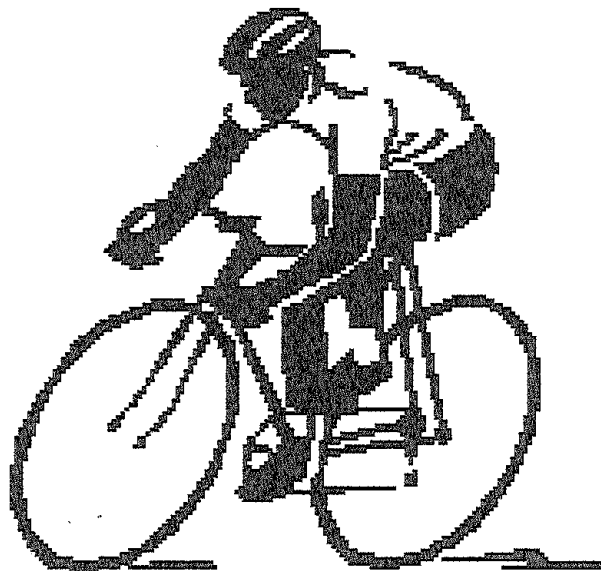


**MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE
DE NANCY**

**INFLUENCE D'UNE LIBERATION D'ENDORPHINES
SUR LA PERFORMANCE :**



APPLICATION CHEZ LE CYCLISTE

Rapport de travail écrit personnel
présenté par **Xavier COLIN**
étudiant en 3^e année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du diplôme d'Etat
de masseur-kinésithérapeute
1996 - 1997.

SOMMAIRE

	Page
<u>RÉSUMÉ</u>	
1. <u>INTRODUCTION</u>	1
2. <u>MATÉRIEL ET MÉTHODOLOGIE</u>	2
2. 1. <u>MATÉRIEL</u>	2
2. 1. 1. POPULATION ÉTUDIÉE	2
2. 1. 2. MATÉRIEL UTILISÉ	4
2. 1. 3. CONDITIONS DE RÉALISATION	5
2. 1. 4. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS	6
2. 2. <u>MÉTHODOLOGIE</u>	7
2. 2. 1. REPOS	7
2. 2. 2. PROTOCOLE 1 : ÉLECTROSTIMULATION TRANSCUTANÉE DE TYPE LIBÉRATION D'ENDORPHINES ASSOCIÉE À L'ÉCHAUFFEMENT	8
2. 2. 2. 1. <i>Placement des Électrodes</i>	8
2. 2. 2. 2. <i>Installation du sujet</i>	9
2. 2. 2. 3. <i>Type de Courant</i>	10
2. 2. 2. 4. <i>Fréquence</i>	10
2. 2. 2. 5. <i>Largeur d'impulsion</i>	10
2. 2. 2. 6. <i>Intensité</i>	11
2. 2. 2. 7. <i>Durée de la Stimulation</i>	11
2. 2. 2. 8. <i>Récapitulatif des paramètres du protocole 1</i>	11
2. 2. 3. PROTOCOLE 2 : CONTRE-LA-MONTRE SANS ÉLECTROSTIMULATION	12

2. 2. 4. L'ÉCHAUFFEMENT.....	13
2. 2. 5. L'EFFORT.....	13
2. 2. 6. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL.....	16
2. 2. 7. ANALYSE DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.....	16
3. <u>RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX</u>	18
4. <u>DISCUSSION</u>	20
4. 1. <u>ANALYSE DU PROTOCOLE P1</u>	20
4. 2. <u>ORDRE DE PASSAGE DES COUREURS ET DES PROTOCOLES</u>	20
4. 3. <u>ANALYSE DES RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION</u>	20
4. 4. <u>EFFETS DE LA LIBÉRATION DES BÉTA-ENDORPHINES</u>	22
4. 5. <u>EFFETS RESENTIS PAR LE COUREUR</u>	23
4. 6. <u>INTÉRÊT DE LA LIBÉRATION D'ENDORPHINES APPLIQUÉE AU CYCLISTE</u>	24
4. 7. <u>LIMITES DE L'ÉTUDE</u>	25
5. <u>CONCLUSION</u>	25

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RÉSUMÉ

Ce travail consiste à démontrer l'efficacité ou non d'une électrostimulation transcutanée de bêta-endorphines avant l'échauffement chez le cycliste lors d'un contre-la-montre de 10 kilomètres sur home-trainer.

Les endorphines ayant un rôle antalgique et psychologique sur l'individu, nous nous proposons de vérifier que cette stimulation puisse permettre au coureur d'effectuer un tel effort au maximum de ses capacités.

L'étude est réalisée sur une population de 31 cyclistes pratiquant tous le cyclisme régulièrement au sein d'une équipe.

Chacun des coureurs va accomplir 2 protocoles différents :

- Libération d'endorphines par électrostimulation (P1) puis échauffement,
- Passage directement à l'échauffement (P2).

Nous avons analysé les temps relevés ainsi que les fréquences cardiaques lors de l'effort par un test t de STUDENT pour valeurs appariées.

Les résultats montrent que nous avons obtenu une différence statistiquement significative de 9,7 secondes en moyenne au dixième kilomètre avec la libération d'endorphines soit environ une seconde au kilomètre. Pour le cycliste, ces effets sont bien entendu importants dans ce genre d'épreuve. Ces constatations vont-elles amener le cycliste à utiliser la libération de la bêta-endorphine lors de course à étapes ?

1. INTRODUCTION

En cyclisme lors d'une course à étapes, le contre-la-montre individuel (C. L. M.) peut influencer considérablement le résultat d'un classement général final. Ce type d'épreuve consiste à effectuer une distance déterminée (par exemple 10 kilomètres) en un minimum de temps. Le cycliste doit rouler durant toute l'étape au maximum de ses capacités physiques avec une bonne gestion de son effort ainsi qu'une certaine confiance en lui. Il est amené à se surpasser, "à se faire mal" afin de donner le meilleur de lui-même. C'est pourquoi la mise en condition physique est un facteur important pour remporter ce genre d'épreuve, de même qu'une préparation technique minutieuse et rigoureuse.

La préparation technique correspond à la préparation à proprement dit du matériel (choix du cadre, des roues, de l'équipements,...). Elle se fait avec un soin particulier par le cycliste en fonction de la météo et du relief du parcours. Nous ne pouvons donc pas intervenir directement lors de cette phase.

Par contre, nous pouvons participer à la préparation physique du coureur afin d'améliorer au maximum son échauffement en vue de l'effort à fournir. L'échauffement est relativement simple et rapide dans ce genre de course. Il consiste la plupart du temps à pédaler soit sur home-trainer, soit sur la route. Nous nous proposons d'améliorer cet échauffement traditionnel en y associant une libération d'endorphines par électrostimulation transcutanée.

En effet, les endorphines, ou plus précisément les bêta-endorphines, par leurs actions antalgiques et leurs effets "euphorisants", "anti-stress" peuvent permettre au sportif de faire reculer son seuil de douleur et de lui apporter un état dynamisant. De plus, l'entraînement ou le non entraînement, à long terme, est à l'origine d'une diminution du taux plasmatique de la bêta-endorphine (13). Par l'électrostimulation, nous voulons donc augmenter ce taux de morphinomimétiques.

A partir d'une électrostimulation transcutanée de type libération d'endorphines lors de l'échauffement, nous voulons démontrer qu'un apport supplémentaire de cette substance chez le cycliste peut induire un gain de performance lors d'un C. L. M. .

Notre expérimentation a donc pour but de comparer l'efficacité de deux protocoles d'échauffement en vue d'un contre-la-montre individuel :

- Echauffement associé à une libération de bêta-endorphines par électrostimulation transcutanée,
- Echauffement habituel par simple pédalage sur home-trainer.
(sans électrostimulation auparavant).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODOLOGIE

2. 1. MATÉRIEL

2. 1. 1. POPULATION ÉTUDIÉE

La population expérimentale se compose de 31 sujets âgés de 17 à 45 ans tous de sexe masculin et pratiquant le cyclisme au sein d'une équipe (professionnelle ou amateur).

Parmi la population choisie, nous comptons 9 cyclistes d'une équipe d'Elite (Elite 1 ou Elite 2) et 22 cyclistes appartenant à des équipes de niveaux inférieurs (nationale, régionale 1 ou régionale 2).

(ANNEXE II : Description des différentes séries de classement de la Fédération Française de Cyclisme)

Les caractéristiques des sportifs sont : (ANNEXE I)

☞ <u>Age</u> :	➤ Moyenne : 25 ± 7,4 ans
	➤ Mini : 17 ans
	➤ Maxi : 45 ans
☞ <u>Poids</u> :	➤ Moyenne : 70,6 ± 6 Kg
	➤ Mini : 62 Kg
	➤ Maxi : 87 Kg
☞ <u>Taille</u> :	➤ Moyenne : 178,7 ± 4,9 cm
	➤ Mini : 171 cm
	➤ Maxi : 193 cm
☞ <u>Années de pratique</u> :	➤ Moyenne : 9,27 ± 5,4 années
	➤ Mini : 2 années
	➤ Maxi : 28 années

Nous avons choisi d'exclure de l'expérimentation les sportifs n'ayant pas l'habitude de s'entraîner ou de s'échauffer sur un home-trainer car ceux-ci pourraient améliorer leur performance par le simple fait de se familiariser avec le cyclosimulateur lors du deuxième contre-la-montre. Aucun des cyclistes ne doit présenter une affection (traumatique, inflammatoire, infectieuse,...) lors des tests. Tous les sportifs ont un certificat d'aptitude à la pratique du cyclisme (test d'effort en début de saison), de plus, le médecin du club est présent lors de tous les tests.

Cette étude a été réalisée durant l'intersaison 1996 - 1997. De ce fait, les coureurs ne se trouvent pas en période d'entraînement intensif et ne présentent pas une fatigue importante.

2. 1. 2. MATÉRIEL UTILISÉ

- ☞ une table de massage pliante et un coussin triangulaire (pour les membres inférieurs),
- ☞ un appareil d'électrostimulation de marque ETM™ de type Module BIOPP® (fig. 1),
- ☞ 2 électrodes de 162 cm² avec leurs 2 sachets spongieux en chamex (éponges) (fig. 1),
- ☞ du strappal® pour fixer les électrodes (fig. 1),
- ☞ un ventilateur,
- ☞ un home-trainer type CATEYE™ Cyclosimulateur CS-1000® dont nous utilisons le compteur kilométrique, la pente réglable de 0 à 10% et la fonction de turbosoufflerie (simulant la résistance de l'air ressentie par le cycliste lors d'un "déplacement réel" sur route) (fig. 3),
- ☞ le vélo personnel de chacun des coureurs,
- ☞ un cardio-fréquencemètre POLAR™ de type VANTAGE NV® dont nous employons les fonctions de chronomètre et de calcul de la fréquence cardiaque moyenne, minimale et maximale (fig. 2).

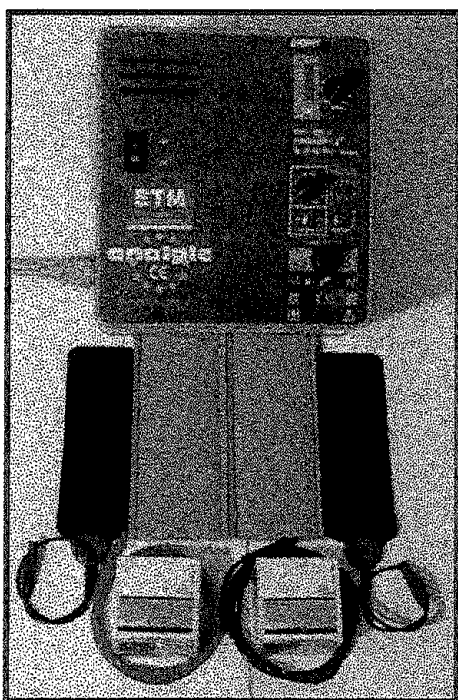


Figure 1 : Module BIOPP + Accessoires

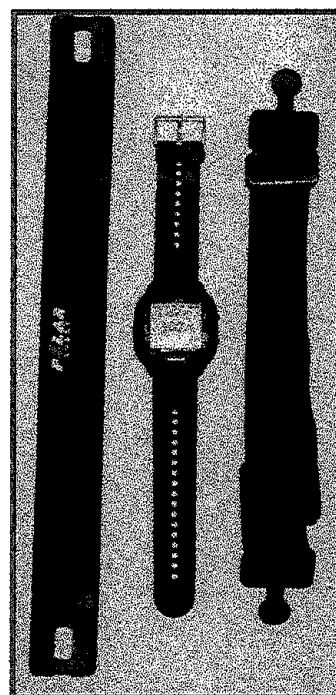


Figure 2 : Cardio-Fréquencemètre POLAR

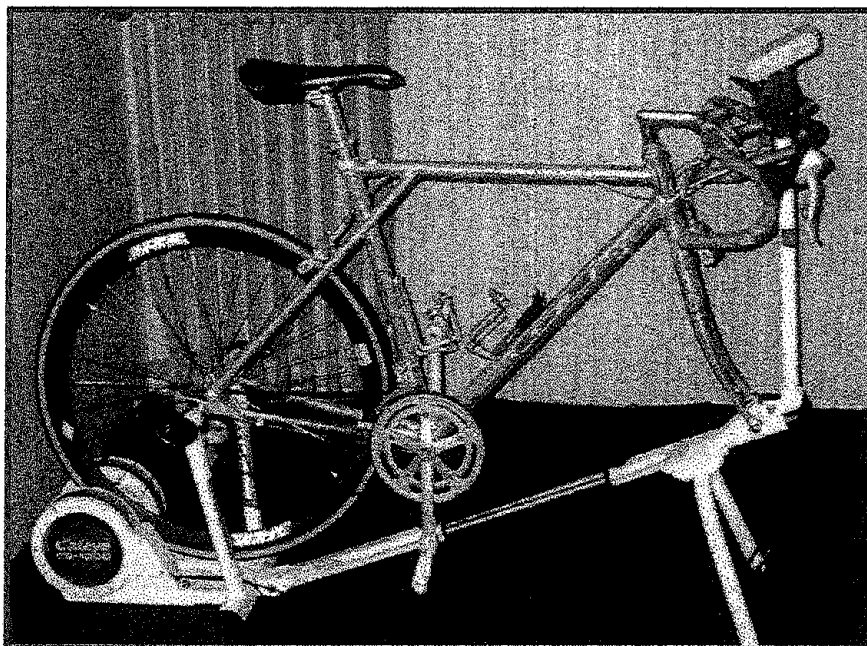


Figure 3 : Home-trainer Cateye CS 1000 avec un vélo d'un coureur

2. 1. 3. CONDITIONS DE RÉALISATION

- La température ambiante de la pièce est de $20^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ}$ tempérée par un ventilateur lors de l'échauffement et de l'effort.

- Afin d'éviter tout dysfonctionnement de l'appareil d'électrothérapie (module BIOPP) et du cardiofréquence-mètre (Vantage NV) au cours du test, il est nécessaire de prendre un certain nombre de précautions :

- ✱ Nettoyage de la peau à l'alcool au niveau de la surface d'application des électrodes.
- ✱ Humidification suffisante des "éponges" des électrodes de l'électrostimulation.
- ✱ Humidification des électrodes de la ceinture élastique du POLAR.
- ✱ Nettoyage de chaque électrode à l'eau et à l'alcool après chaque utilisation.

- Avant tout test, vérification et étalonnage des paramètres de tous les appareils (module BIOPP, cardio-fréquence-mètre et home-trainer).

- Lors de chaque épreuve, le coureur doit suivre ces recommandations :

- ✳ Ne pas boire de boissons (énergétiques ou à base de caféine comme du café par exemple) la veille et le jour du test ainsi que pendant l'effort.
- ✳ Ne pas s'alimenter dans les 3 heures auparavant (aliments solides ou liquides).
- ✳ Ne pas effectuer d'exercice physique le jour de l'épreuve ainsi que la veille.
- ✳ Ne subir aucun traitement médicamenteux quel qu'il soit.
- ✳ N'avoir aucune pathologie durant la période de l'expérience.

2. 1. 4. PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

☞ le temps final du contre-la-montre de 10 kilomètres (**T10**).

☞ les temps intermédiaires à des kilométrages fixes :

⌚ **T2** : Temps au kilomètre 2

⌚ **T4** : Temps au kilomètre 4

⌚ **T6** : Temps au kilomètre 6

⌚ **T8** : Temps au kilomètre 8

⌚ **T9** : Temps au kilomètre 9

Nous avons ainsi choisi de relever les temps à chaque changement de pente du home-trainer selon le parcours défini lors de l'effort (cf 2. 2. 5.).

Tous les temps sont relevés en minutes, secondes.

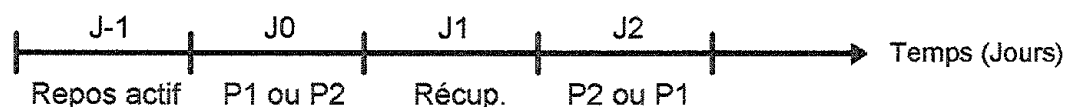
☞ la fréquence cardiaque (en battements par minute) est enregistrée toutes les 5 secondes par l'intermédiaire du cardio-fréquencemètre afin de calculer la fréquence cardiaque moyenne (**FCm**), la fréquence cardiaque minimale (**FCMin**) et la fréquence cardiaque maximale (**FCMax**) de l'effort.

☞ la vitesse moyenne (**Vmoy**) est calculée à titre indicatif sur la performance (en Km/h).

2. 2. MÉTHODOLOGIE

Les sujets ont été tirés au sort (par ordinateur) pour déterminer l'ordre de passage des coureurs et définir l'ordre de passage des protocoles (électrostimulation lors de la première ou lors de la deuxième mesure). Par conséquent, parmi les 31 coureurs : 16 ont commencé par le protocole 1 et 15 par le protocole 2.

La déshydratation, une diminution du stock de glycogène musculaire, hépatique,... peuvent persister durant un délai de 12 à 48 heures après un exercice physique intense (1, 8, 9). De plus, la sécrétion de la bêta-endorphine peut-être modifiée par un entraînement effectué la veille (13). Nous effectuons donc les épreuves avec un intervalle de 2 jours afin de permettre une bonne récupération au coureur. Ainsi, le cycliste n'effectue pas d'autres efforts que ceux imposés par les différents protocoles pour une période de 4 jours. La veille (J-1) et le lendemain (J1) du premier test, le sportif est en repos actif c'est-à-dire qu'il ne réalise ni entraînement, ni effort physique intense (fig. 4).



(Récup. = Récupération pendant le repos actif)

Figure 4 : Chronologie de réalisation des protocoles

2. 2. 1. REPOS

Le sujet s'allonge en décubitus dorsal, jambes fléchies par un coussin triangulaire sur la table pendant 5 minutes (fig. 5). Cette période de repos permet d'éliminer tout facteur de stress et de commencer le protocole dans les mêmes conditions pour chaque coureur.

Pendant le repos, nous montrons au coureur le profil de l'épreuve de manière à se rapprocher le plus possible des conditions réelles d'un contre-la-montre (ANNEXE III). De plus, nous lui expliquons qu'il doit effectuer l'épreuve comme un C. L. M. réel avec le même état d'esprit et la même conviction afin de réaliser un effort maximal à chaque fois.

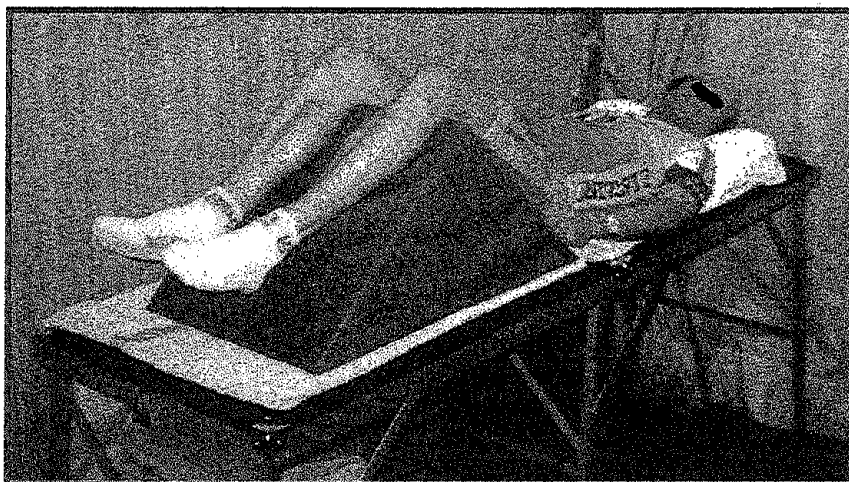


Figure 5 : *Position de coureur lors du repos ou lors de la stimulation*

2. 2. 2. PROTOCOLE 1 : ELECTROSTIMULATION TRANSCUTANÉE DE TYPE LIBÉRATION D'ENDORPHINES ASSOCIÉE À L'ÉCHAUFFEMENT

Ce premier protocole que nous appellons P1 consiste à appliquer un courant à libération d'endorphines avant l'échauffement. Nous prenons entre autre comme référence, pour notre stimulation, l'étude établie par J. M. CRIELAARD (7). Cette étude a démontré qu'il est possible d'obtenir une augmentation de 22% du taux plasmatique de la bêta-endorphine par rapport à la concentration basale du sujet. Cette augmentation subsiste pendant une durée de 30 minutes après une stimulation de 30 minutes avec une concentration supérieure à 20%.

2. 2. 2. 1. Placement des Électrodes (3, 4, 7,10)

Des expériences sur la stimulation du système endorphinique ont été proposées soit par électrostimulation diffuse (électrodes au niveau les branches postérieures des nerfs rachidiens dorso-lombaires), soit par électrostimulation localisée sur des points d'acupuncture comme l'étude de HUGUES (10).

Nous avons choisi de placer de grandes électrodes au niveau dorso-lombaire pour obtenir une électrostimulation diffuse (7). La taille des électrodes est un point fondamental dans l'étude de J. M. CRIELAARD (7).

Nous appliquons des électrodes en plastique SELENIX dont la taille est de 18 cm de long sur 6 cm de large, soit une superficie de 162 cm². Nous humidifions les sachets spongieux en chamex de chaque électrode avant chaque stimulation et nous les rinçons ensuite.

Les électrodes sont fixes, placées parallèlement sur les masses musculaires des paravertébraux dorso-lombaires, maintenues des bandes de strappal (fig. 6).

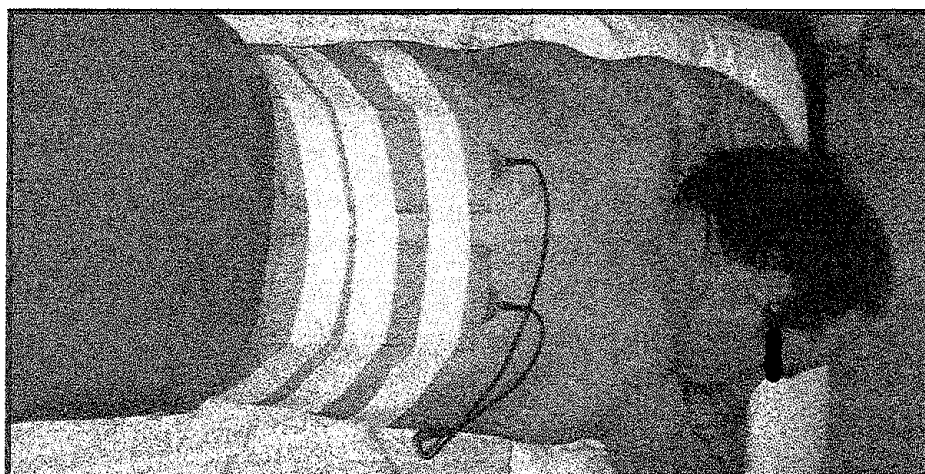


Figure 6 : Placement des électrodes

2. 2. 2. 2. Installation du sujet (fig. 5)

Le sujet est installé en décubitus dorsal, les jambes fléchies à l'aide d'un coussin triangulaire comme lors de la position de repos. Cette position permet une détente des muscles abdominaux favorisant ainsi un meilleur confort et une meilleure respiration au cycliste. De plus, les électrodes (placées comme précédemment décrit) sont plaquées entre les masses musculaires paravertébrales et la table de kinésithérapie améliorant ainsi le battement des muscles.

2. 2. 2. 3. Type de Courant (4)

Le courant est un courant bidirectionnel asymétrique à moyenne nulle à front raide. Ce type de courant permet "une stimulation efficace de plus de 30 minutes sans risques de brûlure chimique des tissus" (4). Nous choisissons un courant à front raide car "une impulsion est d'autant plus efficace qu'elle est à front raide" (4).

2. 2. 2. 4. Fréquence (2, 3, 7, 9)

Nous choisissons un courant de très basse fréquence : 4 Hertz. En effet, cette fréquence est considérée comme la plus efficace pour la stimulation antalgique à libération de la bêta-endorphine selon la pratique de F. CREPON et de J. M. CRIELAARD.

2. 2. 2. 5. Largeur d'Impulsion (3, 4, 7)

Au début de son expérience, J. M. CRIELAARD fixe, lors de son électrostimulation, la largeur d'impulsion à **100 µs**. En fin d'étude, il augmente la largeur d'impulsion du courant jusqu'à **250 - 350 ms** d'où la diminution de la fréquence à 2 Hz afin d'éviter une accoutumance (7).

Comme la plupart des appareils d'électrothérapie ne permettent pas un choix de largeur d'impulsion aussi vaste, nous choisissons de nous placer dans cette gamme de largeur d'impulsion (de 100 µs à 350 ms).

De plus, F. CREPON préconise une largeur d'impulsion de **2 à 4 ms** pour une libération d'endorphines efficace avec un courant qu'il nomme "courant de type E" (4).

Pour notre protocole 1, nous utilisons donc cette largeur d'impulsion de 2 à 4 ms.

2. 2. 2. 6. Intensité

L'intensité du courant est réglée de manière à ce que la stimulation provoque un battement des masses musculaires à la limite de la sensation de douleur. L'intensité réglée reste fixe pendant toute la durée du protocole P1.

2. 2. 2. 7. Durée de la Stimulation (3, 7)

Nous stimulons pendant une durée de 30 minutes.

2. 2. 2. 8. Récapitulatif des paramètres du protocole 1 (Tableau I)

Nous utilisons donc le courant de type BIOPP® (Bidirectionnels asymétriques Inversés à Orientation Polaire Prédominante) décrit par F. CREPON.

"L'impulsion du courant BIOPP se présente sous la forme d'un pic à front raide de brève durée, immédiatement suivi d'un plateau à front raide de plus longue durée et de direction opposée, chacune de ces deux impulsions opposées étant constituée d'une quantité égale d'électricité " (4).

Pour lutter contre l'accoutumance, nous modifions les sensations perçues par le sujet en associant la wobulation à "l'inversion automatique" de polarité du courant. La fréquence va wobuler à $\pm 50\%$ de la valeur fixée sur l'appareil (4Hz) c'est-à-dire de 2 à 6 Hz. L'inversion automatique permet de produire des impulsions électriques successivement vers l'une puis l'autre électrode.

Tableau I : Réglage des paramètres du Module BIOPP®

Temporisation	- Réglée à 0
Programme d'émission	- Permanent (programme B)
Fréquence	- 4 Hz (\pm 50% par la wobulation)
Largeur d'impulsion	- A 4 Hz, elle est de 4 ms
Wobulation	- Enclenchée (position ON)
Inversion	- Automatique (position F)
Intensité	- Elevée, à la limite de la douleur (max. : 30 mA)
Durée	- 30 minutes

2. 2. 3. PROTOCOLE 2 : CONTRE-LA-MONTRE SANS ÉLECTROSTIMULATION (3)

Ce deuxième protocole appelé P2 consiste à effectuer l'échauffement puis l'effort sur le home-trainer directement après la période de repos sans application d'électrostimulation.

Nous voulions utiliser l'effet "placebo" afin d'éviter l'action psychologique de l'application de l'électrostimulation transcutanée et de ce fait réaliser les tests en double aveugle (c'est-à-dire créer un réel groupe témoin). Pour cela, nous devons obtenir une stimulation "placebo". Cette stimulation doit ressembler à celle du protocole P1 notamment du point de vue des sensations ressenties par le sujet. Ce type de courant étant difficilement réalisable car tout courant a un effet biologique, physiologique non contrôlable (effet vasodilatateur, augmentation de la température cutanée, contraction musculaire, augmentation de l'excitabilité musculaire,...). De plus, les tests avec simple insu "montrent une efficacité des stimulations placebo pour 40% des sujets contre 76% avec une stimulation active" (3). Nous aurions pu également changer la position des électrodes d'un protocole à l'autre (par exemple, au niveau de points d'acupuncture). L'étude de HUGUES montre qu'il y a une augmentation du taux endorphinique après stimulation (mais les paramètres sont non définis dans l'article) (10).

Nous avons donc choisi de passer directement à l'échauffement après la période de repos lors de ce protocole. D'ailleurs, lors d'un contre-la-montre individuel, les coureurs effectuent exactement cette deuxième phase.

2. 2. 4. L'ÉCHAUFFEMENT

L'échauffement se fait sur le cyclosimulateur CATEYE avec une pente à 0% et la fonction de la résistance de l'air enclenchée (turbosoufflerie).

Durant cette période, le coureur pédale pendant 10 minutes à une fréquence de pédalage déterminée par lui-même et effectue des changements de vitesse afin de les tester pour éviter tout incident mécanique lors de l'épreuve. Cet échauffement permet de placer le sportif dans les conditions optimales requises (cardio-respiratoires, musculaires, articulaires) pour effectuer le C. L. M. .

Nous profitons de cette période pour installer le cardio-fréquencemètre, pour effectuer la vérification des paramètres, l'étalonnage de tous les appareils et de remonter une dernière fois le profil du parcours.

2. 2. 5. L'EFFORT (fig. 7)

L'épreuve d'effort musculaire imposée est un effort de type contre-la-montre sur un home-trainer, sur lequel nous enclenchons la turbosoufflerie durant toute l'épreuve.

Nous avons essayé par le tracé et par les conditions de réalisation de nous rapprocher le plus possible de la réalité d'une étape de contre-la-montre. Le profil de l'étape correspond à un C. L. M. de 10 kilomètres en "faux plat montant" à 1,2% de moyenne, c'est-à-dire que le coureur "grimpe" de 120 mètres sur une distance de 10 kilomètres (ANNEXE III).

Pour ce, nous agissons sur la variation de la pente du cyclosimulateur (manuellement) en fonction du kilométrage pour simuler ce parcours.

La pente varie selon le kilométrage :

- Pente à 0% du Kilomètre 0 au Kilomètre 2 inclu,
- Pente à 2% du Kilomètre 2 au Kilomètre 4 inclu,
- Pente à 0% du Kilomètre 4 au Kilomètre 6 inclu,
- Pente à 2% du Kilomètre 6 au Kilomètre 8 inclu,
- Pente à 0% du Kilomètre 8 au Kilomètre 9 inclu,
- Pente à 4% du Kilomètre 9 au Kilomètre 10 inclu.

Tableau II : Récapitulatif des changements de pentes par rapport au kilométrage.

Kilomètre (Km)	0 à 2	2 à 4	4 à 6	6 à 8	8 à 9	9 à 10
Pente (%)	0	2	0	2	0	4

Le départ se fait à l'arrêt après un compte à rebours de 5 secondes comme lors d'une étape de C. L. M. .

Cet effort consiste à effectuer 10 kilomètres à la puissance maximale des capacités physiques qui est propre et connue de chacun. Chaque sportif dispose de son vélo personnel, ce qui évite tout problème de réglage de selle, de potence, de cales,... Aucun cycliste connaît le but de cette expérience, nous lui expliquons simplement qu'il doit donner le meilleur de lui-même lors des deux protocoles.

L'écran digital du home-trainer et le bracelet récepteur du POLAR sont dans le champs visuel du coureur (comme lors d'une étape réelle). De cette manière, il peut gérer son effort par les indications données par les différents appareils (vitesse instantanée, compteur kilométrique, Polar,...) lors de la course. Cela lui permet également de rester concentré sur le travail physique à fournir.

Nous jouons le rôle de directeur sportif en encourageant, par exemple, le coureur lors des temps intermédiaires tout en restant neutre pour ne pas influencer le résultat. Nous lui indiquons donc les temps intermédiaires ainsi que le kilométrage restant à parcourir. Nous annonçons plus particulièrement le compte à rebours lors des 1000 derniers mètres.

Le cycliste change de braquet (changement de vitesse) de sa propre initiative selon la difficulté qu'il éprouve durant l'épreuve : il gère donc son développement comme en course réelle.

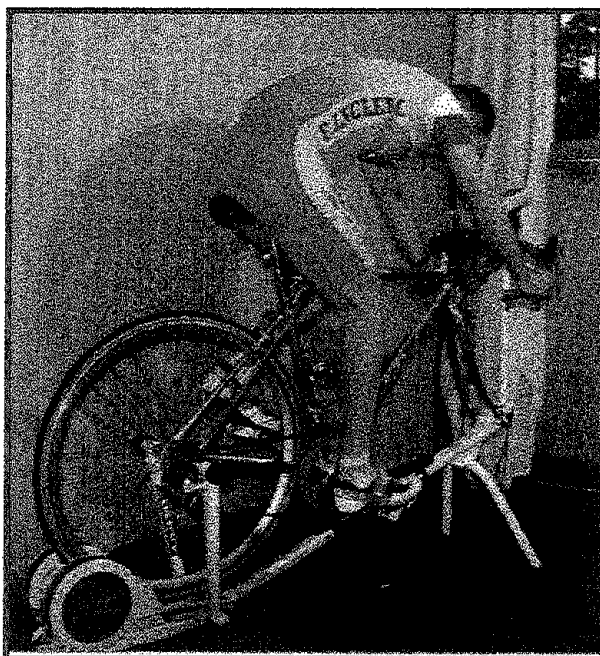


Figure 7 : Coureur pédalant lors du C. L. M.

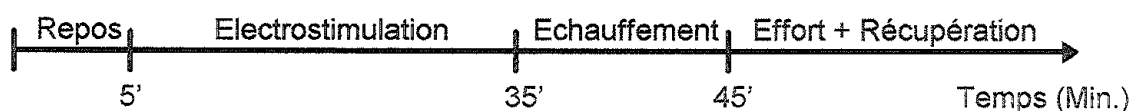
L'effort doit être le plus comparable possible c'est-à-dire que le coureur doit effectuer l'épreuve en réalisant deux fois le même effort. L'effort étant caractérisé par la fréquence cardiaque moyenne, nous excluons donc arbitrairement les coureurs ayant une différence de la fréquence cardiaque moyenne supérieure à 7 (dFCm).

Le relevé des temps T2, T4, T6, T8, T9, T10 lors de chaque protocole (P1 et P2), nous permettra de faire une étude statistique afin d'évaluer s'il y a un gain de performance avec P1 significatif (par un test t de Student).

2. 2. 6. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL (fig. 8)

- 1 → **Repos** de 5 minutes
- 2 → **P1 : Electrostimulation** pendant 30 minutes lors d'une série de mesures
→ **P2 : Passage directement à l'échauffement** lors d'une autre série de mesures
- 3 → **Echauffement** sur home-trainer de 10 minutes
- 4 → **Effort** : Contre-la-montre de 10 kilomètres avec chronométrage et prise de la FCm...
- 5 → **Récupération** sur home-trainer de 10 à 15 minutes selon les coureurs

PROTOCOLE 1 :



PROTOCOLE 2 :



Figure 8 : Récapitulatif de l'enchaînement des différents protocoles P1 et P2

2. 2. 7. ANALYSE DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nous appelons :

- **T2P1, T4P1, T6P1, T8P1, T9P1, T10P1** les 6 temps relevés pendant le **protocole 1**.
- **T2P2, T4P2, T6P2, T8P2, T9P2, T10P2** les 6 temps relevés pendant le **protocole 2**.
- **dT2, dT4, dT6, dT8, dT9, dT10** les différences des temps (en secondes).
- **FCm1** la fréquence cardiaque moyenne pendant l'effort du **protocole 1**.
- **FCm2** la fréquence cardiaque moyenne pendant l'effort du **protocole 2**.
- **dFCm** la différence des FCm (en battements par minute).

- **FCMin1** la fréquence cardiaque minimale pendant l'effort du **protocole 1**.
- **FCMin2** la fréquence cardiaque minimale pendant l'effort du **protocole 2**.
- **dFCMin** la différence des FCMin (en battements par minute).
- **FCMax1** la fréquence cardiaque maximale pendant l'effort du **protocole 1**.
- **FCMax2** la fréquence cardiaque maximale pendant l'effort du **protocole 2**.
- **dFCMax** la différence des FCMax (en battements par minute).
- **Vmoy1** la vitesse moyenne lors du **protocole 1** (en Km/h).
- **Vmoy2** la vitesse moyenne lors du **protocole 2** (en Km/h).

Le plan expérimental choisi est le Cross-Over (le coureur est comparé à lui-même) qui vise à augmenter la puissance statistique (c'est-à-dire la probabilité de mettre en évidence une différence qui existe) à un nombre de sujets égal.

L'Analyse : Ces résultats sont analysés par le **test t de STUDENT** sur valeurs appariées. Ce test consiste à déterminer pour chaque temps le paramètre **t** avec :

$$t = \frac{\text{moyenne}(dT) \times \sqrt{(n-1)}}{\text{écart-type}(dT)}$$

t est une réalisation d'une loi de STUDENT à n-1 degrés de liberté où **n** est le nombre d'individus.

Notre hypothèse (Ho) est : Absence d'effet de l'électrostimulation.

Notre hypothèse alternative (H1) est : Effet uniquement dans un sens donné (amélioration des performances par libération d'endorphines). Le test est alors unilatéral.

Le critère de jugement : Les différences **dT** aux différents temps.

Nous retenons alors les moyennes des différences aux différents temps (moy(dt2), moy(dT4),, moy(dT10)) et nous les comparons à zéro.

Nous allons réaliser des comparaisons multiples aux différents temps (T2, T4, T6, T8, T9, T10) ce qui augmente le risque α . Habituellement, nous pallions cet inconvénient en choisissant un risque α plus petit, par exemple, α égal à 1% au lieu de 5% : ce que nous pratiquons (cf. Tableau III).

3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX (ANNEXE IV)

Sur 31 coureurs, il y en a 4 d'entre-eux avec une dFCm supérieure à 7. Nous excluons donc ces coureurs de l'étude (d'après 2. 2. 5.) : les coureurs numéro 8, 10, 28 et 30 (fig. 9).

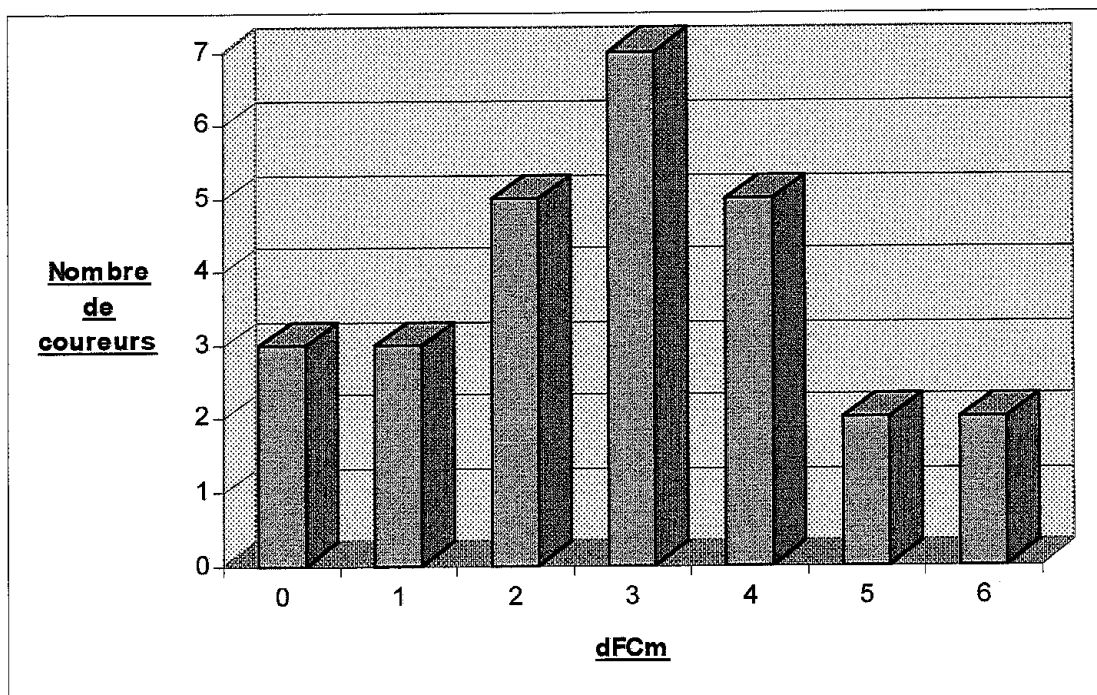


Figure 9 : *Diagramme représentant la répartition des coureurs en fonction de la dFCm avec $dFCm \leq 6$*

Tableau III : Récapitulatif des différences de temps (dT en secondes) et de la fréquence cardiaque (dFC en battements par minute)

	dT2	dT4	dT6	dT8	dT9	dT10	dFCm	dFCMin	dFCMax
Moyenne	-0,9	-0,3	-5,8	-7,8	-8,7	-9,7	-0,5	-6,6	0,6
E-T	6,7	9,2	11,0	14,6	16,1	19,1	3,3	13,7	3,4
t	-0,7	-1,8	-2,7	-2,8	-2,7	-2,6	-0,8	-2,5	-1,2
p	0,48	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,42	0,01	0,23
Significativité	non	non	oui	oui	oui	oui	non	oui	non

E-T : écart-type

p : degrés de significativité (significativité si $|t| \geq 2,5$ pour $\alpha = 0,01$ en test unilatéral)

Tableau IV : Pourcentages des coureurs améliorant leur C. L. M. selon le protocole

Gain	Gain
Avec électrostimulation	Sans électrostimulation
74,1 %	25,9 %

Tableau V : Pourcentages sur l'ensemble des coureurs suivant l'ordre du protocole P1

Electrostimulation réalisée en 1 ^{er}		Electrostimulation réalisée en 2 ^{ème}	
Gain	Non Gain	Gain	Non Gain
72,7 %	27,3 %	75 %	25 %

4. DISCUSSION

4. 1. ANALYSE DU PROTOCOLE P1

Lors de la réalisation de nos mesures, nous nous sommes aperçus que nous avons réglé à chaque fois l'intensité du Module BIOPP au maximum de ces capacités c'est-à-dire à 30 mA. Cela est dû à une bonne tolérance du courant par les coureurs mais sans doute aussi par une bonne wobulation de ce type de courant. Cette donnée est donc à ajouter à celle du protocole P1.

4. 2. ORDRE DE PASSAGE DES COUREURS ET DES PROTOCOLES

L'ordre de passage des protocoles et l'ordre de passage des coureurs ont été tiré au sort par ordinateur au début de l'étude. Par conséquent, l'effet ordre de passage n'intervient pas dans l'analyse des résultats. Nous notons simplement qu'il y a 59,3 % des coureurs qui ont commencé par le protocole P2 et 40,7 % par le protocole P1 (ANNEXE I).

4. 3. ANALYSE DES RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION (Tableaux III, IV et V)

Nous obtenons une différence significative à partir du sixième kilomètre avec un risque α de 1%. Un gain de temps semblerait donc être mis en évidence lors du contre-la-montre de 10 kilomètres avec une libération des bêta-endorphines. Ce gain serait de l'ordre de 5,8 secondes en moyenne au sixième kilomètre et s'accroîtrait jusqu'à 9,7 secondes en moyenne au dixième kilomètre. Nous retenons donc que la moyenne des différences aux différents temps augmente progressivement d'environ une seconde au kilomètre à partir du kilomètre 6.

Nous avons obtenu un gain de performance avec l'électrostimulation dans 74,1 % des cas sur l'ensemble de la population (sur 27 coureurs) dont :

- 29,6 % lorsque P1 est réalisé en premier,
- 44,5 % lorsque P1 est réalisé en deuxième.

Par contre, nous avons 25,9% des coureurs qui améliorent sans électrostimulation dont :

- 11,1 % lorsque P2 est réalisé en premier,
- 14,8 % lorsque P2 est réalisé en deuxième.

Nous pouvons donc observer qu'il y a un gain de temps avec le protocole P1 pour 3 coureurs sur 4 avec une amélioration sensiblement identique quel que soit l'ordre dans lequel P1 a été réalisé (en premier ou en second). Cette différence est certainement liée au nombre de coureurs ayant commencé ou terminé par P1 : respectivement 40,7 % contre 59,3 % (cf 4. 1.).

Une remarque peut-être observée sur la fréquence cardiaque : il n'y a pas de différence significative au niveau des fréquences cardiaques moyennes et maximales.

Nous adhérons donc à l'étude de A. SHEN qui a démontré (en 1992) que l'augmentation de la fréquence cardiaque était totalement indépendante de celle de la bêta-endorphine (13).

Par contre, nous avons obtenu une différence significative de la fréquence minimale (au départ de l'effort). Cette variation est sans doute due à un plus grand temps de repos entre les 2 protocoles avant le début de l'épreuve (5 minutes de repos + 30 minutes de stimulation pour P1 au lieu de 5 minutes de repos pour P2).

Nous pouvons donc admettre que la libération des bêta-endorphines par électrostimulation chez le cycliste permet une meilleure préparation physique et mentale, augmentant ainsi les performances lors d'un C. L. M. individuel. En effet, cette étude

semblerait démontrer que cette stimulation permettrait un gain de temps d'environ une seconde au kilomètre statistiquement significatif lors d'un contre-la-montre. Malgré les conditions de réalisation de ces tests avec un risque alpha, minime soit-il (probabilité de mettre en évidence statistiquement une différence due au hasard), nous devons rester prudent et nous ne pouvons donc conclure que pour cette population de 31 coureurs.

4. 4. EFFETS DE LA LIBÉRATION DES BÊTA-ENDORPHINES (13)

Les bêta-endorphines "jouent un rôle important dans la sensation de la douleur et peuvent modifier le comportement du sujet" (13). En augmentant la quantité de cette substance dans le sang, nous pouvons peut-être faire reculer le seuil de la douleur du sportif et éliminer son stress précompétitif améliorant ses émotions lorsqu'il pédale, lui permettant ainsi d'effectuer un meilleur exercice physique.

La sécrétion d'endorphines varie selon l'intensité, la durée et voire selon la fréquence de l'exercice physique, de l'entraînement.

Par l'expérience de L. Beck (en 1981) nous savons que lors d'un exercice maximal, la valeur finale d'endorphines peut représenter jusqu'à 511% de son taux basal (13). Par contre, "si l'intensité de l'exercice est inférieure à 50% de la VO₂ max. (consommation d'oxygène maximale) du sportif, il n'existe pas d'augmentation de la bêta-endorphine, même si l'exercice est supérieur à deux heures (T. Kelso, 1984)" (13). Notons également que l'entraînement à long terme (sur plusieurs mois) est à l'origine d'une diminution significative du taux endorphinique sauf chez le cycliste où la concentration reste proche de la normale pendant une période plus longue.

Lors d'un contre-la-montre individuel, nous nous retrouvons dans ces conditions (exercice maximal à environ 80 % de la VO₂ max lors d'une compétition, entraînement répétés, longs.....) ce qui va permettre au cycliste d'avoir une élévation de son taux de

morphinomimétiques au cours de son effort. Nous avons donc voulu stimuler cette libération avant l'échauffement afin que le sportif puisse partir avec un taux de base supérieur à sa valeur normale de repos : ceci lui permettant de donner immédiatement le meilleur de lui-même dès le départ et ce jusqu'à la ligne d'arrivée.

Chez le marathonien, l'augmentation de la bêta-endorphine se fait selon une courbe exponentielle notamment lors de la première heure (13). Nous avons remarqué dans notre expérience que le gain en temps est significatif à partir du sixième kilomètre soit environ une vingtaine de minutes après la fin de la stimulation (10 minutes d'échauffement et environ 8 minutes pour les 6 kilomètres) puis augmente progressivement jusqu'au dixième kilomètre. Nous pouvons donc nous demander quelle serait la marge de progression du gain de temps si l'effort durait plus longtemps (par exemple lors d'un contre-la-montre de 20 km ou lors d'une course à étape) ? Est-ce que la libération des endorphines par électrostimulation suit cette courbe exponentielle chez le cycliste ? Seul, un dosage sanguin de cette substance aurait pu nous le démontrer (cf 4. 6.).

Il ne faut pas oublier l'action "anti-stress" des endorphines. En effet, les bêta-endorphines ont une action de feed-back négatif au niveau du stress. Ce rôle est très important notamment lors de la peur précompétitive ce qui peut permettre au cycliste d'aborder l'épreuve dans de meilleures conditions psychologiques.

4. 5. EFFETS RESSENTIS PAR LE COUREUR

Dans cette étude, le coureur ne peut que ressentir des effets subjectifs. En effet, certains cyclistes ont perçu des sensations très agréables après la stimulation notamment au niveau du dos. Ils résument leur impression par le fait qu'ils ne "sentent" plus leur dos et se retrouvent dans un état de bien-être. Pour d'autres, les contractions musculaires

provoquées par l'électrostimulation sont désagréables et les ont un peu contrarié au départ. Mais il n'y a pas de relation entre ces différentes constatations et les résultats.

La stimulation procure certainement au coureur un effet psychologique. Le simple fait de poser des électrodes au niveau du dos, le cycliste peut ressentir une certaine motivation et une certaine envie de faire un meilleur temps, de se battre contre le chronomètre.

4. 6. INTÉRÊT DE LA LIBÉRATION D'ENDORPHINES APPLIQUÉE AU CYCLISTE

Notre étude a donc mis en évidence que nous pouvions gagner environ une seconde au kilomètre soit une différence de 9,7 secondes en moyenne sur 10 kilomètres (avec les réserves émises). Statistiquement, cette variation peut nous paraître faible mais en cyclisme, un tel écart permet de faire la différence lors d'une course à étapes.

Nous pouvons rappeler pour mémoire qu'en 1989 Greg LEMOND avait remporté le Tour de France (3285 Km en 21 étapes) en devançant Laurent FIGNON de 8 secondes seulement lors de la dernière étape. Cette étape était un contre-la-montre individuel de 24 km 500 où Greg LEMOND avait donc repris 58 secondes sur son adversaire direct. Laurent FIGNON aurait-il pu préserver son maillot jaune avec une augmentation de son taux de bêta-endorphines par électrostimulation ?

Nous soulignons donc l'importance de bien courir un C. L. M. soit pour limiter les écarts, soit pour remporter l'étape, voire le classement général. Lors des courses à étapes élite (4 jours de course en moyenne), nous remarquons que généralement le vainqueur de la course se trouve dans les vingt premières places du classement du C. L. M. . Est-ce que l'électrostimulation lors d'un contre-la-montre permettra au coureur bien placé d'être sur le podium ? Cela constituera sans doute notre prochain travail lors d'une course à étapes où nous essayerons ce protocole en l'adaptant sur le terrain. (Notons que la bêta-endorphine ne figure pas sur la liste officielle des produits dopants).

4. 7. LIMITES DE L'ÉTUDE

Nous pouvons nous demander si la sécrétion des bêta-endorphines a eu lieu et a bien augmenté significativement. Le seul moyen d'apprécier cette libération aurait été d'effectuer des dosages par prélèvements sanguins. Ce qui n'a pu être accompli pour des raisons de coût et de difficultés de réalisation.

Les résultats peuvent être influencés par le fait que le coureur connaisse le parcours lors de la deuxième épreuve. Mais ceux-ci ont tout de même l'habitude de réaliser ce genre d'épreuve régulièrement mais nous ne pouvons pas supprimer leur savoir d'une meilleure gestion de l'effort.

5. CONCLUSION

Notre étude semble confirmer que la libération de bêta-endorphines par électrostimulation transcutanée a un effet bénéfique chez le cycliste. Il nous semblerait qu'il existe une différence significative entre les 2 préparations à l'effort.

Actuellement, les entraîneurs demandent à leur coureur de s'entraîner et de courir en gérant au mieux leur effort (pas d'effort inutile en course,...) ainsi que leur fréquence cardiaque. Mais ne faudrait-il pas envisager, dans les années à venir, une meilleure gestion du taux de bêta-endorphines chez le cycliste ?

Nous pensons qu'il serait très intéressant que d'autres puissent poursuivre nos investigations en matière d'endorphines chez le cycliste. De notre côté, nous allons essayer d'appliquer notre travail sur le terrain notamment lors de courses à étapes.

BIBLIOGRAPHIE



1. **BICHON M.** ➤ Récupération dans l'effort sportif - Muscles, tendons et sport. - Paris : Masson, 1985 - p.285_289.

2. **BOUREAU F., LUU M., DOUBRERE J.F.** ➤ Analgésie par neurostimulation transcutanée. Mise au point, perspectives. - Electrostimulation des nerfs et des muscles - Sous le direction de Pélissier J. et Rocques C.F. - Paris : Masson, 1992 - p. 52_57.

3. **BOUREAU F., WILLER J.C.** ➤ La douleur : Exploration, traitement par neurostimulation et électro-acupuncture. - Paris : Masson, 1982 - p. 26_33, p. 61_65.

4. **CREPON F.** ➤ Electrophysiothérapie et rééducation fonctionnelle. - Paris : Frison-Roche, 1994 - 203 p.

5. **CREPON F.** ➤ Electrostimulations : Le retour aux sources - Kinésithér. Scient. Sept. 1994 - 337 - p. 15_18.

6. **CREPON F.** ➤ Abrégé d'électrothérapie pratique (Notice d'emploi du module BIOPP) - Société ETM, 6 bis rue Auguste-Vitu 75015 Paris.

7. **CRIELAARD J.M., REUTER A.M., VRINDTS N., FRANCHIMONT P.** ➤ Acquisitions nouvelles en Electrothérapie : le système endorphinique. - Cah. Kinésithér., 1985. - 112, 2 - p. 47_53.

8. **COMMANDRE F., VANUXEM D., FORNARIS E.** ➤ Récupération : Aspects cliniques - Med. Sport 1988 - 62 / 1 - p. 3_7.



9. COMMANDRE F., VANUXEM D., FORNARIS E. > Récupération : Aspects biologiques - Med. Sport 1988 - 62 / 1 - p. 29_32.

10. HUGUES G.S., LICHSTEIN P.R., WHITLOCK D. > Response of plasma beta-endorphins to transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. - Physical Therapy - 1994 - 64 / 7 - p. 1062_1066.

11. LA FRANCE CYCLISTE & LA F.F.C. > Le calendrier 97: l'officiel des compétitions - Hors Série N° 2011 - Jan., Fév., Mars 1997 - p. 6.

12. MONOD H., FLANDROIS R. > Physiologie du sport - 3^{ème} édition - Paris : Masson, 1990 - 225p.

13. PILARDEAU P. > Biochimie et nutrition des activités physiques et sportives. - Tome 2, Eau et électrolytes, vitamines et oligoéléments. Effets de l'exercice sur le métabolisme. - Paris : Masson, 1995. - p. 63_75.

14. PORTE G. > Guide du cyclisme : Manuel pratique et conseils de santé - Paris : Albin Michel, 1995 - 376 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 :

Tableau VI : Description de la population

Coureur Numéro	Prénom	Nom	Sexe	Age (Ans)	Poids (Kg)	Taille (cm)	Catégorie	Années de Pratique	Ordre Protocole
1	Jean-Yves	D.	M	19	54	172	Régionale 2	5	P1 / P2
2	Jean-Michel	L.	M	29	65	174	Elite 2	11	P1 / P2
3	Miguel	G.	M	22	70	174	Nationale	11	P2 / P1
4	Stéphane	H.	M	23	74	177	Elite 2	6	P2 / P1
5	Benjamin	M.	M	22	68	183	Régionale 2	2	P2 / P1
6	Raphael	B.	M	22	70	177	Nationale	8	P2 / P1
7	Nicolas	M.	M	22	72	176	Elite 2	9	P2 / P1
8	Michael	L.	M	19	75	184	Nationale	12	P1 / P2
9	Cyrille	B.	M	23	63	180	Nationale	8	P2 / P1
10	Fabien	C.	M	19	63	173	Régionale 1	4	P1 / P2
11	Frédéric	B.	M	21	68	178	Elite 2	6	P2 / P1
12	Richard *	W.	M	33	68	182	Régionale 2	10	P1 / P2
13	Fabrice	W.	M	22	76	185	Régionale 2	7	P1 / P2
14	Brice	R.	M	18	75	175	Régionale 2	3	P1 / P2
15	Jérôme	L.	M	21	68	179	Nationale	12	P1 / P2
16	Damien	B.	M	22	67	183	Nationale	7	P2 / P1
17	Cédric	J.	M	19	62	172	Elite 2	8	P2 / P1
18	Julien	H.	M	17	62	177	Junior	2	P2 / P1
19	Jérôme	R.	M	21	75	184	Elite 2	7	P1 / P2
20	Naran **	Z.	M	30	77	180	Nationale	13	P1 / P2
21	Pierre	R.	M	45	73	179	Régionale 2 (V)	6	P2 / P1
22	Xavier	R.	M	19	76	183	Nationale	7	P1 / P2
23	Pascal	L.	M	32	67	178	Elite 1	20	P2 / P1
24	Fabien	C.	M	21	72	172	Régionale 1	7	P2 / P1
25	Tumur **	D.	M	33	68	174	Elite 2	15	P1 / P2
26	Eric	S.	M	23	74	183	Elite 2	15	P1 / P2
27	Eric	W.	M	37	72	175	Régionale 2	10	P2 / P1
28	Alain	W.	M	36	67	171	Régionale 2	15	P1 / P2
29	Paul-Michel	S.	M	43	87	179	Régionale 2 (V)	28	P2 / P1
30	Yannick	C.	M	21	72	193	Régionale 1	4	P1 / P2
31	Fabrice	K.	M	20	73	182	Régionale 2	5	P2 / P1

	Sexe	Age	Poids	Taille
Moyenne	30 M	25,2	70,6	178,7
Mini.		17	62	171
Maxi.		45	87	193
Ecart Type		7,4	6,0	4,9

Pratique	Protocole
9,3	15 P1 / P2
2	16 P2 / P1
28	
5,4	

Nationalité :

* = Américaine

** = Mongole

(V) = Vétérant

ANNEXE II :

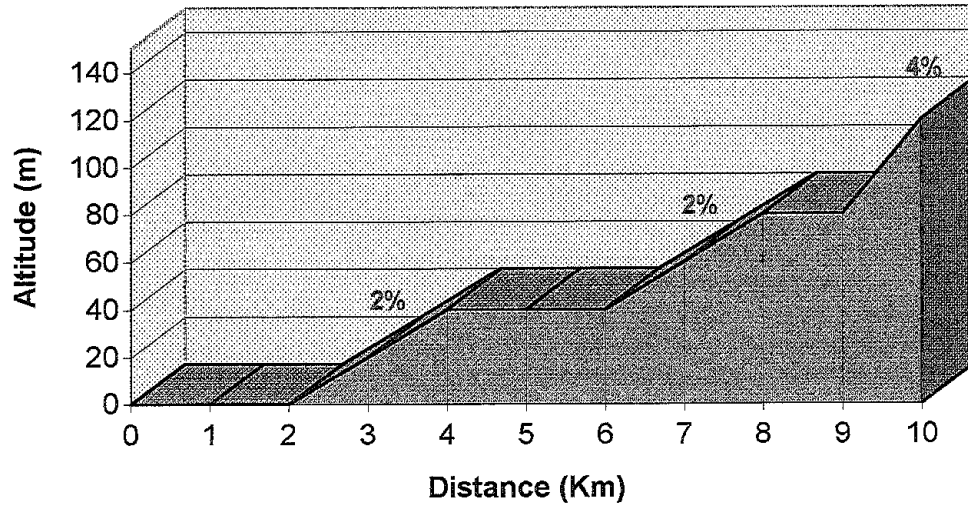
Tableau VII : Description des différentes séries de classement F.F.C.

SERIES (établie à partir de 1997)	ECHELONS	ROUTE HOMME
ELITE (19 ans et plus dans l'année)	E1	- Coureurs ayant un contrat avec un groupe sportif déclaré à l'U.C.I.
	E2	- 400 premiers coureurs du classement national F.F.C. (à l'exception des coureurs E1)
NATIONALE (19 ans et plus dans l'année)	N	- 401 ^{ème} au 3000 ^{ème} du classement national F.F.C.
REGIONALE (19 ans et plus dans l'année)	R1	- 3001 ^{ème} au 9000 ^{ème} du classement national F.F.C.
	R2	- 9001 ^{ème} au 20 000 ^{ème} du classement national F.F.C.
DEPARTEMENTAL	D	- Autres coureurs de plus de 19 ans
JUNIORS	J	- Garçons et Filles ayant 17 et 18 ans dans l'année
CADETS		- Garçons et Filles ayant 15 et 16 ans dans l'année
MINIMES		- Garçons et Filles ayant 13 et 14 ans dans l'année

"La classification se fait sur la base d'un classement national par points sur l'ensemble des épreuves auxquelles le cycliste a participé tout au long de l'année 1996 avec prise en compte des 30 meilleurs résultats points" (11).

ANNEXE III :

Profil du C.L.M.



ANNEXE IV :

Résultats sur l'ensemble de la population

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 1	P1	02:45,0	05:37,8	08:29,4	11:27,9	12:59,9	14:41,0	194	112	203	40,9
	P2	02:48,1	05:42,0	08:34,3	11:33,8	13:02,7	14:42,1	191	111	203	40,8
	dT	-3,1	-4,2	-4,9	-5,9	-2,8	-0,9	3	1	0	0,0

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 2	P1	02:21,2	04:46,0	07:09,3	09:39,1	10:51,3	12:16,8	171	84	182	48,9
	P2	02:14,8	04:37,4	07:00,1	09:24,9	10:35,8	12:01,3	174	100	182	49,9
	dT	6,4	8,6	9,2	14,2	15,5	15,5	-3	-14	0	-1,0

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 3	P1	02:27,7	05:08,8	07:46,0	10:30,7	11:47,6	13:27,2	180	106	196	44,6
	P2	02:35,5	05:01,0	07:41,7	10:23,0	11:46,7	13:20,8	183	86	198	45,0
	dT	7,8	7,8	4,3	7,7	0,9	6,4	-3	20	-2	-0,4

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 4	P1	02:23,5	04:42,8	07:03,7	09:29,5	10:41,7	12:02,8	185	98	201	49,8
	P2	02:21,2	04:42,4	07:06,7	09:35,1	10:48,6	12:08,9	184	104	196	49,4
	dT	2,3	0,4	-3	-5,6	-6,9	-6,1	1	-6	5	0,4

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 5	P1	02:29,3	05:04,0	07:35,1	10:10,8	11:27,2	12:51,4	169	95	189	46,7
	P2	02:32,8	05:08,5	07:44,7	10:21,8	11:41,3	13:09,7	175	112	192	45,6
	dT	-3,5	-4,5	-9,6	-11,0	-14,1	-18,3	-6	-17	-3	1,1

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 6	P1	02:28,8	05:06,0	07:41,6	10:24,3	11:44,9	13:16,8	186	114	195	45,2
	P2	02:29,3	05:03,9	07:38,7	10:18,6	11:39,3	13:06,6	184	140	197	45,8
	dT	-0,5	2,1	2,9	5,7	5,6	10,2	2	-26	-2	-0,6

ANNEXE IV (SUITE) :

Coureur N°7	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:22,8	04:46,0	07:09,0	09:31,8	10:42,9	12:02,1	191	89	206	49,9
	P2	02:16,3	04:41,2	07:08,5	09:35,7	10:49,0	12:10,0	194	120	204	49,3
DT	6,5	4,8	0,5	-3,9	-6,1	-7,9	-3	31	2	0,5	

Coureur N° 8	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:31,7	05:06,0	07:41,7	10:16,7	11:29,3	12:48,0	169	116	187	46,9
	P2	02:19,2	04:44,3	07:10,9	09:39,2	10:52,4	12:15,1	179	140	186	49,0
DT	12,5	21,7	30,8	37,5	36,9	32,9	-10	-24	1	-2,1	

Coureur N° 9	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:20,9	04:49,5	07:20,2	09:53,8	11:08,7	12:34,5	182	110	193	47,7
	P2	02:18,3	04:44,3	07:11,2	09:42,0	10:57,8	12:21,7	184	121	195	48,5
DT	2,6	5,2	9,0	11,8	10,9	12,8	2	-11	-2	-0,8	

Coureur N°10	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:30,0	05:12,8	08:03,2	11:02,7	12:29,8	14:13,6	187	112	194	42,2
	P2	02:33,3	05:06,4	07:40,8	10:18,4	11:37,7	13:06,0	180	103	195	45,8
DT	-3,3	6,4	22,4	44,3	52,1	67,6	7	9	-1	-3,6	

Coureur N° 11	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:18,5	04:37,7	07:03,6	09:33,4	10:44,8	12:00,9	178	105	195	49,9
	P2	02:16,6	04:37,2	07:05,9	09:37,0	10:49,4	12:05,1	179	120	194	49,7
DT	1,9	0,5	-2,3	-3,6	4,6	-4,2	-1	-15	1	0,3	

Coureur N° 12	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:35,2	05:16,3	07:56,7	10:43,5	12:06,9	13:38,0	180	133	195	44,0
	P2	02:36,0	05:11,6	07:49,4	10:31,2	11:51,0	13:19,2	179	127	194	45,1
DT	-0,8	4,7	7,3	12,3	15,9	18,8	1	6	1	-1,0	

Coureur N° 13	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:23,0	04:44,9	07:08,7	09:34,8	10:45,7	11:59,2	172	121	192	50,1
	P2	02:20,3	04:45,0	07:09,2	09:36,0	10:48,9	12:04,3	176	125	193	49,7
DT	2,7	-0,1	-0,5	-1,2	3,2	-5,1	-4	-4	-1	0,4	

ANNEXE IV (SUITE) :

Coureur N° 14	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:35,4	05:02,3	07:30,2	10:11,9	11:21,3	12:38,9	188	121	201	47,4
	P2	02:29,6	05:01,0	07:35,3	10:16,6	11:28,5	12:49,8	185	133	199	46,8
dT	5,8	1,3	-5,1	-4,7	7,2	-10,9	3	-12	2	0,7	

Coureur N° 15	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:31,3	05:09,0	07:52,6	10:33,1	11:52,4	13:17,2	185	94	208	45,2
	P2	02:37,0	05:15,2	07:53,2	10:34,5	11:52,9	13:21,3	181	107	200	44,9
dT	-5,7	-6,2	-0,6	-1,4	-0,5	-4,1	4	-13	8	0,2	

Coureur N° 16	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:31,3	05:03,8	07:41,7	10:26,7	11:44,5	13:17,3	184	140	190	45,2
	P2	02:20,2	05:01,0	07:42,8	10:36,5	11:51,8	13:29,8	184	113	194	44,5
dT	11,1	2,8	-1,1	-9,8	7,3	-12,5	0	27	-4	0,7	

Coureur N° 17	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:11,6	04:32,4	06:56,8	09:27,8	10:43,9	12:03,8	181	104	192	49,7
	P2	02:22,7	04:42,6	07:09,2	09:32,3	10:44,5	12:01,3	186	127	197	49,9
dT	-11,1	-10,2	-12,4	-4,5	-0,6	2,5	-5	-23	-5	-0,2	

Coureur N° 18	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:35,7	05:07,2	07:38,3	10:10,2	11:24,7	12:50,1	190	101	206	46,8
	P2	02:37,5	05:09,3	07:42,4	10:25,6	11:31,5	12:53,5	187	103	205	46,5
dT	-1,8	-2,1	-4,1	-15,4	6,8	-3,4	3	-2	1	0,2	

Coureur N° 19	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:11,2	04:28,7	06:51,3	09:10,5	10:19,8	11:33,8	175	87	191	51,9
	P2	02:16,5	04:39,4	07:04,8	09:30,8	10:44,5	11:59,0	179	115	193	50,1
dT	-5,3	-10,7	-13,5	-20,3	-24,7	-25,2	-4	-28	-2	1,8	

Coureur N° 20	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
	P1	02:26,8	04:51,7	07:18,5	09:48,0	11:00,5	12:21,4	176	95	191	84,6
	P2	02:18,0	04:43,4	07:15,2	09:51,8	11:08,3	12:28,8	174	95	185	84,1
dT	8,8	8,3	3,3	-3,8	-7,8	-7,4	2	0	6	0,5	

ANNEXE IV (SUITE) :

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 21	P1	02:27,2	04:54,9	07:24,3	09:56,7	11:11,7	12:40,0	161	94	170	47,4
	P2	02:37,7	05:16,2	07:49,7	10:28,2	11:46,4	13:17,3	158	86	168	45,2
	dT	-10,5	21,3	25,4	35,5	34,7	37,3	3	8	2	2,2

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 22	P1	02:17,7	04:38,0	06:59,7	09:25,3	10:36,2	11:53,3	179	116	194	50,5
	P2	02:21,4	04:42,7	07:05,1	09:31,2	10:44,7	12:04,7	181	120	196	49,7
	dT	-3,7	-4,7	-5,4	-5,9	-8,5	-11,4	-2	-4	-2	0,8

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 23	P1	02:15,2	04:37,4	06:57,3	09:21,6	10:31,8	11:52,5	168	95	182	50,5
	P2	02:21,5	04:48,2	07:12,8	09:37,0	10:46,2	12:06,2	164	100	177	49,6
	dT	-6,3	-10,8	-15,5	-15,4	-14,4	-13,7	4	-5	5	1,0

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 24	P1	02:42,1	05:29,3	08:13,3	11:06,5	12:32,5	14:11,4	188	115	198	42,3
	P2	02:32,2	05:27,4	08:19,9	11:17,2	12:45,0	14:22,1	188	110	200	41,8
	dT	9,9	1,9	-6,6	-10,7	-12,5	-10,7	0	5	-2	0,5

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 25	P1	02:15,8	04:37,0	07:01,4	09:26,1	10:38,0	11:57,5	172	115	183	50,2
	P2	02:22,5	04:42,7	07:03,3	09:23,0	10:33,0	11:50,0	172	110	182	50,7
	dT	-6,7	-5,7	-1,9	3,1	5,0	7,5	0	5	1	-0,5

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 26	P1	02:42,2	05:13,3	07:43,9	10:07,1	11:17,5	12:30,7	163	101	186	48,0
	P2	02:48,3	05:26,7	07:56,1	10:22,5	11:35,1	12:57,3	169	114	186	46,3
	dT	-6,1	-13,4	-12,2	-15,4	-17,6	-26,6	-6	-13	0	1,6

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 27	P1	02:51,6	05:30,8	08:08,5	10:46,2	12:03,8	13:25,7	172	95	191	44,7
	P2	03:06,4	06:02,2	08:50,3	11:33,8	12:54,7	14:14,4	167	112	187	42,1
	dT	-14,8	-31,4	-41,8	-46,6	-50,9	-48,7	5	-17	4	2,5

ANNEXE IV (SUITE) :

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 28	P1	02:45,2	05:24,3	08:06,7	10:43,8	12:04,9	13:41,7	185	112	197	43,8
	P2	02:37,5	05:22,7	08:07,2	10:58,0	12:20,9	14:18,0	194	125	200	42,0
	dT	7,7	1,6	-0,5	-14,2	-16,0	36,3	-9	-13	-3	1,9

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 29	P1	02:39,1	05:15,0	07:51,7	10:26,1	11:44,2	13:07,8	148	96	165	45,7
	P2	02:35,7	05:23,1	08:11,5	11:06,2	12:32,6	14:14,8	150	102	157	42,1
	dT	3,4	-8,1	-19,8	-40,1	-48,4	67,0	-2	-6	8	3,6

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 30	P1	02:43,4	05:25,5	08:05,0	10:43,9	12:01,1	13:22,9	166	83	188	44,8
	P2	02:31,1	05:01,9	07:35,7	10:13,5	11:29,7	12:51,3	174	88	187	46,7
	dT	12,3	23,6	29,3	30,4	31,4	31,6	-8	-5	1	-1,8

	T2	T4	T6	T8	T9	T10	FCm	FCmin	FCmax	Vmoy	
Coureur N° 31	P1	02:30,5	05:07,2	07:45,7	10:27,6	11:48,9	13:10,8	179	126	194	45,5
	P2	02:27,4	05:07,8	07:52,1	10:37,0	11:57,0	13:23,9	183	129	194	44,8
	dT	3,0	-0,6	-6,4	-9,4	-8,1	-13,1	-4	-3	0	0,7