

# Table des matières

<b>Préface</b> .....	21
<b>Foreword</b> .....	25
<b>Avant Propos</b> .....	27
<b>Introduction</b> .....	31
<b>Chapitre 1 – La bipédie</b> .....	37
Encarts.....	41
<b>Points clés</b> .....	42
Références.....	42
<b>Chapitre 2 – Une brève histoire de l’analyse de la marche</b> .....	43
<b>Points clés</b> .....	50
Références.....	50
<b>Chapitre 3 – Le cycle de marche</b> .....	53
Repères spatiaux et positions anatomiques.....	53
Squelette, articulations et muscles.....	54
Description spatiale, temporelle et fonctionnelle.....	57
Description spatiale.....	58
Description temporelle.....	58
Description fonctionnelle.....	59
Les paramètres du pas.....	59
Activités musculaires et mouvements corporels.....	60
Activités musculaires.....	60
Mouvements du bassin.....	61
Mouvements du genou et de la cheville.....	61
Mouvements et adaptations du pied.....	62

Mouvements du tronc, de la ceinture scapulaire et des membres supérieurs.....	64
Déplacement du centre de gravité.....	64
Encart .....	66
<b>Points clés</b> .....	67
Références .....	67

**Chapitre 4 – Afférences sensorielles, posture, contrôle neurologique**

<b>et effets de vieillissement</b> .....	69
<b>Les afférences sensorielles</b> .....	69
Système vestibulaire .....	69
Système visuel .....	70
Système somatoproprioceptif ou somatosensoriel.....	71
Système gravitaire (gravicepteurs somatiques) .....	71
Redondance, principe de la pondération sensorielle.....	71
<b>Posture et contrôle postural</b> .....	71
Définitions.....	71
Contrôle postural .....	72
Référentiels posturaux.....	73
Réflexes posturaux.....	73
Organisation temporelle du contrôle postural.....	73
Stratégies d'équilibre ou posturale .....	74
Posturographie (stabilométrie) .....	74
<b>Le contrôle neurologique de la marche</b> .....	76
Les techniques d'imagerie encéphalique .....	76
Imagerie par résonance magnétique .....	76
Tomographie par émission de positons (TEP).....	77
Spectroscopie par infrarouge ( <i>Near-infrared spectroscopy</i> (NIRS)).....	77
Le contrôle neurologique de la marche .....	78
Contrôle spinal.....	78
Contrôle supraspinal.....	78
Automaticité de la marche .....	78
Contrôle cognitif de haut niveau (attention et fonctions exécutives).....	80
Cartographie cérébrale des variables spatio-temporelles de la marche .....	82
<b>Les effets du vieillissement</b> .....	83
Fonction musculaire .....	84
Adaptation à l'effort.....	84
Proprioception .....	84
Fonction vestibulaire.....	85
Vision.....	85
Audition.....	85
Intégration sensorielle .....	85
Système nerveux central.....	86
Encarts .....	88
<b>Points clés</b> .....	89

Références .....	90
<b>Chapitre 5 – Marche et cognition (du lien entre la marche et les cognitions) .....</b>	<b>93</b>
<b>Connaître les cognitions pour comprendre les pathologies .....</b>	<b>93</b>
L'attention .....	94
Fonctions exécutives .....	94
Orientation temporo-spatiale .....	94
Fonctions intellectuelles .....	94
Intelligence cristallisée et intelligence fluide .....	95
Fonctions visuo-spatiales .....	95
Gnosies .....	95
Langage .....	95
Mémoire .....	95
Praxies .....	96
Vitesse de traitement de l'information .....	96
<b>Épreuves neuropsychologiques .....</b>	<b>96</b>
Principales épreuves cognitives utilisées en pratique clinique .....	97
Épreuves cognitives globales dites de repérage .....	97
<i>Mini Mental State Examination (MMSE)</i> .....	97
<i>Test de 5 mots de Dubois</i> .....	99
Épreuves dédiées principalement aux Déficits Cognitifs Légers ( <i>Mild Cognitive Impairment (MCI)</i> ) .....	99
<i>Montreal Cognitive Assessment (MoCA)</i> .....	99
<i>Test de l'horloge (The Clock Drawing Test)</i> .....	101
<i>Trail Making Test (TMT)</i> .....	101
Épreuves plus spécifiques .....	101
<i>Test de Stroop visuel</i> .....	101
<i>Test de Stroop auditif (Auditory Stroop Task)</i> .....	102
<i>Test de Fluence verbale</i> .....	102
<i>Test de substitution des nombres par des symboles</i> .....	103
<i>Les 15 mots de Rey</i> .....	103
<i>Épreuve de rappel libre / rappel indicé à 16 items (RL/RI-16)</i> .....	103
Batteries d'évaluation cognitive .....	103
<i>Batterie d'Evaluation Cognitive (BEC 96)</i> .....	103
<i>Batterie Rapide d'Efficienc Frontale (BREF)</i> .....	104
Évaluation des capacités fonctionnelles .....	104
Activités de la vie quotidienne .....	104
Activités instrumentales de la vie quotidienne .....	104
Évaluation des troubles du comportement .....	105
Les grands syndromes cognitifs .....	106
Syndrome dysexécutif .....	106
Syndrome hippocampique .....	106
Syndrome frontal .....	106
<b>Interrelations Marche – Cognition .....</b>	<b>107</b>

<b>Le paradigme de la double tâche</b> .....	109
Nature de la première tâche : usuellement la vitesse de marche.....	110
Nature de la seconde tâche : multiple .....	110
Priorité de la tâche.....	111
Mesure des perturbations des tâches motrice et cognitive induites par la double tâche .....	111
Taxonomie des tâches cognitive et motrice.....	113
Seuil du coût de la double tâche .....	114
Ressource et réserve cognitives .....	114
Effets de l'âge.....	114
Applications cliniques .....	115
Marcher et envoyer un SMS.....	116
Conclusion.....	116
<b>Facteurs confondants</b> .....	117
Douleur et cognition.....	117
Troubles de la vision.....	119
Perte d'audition.....	119
Sensibilités superficielle et proprioceptive.....	120
Sommeil.....	120
Fatigue mentale.....	120
Anxiété et dépression.....	120
Cœur et cerveau.....	121
Sexe et personnalité.....	121
Conclusion.....	122
<b>Proposition de batteries d'épreuves motrices et cognitives consensuelles</b> .....	122
Épreuves motrices.....	122
Épreuves neuropsychologiques .....	123
Encarts .....	124
<b>Points clés</b> .....	125
Références .....	125
<b>Chapitre 6 – Examen clinique, auto-questionnaires et épreuves cliniques</b> .....	135
<b>Auto-questionnaires</b> .....	135
Anxiété et dépression.....	135
Performance cognitive globale .....	137
Niveau d'autonomie.....	137
État nutritionnel.....	137
Échelle du handicap lié aux troubles de l'équilibre et aux vertiges .....	137
Niveau d'activité physique .....	138
<b>Approche clinique</b> .....	138
Interrogatoire et anamnèse .....	138
Caractéristiques morphométriques et cliniques.....	138
Examen clinique .....	139
Posture .....	139

Examen clinique général .....	139
Spécificités en fonction du contexte .....	140
Examen vestibulaire .....	140
Examen de la marche.....	140
<b>Épreuves cliniques</b> .....	142
<i>Timed Up and Go test</i> (TUG).....	142
Test d'équilibre en appui unipodal .....	142
Test d'équilibre en 4 étapes.....	143
Test d'équilibre lors de la manœuvre de pointage.....	143
Échelle d'équilibre de Berg.....	143
Test du lever de chaise.....	143
Courte batterie de tests physiques.....	143
Test de marche en tandem.....	143
Test de Tinetti .....	144
Test de Tinetti simplifié .....	144
Test de marche avec changement de direction.....	144
Index de marche dynamique .....	145
Mesure de la force de préhension de la main .....	145
Test de puissance musculaire des membres inférieurs.....	145
Épreuves dédiées à l'évaluation des maladies neurologiques.....	145
Vitesse de marche et deux épreuves spécifiques .....	146
Vitesse de marche .....	146
Test de marche de Studenski .....	146
Test de marche de 6 et 2 minutes (TDM-6, TDM-2) .....	147
Conclusion.....	148
Encarts .....	149
<b>Points clés</b> .....	150
Références .....	150
<b>Chapitre 7 – Méthodes d'analyse biomécaniques de la marche</b> .....	153
<b>Principes de biomécanique</b> .....	154
Rappel de définitions.....	154
Masse .....	154
Inertie et moment d'inertie .....	154
Force et moment de force.....	155
Mouvement linéaire et circulaire .....	155
Centre de pression et de gravité.....	156
Polygone de sustentation et équilibre.....	156
Unité de temps.....	157
Cinétique et cinématique.....	157
Travail, énergie et puissance.....	157
<b>Analyse Quantifiée de la Marche (AQM)</b> .....	158
Méthodes.....	158
Caméras vidéo.....	158

Système optoélectroniques (données cinématiques) .....	159
Capture électromagnétique du mouvement .....	159
Plateformes de force (données cinétiques) .....	159
Electromyographie (EMG) .....	160
Dépense énergétique .....	160
Applications .....	160
<b>Méthodes ambulatoires pour l'analyse de la marche</b> .....	161
Méthodes .....	161
Locomètre de Bessou .....	161
Tapis et piste de marche électronique .....	161
Semelles baropodométriques .....	162
Goniomètres .....	162
Gyroscopes .....	163
Accéléromètres .....	163
Magnétomètres .....	164
Principales variables mesurées et calculées : définition, principe du calcul .....	164
Vitesse de marche .....	165
Variables de nature cinématique .....	165
<i>Spatio-temporelles</i> .....	165
<i>Walk ratio</i> .....	167
<i>Symétrie</i> .....	167
<i>Hauteur de passage du pied (foot clearance)</i> .....	167
<i>Schéma de marche (pattern)</i> .....	167
Variables de nature cinétique ou dynamique .....	168
<i>Variabilité et régularité</i> .....	168
<i>Symétrie</i> .....	171
<i>Fluidité du pas (smoothness)</i> .....	171
<i>Cohérence du pas (consistency)</i> .....	171
<i>Travail et puissance mécanique externes</i> .....	172
<i>Méthode des ondelettes</i> .....	172
<i>Fluctuation des pas à long terme (long range correlation)</i> .....	172
Nouvelles variables pour des applications cliniques innovantes .....	173
Regroupement des variables et mesure de la « Qualité de la marche » .....	174
Recommandations pour l'analyse de la marche en clinique .....	176
Recommandations générales .....	176
Conditions spécifiques liées à d'autres objectifs .....	177
Analyse de la marche lors de la vie réelle ( <i>Daily-Life Gait Quality</i> ) .....	177
Semelles électroniques .....	177
Accéléromètres et capteurs inertiels .....	178
<i>Macro-structure</i> .....	178
<i>Micro-structure</i> .....	178
Conclusion .....	179
<b>Points clés</b> .....	180
Références .....	181

<b>Chapitre 8 – Biologie</b> .....	187
Numération formule sanguine .....	187
Homocysteine.....	187
Vitamines du groupe B .....	187
Vitamine D .....	188
Parathormone.....	188
Encart .....	189
Références .....	190

**Chapitre 9 – Troubles de la marche d’origine musculosquelettique**

<b>et par surcharge pondérale</b> .....	193
Pathologies douloureuses .....	193
Atteinte de la hanche .....	193
Autres marches douloureuses .....	194
<i>Canal lombaire étroit</i> .....	194
<i>Myélopathie cervicarthrosique</i> .....	194
Troubles de la marche non douloureux par mobilité articulaire anormale.....	194
Troubles de la marche par atteintes musculaires.....	195
Place de l’analyse de la marche.....	196
Atteintes dégénératives des articulations des membres inférieurs.....	196
<i>Analyse cinématique</i> .....	196
<i>Analyse cinétique</i> .....	196
<i>Méthode des ondelettes</i> .....	198
<i>Hauts talons</i> .....	198
Pathologies rachidiennes dégénératives et inflammatoires.....	199
<i>Myélopathie cervicarthrose</i> .....	199
<i>Claudication neurologique intermittente</i> .....	199
<b>Surcharge pondérale</b> .....	200
Analyse cinématique .....	200
Analyse cinétique .....	200
Relation surcharge pondérale et gonarthrose .....	200
Conclusion.....	202
<b>Points clés</b> .....	202
Références .....	202

**Chapitre 10 – Troubles de la marche d’origine neurologique**..... 205

<b>Classification, terminologie</b> .....	205
Classification .....	205
Terminologie .....	206
<b>Marches hypokinétiques rigides</b> .....	207
Maladie de Parkinson (MP).....	207
État préclinique .....	207
Forme de début .....	207
Forme avancée.....	208

Caractères évolutifs .....	208
Syndromes parkinsoniens iatrogènes .....	208
Syndromes parkinsoniens atypiques ou « Parkinson plus » .....	209
Paralysie supra-nucléaire progressive (PSP) .....	209
Atrophie multisystématisée (AMS).....	210
Dégénérescence corticobasale (DCB) .....	210
Maladie à corps de Lewy (MCL) .....	210
Syndromes parkinsoniens vasculaires .....	210
Akinésie pure et enrayage mécanique primaire progressif de la marche.....	211
Quantification clinique de la maladie de Parkinson .....	211
<i>Vitesse de marche</i> .....	211
<i>Échelle UPDRS</i> .....	211
<i>Stades de Hoehn et Yahr</i> .....	211
Autres évaluations cliniques .....	211
Place de l'analyse de la marche dans la maladie de Parkinson.....	212
Analyse de la marche stabilisée en simple tâche .....	213
<i>Timed Up and Go</i> test instrumenté (iTUG) .....	214
Enrayage mécanique de la marche ( <i>freezing of gait</i> ) .....	214
Analyse de la marche en double tâche.....	214
Analyse de la marche dans la situation de la vie réelle ( <i>free living of gait</i> ) .....	215
Place de l'analyse de la marche dans les « Parkinsons plus » .....	216
Conclusions .....	216
<b>Marches déficitaires</b> .....	217
Accident vasculaires cérébraux (AVC) .....	217
Analyse de la marche en simple tâche .....	217
Analyse de la marche selon le paradigme en double tâche .....	218
Sclérose latérale amyotrophique .....	218
Sclérose en plaques (SEP) .....	219
Rappel clinique .....	219
Analyse de la marche en simple tâche .....	220
Analyse de la marche en double tâche.....	220
Analyse de la marche dans la vie réelle .....	220
<b>Marches ataxiques</b> .....	220
Ataxie proprioceptive.....	220
Ataxie vestibulaire .....	221
Syndrome vestibulaire périphérique .....	221
Syndrome vestibulaire central .....	222
Ataxie cérébelleuse .....	222
Astasie thalamique .....	222
Ataxie frontale.....	222
Place de l'analyse de la marche dans les syndromes ataxiques .....	222
<b>Marches dystoniques, dyskinétiques et tremblement</b> .....	223
Dystonie.....	223
Chorée.....	223



Tremblement .....	223
Place de l'analyse de la marche .....	224
<b>Troubles de la marche de haut niveau (Higher-level gait disorders)</b> .....	224
Marche précautionneuse .....	225
Marches frontale et lacunaire .....	226
Hydrocéphalie chronique de l'adulte (HCA) .....	226
Manifestations cliniques.....	227
Place de l'analyse de la marche .....	227
Ponction lombaire soustractive.....	228
<b>Traumatismes crâniens et troubles de la marche</b> .....	228
<b>Marche psychogène</b> .....	229
Encarts .....	230
<b>Points clés</b> .....	231
Références .....	232
<b>Chapitre 11 – Troubles de la marche et fibromyalgie</b> .....	239
Diagnostic clinique.....	239
Place de l'analyse de la marche.....	239
Identification de différents phénotypes moteurs .....	241
Encarts .....	243
<b>Points clés</b> .....	244
Références .....	244
<b>Chapitre 12 – Troubles de la marche et les grands syndromes gérontologiques</b> .....	245
<b>Syndrome du risque cognitivo-moteur</b> .....	245
Définition.....	245
Place de l'analyse de la marche.....	247
<b>Déficit Cognitif Subjectif (DCS), Déficit Cognitif Léger (DCL)</b> .....	247
Déficit cognitif subjectif (DCS) .....	248
Déficit cognitif léger (DCL).....	248
Définition.....	248
Prévalence et évolution .....	249
Place de l'analyse de la marche .....	249
<i>Vitesse de marche et déclin cognitif</i> .....	249
<i>Variabilité du pas</i> .....	249
<i>Analyse du monde en double tâche</i> .....	250
<b>Démence et démarche</b> .....	252
Dépistage clinique .....	252
Principaux types de démence, rappel clinique .....	252
Maladie d'Alzheimer .....	252
Démence vasculaire .....	253
Démence mixte.....	254
Démence à corps de Lewy .....	254
Démence fronto-temporale .....	254
Autres étiologies .....	254

Éléments de gravité.....	254
Place de l'analyse de la marche.....	254
Anomalies neurologiques de la marche, valeurs pronostiques .....	255
Analyse de la marche en simple tâche .....	255
Analyse de la marche en double tâche.....	256
Perspectives .....	256
<b>Syndrome de fragilité</b> .....	257
Phénotype de fragilité de Fried.....	257
Modèle de Rockwood.....	258
Approche cognitive.....	258
Place de l'analyse de la marche.....	259
Vitesse de marche .....	259
Variabilité du pas .....	259
Paradigme de la double tâche .....	259
Conclusion.....	260
<b>Sarcopénie</b> .....	260
Définition.....	260
Place de l'analyse de la marche.....	261
<b>Dépression et dépression à début tardif</b> .....	261
Définition.....	261
Place de l'analyse de la marche.....	262
En simple tâche .....	262
En double tâche.....	262
Encarts .....	263
<b>Points clés</b> .....	264
Références .....	265

## **Chapitre 13 – Troubles de la marche et pathologies cardio-respiratoires**

(relation cœur-poumon).....	269
<b>Pathologies respiratoires</b> .....	269
Affections respiratoires obstructives chroniques (COPD) .....	269
Méthodes d'analyse.....	269
Résultats.....	270
Apnée obstructive du sommeil .....	270
<b>Pathologies cardiaques</b> .....	271
<b>Hypersigneaux de la substance blanche (HSB)</b> .....	272
Prévalence, échelle de mesure .....	272
Signes cliniques.....	273
Troubles cognitifs et comportementaux.....	274
Troubles moteurs.....	274
Facteurs de risque et prise en charge.....	274
Encarts .....	275
<b>Points clés</b> .....	276
Références .....	276

<b>Chapitre 14 – Troubles de la marche d’origine médicamenteuse</b> .....	279
Polymédication .....	279
Psychotropes.....	280
Médicaments cardio-vasculaires .....	280
Traitement dopaminergique et syndrome parkinsonien.....	280
Syndrome parkinsonien iatrogène.....	280
<b>Points clés</b> .....	281
Références .....	282
<b>Chapitre 15 – Troubles de la marche et chute</b> .....	283
<b>Définition</b> .....	283
<b>Epidémiologie</b> .....	283
<b>Facteurs intrinsèques, extrinsèques et prédisposants</b> .....	284
<b>Éléments de gravité</b> .....	284
<b>Évaluation clinique du risque de chute</b> .....	285
Anamnèse .....	285
Épreuves cliniques .....	286
Épreuves cognitives .....	286
<i>Walking while talking (WWT)</i> .....	286
<b>Place de l’analyse instrumentale</b> .....	287
En simple tâche .....	287
En double tâche.....	287
Dans la situation de la vie réelle.....	288
<b>Combinaisons des méthodes</b> .....	289
Encarts .....	291
<b>Points clés</b> .....	294
Références .....	294
<b>Chapitre 16 – Troubles de la marche et rééducation</b> .....	299
<b>Programme individualisé de rééducation</b> .....	299
<b>Rééducation de la marche avec indiçage (cueing walking)</b> .....	301
Marche sur place .....	301
Indiçage en boucle externe .....	301
Indiçage en boucle fermée .....	302
Musicothérapie .....	302
<b>Rééducation cognitivo-motrice</b> .....	302
<b>Rééducation et apprentissage moteur</b> .....	305
<b>Tapis roulant et rééducation</b> .....	305
<b>Rééducation et réalité virtuelle (dite aussi immersive)</b> .....	307
<b>Activités mentales et corporelles (mind body activities)</b> .....	308
<b>Marche à reculons</b> .....	309
<b>Conclusion</b> .....	310

Encarts .....	311
<b>Points clés</b> .....	312
Références .....	312
<b>Chapitre 17 – Marche et activité physique (donner de la vie aux années)</b> .....	317
<b>Définitions</b> .....	317
Activité physique.....	317
Sédentarité .....	317
Inactivité physique.....	318
Exercice physique .....	318
Exercice fonctionnel .....	318
Activité physique et sportive (APS) .....	318
<b>Mesurer le niveau d'activité physique</b> .....	318
Podométrie .....	318
Actimétrie.....	318
Complexité de l'activité physique .....	319
<b>Bienfaits de l'activité physique</b> .....	320
Activité physique et vieillissement .....	320
Activité physique et séquelles d'AVC .....	320
Activité physique et maladie de Parkinson .....	320
Activité physique et cognition .....	321
Activité physique et risque de chute .....	321
<b>Recommandations générales pour le développement de l'activité physique</b> .....	321
<b>La marche en tant qu'activité physique</b> .....	322
Entraînement cognitivo-moteur .....	322
Marche rapide.....	324
Marche nordique.....	324
La danse : une activité socio-cognitivo-motrice.....	324
<b>Place des dispositifs portatifs d'analyse de la marche</b> .....	324
Conclusion .....	325
Encarts .....	326
<b>Points clés</b> .....	327
Références .....	328
<b>Conclusion</b> .....	333