

# Table des matières

1	Introduction .....	11
2	Anatomie du membre inférieur .....	15
2.1	Présentation générale.....	15
2.1.1	Axes, plans et directions corporels .....	15
2.1.2	Ostéologie du membre inférieur .....	17
2.1.3	Les articulations du genou et tibiofibulaires.....	21
2.1.4	Myologie du membre inférieur.....	27
2.2	Les mouvements des articulations de la hanche et du genou.....	40
2.2.1	Les mouvements articulaires de la hanche.....	41
2.2.2	Mouvements de l'articulation du genou .....	41
3	Modélisation musculo-squelettiques : Les concepts théoriques .....	43
3.1	Structure du muscle squelettique.....	44
3.2	Dynamique musculo-squelettique.....	46
3.2.1	Modélisation de la production de force par les muscles : modèle musculo-tendineux de Hill	46
3.3	Equations du mouvement.....	48
3.4	Méthode de la dynamique inverse .....	49
3.5	Méthode de la dynamique directe .....	49
4	Modélisation musculo-squelettique à l'aide du logiciel AnyBody .....	51
4.1	Critères d'optimisation dans AnyBody.....	51
4.2	Modèles musculo-tendineux dans AnyBody.....	52
4.2.1	AnyMuscleModel .....	53
4.2.2	AnyMuscleModel2ELin.....	53
4.2.3	AnyMuscleModel3E. ....	54
5	Simulation de la marche normale : Forces des muscles et forces de contact dans le genou .....	55
5.1	Utilisation du logiciel AnyBody .....	55
5.2	Analyse du cycle de la marche .....	55
5.2.1	Phases du cycle de la marche .....	55
5.2.2	Les forces de réactions au sol .....	56
5.3	Simulation de la marche avec le modèle "GaitFullBody" .....	59
5.3.1	Modélisation du membre inférieur du modèle « GaitFullBody » .....	60
5.3.2	Modélisation des muscles du modèle « GaitFullBody » .....	61
5.4	Forces de contact dans le genou : Validation du modèle GaitFullBody .....	63

5.4.1	Forces de contact dans le genou – Résultats expérimentaux : Revue bibliographique	64
5.4.2	Forces de contact dans le genou – Résultats numériques : Revue bibliographique	66
5.4.3	Forces de contact dans le genou obtenues à partir du modèle GaitFullBody	67
5.5	Forces des muscles à appliquer aux modèles éléments finis	70
5.5.1	Sélection des muscles du membre inférieur à appliquer au modèle éléments finis	70
5.5.2	Forces des muscles lors du cycle de la marche	72
6	Etude biomécanique expérimentale comparative d'implants d'ostéotomie utilisés dans les cas de gonarthrose dans le genu varum	77
6.1	Ostéotomie: notions de base	77
6.1.1	Mauvais alignement du membre inférieur : jambes arquées, en O ou « genu varum » et jambes en X ou « genu valgum »	77
6.1.2	Ostéotomies dans les cas de déviations latérales genu varum	78
6.1.3	L'ostéotomie tibiale de valgisation (OTV) : Technique de réalisation	80
6.2	État de l'art	82
6.3	Les tibias artificiels et les différentes plaques d'ostéotomies testées	82
6.3.1	Tibias artificiels	82
6.3.2	Les différentes plaques d'ostéotomies testées	84
6.4	Méthodes	85
6.4.1	Préparation des spécimens	85
6.4.2	Plateforme des essais	89
6.4.3	Protocole expérimental	92
6.4.4	Raideur mécanique	95
6.4.5	Déformation permanente plastique des spécimens	96
6.5	Résultats	99
6.5.1	Résultats des essais statiques jusqu'à endommagement des spécimens	99
6.5.2	Résultats des essais dynamiques jusqu'à endommagement par fatigue	103
6.6	Discussion	117
6.7	Conclusion	121
7	Modèle éléments finis du membre inférieur	122
7.1	Généralités	122
7.2	Modélisation avec Ansys-Workbench	124
7.2.1	Géométries du modèle	126
7.2.2	Maillage du modèle	128
7.2.3	Propriétés des matériaux	128

7.2.4	Application des forces musculaires sur la géométrie .....	130
7.2.5	Conditions aux limites .....	133
7.2.6	Procédé de passage de AnyBody à Ansys-Workbench .....	135
7.3	Validation des modèles .....	139
7.3.1	Déplacements, Forces de réaction à la hanche et action des ressort stabilisateurs ..	142
7.3.2	Récapitulatif et conclusion .....	152
8	Simulation des genoux ayant subi les ostéotomies tibiales valgissantes médiales testées .....	154
8.1	Généralités .....	154
8.2	Modèles numériques des essais expérimentaux .....	155
8.2.1	Les contraintes dans les implants .....	159
8.2.2	Les contraintes équivalentes dans la corticale latérale opposée .....	165
8.2.3	Mouvements de l'ouverture d'ostéotomie .....	168
8.3	Modèles numériques avec considération des forces des muscles .....	171
8.3.1	Détermination de l'influence des forces des muscles .....	173
8.3.2	Les contraintes dans les implants sous l'action des forces musculaires .....	177
8.3.3	Les contraintes équivalentes dans la corticale latérale opposée dues à l'action des forces musculaires .....	183
8.3.4	Mouvements de l'ouverture d'ostéotomie sous l'action des forces des muscles .....	190
8.4	Récapitulatif comparatif et conclusion .....	192
9	Conclusion générale et perspectives .....	196
10	Bibliographie .....	200
11	Annexes .....	212
11.1	Annexes 1: Essais statiques (Courbes force-déplacement) .....	212
11.2	Annexes 2: Essais dynamiques (Evolution temporelle des mesures) .....	214
11.3	Annexes 3: Essais dynamiques (Evolution temporelle des raideurs) .....	223
11.4	Annexes 4: Essais dynamiques (Courbes force-déplacement) .....	232
11.5	Annexes 5: Contraintes équivalentes de von-Mises dans les implants (Position 2) .....	242
11.6	Annexes 6: Contraintes équivalentes de von-Mises dans les implants (Position 3) .....	245
12	Remerciements .....	249