

# TABLE DES MATIÈRES

---

## Chapitre I – Concepts de base

<b>1</b>	<b>Qu'est-ce que la biomécanique ?</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Paramètres déterminant le mouvement d'une articulation</b> . . . . .	<b>3</b>
	Forme tridimensionnelle des surfaces articulaires . . . . .	3
	Structures capsulo-ligamentaires . . . . .	4
	Muscles. . . . .	4
	Gravité . . . . .	5
	Forces internes . . . . .	6
	Forces externes . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Notions de base de la cinématique articulaire</b> . . . . .	<b>7</b>
3.1	Rotation et translation . . . . .	7
	Translation. . . . .	7
	Rotation . . . . .	7
3.2	La rotation dans l'espace bidimensionnel . . . . .	9
3.2.1	Centre de rotation . . . . .	10
	Terminologie. . . . .	10
	Définition. . . . .	10
	Détermination du centre de rotation . . . . .	11
	La translation, un cas particulier de la rotation. . . . .	13
3.2.2	Centre de rotation discret et centre de rotation instantané. . . . .	14
3.2.3	Accumulation des centres de rotation . . . . .	18
3.2.4	Séquences de rotations et/ou de rotations et de translations . . . . .	18
	Cas 1 – Séquences de rotations ayant un centre de rotation identique . . . . .	18
	Cas 2 – Séquences de rotations ayant des centres de rotation distincts. . . . .	18
	Cas 3 – Séquences de rotations avec centres de rotation distincts, d'amplitude identique et sens de rotation opposé . . . . .	20
	Cas 4 – Décomposition d'une translation . . . . .	20
	Cas 5 – Rotation avec translation . . . . .	20
	Cas 6 – Décomposition d'une rotation . . . . .	20
3.3	Degrés de liberté. . . . .	23
	De manière cinématique . . . . .	23
	De manière mécanique. . . . .	23
	Importance clinique. . . . .	25
3.4	Mouvement dans l'espace tridimensionnel . . . . .	26
	Définition de l'axe hélicoïdal . . . . .	26
	Localisation et orientation de l'axe hélicoïdal . . . . .	27
	Description de l'axe hélicoïdal avec un point de percée et deux angles . . . . .	27
	Description de l'axe hélicoïdal avec deux points de percée dans deux plans . . . . .	28
	Calcul de l'axe hélicoïdal et de sa position par rapport à une articulation donnée . . . . .	28
3.5	Mouvements couplés . . . . .	30
3.5.1	Exemple pratique – Analyse qualitative . . . . .	30

3.5.2	Analyse quantitative . . . . .	33
	Cas idéal . . . . .	33
	Répartition des composantes . . . . .	34
	Description formelle de la distribution des composantes . . . . .	35
	Exemple concret : l'articulation fémorotibiale . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Descriptions d'un mouvement tridimensionnel</b> . . . . .	<b>35</b>
4.1	Méthode de description clinique habituelle . . . . .	36
4.2	Détermination mathématique des plans principaux . . . . .	36
4.3	Le système de coordonnées lié à l'articulation . . . . .	37
4.4	Les angles de Cardan . . . . .	40
4.5	Les angles d'Euler . . . . .	42
4.6	Méthode du twist-tilt . . . . .	44
4.7	Axe hélicoïdal . . . . .	44
4.8	Autres méthodes . . . . .	46
	Mouvements oculaires . . . . .	46
	Quaternions . . . . .	46
4.9	Commentaire final . . . . .	46
<b>5</b>	<b>Référentiels</b> . . . . .	<b>47</b>
5.1	Référentiel externe et référentiel interne . . . . .	47
5.2	Distinction entre le mouvement d'un segment articulaire et le mouvement d'une articulation . . . . .	47
<b>6</b>	<b>Courbure des surfaces articulaires</b> . . . . .	<b>48</b>
	Courbure d'une courbe plane . . . . .	48
	Surfaces courbes tridimensionnelles . . . . .	51
<b>7</b>	<b>Descriptions arthrocinématiques des mouvements</b> . . . . .	<b>52</b>
7.1	Roulement et glissement . . . . .	52
7.1.1	Roulement . . . . .	53
	La notion de roulement . . . . .	53
	Localisation du centre de rotation dans un mouvement de roulement . . . . .	54
7.1.2	Glissement . . . . .	56
7.1.3	Roulement-glissement . . . . .	56
	Détermination d'un indice de roulement-glissement en se fondant sur la courbure des surfaces articulaires et le centre de rotation . . . . .	56
	Analyse de l'indice de roulement-glissement en se fondant sur les points de contact . . . . .	58
7.2	Le cas particulier de la translation . . . . .	60
7.3	Les contraintes subies par les surfaces cartilagineuses pendant le glissement et la translation . . . . .	61
7.4	Synthèse : l'indice de mouvement . . . . .	62
7.5	Coaptation et décoaptation . . . . .	65
7.5.1	Angle $\gamma$ . . . . .	65
	Cas de figure 1 – L'angle $\gamma$ est inférieur ou égal à $20^\circ$ . . . . .	65
	Cas de figure 2 – L'angle $\gamma$ est supérieur à $20^\circ$ . . . . .	66

7.5.2	Vecteur vitesse . . . . .	66
<b>8</b>	<b>Tentative d'interprétation cinématique de la dysfonction d'une articulation . . . . .</b>	<b>68</b>
	Amplitude de mouvement . . . . .	68
	Centre de rotation. . . . .	68
	Vecteur vitesse . . . . .	69
	Indice de mouvement . . . . .	69
	Axe hélicoïdal . . . . .	70
	Remarque . . . . .	70
<b>9</b>	<b>Analyse des erreurs de mesures en cinématique . . . . .</b>	<b>71</b>
9.1	Erreurs méthodologiques . . . . .	71
9.2	Influence des erreurs de mesure. . . . .	73
	Erreurs de mesure . . . . .	73
	Amplitude de mouvement . . . . .	74
	Distance parcourue, longueur des rayons et angle entre les rayons . . . . .	75
	Déformation virtuelle . . . . .	76
<b>10</b>	<b>Principes de dynamique et de statique. . . . .</b>	<b>77</b>
	Définition. . . . .	77
	Les lois de Newton . . . . .	77
	Les concepts de la force et du poids . . . . .	78
	Représentation des forces . . . . .	79
	Addition de deux forces non parallèles ayant le même point d'application . . . . .	79
	Addition de deux forces non parallèles avec des points d'application différents . . . . .	80
	Addition de deux forces parallèles avec des points d'application différents . . . . .	80
	Addition de plusieurs forces . . . . .	82
	Le couple, ou moment de force . . . . .	82
	Moment d'inertie . . . . .	84
	Conditions d'équilibre . . . . .	86
<b>11</b>	<b>Propriétés mécaniques des tissus biologiques . . . . .</b>	<b>86</b>
11.1	Notions de contrainte et de déformation . . . . .	86
	Définition. . . . .	86
	Contrainte . . . . .	86
	Déformation . . . . .	87
	Remarque . . . . .	87
	Diagramme contrainte-déformation – Loi de Hooke – Module d'élasticité. . . . .	88
	Formes de contraintes . . . . .	89
	Les différentes réactions à la déformation . . . . .	90
11.2	Comportement des matériaux biologiques . . . . .	90
11.2.1	Diagramme contrainte-déformation des matériaux biologiques . . . . .	90
	Comportement non linéaire . . . . .	90
	Comportement quasi linéaire et charge de rupture . . . . .	91
	Module d'élasticité . . . . .	91
	Énergie absorbée . . . . .	92
	Comparaison entre le comportement linéaire et non linéaire d'un matériau. . . . .	92
11.2.2	De la biochimie à la morphologie, de la morphologie à la biomécanique du tissu conjonctif . . . . .	93
	Remarque préliminaire . . . . .	93
	Organisation . . . . .	94

Collagène . . . . .	97
Substance fondamentale . . . . .	99
Autres molécules . . . . .	99
11.2.3 Comportement viscoélastique des tissus . . . . .	99
Fluage . . . . .	99
Phénomène de relaxation . . . . .	100
Phénomène d'hystérésis . . . . .	101
11.3 Facteurs influençant le comportement viscoélastique du tissu conjonctif . . . . .	102
Composition des tissus . . . . .	102
Force . . . . .	103
Temps . . . . .	103
Vitesse de déformation . . . . .	103
Étirements successifs . . . . .	104
Immobilisation . . . . .	105
Entraînement et mobilisation . . . . .	106
Techniques myotensives . . . . .	106
Âge . . . . .	107
Température . . . . .	107
Facteurs hormonaux . . . . .	108
Médicaments . . . . .	109
<b>12 Principes de construction des articulations . . . . .</b>	<b>109</b>
Généralités sur la fonction ligamentaire . . . . .	109
Schématisation des surfaces articulaires . . . . .	109
Classification des ligaments . . . . .	110
Conditions limitatives . . . . .	110
12.1 Jeu articulaire . . . . .	110
Définition biomécanique . . . . .	111
12.2 Essai de classification fonctionnelle des ligaments . . . . .	112
12.2.1 Articulations dont le plan des ligaments correspond au plan de mouvement . . . . .	112
Surfaces articulaires courbes . . . . .	112
Surfaces articulaires planes (arthrodie) . . . . .	115
Modèle de Huson . . . . .	116
Application pratique du modèle . . . . .	121
12.2.2 Articulations dont le plan des ligaments est situé perpendiculairement au plan de mouvement . . . . .	122
12.2.3 Articulations aux ligaments croisés . . . . .	124
Système de bielles parallèles et de longueur identique . . . . .	124
Système de bielles de longueurs différentes . . . . .	126
Système des bielles croisées . . . . .	126
12.2.4 Articulations avec des ligaments qui représentent un pivot . . . . .	127
12.2.5 Articulations avec des ligaments qui forment une surface articulaire . . . . .	128
12.2.6 Ligaments qui ne croisent aucun interligne articulaire . . . . .	128
12.3 Effet came . . . . .	129
12.4 Insertion ligamentaire excentrique . . . . .	131
12.5 Position de verrouillage . . . . .	136

# Chapitre II – Le bassin

<b>1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	137
1.1	La région pelvienne, une unité fonctionnelle. . . . .	137
1.2	Mobilité de l’anneau pelvien . . . . .	138
	Plan sagittal . . . . .	138
	Plan frontal . . . . .	139
	Plan transversal . . . . .	140
<b>2</b>	<b>Articulation sacro-iliaque</b> . . . . .	140
2.1	Composition et épaisseur du cartilage . . . . .	141
2.2	Morphologie des surfaces articulaires. . . . .	142
2.3	Ligaments. . . . .	144
2.3.1	Ligaments intrinsèques . . . . .	144
	Ligaments antérieurs . . . . .	145
	Ligaments postérieurs . . . . .	145
2.3.2	Ligaments extrinsèques . . . . .	147
	Ligament sacrotubéral . . . . .	147
	Ligament sacroépineux . . . . .	148
2.4	Terminologie des mouvements sacro-iliaques . . . . .	148
	Nutation . . . . .	149
	Contre-nutation . . . . .	150
2.5	Études expérimentales concernant la mobilité sacro-iliaque . . . . .	151
2.5.1	Théories anciennes. . . . .	151
2.5.2	Théories classiques. . . . .	151
2.5.3	Études plus récentes. . . . .	152
2.5.4	Synthèse . . . . .	164
<b>3</b>	<b>Articulation du pubis</b> . . . . .	167
3.1	Surfaces articulaires. . . . .	167
3.2	Ligaments. . . . .	168
3.3	Mouvements . . . . .	169
3.4	Contraintes . . . . .	171
	Modèle de Kapandji . . . . .	171
	Modèle de Pauwels . . . . .	172
	Facteurs musculaires de stabilisation . . . . .	173
<b>4</b>	<b>Articulation sacrococcygienne</b> . . . . .	173
4.1	Surfaces articulaires. . . . .	173
4.2	Ligaments. . . . .	173
4.3	Mouvements . . . . .	174
	Plan sagittal . . . . .	174
	Plan frontal . . . . .	175
<b>5</b>	<b>Ciseau lombopelvien</b> . . . . .	176
5.1	Plan sagittal . . . . .	176

5.2	Plan frontal . . . . .	178
5.3	Plan transversal . . . . .	179
5.4	Épilogue . . . . .	179

## Chapitre III – L'articulation coxofémorale

<b>1</b>	<b>Rappel anatomique</b> . . . . .	181
1.1	Développement de l'os coxal et de l'acétabulum . . . . .	181
1.2	Forme de l'acétabulum et de la surface semi-lunaire . . . . .	182
1.3	Bourrelet acétabulaire. . . . .	183
1.4	Forme de la tête fémorale. . . . .	184
1.5	Les ligaments de l'articulation coxofémorale . . . . .	185
<b>2</b>	<b>Coxométrie</b> . . . . .	187
2.1	Plan frontal . . . . .	187
2.2	Plan sagittal. . . . .	190
2.3	Plan transversal . . . . .	191
2.3.1	Angle d'antéversion du col fémoral . . . . .	191
2.3.2	Angle d'antéversion de l'acétabulum . . . . .	192
<b>3</b>	<b>La couverture de la tête fémorale et ses implications cliniques</b> . . . . .	193
3.1	Coxarthrose expulsive. . . . .	194
3.2	Coxarthrose protrusive (pénétrante) . . . . .	194
<b>4</b>	<b>Dimension et congruence des surfaces de contact</b> . . . . .	195
4.1	Dimension des surfaces de contact . . . . .	195
4.2	Congruence des surfaces articulaires . . . . .	196
<b>5</b>	<b>Forces agissant sur l'articulation coxofémorale</b> . . . . .	200
5.1	Le modèle de l'équilibre dans le plan frontal en station unipodale . . . . .	200
5.2	Données expérimentales. . . . .	202
5.3	Forces capsulo-ligamentaires. . . . .	208
5.4	Analyses fonctionnelles des muscles. . . . .	210
5.4.1	Analyse du couple de forces . . . . .	210
5.4.2	Décomposition de la force musculaire . . . . .	211
5.4.3	Modèles musculaires . . . . .	214
	Modèle de la ligne droite . . . . .	214
	Modèle de la ligne centroïde . . . . .	214
5.5	Comportement de la composante de coaptation des adducteurs de la hanche pendant le mouvement. . . . .	218
5.6	Comportement de la composante de coaptation des abducteurs de la hanche pendant le mouvement. . . . .	220
5.7	Comportement de la composante de coaptation du muscle ilio-psyas pendant le mouvement. . . . .	221

5.8	Résumé . . . . .	222
<b>6</b>	<b>Répartition des contraintes</b> . . . . .	223
<b>7</b>	<b>Fonctions musculaires tridimensionnelles</b> . . . . .	226
7.1	Les muscles adducteurs . . . . .	226
7.2	Les muscles fléchisseurs . . . . .	226
7.3	Les muscles abducteurs . . . . .	227
7.4	Les muscles extenseurs . . . . .	227
7.5	Les muscles rotateurs externes . . . . .	228
7.6	Les muscles rotateurs internes . . . . .	229
7.7	Relation entre les muscles rotateurs . . . . .	229

## Chapitre IV – L'articulation du genou

<b>1</b>	<b>Articulation fémorotibiale</b> . . . . .	236
1.1	Cinématique dans le plan sagittal . . . . .	236
	Remarques préliminaires . . . . .	236
1.1.1	Cinématique générale du roulement-glisement . . . . .	236
1.1.2	Ligaments croisés et forme du condyle . . . . .	240
	Modèle du système de deux bielles croisées . . . . .	240
	Courbure des condyles fémoraux . . . . .	241
1.1.3	Comportement des ligaments croisés pendant le mouvement par rapport au centre de rotation . . . . .	242
1.1.4	Le comportement spécifique de roulement-glisement d'un condyle-type . . . . .	244
1.1.5	Comportement de roulement-glisement des condyles latéral et médial . . . . .	247
1.1.6	Influence des ligaments croisés sur l'amplitude de mouvement et la stabilité de l'articulation du genou . . . . .	248
	Modification de l'angle d'insertion . . . . .	248
	Modification de la longueur du ligament . . . . .	248
1.1.7	Synergies musculaires des ligaments croisés . . . . .	250
1.2	Ligaments collatéraux . . . . .	254
1.2.1	Cinématique et ligaments collatéraux . . . . .	254
1.2.2	Synergies musculaires des ligaments collatéraux . . . . .	256
1.3	Cinématique tridimensionnelle . . . . .	256
1.3.1	Rotation automatique . . . . .	256
1.3.2	Analyse tridimensionnelle des mouvements associés pendant la flexion/extension . . . . .	258
	Détermination de l'axe et de son déplacement . . . . .	258
	Importance clinique de la cinématique 3D de l'articulation du genou . . . . .	261
	Mouvements associés actifs et passifs . . . . .	262
1.3.3	Rotation axiale libre . . . . .	265
	Localisation de l'axe . . . . .	265
	Mouvements associés lors de la rotation axiale libre . . . . .	265
	Influence des principaux ligaments . . . . .	268
	Ligament croisé antérieur et convexité du plateau tibial latéral . . . . .	269

	Les muscles de la rotation axiale . . . . .	269
1.4	Les ménisques . . . . .	271
1.4.1	Morphologie, insertions, relations . . . . .	271
1.4.2	Composition des ménisques . . . . .	271
1.4.3	Fonctions . . . . .	273
	Transmission des forces. . . . .	273
	Augmentation des surfaces de contact . . . . .	273
	Diminution de la pression . . . . .	274
	Répartition des forces . . . . .	274
	Amortissement . . . . .	274
	Les autres fonctions des ménisques . . . . .	275
1.4.4	Contraintes . . . . .	275
1.4.5	Déformation et mouvements . . . . .	275
	Comportement statique . . . . .	275
	Comportement dynamique pendant la flexion/extension . . . . .	275
	Comportement dynamique pendant les mouvements de rotation axiale . . . . .	277
1.5	Équilibre dans le plan frontal . . . . .	278
1.5.1	Contrainte physiologique . . . . .	278
1.5.2	Quantification du moment valgisant . . . . .	280
	Point d'appui idéal de la force résultante . . . . .	280
	Détermination de la force valgisante. . . . .	282
1.5.3	Déviations pathologiques en varus et en valgus . . . . .	282
	Stade de la préarthrose varisante . . . . .	282
	Stade de l'arthrose varisante . . . . .	284
	Arthrose en valgus. . . . .	284
<b>2</b>	<b>Articulation fémoropatellaire</b> . . . . .	<b>285</b>
2.1	Mouvements de la patella . . . . .	285
	Définition des mouvements. . . . .	285
	Mouvements dans le plan sagittal . . . . .	286
	Mouvements dans le plan transversal . . . . .	290
	Mouvements dans le plan frontal. . . . .	291
2.2	Forces agissant sur l'articulation . . . . .	292
2.2.1	Compression dans l'articulation fémoropatellaire . . . . .	292
2.2.2	Détermination de la force fémoropatellaire . . . . .	293
2.2.3	Influence de l'angle de flexion du genou . . . . .	296
2.2.4	Influence du poids . . . . .	296
2.2.5	Influence d'autres moments fléchisseurs . . . . .	298
2.2.6	Influence de la force passive du muscle quadriceps fémoral . . . . .	298
2.3	Fonctions de la patella . . . . .	299
2.3.1	Influence sur le bras de levier du mécanisme extenseur du genou . . . . .	299
	Modèle théorique . . . . .	299
	Détermination expérimentale du bras de levier. . . . .	300
2.3.2	Influence sur la contrainte du ligament patellaire . . . . .	305
2.3.3	Résumé . . . . .	308
2.4	Stabilité de la patella dans le plan frontal . . . . .	308



2.4.1	Angle Q . . . . .	308
2.4.2	Facteurs stabilisateurs de la patella . . . . .	309
	Facteurs osseux . . . . .	309
	Facteurs capsulo-ligamentaires . . . . .	310
	Facteurs musculaires . . . . .	310
	Facteurs dynamiques . . . . .	310

## Chapitre V – Le pied

<b>1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	315
<b>2</b>	<b>Nomenclature des mouvements du tarse</b> . . . . .	315
<b>3</b>	<b>Articulation tibiotalienn</b> e . . . . .	317
3.1	Généralités . . . . .	317
	Remarque épistémologique préliminaire . . . . .	317
3.2	Surfaces articulaires . . . . .	318
3.3	Contraintes . . . . .	319
3.3.1	Fonctions de la mortaise tibiotalienn	319
3.3.2	Études expérimentales concernant la transmission des forces . . . . .	320
3.3.3	Détermination expérimentale des surfaces de contact . . . . .	323
3.4	Cinématique de la mortaise tibiotalienn	326
3.4.1	La théorie classique de Pol Le Cœur . . . . .	326
3.4.2	Études expérimentales . . . . .	328
3.5	Cinématique de l'articulation tibiotalienn	330
3.5.1	Modèle d'Inman (1976) . . . . .	330
3.5.2	Synthèse des mouvements de la fibula . . . . .	338
3.5.3	Synthèse des composantes de mouvement de l'articulation tibiotalienn	340
	La jambe comme référentiel . . . . .	341
	Le pied comme référentiel . . . . .	341
3.5.4	L'articulation tibiotalienn en tant que maillon de la chaîne de mouvement du membre inférieur	343
	Premier cas de figure – La rotation associée à l'articulation tibiotalienn est identique à celle de l'articulation du genou . . . . .	345
	Deuxième cas de figure – La rotation associée à l'articulation tibiotalienn est plus élevée que celle de l'articulation du genou . . . . .	346
	Troisième cas de figure – La rotation associée à l'articulation tibiotalienn est moindre que celle liée à l'articulation du genou . . . . .	347
3.6	Considérations cliniques . . . . .	348
3.6.1	Entorse de cheville et ostéochondrite disséquante . . . . .	348
3.6.2	Cinématique des dysfonctions de l'articulation tibiotalienn . . . . .	350
<b>4</b>	<b>Articulation sous-talienn</b> e . . . . .	351
4.1	Généralités . . . . .	351
4.2	Surfaces articulaires et ligaments . . . . .	353
4.2.1	Surfaces articulaires . . . . .	353
4.2.2	Ligaments . . . . .	356

	Ligaments latéraux et médiaux . . . . .	356
	Ligaments plantaires . . . . .	357
	Ligaments interosseux . . . . .	358
4.3	Axe de mouvement de l'articulation sous-talienne . . . . .	359
4.3.1	Description de l'axe de mouvement . . . . .	360
4.3.2	Signification fonctionnelle de l'orientation tridimensionnelle de l'axe et de ses modifications . . . . .	361
4.4	Analyse des composantes de mouvement tridimensionnelles de l'articulation sous-talienne . . . . .	364
	Orientation de l'axe . . . . .	364
	Mouvement du calcanéus par rapport au talus . . . . .	364
	Mouvement du talus par rapport au calcanéus . . . . .	365
	Mouvement de la jambe par rapport au calcanéus . . . . .	365
	Synthèse : la fonction de transfert . . . . .	365
4.5	Fonction de transfert et orientation de l'axe . . . . .	366
4.5.1	Influence de l'angle d'inclinaison . . . . .	367
4.5.2	Facteurs influençant la fonction de transfert . . . . .	368
	Différences inter- et intra-individuelles de l'angle d'inclinaison . . . . .	369
	Modifications de la valeur d'inclinaison pendant le mouvement . . . . .	369
	Influence du segment moteur . . . . .	369
	Modification de la fonction de transfert par l'articulation tibiotalienne . . . . .	370
4.5.3	Moteur de la fonction de transfert . . . . .	372
	Remarques complémentaires . . . . .	376
4.5.4	Contraintes ligamentaires dans la fonction de transfert . . . . .	376
4.6	Forme de la surface articulaire postérieure . . . . .	378
4.7	Translations hélicoïdales . . . . .	380
4.7.1	Modèle de Manter . . . . .	380
4.7.2	Modèle de Benink . . . . .	382
4.7.3	Importance clinique des deux modèles . . . . .	386
<b>5</b>	<b>Interlignes articulaires du médio-pied . . . . .</b>	<b>387</b>
5.1	Interligne de Chopart . . . . .	387
5.2	Interligne de Lisfranc . . . . .	388
<b>6</b>	<b>Actions musculaires au niveau du pied . . . . .</b>	<b>390</b>
<b>7</b>	<b>Modèles du pied . . . . .</b>	<b>394</b>
	Modèle de la clé de voûte . . . . .	394
	Modèle du tripode . . . . .	395
	Lamina pedis . . . . .	396
	Pied talien et pied calcanéen . . . . .	396
	Modèle des palettes . . . . .	397
	Modèle de la ferme . . . . .	398
	Modèle de Hicks . . . . .	400
	Articulation sous-talienne et voûte plantaire . . . . .	402
<b>8</b>	<b>Pied creux et pied plat . . . . .</b>	<b>403</b>
	Examen radiologique . . . . .	403
	Analyse de l'empreinte du pied . . . . .	405
	Discussion . . . . .	406

<b>9</b>	<b>Systèmes amortisseurs</b> . . . . .	407
9.1	Réflexions cliniques générales. . . . .	407
9.2	Principes physiques d'un système amortisseur . . . . .	408
9.3	Aperçu des systèmes amortisseurs dans le corps humain . . . . .	409
9.4	Systèmes amortisseurs du pied . . . . .	410
	Talon . . . . .	410
	Structure spongieuse de l'os de l'arrière-pied . . . . .	410
	Configuration décalée du tibia, du talus et du calcaneus dans le plan frontal . . . . .	411
	Voûte plantaire longitudinale. . . . .	412
	Voûte plantaire transversale . . . . .	412
	Barre de torsion de Hendrix . . . . .	412
	Système de double pivot du pied . . . . .	412
9.5	Systèmes amortisseurs dans le reste du corps . . . . .	414
	<b>Références bibliographiques.</b> . . . . .	419
	<b>Index</b> . . . . .	431