
TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	III
PRÉFACE	V
REMERCIEMENTS	VII
INTRODUCTION	1
1^{ère} PARTIE : PROLÉGOMÈNES	3
Chapitre 1. RÉFÉRENCES, HYPOTHÈSES ET PERSONNAGES	5
1.1. Définition des références	5
1.1.1. Références dans l'espace	5
1.1.2. Références dans le temps	6
1.2. Cinq hypothèses préalables	6
1.2.1. Le pédalage s'effectue assis sur la selle d'une bicyclette	6
1.2.2. Le bassin a une position fixe et verticale sur la selle	6
1.2.3. Le pédalage s'effectue avec les seuls membres inférieurs	7
1.2.3. Le pédalage se déroule dans deux plans sagittaux	7
1.2.4. L'ensemble pied, chaussure et pédale est rigide, passif et solidaire	7
1.3. Le cycliste et sa bicyclette	8
1.3.1. Cinq axes et quatre leviers	8
1.3.2. Quelques mesures du cycliste	8
1.3.3. La bicyclette : un objet complexe multiforme et attachant	9
1.3.4. Le cadre	10
1.3.5. Les interfaces entre le cycliste et sa bicyclette	11
1.3.6. Les pièces intermédiaires	13
1.4. Une famille de cyclistes	14
1.4.1. Maurice, le père, un cyclotouriste « chevronné »	14
1.4.2. Thérèse, la mère, une grimpeuse ailée	14
1.4.3. Kevin, le fils, un coureur doué	15
1.5. Les terrains de prédilection de cette famille	15
1.5.1. De Caen à la mer, par le canal	15
1.5.2. Les trois routes du Mont-Ventoux	16
Chapitre 2. CINÉMATIQUE DU PÉDALAGE	17
2.1. Les mouvements observés	17
2.1.1. La rotation de la pédale	17
2.1.2. Les mouvements du pied	17
2.1.3. Les mouvements de la cheville	18
2.1.4. Les mouvements du genou	18
2.1.5. Les mouvements de la hanche	19
2.2. Séquençage du pédalage en 4 temps	19
2.2.1. Quatre phases	19
2.2.2. Comparaison vélo et marche	20
2.3. Rappels de mécanique : Le mouvement	21
2.3.1. Principaux mouvements	21
2.3.2. La vitesse	22
2.3.3. L'accélération	23
Chapitre 3. LES LEVIERS OSSEUX	25
3.1. Rappels de mécanique : Forces et leviers	25
3.1.1. Définitions préalables	25
3.1.2. Le levier : un outil privilégié du cycliste	26
3.2. Les os	27
3.3. Les os du pied	28
3.3.1. L'astragale	28
3.3.2. Le calcanéum	29
3.4. Le tibia et le péroné	29
3.4.1. Description du tibia	29
3.4.2. Description du péroné	30
3.4.3. Insertions musculaires sur le tibia et le péroné	30

3.5. La rotule	31
3.6. Le fémur	31
3.6.1. Description du fémur	32
3.6.2. Insertions musculaires	32
3.7. L'os iliaque et le bassin	33
3.7.1. Description de l'os iliaque.....	33
3.7.2. Insertions musculaires	34
3.7.3. Le sacrum et le coccyx	35

Chapitre 4. LES AXES ARTICULAIRES37

4.1. Les articulations	37
4.1.1. Définition – Classification.....	37
4.1.2. Anatomie et physiologie des diarthroses	37
4.1.3. Classification des diarthroses	38
4.1.4. Les chaines articulaires.....	38
4.2. La cheville	39
4.2.1. Anatomie de la cheville	39
4.2.2. Les mouvements de la cheville.....	39
4.3.3. Une liberté limitée	40
4.3. Le genou	41
4.3.1. Anatomie du genou.....	41
4.3.2. Les moyens d'union du genou.....	41
4.3.3. Les mouvements du genou	42
4.3.4. La libération de l'articulation fémoro-tibiale.....	43
4.3.5. L'articulation entre le fémur et la rotule	45
4.3.6. La rotule et le tibia.....	45
4.3.7. La rotation interne automatique du genou	46
4.4. La hanche	46
4.4.1. Anatomie de la hanche	46
4.4.2. Les mouvements de la hanche.....	47
4.4.3. Une articulation soulagée	48
4.5. Les segments corporels	49
4.5.1. Réflexions sur les segments corporels	49
4.5.2. Mesure des segments corporels	49
4.5.3. Et notre cycliste cobaye ?	50

2^{ème} PARTIE : FORCES CRÉÉES, TRAVAIL INTERNE, CINÉTIQUE DU PÉDALAGE..51

Chapitre 5. LE MOTEUR MUSCULAIRE.....53

5.1. Les muscles	53
5.1.1. Anatomie générale du muscle squelettique.....	53
5.1.2. Muscles monoarticulaires et polyarticulaires.....	55
5.1.3. Actions principales et accessoires des muscles.....	56
5.2. Quatorze coups	57

Chapitre 6. LES MUSCLES DU PÉDALAGE65

6.1. Les extenseurs de la cheville	65
6.1.1. Le triceps sural	65
6.1.2. Le jambier postérieur.....	66
6.1.3. Le long fléchisseur commun des orteils.....	66
6.1.4. Le long fléchisseur propre du gros orteil	66
6.1.5. Le court péronier latéral	67
6.1.6. Le long péronier latéral.....	67
6.2. Les fléchisseurs de la cheville	67
6.2.1. Le jambier antérieur	67
6.2.2. L'extenseur commun des orteils.....	67
6.3.3. L'extenseur propre du gros orteil.....	68
6.3.4. Le péronier antérieur	68
6.3. Les extenseurs du genou	68
6.3.1. Le crural	69
6.3.2. Le vaste externe.....	69
6.3.3. Le vaste interne.....	69
6.3.4. Le droit antérieur	69
6.3.5. Le tendon du quadriceps.....	69

6.4. Les fléchisseurs du genou	70
6.4.1. Le biceps crural	70
6.4.2. Le demi-tendineux.....	70
6.4.3. Le demi-membraneux.....	71
6.4.4. Le droit interne	71
6.4.5. Le couturier	71
6.4.6. Le poplité.....	71
6.5. Les extenseurs de la hanche.....	72
6.5.1. Le grand fessier	73
6.5.2. Le grand adducteur.....	74
6.5.3. Le carré crural	74
6.5.4. Le moyen adducteur	74
6.5.5. Le petit adducteur	74
6.6. Les fléchisseurs de la hanche.....	74
6.6.1. Le psoas-iliaque.....	75
6.6.2. Le petit fessier	75
6.6.3. Le moyen fessier.....	75
6.6.4. Le tenseur du fascia lata	76
6.6.5. Le pectiné.....	76
6.7. Les autres muscles de la hanche.....	76
6.7.1. Le pyramidal.....	76
6.7.2. L'obturateur interne et les jumeaux	77
6.7.3. L'obturateur externe	77

Chapitre 7. LE TRAVAIL INTERNE

7.1. Rappels de physiologie musculaire.....	79
7.1.1. Propriétés du muscle.....	79
7.1.2. Mécanisme intime de la contraction musculaire	80
7.1.3. La force musculaire	81
7.1.4. Travail et puissance musculaire.....	81
7.1.5. Agonistes et antagonistes.....	81
7.1.6. Insertions musculaires et orientation des forces.....	82
7.2. L'efficacité biomécanique des muscles	82
7.2.1. L'étirement préalable.....	82
7.2.2. La course	83
7.2.3. La force développée	84
7.2.4. Le moment de la force musculaire.....	84
7.3. Cas des muscles polyarticulaires	85
7.3.1. Conditions de travail	86
7.3.2. Le travail des muscles polyarticulaires	86
7.3.3. Les ischio-jambiers sont-ils extenseurs du genou ?	87
7.4. La force de pédalage	88
7.4.1. Première ébauche de modélisation : le moteur à piston	88
7.4.2. La force motrice dans le modèle à piston	88
7.5. Les muscles effectivement mis en jeu	90
7.5.1. À partir des données de l'anatomie.....	90
7.5.2. Dans un laboratoire.....	91
7.6. Les quatre temps du pédalage	92
7.6.1. Premier temps antérieur et principal : phase I.....	93
7.6.2. Troisième temps postérieur : phase III.....	93
7.6.3. Introduction aux phases critiques	94
7.6.4. Le passage critique bas : phase II	94
7.6.5. Le passage critique haut : phase IV	95
7.6.6. Au total.....	95
7.7. Le pédalage se fait avec deux membres	96
7.7.1. Une affaire de couple ?.....	96
7.7.2. La gestion à deux des phases critiques	96
7.7.3. De la nécessité de l'apprentissage du pédalage.....	97

Chapitre 8. VARIATIONS

8.1. Mouvements maximaux du genou et de la hanche.....	99
8.1.1. Flexion maximale du genou	99
8.1.2. Flexion minimale du genou	100
8.1.3. Flexion maximale de la hanche	100
8.1.4. Flexion minimale de la hanche	101
8.1.5. Une méthode d'analyse du pédalage en fonction des « bons » angles articulaires du membre inférieur	101

8.2. Variations liées à la liberté de la cheville	103
8.2.1. Cheville bloquée en position neutre.....	103
8.2.2. Cheville avec des amplitudes maximales	103
8.2.3. Inclinaison constante du pied.....	104
8.2.4. Cheville bloquée en flexion complète	104
8.2.5. Cheville bloquée en extension complète.....	105
8.2.6. Pédalage en facteur.....	105
8.2.7 Conclusions sur la liberté de la cheville	106
8.3. Variations liées au cycliste, sa bicyclette et sa position	107
8.3.1. Selon la longueur du fémur.....	107
8.3.2. Selon la taille des pieds	108
8.3.3. Selon la hauteur des pédales	108
8.3.4. Selon la longueur des manivelles.....	109
8.3.5. Selon la hauteur de la selle	109
8.3.6. Selon le recul de la selle	110
8.3.7. Synthèse sur les conséquences des variations de morphologie du cycliste et du réglage de sa bicyclette ..	110
 Chapitre 9. RETOUR SUR LES QUATRE HYPOTHÈSES PRÉALABLES.....	113
 9.1. Le cycliste ne pédale pas toujours assis sur une bicyclette	113
9.2. Le bassin n'est pas toujours fixe et vertical sur la selle	114
9.2.1. La fixité du bassin est relative	114
9.2.2. La verticalité du bassin n'est pas constante et la selle n'est pas toujours horizontale.....	115
9.2.3. La danseuse délaïsse la selle.....	115
9.2.4. La position du triathlète incline le bassin	116
9.3. Le pédalage ne s'effectue donc pas qu'avec les seuls membres inférieurs.....	118
9.3.1. Mobilisation de la main	118
9.3.2. Mobilisation du poignet et du coude.....	120
9.3.3. Mobilisation de l'épaule	122
9.3.4. Mobilisation de l'ensemble du rachis	125
9.3.5. Mobilisation du rachis lombaire et de la ceinture abdominale.....	125
9.3.6. Mobilisation de rachis dorsal et du thorax	126
9.3.7. Mobilisation du rachis cervical et du cou	127
9.4. Le mouvement de pédalage ne se déroule pas dans deux plans sagittaux.....	128
9.4.1. Il y a des raisons mécaniques.....	128
9.4.2. Des raisons anatomiques	129
9.4.3. Et des raisons musculaires	129
9.5. Enfin, l'ensemble pied-chaussure-pédale n'est pas toujours solidaire, passif et rigide ..	130
9.6. En conclusion, ça pédale quand même mais il faut prendre des précautions	131
 3^{ème} partie : LES FORCES À VAINCRE.....	133
 Chapitre 10. POIDS, MASSE ET INERTIE	135
 10.1. Le poids et la masse.....	135
10.1.1. Rappels de mécaniques : définitions.....	135
10.1.2. Détermination des centres de masse	136
10.1.3. Centre de gravité du cycliste par rapport au vélo.....	139
10.1.4. Centre de gravité du couple vélo-cycliste par rapport au plan sagittal.....	140
10.1.5. ... par rapport au plan frontal, répartition du poids sur les deux roues	140
10.1.6. ... par rapport au plan horizontal, bas ou haut.....	141
10.2. L'inertie	142
10.2.1. Le moment d'inertie	142
10.2.2. Le rayon de giration.....	142
1.2.3. Exemples concernant Maurice et son vélo.....	143
10.3. Équilibre et direction d'une bicyclette.....	144
10.3.1. Le poids et la réaction de la route	144
10.3.2. Prendre un virage.....	145
10.3.3. L'équilibre du cycliste	145
10.3.4. Stabilité et effet gyroscopiques.....	145
10.3.5. La conduite de la bicyclette	146
 Chapitre 11. L'ÉNERGIE MÉCANIQUE.....	147
 11.1. Définitions	147
11.1.1. L'énergie	147
11.1.2. Le travail.....	148
11.1.3. La puissance	148

11.1.4. Conservation de l'énergie.....	149
11.2. L'énergie potentielle gravitationnelle	149
11.3. L'énergie cinétique	150
11.3.1. Énergie cinétique de translation du cycliste et du vélo.....	150
11.3.2. Énergie cinétique due aux rotations.....	151
11.3.3. Énergie cinétique due aux mouvements des membres inférieurs.....	152
11.3.4. Énergie cinétique totale.....	153
11.4. Utilité du poids et l'énergie cinétique.....	154
11.4.1. Le poids : atout et handicap.....	154
11.4.2. Énergie cinétique et technique de pédalage.....	154
11.4.3. L'énergie potentielle élastique.....	156
Chapitre 12. LES FROTTEMENTS.....	157
12.1. Concepts et définitions	157
12.1.1. Les frottements statiques.....	157
12.1.2. Les frottements cinétiques.....	158
12.1.3. Les frottements avec roulement.....	159
12.1.4. L'aérodynamisme.....	159
12.2. L'énergie dépensée dans les frottements.....	162
12.2.1. Recherche d'une recette de calcul.....	162
12.2.2. Situations concrètes.....	164
12.3. Tenir la route et freiner.....	166
12.3.1. La tenue de route.....	166
12.3.2. Freiner.....	167
12.3.3. La perte d'adhérence d'une roue.....	168
4^{ème} partie : APTITUDES ET MANIÈRES DE FAIRE	171
Chapitre 13. CARBURANTS, COMBURANT, POMPE CARDIAQUE, DÉPENSES ET RECETTES	173
13.1. Énergétique musculaire	173
13.1.1. Origine de l'énergie.....	173
13.1.2. Stockage et utilisation de l'énergie.....	174
13.2. L'oxygène et le travail cardiaque	175
13.2.1. Oxygène et endurance.....	175
13.2.2. Le système cardiovasculaire et respiratoire.....	176
13.2.3. Réponse cardiovasculaire et respiratoire à l'effort.....	178
13.2.4. Fréquence cardiaque, puissance, V_{O_2max} et seuils lactiques.....	180
13.2.5. Effets de l'entraînement aérobie.....	181
13.2.6. Effets de l'âge et différences liées au sexe.....	183
13.2.7. Synthèse pour Maurice.....	184
13.2.8. Synthèse pour Thérèse.....	185
13.2.9. Synthèse pour Kevin.....	186
13.3. Bilan énergétique : dépenses et recettes.....	186
13.3.1 Retour sur la loi de conservation de l'énergie.....	186
13.3.2. Dépenses dans différents cas de figure vélocipédiques.....	187
13.3.3. Dépenses dans quelques exemples de sorties à vélo.....	188
13.3.4. Recettes : les apports énergétiques nécessaires.....	189
Chapitre 14. LA FRÉQUENCE DE PÉDALAGE	193
14.1. Transmission de l'effort par la bicyclette.....	193
14.1.1. Les bases du solfège, les instruments et leurs contraintes d'utilisation.....	193
14.1.3. Rapports de forces.....	194
14.1.4. Forces à vaincre.....	196
14.2. La vitesse du cycliste.....	197
14.2.1. Calcul et/ou mise en évidence de la vitesse.....	197
14.2.2. Puissance développée selon la vitesse.....	198
14.2.3. Et nous voici au « nœud théorique ».....	198
14.3. La fréquence de pédalage.....	199
14.3.1. Retour sur quelques points de physiologie musculaire.....	199
14.3.2. Quelques données de laboratoire.....	200
14.3.3. Le pédalage exemplaire de Lance Armstrong.....	201
14.3.4. Sur la route des cyclotouristes.....	202
14.3.5. Inconstance de la fréquence de pédalage.....	203
14.3.6. Fréquence de pédalage et longueur des membres inférieurs.....	203

Chapitre 15. SE METTRE EN BONNE POSITION	205
15.1. Les roues	205
15.1.1. Petit ou grand rayon ?	205
15.1.2. Le diamètre d'une roue a-t-il vraiment de l'importance ?	207
15.2. Les manivelles	208
15.2.1. Une formule simple	208
15.2.2. Le segment corporel de référence	209
15.2.3. Le coefficient de proportionnalité	209
15.3. Le cadre	210
15.3.1. La hauteur du cadre	210
15.3.2. L'inclinaison du tube de selle	210
15.3.3. La longueur du tube horizontal	211
15.4. Les pédales	211
15.4.1. Le choix des pédales	211
15.4.2. Le choix des chaussures	212
15.4.3. Réglage de la position du pied sur la pédale	212
15.5. La selle	213
15.5.1. Hauteur de la selle	213
15.5.2. Le recul de la selle	214
15.5.3. Inclinaison de la selle	216
15.6. La direction : le cintre et la potence	217
16.6.1. Le cintre	217
15.6.2. La potence	217
15.6.3. Synthèse des différentes positions	219
15.6.4. D'autres postes de direction	219
15.7. Le relevé des cotes	220
15.8. Les commandes	221
15.8.1. Les poignées de frein	221
15.8.2. Les manettes de dérailleur	221
15.9. La sécurité	222
15.10. Synthèse	222
Chapitre 16. DES BRAQUETS BIEN TEMPÉRÉS	225
16.1. Le solfège	225
16.1.1. Le braquet idéal	225
16.1.2. Le braquet de base et le braquet minimum	226
16.2. La compositions des gammes des cyclotouristes	227
16.2.1. Une octave	227
16.2.2. Quelques partitions	229
16.3. Quelques exercices et règles de bonne interprétation	231
16.3.1. Connaître et maîtriser sa fréquence de pédalage	232
16.3.2. Connaître et contrôler sa fréquence cardiaque	232
16.3.3. Anticiper	232
17 - APPENDICE - LE CYCLISTE EST UN PIÉTON MIRACULÉ	233
17.1. Un cycliste n'est plus un piéton	233
17.2. Mais quand il est piéton	234
17.3. Des dépenses spécifiques liées à la marche	235
17.4. Avantage au vélo, mais pas tout le temps	236
17.5. Vive la roue, vive la roue libre, les dérailleurs et les pignons !	237
17.6. Un contexte biomécanique idéal pour le cycliste	238
17.7. Un contexte un peu meilleur pour le coureur à pied, mais avec des pertes importantes d'énergie	239
CONCLUSIONS	241
LES SEPT COMMANDEMENTS DE VÉLOCIO	242
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	243
ADRESSES UTILES	245
DESSINS ET PHOTOGRAPHIES	247
TABLEAUX	248
INDEX	249
TABLE DES MATIÈRES	253