

Table des matières

Avant propos	1	Ont collaboré à cet ouvrage les auteurs suivants ...	3
Direction de l'ouvrage	3	Plan du livre	4
CHAPITRE 1			
Analyse des principaux déterminants de la performance en cyclisme			
FRÉDÉRIC GRAPPE			
1. Introduction	5	2.4 Axe « psychologique »	7
2. Analyse des différents axes de la performance	6	2.5 Axe « technico-tactique »	7
2.1 Axe « biomécanique »	6	2.6 Axe « technologique »	7
2.1.1 Définition	6	3. Équations de la performance en cyclisme	7
2.1.2 L'entraîneur biomécanicien	6	3.1 Généralités	7
2.1.3 Objectif biomécanique du cyclisme	6	3.2 Modèle bioénergétique de la performance	8
2.2 Axe « physiologique »	6	3.3 Modèle biomécanique de la performance	8
2.3 Axe « suivi du cycliste »	6	4. Profil synoptique de la performance du coureur	8
		5. Capacité de performance maximale	9
		6. Conclusion	10
CHAPITRE 2			
Le métabolisme énergétique lors de l'exercice ...			
FRÉDÉRIC GRAPPE			
1. Les différentes voies métaboliques	12	5.3 Métabolisme des lipides	21
2. Continuum énergétique des différents systèmes d'apport d'énergie	13	5.3.1 Introduction	21
3. Métabolisme anaérobie alactique	14	5.3.2 Utilisation des acides gras libres durant l'exercice ...	22
3.1 Hydrolyse de l'ATP	14	5.3.3 Utilisation des triglycérides durant l'exercice	23
3.2 Le système ATP-CP	14	5.3.4 Utilisation du glycérol plasmatisque durant l'exercice	23
4. Métabolisme anaérobie lactique	15	5.3.5 Utilisation des corps cétoniques plasmatisques durant l'exercice	23
5. Métabolisme aérobie	16	5.3.6 Interrelations lipides-glucides au cours de l'exercice en endurance	23
5.1 Introduction	16	5.4 Métabolisme protéique	24
5.2 Oxydation des hydrates de carbone	17	5.4.1 Introduction	24
5.2.1 Captation du glucose durant l'exercice	18	5.4.2 Cycle glucose-alanine	24
5.2.2 Libération du glucose hépatique	18	5.4.3 Production d'ammoniaque	25
5.2.3 Ingestion de glucose avant l'exercice	19	5.4.4 Production d'urée	25
5.2.4 Ingestion de glucose pendant l'exercice	20	5.4.5 Taux de renouvellement des protéines	25
5.2.5 Déplétion en glycogène musculaire en fonction de la charge de travail	20	6. Processus de récupération et resynthèse des réserves énergétiques au cours de la récupération	25
5.2.6 Déplétion en glycogène musculaire en fonction du type de fibre	21	6.1 Resynthèse des phosphagènes (ATP-CP)	25
		6.2 Resynthèse du glycogène musculaire	26

6.2.1 Exercices épuisants de courte durée	26	6.4.3 En fonction de l'intensité de l'exercice de récupération	29
6.2.2 Exercices d'endurance	27	6.4.4 Destinée du lactate pendant la récupération	29
6.3 Resynthèse du glycogène hépatique	28	6.5 Durée des processus de récupération	30
6.4 Cinétique d'élimination du lactate musculaire	28	7. Zones d'intensité en fonction des voies métaboliques	30
6.4.1 Avec une récupération passive	28	8. Conclusion	30
6.4.2 Avec une récupération active	28		

CHAPITRE 3

Utilisation de la perception de l'effort comme outil d'estimation de l'intensité de l'exercice

35

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. L'évaluation perceptive de l'exercice	36
1.1 Le RPE de Borg	36
1.2 Graduation de la douleur en fonction des symptômes somatiques subjectifs	37
1.3 Variables pouvant altérer la perception de l'exercice	38
1.3.1 Le niveau d'expertise de l'athlète	38
1.3.2 L'environnement	38
1.3.3 La motivation	40
1.3.4 Nutrition et drogues	40
1.3.5 Variables physiologiques	40
1.3.6 Âge	40
1.4 Exemple du cyclo-cross et du VTT	41
2. Échelle d'Estimation Subjective de l'Intensité de l'Exercice (échelle d'ESIE)	42
2.1 Détermination de différents niveaux d'intensité de l'exercice	42
2.2 Différentes zones d'intensité et leurs items	44
2.2.1 Zone d'intensité légère [$I_1 < 75\% FC_{max}$; 30-50 % PMA]	44
2.2.2 Zone d'intensité moyenne [$75\% FC_{max} < I_2 < 85\% FC_{max}$; 50-60 % PMA]	44
2.2.3 Zone d'intensité soutenue [$85\% FC_{max} < I_3 < 92\% FC_{max}$; 60-75 % PMA]	44

2.2.4 Zone d'intensité seuil [$92\% FC_{max} < I_4 < 96\% FC_{max}$; 75-85 % PMA]	46
2.2.5 Zone d'intensité sur-critique (PMA [$96\% FC_{max} < I_5 < 100\% FC_{max}$; 85-100 % PMA]) ...	47
2.2.6 Zone d'intensité sous-maximale [$I_6 = 100\% FC_{max}$; 100-180 % PMA]	48
2.2.7 Zone d'intensité maximale (force - vitesse) [$I_7 = 90-95\% FC_{max}$; 180-300 % PMA]	49
2.3 Évolution de la fréquence cardiaque en fonction de l'échelle d'ESIE	50
2.4 Échelle d'ESIE et balance du métabolisme énergétique ...	50
2.5 Correspondance entre échelle d'ESIE et puissance mécanique	52
3. Utilisation de l'échelle d'ESIE pour l'entraînement	53
3.1 Modèles de séances d'entraînement types en fonction de l'échelle d'ESIE	53
3.2 Correspondance entre échelle d'ESIE, temps limite d'exercice et les principales méthodes d'entraînement ..	61
3.3 Exemples de programmes d'entraînement pour des cyclistes de haut niveau	62
3.3.1 Introduction	62
3.3.2 Programmes d'entraînement mixtes route et piste ...	63
3.3.3 Programmes d'entraînement route	71
3.4 Utilisation de l'échelle d'ESIE pour l'évaluation de l'intensité de l'effort en compétition	83
4. Conclusion	83

CHAPITRE 4

Adaptation du cycliste aux charges d'entraînement

85

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Principes fondamentaux	85
1.1 Organisation de la performance sportive	85
1.2 Direction et contrôle de l'entraînement	86
1.2.1 Caractéristiques de la structure de l'entraînement et de la compétition	86
1.2.2 Élaboration d'un modèle pour l'entraînement et la compétition	87
1.2.3 Diagnostic des possibilités fonctionnelles individuelles du cycliste	87
1.2.4 Comparaison entre les données individuelles et les modèles	87
1.2.5 Définition des orientations de travail et voies pour parvenir à l'effet recherché	87

1.2.6 Choix des moyens et des méthodes d'entraînement ...	87
1.2.7 Planification du processus d'entraînement	87
1.2.8 Comparaison par étapes des résultats réels et des résultats escomptés	88
1.2.9 Planification des actions correctrices	88
1.3 Charge d'entraînement	88
1.4 Caractéristiques de la charge d'entraînement	89
1.4.1 Généralités	89
1.4.2 Nature de la charge d'entraînement	89
1.4.3 Individualisation de la charge d'entraînement	89
1.4.4 Spécificité de la charge d'entraînement	89
1.4.5 Régularité de la charge d'entraînement	90
1.4.6 Progressivité de la charge d'entraînement	90

1.4.7	Surcharge d'entraînement (entraînement sur-critique)	90	4.2	Méthodes de quantification de la charge d'entraînement	101
1.4.8	Intensité de la charge d'entraînement	91	4.2.1	L'athlète, un système ouvert	101
1.4.9	Durée de la charge d'entraînement	91	4.2.2	Quantification de la charge d'entraînement	102
1.4.10	Densité de la charge d'entraînement	91	4.3	Quantification de la charge d'entraînement en cyclisme	104
1.5	Effets induits par la charge d'entraînement en fonction du niveau de capacité de performance	92	4.3.1	À partir du travail mécanique réalisé	104
1.5.1	Effets induits par une même charge d'entraînement ...	92	4.3.2	À partir de la perception de l'intensité de l'exercice ...	105
1.5.2	Effets induits par une charge d'entraînement conduisant à l'épuisement	92	4.3.3	Correspondance entre la méthode de Banister et la méthode perceptive de quantification de la charge d'entraînement	107
1.6	Phénomène de surcompensation	93	4.3.4	Relation charge d'entraînement et niveau de fatigue	111
1.6.1	Caractéristiques du phénomène de surcompensation	93	4.4	Capacité de performance maximale	113
1.6.2	Différentes adaptations	94	4.4.1	Cycle d'entraînement optimal	113
1.6.3	La dynamique charge d'entraînement-récupération ...	94	4.4.2	Cycle d'entraînement mal calibré	113
1.6.4	Gestion de la fatigue	94	4.4.3	Période d'affûtage	115
2.	Adaptations physiologiques	94	4.5	Modèle simplifié d'estimation de la charge de travail ...	116
2.1	Adaptations à l'entraînement aérobie	94	4.5.1	Charge de travail et force mentale	116
2.1.1	Adaptations musculaires	94	4.5.2	Différentes charges de travail	116
2.1.2	Adaptations des systèmes énergétiques	95	4.5.3	Exemple de préparation pour le Tour de France ...	117
2.1.3	Adaptations cardiovasculaires et pulmonaires	95	4.5.4	Exemple de préparation pour le championnat du Monde de cyclo-cross 2007	120
2.2	Adaptations à l'entraînement anaérobie	96	4.6	Gestion de la capacité de performance et de la fatigue à partir de l'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque	124
2.2.1	Adaptations du système ATP-CP	96	4.6.1	Variabilité de la fréquence cardiaque et exercice (VFC)	124
2.2.2	Adaptations du système glycolytique	96	4.6.2	Étude de VFC avec l'analyse spectrale de la fréquence cardiaque	125
2.2.3	Coordination du geste	96	4.6.3	Étude de VFC avec la méthode de Poincaré	126
2.2.4	Contribution du métabolisme aérobie	96	5.	Impact d'une course de trois semaines sur l'organisme du coureur	132
2.2.5	Tolérance au lactate et pouvoir tampon	96	5.1	Un bon physique et une solide force mentale	132
3.	Fatigue et surentraînement	97	5.2	Gestion optimale de la récupération	132
3.1	Gestion de la fatigue	97	5.3	Baisse de l'hématocrite	133
3.1.1	Les différents types de fatigue	97	5.4	Gestion et détection de la fatigue	133
3.1.2	Relation fatigue et énergie	97	5.5	Variabilité de la fréquence cardiaque	133
3.1.3	Relation fatigue et pH	98	5.6	Principales conséquences au niveau physiologique	134
3.1.4	Relation fatigue et système nerveux central	98	5.7	Principales conséquences au niveau mental	134
3.1.5	Perception de la fatigue	98	6.	Conclusion	135
3.2	Le surentraînement	99			
3.2.1	Généralités	99			
3.2.2	Syndrome du surentraînement	99			
4.	Quantification des effets induits par la charge d'entraînement	101			
4.1	Introduction	101			

CHAPITRE 5

Bases scientifiques et pratiques de l'interval training

FRÉDÉRIC GRAPPE

1.	Améliorer les modèles d'interval training des cyclistes	139	3.4	Chez les cyclistes entraînés	145
2.	Spécificité et logique de l'IT	140	3.4.1	Réponses des variables associées à la performance ...	145
3.	Effets induits par l'entraînement en IT	141	3.4.2	Adaptations physiologiques suite à l'entraînement en IT	145
3.1	Convention d'écriture	141	4.	Calibrage d'une séance d'IT visant l'amélioration du potentiel aérobie	149
3.2	Comparaison des différents modèles d'IT	142	4.1	Peu de données précises	149
3.3	Chez les cyclistes non entraînés et de loisir	143	4.2	Calibrage de l'Unité Fonctionnelle de Travail	149
			4.2.1	Calibrage du travail de la période d'exercice	149

4.2.2	Calibrage du travail de la période de contre-exercice	152	6.3.1	Réponses cardio-circulatoires et ventilatoires	156
4.3	Nombre de répétitions de l'UFT	153	6.3.2	Effets physiologiques induits par l'entraînement avec le modèle	157
4.4	Notion de « décrochage »	153	6.4	Méthodologie : calibrage des différentes intensités d'exercice	158
4.5	Nombre de séries	154	6.4.1	En laboratoire	158
5.	Modèles d'IT ne visant pas l'amélioration du potentiel aérobic	154	6.4.2	Sur le terrain	159
5.1	Modèle de la pyramide descendante	154	6.5	Réajustement de la charge de travail	161
5.2	Modèle de l'accordéon	154	6.6	Indices de performance	163
5.3	Modèle de l'état stable	155	6.6.1	Intensité d'Endurance Maximale	163
5.4	Modèle du développement des qualités de force-vitesse ...	155	6.6.2	Travail mécanique total de l'EM ₄₅	163
6.	Application pratique du modèle « court » de Gimenez	156	6.6.3	Détermination de l'EM sur le terrain en conditions réelles de locomotion	164
6.1	Introduction	156	7.	Application pratique du modèle « long » de Gimenez	164
6.2	Avantages du modèle	156	8.	Conclusion	164
6.3	Caractéristiques physiologiques du modèle	156			

CHAPITRE 6

Effet de la durée et du type d'exercice sur la relation puissance-VO₂

STÉPHANE PERREY ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1.	Introduction	172
2.	Composante lente de VO ₂	172
2.1	Définition	172
2.2	Cinétique descriptive en fonction des différentes zones d'intensité	174
2.2.1	Exercices inférieurs au SA (entre I ₁ et I ₂)	174
2.2.2	Exercices supérieurs au SA (entre I ₄ et I ₅)	174
2.2.3	Exercices sur-critiques (entre I ₃ et I ₆)	176

CHAPITRE 7

Rendement mécanique de la locomotion à bicyclette

FRÉDÉRIQUE HINTZY ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1.	Introduction	184
2.	Différentes étapes de transformation de l'énergie chez l'homme en mouvement	184
2.1	Rendement métabolique	184
2.2	Rendement musculaire	184
2.3	Rendement mécanique	184
3.	Rendement mécanique de la locomotion à bicyclette	185
3.1	Rendement mécanique lors de la locomotion	185
3.1.1	Estimation de l'énergie métabolique	185
3.1.2	Détermination de l'énergie mécanique sur une bicyclette ergométrique	185
3.1.3	Exemple de calcul du rendement mécanique	186
3.2	Rendements mécaniques dans différents types de locomotion	186
4.	Différents indices de rendement mécanique	187

3.	Effets de l'entraînement en endurance sur la composante lente de VO ₂ lors d'exercices supérieurs au SA	176
3.1	Généralités	176
3.2	Diminution de la composante lente	177
3.3	Effets de la fréquence de pédalage et du type de fibres musculaires	178
3.4	Mécanismes expliquant les diminutions observées suite à un entraînement	179
4.	Conclusion	179
1.	Appendice Vitesse d'ajustement des filières énergétiques	180

4.1	Rendement brut	187
4.2	Rendement net	187
4.3	Rendement de travail	188
4.4	Rendement Delta	188
4.5	Comparaisons des rendements brut, net et de travail ...	189
5.	Facteurs influençant le rendement mécanique à bicyclette	189
5.1	Influence de la méthodologie de calcul utilisée	189
5.2	Influence de la condition d'exercice	189
5.2.1	Influence de la puissance développée	189
5.2.2	Influence de la fréquence de pédalage	190
5.2.3	Influence du matériel utilisé	191
5.3	Influence des caractéristiques du cycliste	191
5.3.1	Influence du niveau d'entraînement	191
5.3.2	Influence de la typologie musculaire	192
5.3.3	Influence du niveau de fatigue	192
6.	Conclusion	192

CHAPITRE 8**Biomécanique du pédalage** 195

WILLIAM BERTUCCI ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Introduction 195
2. Analyse mécanique du cycle de pédalage 196
3. Définition du pattern de pédalage 196
4. Analyse du couple moteur 197
 - 4.1 Influence de la puissance de l'exercice 197
 - 4.2 Influence du niveau d'expertise des sujets 198
 - 4.3 Phase de poussée de la pédale 198
 - 4.4 Phase de remontée de la pédale 199
5. Indice d'efficacité du pédalage (IEP) 200

- 5.1 Détermination de l'IEP 200
- 5.2 Index d'efficacité instantanée (IEI) 200
- 5.3 Technique de pédalage des poursuivants 200
- 5.4 Influence du poids des membres inférieurs 201

6. Influence de la position et du terrain sur la technique de pédalage 201**7. Asymétries de pattern de pédalage** 203

- 7.1 Indices d'asymétrie 203
- 7.2 Asymétries et cadence de pédalage 205

8. Conclusion : le feed-back comme solution ! 206**CHAPITRE 9****Effets induits par le changement de position sur la bicyclette sur les variables biomécaniques, physiologiques et perceptives** 209

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Introduction 210
2. Positions étudiées 210
3. Effets induits par le changement de position 210
 - 3.1 Effets induits entre les positions assise, couchée et aérodynamique 210
 - 3.2 Effets induits entre les positions assise et danseuse 215

4. Compromis entre réponses physiologiques et aérodynamisme du coureur 215

- 4.1 Passage de la position assise à la position couchée 215
- 4.2 Passage de la position couchée à la position de triathlète 215
- 4.3 Passage de la position de triathlète à la position de « l'œuf » (position d'Obree) 216
- 4.4 Passage de la position assise à la position « danseuse » ... 216

5. Conclusion 216**CHAPITRE 10****Optimisation de la fréquence de pédalage en fonction des différentes conditions de course** 219

FRÉDÉRIQUE HINTZY ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Exercices réalisés entre intensité légère (I_1) et seuil anaérobie (I_4) 220
 - 1.1 Influence de la puissance développée sur $V_{opt_{VO_2}}$ 222
 - 1.2 Influence de la durée de l'exercice sur $V_{opt_{VO_2}}$ 222
 - 1.3 Influence de la condition de terrain sur $V_{opt_{VO_2}}$ 222
 - 1.4 Influence des caractéristiques des cyclistes sur $V_{opt_{VO_2}}$... 222
 - 1.5 Comparaison $V_{opt_{VO_2}}$ et cadences naturellement choisies sur le terrain 223
 - 1.6 Seuil anaérobie 223
 - 1.7 Rôle de la perception subjective de l'effort 223
 - 1.8 Coût énergétique 224
2. Exercices réalisés à intensité sur-critique (I_5) 225
 - 2.1 Contrainte mécanique imposée aux muscles et aux articulations 226
 - 2.2 Signaux neuromusculaires 226

- 2.3 Accumulation des lactates musculaires 227
- 2.4 Temps limite 227
- 2.5 Puissance maximale aérobie et consommation maximale d'oxygène 227

3. Exercices réalisés à intensité maximale (I_7) 227

- 3.1 Méthode classique 228
- 3.2 Méthode de mesure instantanée 228
 - 3.2.1 Relation force-vitesse 228
 - 3.2.2 Relation puissance-vitesse 228
 - 3.2.3 Relation puissance max-vitesse optimale 229
- 3.3 Caractéristiques physiques des cyclistes 229

4. Résultats obtenus sur des jeunes coureurs internationaux 230**5. Zones d'entraînement** 231**6. Exemple pratique : Mesure de l'explosivité sur home-trainer** 232**7. Conclusion** 233

CHAPITRE 11**Analyse de l'activité musculaire du pédalage ... 239**

SÉBASTIEN DUC ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Introduction	239
2. Méthodologie de l'électromyographie	241
2.1 Généralités	241
2.2 Variables temporelles	241
2.3 Variables fréquentielles	241
2.4 Le recrutement des unités motrices	242
3. Description de l'activité EMG du pédalage	242
3.1 Modèle de la coordination musculaire du pédalage ...	242
3.2 Description de l'activité EMG du pédalage	244
3.2.1 Phase d'extension ou de poussée	244
3.2.2 Phase de flexion ou de tirage	246
3.2.3 Phases de transition (point mort haut et point mort bas)	247
3.2.4 Existe-t-il une ou plusieurs techniques de pédalage ?	247

CHAPITRE 12**Limites et précautions à prendre lors de l'utilisation de bicyclettes ergométriques ou de wattmètres pour les évaluations en laboratoire 267**

WILLIAM BERTUCCI ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Introduction	267
2. Influence de la masse du volant d'inertie des bicyclettes ergométriques	268
2.1 Éléments de mécanique élémentaire	268
2.1.1 Dynamique de rotation et moment d'inertie d'un volant	268
2.1.2 Moment cinétique et effet gyroscopique	268
2.1.3 Énergie cinétique de rotation	269
2.1.4 Mouvement de rotation combiné à un mouvement de translation	269
2.1.5 L'inertie ramenée au pédalier	269
2.2 Mesures des variables mécaniques	270
2.3 Mesures des variables physiologiques et du rendement ...	270
2.4 Régularité du pédalage	270
2.5 Perception de l'exercice	271
2.6 <i>Pattern</i> de pédalage	271
2.7 Cadence de pédalage	271

CHAPITRE 13**Effets induits par la modification des appuis du bassin et des pieds sur la performance en endurance et en sprint 281**

FRÉDÉRIQUE HINTZY ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Angle d'inclinaison du tube de selle	282
2. Hauteur de la selle	282
2.1 Influence sur la dépense énergétique	282
2.2 Influence sur la puissance développée	283

4. Variables affectant l'activité musculaire du pédalage	247
5. Influence de la fréquence de pédalage	248
5.1 Effet de la f_p sur le niveau d'activité EMG	248
5.2 Effet de la f_p sur le déroulement temporel de l'activité EMG	249
6. Influence de la durée de l'exercice	250
6.1 Exercice réalisé à une puissance constante	250
6.2 Exercice réalisé à une puissance variable : exemple du CLM	251
6.2.1 <i>Système d'auto-régulation</i>	251
6.2.2 <i>Théorie de la télé-anticipation</i>	252
7. Effet de la posture des cyclistes	254
8. Influence du niveau d'expertise	260
9. Influence de la longueur des manivelles, du braquet et de la forme du pédalier	261
10. Conclusion	263

3. Limite des ergomètres à frein mécanique	272
3.1 Limites de la courroie de friction	272
3.2 Limites de l'ergonomie de la bicyclette	272
4. Influence de la modification de la position sur la bicyclette ergométrique	272
4.1 Effets induits par la variation du recul de selle	272
4.2 Effets induits par la modification de la hauteur de selle ...	273
4.3 Effets induits par la modification de l'inclinaison du buste	273
5. Fiabilité des systèmes de mesure de la puissance mécanique	273
5.1 Validité des wattmètres	273
5.2 Précautions à prendre lors de l'utilisation d'un wattmètre	275
5.2.1 <i>Précautions à prendre avant l'utilisation d'un wattmètre</i>	275
5.2.2 <i>Précautions à prendre pour obtenir une mesure de puissance valide</i>	275
6. Conclusion	277

3. Longueur des manivelles	283
3.1 Influence sur la dépense énergétique	283
3.2 Influence sur la puissance développée	283
4. Types de fixation du pied sur la pédale	284
4.1 Force propulsive sur la pédale	284

4.2 Exercice de sprint	284
5. Types de pédaliers	285
5.1 Généralités	285

CHAPITRE 14**Optimisation de la technique de pédalage** 291

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Le pied dynamique	291
2. Sensations kinesthésiques	292
2.1 Généralités	292
2.2 Différents récepteurs kinesthésiques	292
2.3 Mauvaises perceptions kinesthésiques	292
3. Interface chaussure-pédale	293
4. Optimisation de la position du pied sur la pédale ...	294
4.1 Généralités	294

CHAPITRE 15**Résistance totale qui s'oppose au déplacement en cyclisme** 301

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Traînée aérodynamique du coureur	302
1.1 Importance de l'aérodynamique : histoire et évolution du record de l'heure	302
1.2 Traînée et portance aérodynamiques	306
1.2.1 Généralités	306
1.2.2 Origine de la portance	306
1.3 Écoulements laminaire et turbulent	307
1.4 Pression cinétique	308
1.5 Nombre de Reynolds et viscosité de l'air	308
1.6 Couche limite	309
1.7 Caractérisation des différents types d'écoulements	310
1.8 Détermination de la traînée d'un cycliste en mouvement	310
1.8.1 Traînées de pression et de frottement	310
1.8.2 Détermination de la traînée du cycliste	311
1.8.3 En résumé	312
1.9 Études des variables de la traînée aérodynamique	312
1.9.1 Masse volumique de l'air (ρ)	312
1.9.2 Surface frontale effective (SC_x)	315
1.9.3 Coefficient de pénétration dans l'air (C_x)	327
1.9.4 Vitesse de l'air (V_a)	330
1.10 Influence des dimensions corporelles du cycliste sur la performance en contre-la-montre	330
1.11 Influence de la vitesse du vent sur la pénétration dans l'air	333
1.11.1 Variation du SC_x avec la vitesse du vent	333
1.11.2 Influence de la vitesse du vent sur les dimensions corporelles des cyclistes	334
1.11.3 Influence des vitesses élevées du vent	337
1.11.4 Influence des vitesses moyennes du vent	338
2. Résistance au roulement (R_r)	342
2.1 Introduction	342

5.2 Caractéristiques des plateaux types Biopace et Eng 10 ...	286
5.3 Bénéfices apportés par les plateaux non circulaires	286
6. Conclusion	287

4.2 Identification de la position anatomique naturelle de chaque pied	294
4.3 Réglage de la profondeur d'engagement du pied sur la pédale	295
4.4 Réglage de l'orientation latérale du pied sur la pédale ...	295
4.5 Réglage de l'écartement des pieds sur les pédales	296
5. Technique de pédalage de base	297
5.1 Pédalage assis	297
5.2 Pédalage en danseuse	298
6. Conclusion	299

2.2 Définition de R_r	342
2.3 Différentes variables influençant R_r	343
2.3.1 Pression de gonflage	343
2.3.2 Type de pneumatique	343
2.3.3 Épaisseur de la gomme à déformer	343
2.3.4 Nature des matériaux utilisés	343
2.3.5 Sculpture de la chape du pneumatique	343
2.3.6 Section transversale du boyau	344
2.3.7 Ellipse de contact	344
2.3.8 Diamètre de la roue	344
2.3.9 Angle de dérive	344
2.3.10 Nature du sol	344
2.3.11 Température	344
2.4 Influence de la pression de gonflage sur R_r	344
2.5 Influence de la force verticale sur R_r	345
2.6 Influence des variations de C_x sur la performance : exemple du record de l'heure	346
2.7 R_r et C_x en fonction de différentes conditions expérimentales	346
3. Résistance due à la gravité	347
4. Méthodes de mesure des résistances aérodynamiques et de roulement en cyclisme	348
4.1 Tests en soufflerie	349
4.1.1 Méthode directe	349
4.1.2 Méthode indirecte	349
4.2 Modèle théorique	349
4.3 Méthodes de terrain	350
4.3.1 Mesure de la puissance consommée	350
4.3.2 Technique de dynamométrie	350
4.3.3 Tests de décélération	350
4.3.4 Mesure de la puissance mécanique en condition de compétition	351
5. Conclusion	353

CHAPITRE 16**Amélioration de la performance****en contre-la-montre** 357

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Principes fondamentaux du CLM 358
2. Différents modèles de la performance en CLM 358
 - 2.1 Prologue 358
 - 2.2 CLM classique 359
 - 2.3 Exemple de gestion d'un CLM classique 359
3. Méthodes d'entraînement 360
 - 3.1 Optimisation de la position sur la bicyclette 360
 - 3.1.1 Vue de côté 360
 - 3.1.2 Vue de face 360
 - 3.1.3 Vue de derrière 360
 - 3.1.4 Position de base 361
 - 3.2 Optimisation de la fréquence de pédalage 361
 - 3.2.1 Méthode 1 : développement de la vitesse à intensité soutenue (I_s) en descente 361
 - 3.2.2 Méthode 2 : développement de la vitesse à intensité soutenue (I_s) sur le plat 362
 - 3.2.3 Méthode 3 : développement de la vitesse à intensité soutenue (I_s) en montée 363
 - 3.2.4 Méthode 4 : développement global (plat, montée, descente) de la vitesse à intensité soutenue (I_s) 364

- 3.3 Développement de la force 364
 - 3.3.1 Problématique 364
 - 3.3.2 Problème de la fixation du buste 365
 - 3.3.3 Développement de la force sur le terrain 366
 - 3.3.4 Développement de la force avec un ergomètre 370
 - 3.3.5 Développement de la force avec utilisation d'exercices analytiques 370
 - 3.3.6 Méthodes combinées du développement de la force 376
 - 3.3.7 Programmation du développement de la force 377
- 3.4 Amélioration de la vitesse seuil (V_{SA}) 377
- 3.5 Gestion de l'intensité de l'exercice 378
 - 3.5.1 Utilisation de la fréquence cardiaque 378
 - 3.5.2 Utilisation de la perception de l'effort 380
 - 3.5.3 Utilisation de la puissance développée 380
4. Échauffement avant un CLM 384
 - 4.1 Échauffement avant un CLM court (type prologue) 384
 - 4.2 Échauffement avant un CLM long 385
5. Analyses de CLM individuels et par équipe 385
6. Conclusion 390

CHAPITRE 17**Modélisation de la performance en cyclisme** 393

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Introduction 393
2. Présentation du modèle 394
 - 2.1 Équations élémentaires permettant de construire le modèle 394
 - 2.2 Variables prises en compte dans la modélisation 394
 - 2.3 Exemple : modélisation de la performance de Lance Armstrong 394

3. Modélisation des performances en montagne 396
4. Influence des variations des variables sur la puissance estimée 431
5. Validité du modèle en compétition 431
6. Différents niveaux de puissance en montée 432
7. Performances maximales atteintes en montagne chez les cyclistes contrôlés positifs 434
8. Conclusion 436

CHAPITRE 18**Analyse de la performance de Lance Armstrong sur le Tour de France 2001** 437

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Dans l'œil du cyclone 437
2. Optimiser la dépense énergétique 438
3. Recherche de la fréquence de pédalage optimale 439

4. Le geste juste 441
5. Alternance assis/danseuse 442
6. Optimisation de l'aérodynamique 443
7. Conclusion 444
8. Épilogue 445

CHAPITRE 19**Préparation à une randonnée montagnaise 447**

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Introduction	447
2. Étape du Tour 2002	448
2.1 Présentation	448
2.2 Programmation de l'entraînement	448
2.2.1 Catégories de cyclistes	448
2.2.2 Détermination de l'intensité de l'effort	448
2.2.3 Séances d'entraînement spécifiques	449
2.3 Gestion du volume horaire des séances d'entraînement	450
2.4 Gestion de la fatigue	450
2.5 Programmation des cycles d'entraînement	451
2.6 Analyse technique de l'épreuve	451
2.6.1 Gestion des ascensions	451
2.6.2 Gestion des descentes	451
2.6.3 Technique de pédalage dans les montées	452
2.6.4 Alternance position assise – danseuse	459
2.6.5 Choix de la fréquence de pédalage	459
2.6.6 Roue libre spécifique	459
2.6.7 Contrôle de la respiration	460
2.6.8 Contrôle du poids	460

2.6.9 Utilisation du compteur	461
2.6.10 Attention aux variations de vitesse coûteuses en énergie	461
2.6.11 Attention à la fréquence cardiaque	461
2.6.12 Analyse du profil du terrain	461
2.6.13 Rouler bien au chaud dans le peloton	462
2.6.14 Savoir rouler en bordure	462
2.6.15 Ne pas s'acharner contre le vent mais l'appivoiser ..	462

3. Étape du Tour 2003

3.1 Gestion de l'intensité de l'exercice	463
3.2 Modèle de gestion de l'effort	463

4. Étape du Tour 2006

4.1 Particularités de l'épreuve	465
4.2 Variables qui contrôlent l'entraînement	465
4.2.1 Intensité de l'effort	465
4.2.2 Volume horaire	466
4.2.3 Charge d'entraînement	466
4.2.4 Type de parcours	467
4.2.5 Braquet utilisé	467
4.2.6 Organisation des cycles d'entraînement	469
4.2.7 Gestion de la fatigue	469

5. Conclusion**CHAPITRE 20****Le suivi biologique du coureur**

GÉRARD GUILLAUME ET FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Suivi réglementaire	472
1.1 Obligations légales	472
1.2 Suivi médical des cyclistes professionnels :	473
1.2.1 Le Suivi Médical Longitudinal Contrôlé (S.M.L.C)	473
1.2.2 Suivi biologique des cyclistes de haut niveau	473
1.2.3 Exemples de prescriptions	474
1.2.4 Programme des examens obligatoires du suivi médical de l'UCI pour les groupes sportifs de 1 ^{re} et 2 ^e division	492
1.2.5 Généralités	492
1.2.6 Examen biennal	492
1.2.7 Examens périodiques	492
1.2.8 Procédure pour l'obtention d'une attestation de l'UCI pour un hématoците naturellement élevé	493
1.3 Valeurs de référence des principales variables biologiques	494
1.3.1 Hématocrite	494
1.3.2 Réticulocytes	495
1.3.3 Ferritine	495
1.3.4 Cortisol plasmatique	495
1.3.5 Testostérone	495
1.3.6 IGF1	496
2. Suivi biologique interne à une équipe professionnelle	496

2.1 Tolérance à l'effort	496
2.1.1 Hémogramme	496
2.1.2 Ferritine (N = 40 à 300 µg/l, 15 à 150 chez la femme)	499
2.1.3 Transferrine (sidérophiline) (N = 2 à 3 g/l)	499
2.1.4 Transaminases (N < 40 UI/l)	499
2.1.5 Bilirubine (bilirubine totale = 3 à 10 mg/l ; bilirubine conjuguée = 1 à 3 mg/l)	499
2.1.6 C-Réactive Protéine (CRP, N < 6 mg/l)	500
2.1.7 Calcémie (N = 90 à 105 mg/l)	500
2.1.8 Acide urique (N = 40 à 70 mg/l ; 30 à 55 mg/l chez la femme)	500
2.1.9 Créatine kinase (N = 15 à 130 UI/l ; 15 à 95 UI/l chez la femme)	500
2.1.10 Créatinine (N = 7 à 13 mg/l ; 6 à 11 mg/l chez la femme)	500
2.1.11 Électrophorèse des protéines (N albumine = 35 à 50 g/l globulines = 20 à 35 g/l)	500
2.1.12 Haptoglobine (N = 0,5 à 2,5 g/l ; 0,5 à 1,7 g/l chez la femme)	500
2.1.13 Magnésium (N sérique = 18 à 24 mg/l ; N érythrocytaire = 44 à 73 mg/l)	500
2.1.14 Cortisol (N à 8 heures = 100 à 250 µg/l)	500
2.1.15 Testostérone (testostérone totale N = 4 à 10 µg/l ; testostérone libre N = 1,5 à 3,5 %)	500
2.1.16 Ostréocalcine (N = 4 à 11 µg/l ; 3 à 8 µg/l chez la femme)	501

2.1.17 Vitamines B6, B9, B12 (B6 N = 15 à 35 µg/l ; B9 = 5 à 15 µg/l ; B12 = 150 à 400ng/l)	501
2.1.18 Cuivre (N = 70 à 150 µg/100 ml)	501
2.1.19 Zinc (N = 700 à 1500 µg/l)	501
2.2 Statut antioxydant	501
2.3 Statut en acides gras membranaires	501

2.4 Le surentraînement	501
2.4.1 Modifications de la réponse immunitaire induite par la pratique sportive	502
2.4.2 Altérations de la structure cellulaire du muscle	502
3. Conclusion	503

CHAPITRE 21

La cohésion de groupe comme moyen d'optimisation de la performance individuelle en cyclisme

505

ALAIN GROSLAMBERT, JEAN-PHILIPPE HEUZE ET BERNARD BOURREAU

1. Introduction	505
1.1 Généralités	505
1.2 Problématique du cyclisme	506
2. Modèle conceptuel de la cohésion	506
2.1 Modèle conceptuel de Widmeyer et coll. (1985)	506
2.2 Cohésion et sports individuels et collectifs	507
3. Cyclisme et cohésion	507

3.1 Présentation du protocole	507
3.1.1 Participants	507
3.1.2 Mesure de la cohésion	507
3.1.3 Évaluation de la performance	508
3.2 Application des résultats de l'étude	508
3.3 Rôle de la cohésion opératoire	508
3.4 Rôle de la cohésion sociale	509
3.5 Limites et perspectives	510
4. Conclusion	510

CHAPITRE 22

Paroles de coureurs

513

FRÉDÉRIC GRAPPE

1. Les coureurs	513
1.1 Lance ARMSTRONG	513
1.2 Santiago BOTERO	515
1.3 Gilbert DUCLOS-LASSALLE	515
1.4 Laurent JALABERT	516
1.5 David MILLAR	517
1.6 Christophe MOREAU	517
1.7 Johan MUSEEUW	518
1.8 Chris PEERS	519
1.9 Stephen ROCHE	519
1.10 Didier ROUS	519

1.11 Andrei TCHMIL	519
1.12 Richard VIRENQUE	520
1.13 Erick ZABEL	520
2. Les athlètes d'autres sports	520
2.1 Ian THORPE (nageur)	520
2.2 Jonathon EDWARDS (triple sauteur)	520
2.3 Mickaël JOHNSON (sprinter)	520
2.4 Marie-José Pérec (sprinteuse)	521
2.5 Fabien BARTHEZ (gardien de but)	521
3. Les entraîneurs	522
3.1 Daniel COSTANTINI (handball)	522
3.2 Jean-Pierre De Vincenzi (basket)	522

CHAPITRE 23

Questions-Réponses

523

1. Généralités	523
2. Entraînement	524
2.1 Quelle préparation hivernale ?	524
2.2 En catégorie « Master », comment bien s'entraîner ? ...	524
2.3 Comment s'entraîner avec des séances difficiles à plus de 50 ans ?	524
2.4 Gestion d'un tournoi de vitesse sur piste	525
2.5 Cycle de travail et développement des aptitudes physiques	525
2.6 Faut-il beaucoup courir ou pas du tout pour être performant ?	526
2.7 Ce qui s'applique en cyclisme peut-il s'appliquer en course à pied ?	526
2.8 Quel type d'échauffement avant une compétition ? ...	526

2.9 Faut-il analyser annuellement avec les coureurs la saison qui vient de s'achever ?	527
2.10 Quel est l'intérêt de l'entraînement derrière deryn ? ...	527
2.11 L'utilisation du VTT pendant l'hiver est-elle bonne ?	527
2.12 Que penser du travail avec pignon fixe ?	528
2.13 Faut-il aligner beaucoup de kilomètres durant l'hiver ?	528
2.14 Les exercices « atypiques » sont-ils utiles pour l'entraînement ?	528
2.15 Déterminants de la performance en cyclo-cross	529
2.16 Impacts des entraînements spécifiques après un exercice d'endurance ou un échauffement	529
2.17 Coureurs par étapes et de classiques... Qu'est-ce qui fait la différence ?	529

2.18	Quelles sont les qualités à développer chez un cyclo-sportif ?	529	3.7	Comment définir le niveau du seuil anaérobie ?	546
2.19	Quel entraînement après une endofibrose ?	530	3.8	J'ai des problèmes avec les pourcentages de VMA pour m'entraîner	546
2.20	Courir à jeun le matin, c'est bien pour un cycliste ?	531	3.9	Le développement de la VO_2 max se fait-il parallèlement au travail au seuil ?	546
2.21	Quels contenus pour un stage d'entraînement ?	531	3.10	J'ai une zone d'intensité qui fait « bouchon » et qui m'empêche de progresser !	547
2.22	Comment préparer une cyclo-sportive en montagne sans habiter une région montagneuse ?	532	4. Puissance développée	548	
2.23	Préparation d'un objectif	532	4.1	L'utilisation d'un système de mesure de la puissance (SRM ou PowerTap) peut-il suffire pour l'entraînement ? Est-ce utile en compétition ?	548
2.24	Course à objectif	533	4.2	La mesure de puissance en course	548
2.25	Cycle de préparation et aptitudes physiques	533	4.3	Culture des capteurs de puissance	548
2.26	Comment gérer les différents cycles de travail sur l'année ?	533	4.4	Pourquoi un pourcentage de PMA ne correspond pas exactement au même pourcentage de fréquence cardiaque ?	548
2.27	Comment aborder la partie cycliste dans un triathlon ? ...	534	4.5	Le SRM modèle amateur est-il valide pour l'entraînement ?	549
2.28	La pratique de la piste est-elle une bonne méthode de travail ?	534	4.6	Relation puissance-fréquence cardiaque et puissance sur piste	549
2.29	Trop courir n'induit-il pas une régression de la capacité de performance ?	534	4.7	Relation puissance développée et course sur route	550
2.30	Calcul des charges d'entraînement en course à pied et en natation sur le modèle du cyclisme	535	4.8	Le profil de puissance du coureur	550
2.31	Je suis cadet... comment faire pour progresser ?	535	4.9	Comparaison entre puissance moyenne et puissance normalisée	550
2.32	Est-il possible d'être performant sur une très longue durée lorsqu'on ne s'entraîne que sur des courtes durées ?	535	4.10	Comment faire pour établir des simulations de la performance en cyclisme ?	551
2.33	La montée de marches est-il un exercice intéressant à faire ?	536	4.11	Je ne comprends pas pourquoi je développe si peu de watts au seuil	551
2.34	J'ai du mal à suivre, j'ai l'impression de ne pas avoir de puissance !	536	4.12	SRM ou Powertap ? Quel est le meilleur système ?	551
2.35	Comment gère-t-on une saison avec un objectif unique ?	536	4.13	« I-Bike » est-il un système valide de mesure de la puissance mécanique ?	552
2.36	Quelle reprise d'entraînement après une fracture de la clavicule ?	537	5. Fréquence cardiaque	552	
2.37	Quel échauffement avant une poursuite ?	538	5.1	Analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque	552
2.38	Calibration de l'entraînement	538	5.2	Pourquoi la fréquence cardiaque diminue-t-elle au cours d'un cycle d'entraînement ?	553
2.39	Faut-il pédaler en arrière pour prolonger l'échauffement ?	538	5.3	Protocole utilisé pour réaliser un test d'analyse de la variabilité de la FC	553
2.40	Que penser de l'entraînement de Rebellin ?	539	5.4	Des problèmes avec mes pourcentages de FCmax !	553
2.41	Comment gérer l'entraînement biquotidien ?	539	5.5	Mon cœur monte plus haut en danseuse !	554
2.42	Comment organiser l'entraînement dans la semaine des jeunes coureurs internes ?	539	5.6	Je ne comprends pas car ma FC ne répond pas de la même façon durant un même effort !	554
2.43	J'ai 18 ans, je travaille dur mais je suis perdu !!!	540	5.7	Ma FCmax ne monte plus très haut... Pourquoi ?	555
2.44	« L'entraînabilité » limite-t-elle le niveau de performance d'un sportif ?	541	6. Entraînement fractionné	555	
2.45	Je suis minime... Est-ce que je m'entraîne trop ?	541	6.1	L'entraînement en intervalles courts... Que faut-il en penser ?	555
2.46	Est-ce une bonne chose de faire un entraînement au seuil le lendemain d'une course ?	541	6.2	Je me pose des questions sur la calibration du modèle fractionné type « Gimenez »	556
2.47	Doit-on dissocier le travail au seuil et celui de la PMA en deux cycles distincts ?	542	6.3	Adaptation du modèle de Gimenez	556
2.48	Quelle méthode d'entraînement choisir ?	542	6.4	Est-ce que je calibre bien mes intensités d'exercice en <i>interval training</i> ?	557
3. Zones d'intensité	543	6.5	Quel est le meilleur modèle en fractionné : 30"/30" ou 1'/1' ?	557	
3.1	Fréquence cardiaque de réserve et échelle d'ESIE	543	6.6	Quel est l'impact physiologique du modèle $5 \times [1' (I_5-1_6) + 3' (I_3)]$?	558
3.2	La zone d'intensité I_2 me paraît difficile !	543	6.7	Le modèle de Gimenez est-il applicable aux cadets ?	558
3.3	Ma zone I_4 ne se trouve pas entre 92 % et 96 % de FCmax ?	544	6.8	Y a-t-il d'autres modèles que celui de Gimenez ?	558
3.4	J'ai 59 ans... Ma zone I_3 me semble mal calibrée !	544			
3.5	Faut-il recalculer souvent les différentes zones d'intensité sachant que la PMA doit varier durant l'année ?	545			
3.6	Mes zones d'intensité sont-elles bien définies ?	545			

6.9 J'ai 59 ans... Est-ce que je calibre bien ma séance d'interval training ?	559	des « Quick Step » est... impressionnant !!	570
6.10 L'entraînement en fartleck est-il bon ?	559	9.5 Différence entre tests sur ergomètre et tests sur le terrain	570
6.11 Quel type de récupération active à adopter en fonction du modèle de fractionné ?	559	9.6 Réalisation d'un test de PMA	571
6.12 Calibrage du modèle 15" x 15"	560	10. Contre-la-montre	571
6.13 Comment organiser une semaine avec deux séances en fractionné selon le modèle de Gimenez ?	560	10.1 Comment gérer un contre-la-montre ?	571
6.14 Où placer mes deux séances fractionnées de Gimenez dans la semaine ?	560	10.2 Grandes lignes pour la préparation d'un contre-la-montre	571
6.15 Je fais beaucoup de fractionné en PMA et je suis moins performant dans les sorties en montagnes !	561	10.3 Gestion de l'effort pendant un contre-la-montre	572
6.16 Ce modèle est-il intéressant pour développer la zone I3 ?	562	11. Musculation	572
7. Sensations, fatigue, récupération...	562	11.1 Développement de la force sous-max	572
7.1 Que penser de la coupure hivernale ?	562	11.2 Est-il possible de développer la PMA et la Force sous-max en même temps ?	572
7.2 Pourquoi mes sensations varient sur les premiers jours d'une longue randonnée par étapes ?	562	11.3 Quel type de musculation en cyclisme ?	573
7.3 Qu'est-ce que la fatigue ?	563	11.4 La musculation en salle, c'est bien pour améliorer ma puissance ?	574
7.4 J'ai du mal à récupérer après des « grosses » sorties d'entraînement	563	11.5 Points techniques en musculation	574
7.5 Je suis triathlète et j'ai du mal à rouler à I ₃ sans douleurs musculaires !	564	11.6 Transfert de force en musculation	575
7.6 Pourquoi existe-t-il des différences de récupération entre deux activités différentes ?	564	11.7 La position en chaise contre un mur... C'est intéressant comme exercice ?	575
7.7 Où placer ma journée de repos ?	565	11.8 L'électrostimulation sur les muscles des jambes est-il un bon procédé pour m'aider à conserver un certain niveau musculaire ?	575
7.8 Pourquoi pas de repos deux jours avant une compétition ?	565	12. Diététique	576
7.9 Pourquoi est-il possible, en cyclisme, de courir davantage en récupérant mieux comparé à d'autres sports ?	565	12.1 Pourquoi j'ai des problèmes de poids malgré un effort sportif quasi quotidien ?	576
7.10 J'ai de mauvaises sensations au début puis après ça va mieux... Explications ?!	566	12.2 Où les cyclistes professionnels puisent-ils leur énergie avec des taux de graisse si bas ?	576
7.11 Fatigue, variabilité de la fréquence cardiaque et puissance développée	566	12.3 Que penser de l'Indice de masse corporelle (IMC) ?	577
8. Home-trainer	567	12.4 De quoi est composé le muscle ?	577
8.1 J'ai un problème avec mon home-trainer !	567	12.5 Repas riche en glucide avant une compétition ?	577
8.2 Le home-trainer est-il un bon outil d'entraînement ? ...	567	12.6 Comment faire pour m'affiner ?	578
8.3 Je suis blessé, qu'est-ce que je peux faire sur home-trainer ?	568	12.7 Sucre et hydratation durant l'effort	578
8.4 Pédaler sur home-trainer est plus difficile que sur la route !	568	12.8 Comment atteindre mon poids de forme ?	579
8.5 Quel type de home-trainer conseiller et comment structurer mon entraînement ?	569	12.9 Je ne sais pas comment m'alimenter lors d'une cyclo !	579
9. Tests d'évaluation	569	13. Divers	580
9.1 Les tests triangulaires surestiment-ils la PMA ?	569	13.1 Le plateau ovale « Q-Rings » de la firme ROTOR permet-il d'améliorer les performances ?	580
9.2 Le test « perceptif »... C'est quoi ?	569	13.2 La morphologie des coureurs influe-t-elle sur la performance ?	580
9.3 Combien de tests par an ?	570	13.3 Vélo de 650 ou de 700 ?	581
9.4 Le protocole d'évaluation de la PMA	570	13.4 Quelle est la bonne longueur des manivelles en cyclo-cross ?	581
		13.5 Position sur le bec de selle ou reculé ?	581
		13.6 Cyclisme et croissance chez les jeunes	582
		13.7 Je ne me sens pas bien avec mon nouveau matériel ! ...	582
		13.8 À quoi est dû le point de côté ?	582
Annexe	583		
Décrets, arrêtés, circulaires	583		
Textes généraux	583		
Substances et méthodes interdites	584		
Index	589		