. 1. Méthode Pire de cas.....	22
1.3. 2. Méthode Statistique.....	25
1. 4 .Approche 3D.....	26
1.4.1.Méthode pire des cas.....	26
1.4.2.Méthode Statistique.....	28
1. 5. Méthode de Monte Carlo.....	31
1. 6 . Logiciels d'aide à l'analyse des tolérances.....	34
1.6.1. Catia V5.....	34
1.6.2. TASYSSWorks.....	35
1.6.3. Cetol Six Sigma.....	35
1.6.4. 3DCS.....	36
Chapitre 2 : Méthode des domaines.....	37
2. 1 . Introduction.....	37

2. 2 . Torseurs des petits déplacements.....	37
2.2.1. Historique.....	37
2.2.2. Champ de déplacements des points appartenant à un solide en mouvement par rapport à un référentiel.....	38
2. 3 . Domaines écarts et domaines jeux.....	41
2.3.1. Domaines écarts.....	41
2.3.2. Domaines jeux.....	47
2.3.3. Conclusion.....	53

Chapitre 3 : Analyse des tolérances géométriques avec la méthode des domaines.....

3.1. Introduction.....	54
3.2. Analyse des tolérances géométrique avec l'approche pire de cas.....	55
3.2.1. Présentation du mécanisme.....	55
3.2.2. Etude des Domaines écarts.....	56
3.2.3. Etude des domaines jeux.....	59
3.2.4. Vérification de la condition d'assemblage.....	62
3.2.5. Comparaison des méthodes d'analyse au pire de cas et statistique.....	63
3.2.6. Présentation de l'assemblage.....	63
3.2.7. Analyse des tolérances avec l'approche au pire de cas.....	64
3.2.8. Analyse des tolérances avec l'approche statistique	68
3.2.9. Comparaison des méthodes au pire des cas et statistique.....	70
3.3. Conclusion.....	71

Chapitre 4 : Analyse des tolérances avec prise en compte des défauts de forme.....

4. 1 .Introduction.....	72
4. 2 Analyse des tolérances géométriques avec l'approche pire des cas.....	74
4.2. 1.Tolérancement sans prise en compte des défauts de forme.....	75

4.2. 2.Tolérancement avec prise en compte de défaut de forme.....	78
4.2. 3.Calcul du taux de non-conformité des assemblages.....	81
4.2. 4.Conclusion.....	84
4. 3 Analyse des tolérances géométrique avec la méthode statistique.....	85
4.3. 1.Exemple étudié.....	85
4.3. 2.Analyse des tolérances avec la méthode au pire des cas.....	86
4.3. 3.Analyse des tolérances avec la méthode statistique.....	90
4.3. 4.Analyse des tolérances avec la méthode statistique avec prise en compte des défauts de forme.....	93
4.3. 5 Conclusion.....	96

Chapitre 5 : Etude de cas : Assemblage de deux pièces

prismatiques.....	98
5. 1.Introduction.....	98
5. 2.Description de l'étude réalisée.....	98
5.2.1. Exemple étudié.....	98
5.2.2. Les étapes de l'étude.....	99
5. 3.Exécution des mesures sur MMT.....	104
5.3.1. Mesure des pièces élémentaires.....	104
5.3.2. Mesure des assemblages.....	105
5. 4.Résultats	106
5. 5.Conclusion	108
Conclusion et perspectives	110
Bibliographies.....	113
Annexe 1: Programme matlab de Simulation de tolérancement au pire des cas	119
Annexe 2: Programme matlab de simulation de tolérancement statistique.....	121

Annexe 3 : Programme matlab de simulation de tolérancement statistique avec prise en compte des défauts.....	123
Annexe 4 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 1 et 2.....	126
Annexe 5 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 1 et 3.....	128
Annexe 6 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 1 et 6.....	129
Annexe 7 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 1 et 7.....	130
Annexe 8 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 1 et 8.....	132
Annexe 9 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 2 et 3.....	133
Annexe 10 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 2 et 4.....	134
Annexe 11 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 2 et 7.....	135
Annexe 12 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 2 et 8.....	136
Annexe 13 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 3 et 8.....	137
Annexe 14 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 3 et 9.....	138
Annexe 15 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 4 et 7.....	139
Annexe 16 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 5 et 7.....	140
Annexe 17 : Résultats de mesure de l'assemblage des pièces 5 et 9.....	141
Annexe 18 : Résultats de mesure de 31 assemblages.....	142
Annexe 19 : Interfaces du Logiciel MCOSMOS de la machine MMT.....	143