

**INTEGRATION D'UNE METHODE D'ANALYSE BIOMECANIQUE POUR L'OPTIMISATION DE  
L'INTERFACE HOMME MACHINE DU CYCLISTE – APPROCHE CINEMATIQUE**

Centre de performance de l'équipe professionnelle de cyclisme sur route :

**Vital Concept B&B Hotels**



Figure 1: Aménagement de l'espace dédié

## 1/ Présentation du bike fitting, les enjeux

Introduction :

Le cyclisme est une activité intéressante pour le corps humain, mais au cours de l'effort il n'est plus dans une posture naturelle : assis, inversion de la courbure lombaire, 5 points d'appuis, semelles rigides, pédaler autour d'un cercle parfait... Le mouvement répétitif de pédalage fait subir aux tendons et aux surfaces articulaires de réelles contraintes mécaniques. Un vélo à la bonne taille ne suffit pas, il faut adapter le vélo à l'athlète et non l'athlète au vélo : rouler dans une mauvaise position fait perdre tous les avantages de cette machine coûteuse et des heures d'entraînement. Une mauvaise hygiène de vie, le non-respect des principes de l'entraînement, les dysfonctions fonctionnelles et biomécaniques sont des causes de blessures et donc de frustration car elles entraînent une baisse de performance voire un arrêt temporaire de la pratique. Fort heureusement il est possible de prévenir bon nombre de ces causes, l'une des clés est de s'assurer que l'interface homme-machine est bien organisée.

*« Positionnement » : processus d'évaluation des exigences de performance et des capacités du cycliste pour ajuster le vélo afin de répondre à des besoins individuels*

L'évolution des méthodes d'analyse :

Les premières méthodes pour régler cette interface sont apparues dans les années 1970 au travers d'un manuel qui décrivait la position à tenir en observant la position des meilleurs coureurs (méthode « photocopieuse »). Un peu plus tard dans les années 1980 les méthodes génériques (à base de rapport ou de coefficient) définissaient les côtes sur le vélo comme la hauteur de selle, la longueur entre la selle et le guidon... etc. Après cela de nouvelles méthodes ont commencé à individualiser le processus notamment au travers des bilans statiques en mesurant des angles articulaires ou en utilisant des fils à plomb pour mettre en lumière des alignements. Cependant, ces méthodes statiques ont une limite majeure : cela voudrait dire que l'on émet l'hypothèse que cette position serait représentative de la cinématique réelle des articulations au cours du pédalage. Or ce n'est pas le cas, on observe des variations des angles articulaires allant jusqu'à 15° entre une position statique et dynamique. Le mouvement de pédalage n'est pas aussi simple que de pédaler autour d'un cercle, il y a des perpétuels ajustements et des répercussions sur l'ensemble du corps qui influencent l'efficacité globale du pédalage. A haut niveau, quand on sait qu'un tour de France peut se jouer à quelques secondes après plus de 3 000km de compétition, cela a un réel intérêt pour optimiser les performances des coureurs, et faire la différence entre gagner et perdre.

Définir les paramètres optimaux en utilisant des mesures cinématiques d'angle en dynamique apparaît être la meilleure solution pour analyser la position du coureur. Cela permet de prendre en compte l'influence des forces et du mouvement, de la technique de pédalage, des déformations liées au mouvement : on mesure directement la répercussion des éléments sur les variables mécaniques de l'individu. Les méthodes statiques et génériques sont une approche, une fenêtre, l'analyse angulaire permet de comprendre ce qu'il se passe réellement.

*Application avec les caméras IDS :*

Les caméras IDS permettent d'ajouter cette plus-value et de filmer en haute qualité sans déformer l'image et avec une fréquence élevée pour capturer le moment voulu. Pour se faire, le cycliste pédale sur son vélo fixé sur un home trainer, la caméra présente sur le côté permet de modéliser en 2D l'ensemble homme machine et d'apprécier l'évolution des différents angles articulaires lors des arrêts sur image et de juger si les réglages sont optimums ou non. Le coureur visualise en direct l'influence des modifications pour se rendre compte de sa posture.



Figure 2: Analyse du pédalage et des angles articulaires lors du stage de présaison en Espagne, une étape importante avant chaque début de saison.

*Les enjeux pour les coureurs professionnels :*

Ce système d'analyse a été intégré au sein des locaux de l'équipe professionnelle de cyclisme sur route Vital Concept B&B Hotels. Les enjeux sont :

- Prévention des blessures : sur une étude portée sur des cyclistes professionnels, 85% des 109 cyclistes accompagnés ont eu mal au dos au cours des 12 derniers mois et 57% au genou (Clarsen Krosshaug, 2010).
- Améliorer le rendement : avec des forces mieux orientées, on produit plus d'énergie mécanique utile pour la même quantité d'énergie dépensée. On va donc plus vite avec le même effort.
- Améliorer le confort : Une position inconfortable limite les performances et le plaisir.

**2/ Les méthodes, ce qui différencie mon approche des autres**

*Mon approche :*

L'idée est d'adapter le vélo à l'athlète en associant différentes méthodes d'analyse (statique, dynamique, perceptive) tout en transmettant des connaissances pour favoriser l'autonomie du sportif. En effet, très nombreux sont les coureurs qui se plaignent de douleurs, d'inconfort... il y a un réel manque d'autonomie et de savoir. C'est un domaine complexe dans lequel il y a un réel besoin de formation car nous ne sommes pas toujours avec les sportifs sur le terrain. De plus, cette méthode mise en place n'est pas portée par un fabricant, elle tient sa source dans la réflexion avec différents entraîneurs dans le monde du cyclisme, beaucoup de confrontation théorique et de bon sens.



Figure 3: Corentin ERMENAULT, Champion d'Europe de poursuite individuelle a besoin d'explications pour comprendre l'influence des changements sur l'efficacité de son pédalage.

### 3/ Le déroulement du protocole, traitement de l'image et utilisation du logiciel « Kinovea »

#### Le déroulement d'une étude posturale :

- Temps d'échange avec le coureur sur son passé et ses objectifs
- Bilan fonctionnel
- Réglage des cales sous les chaussures
- Analyse dynamique
- Elaboration d'un compte rendu détaillé

#### L'analyse dynamique et traitement par logiciel :

La caméra est positionnée selon un plan parfaitement parallèle par rapport à l'ensemble homme machine afin de modéliser cet ensemble en 2 dimensions selon un axe X Y. Des vidéos sont capturées dans différentes positions et intensités au cours du pédalage. La caméra branchée à l'ordinateur en USB 3.0 transmet les données en instantanée grâce au logiciel Kinovea :



Kinovea est un logiciel libre organisé autour de 4 grandes missions pour analyser les mouvements humains : capturer, observer, annoter, mesurer. Il permet également de manager une collection de vidéos facilement et possède différents raccourcis très utiles pour retrouver les données des différents coureurs rapidement et gagner en efficacité au cours de l'analyse. Une fois le package de pilotes installés (IDS Software Suite), le logiciel reconnaît directement la caméra grâce au module spécial dédié aux caméras « machine vision » qui a été créé, notamment pour supporter les cameras IDS.

La timeline du logiciel permet une lecture avant ou arrière, à la vitesse souhaitée ou image par image pour s'arrêter au moment voulu et mettre en lumière les éléments souhaités, il est également possible de zoomer jusqu'à 600%. Une fois l'image trouvée, certains outils avancés permettent de mesurer des alignements ou des angles articulaires pour juger des bons réglages. En fonction des données mesurées, les réglages sont modifiés si besoins en tenant en compte des caractéristiques biomécaniques et des impératifs du type de pratique du coureur. Une nouvelle capture est réalisée après la modification effectuée. De plus, grâce aux marqueurs positionnés sur le cycliste à des repères bien spécifiques, le logiciel peut détecter leur trajectoire au cours du pédalage et permet de créer un diagramme qui représente l'évolution des différents angles articulaires.

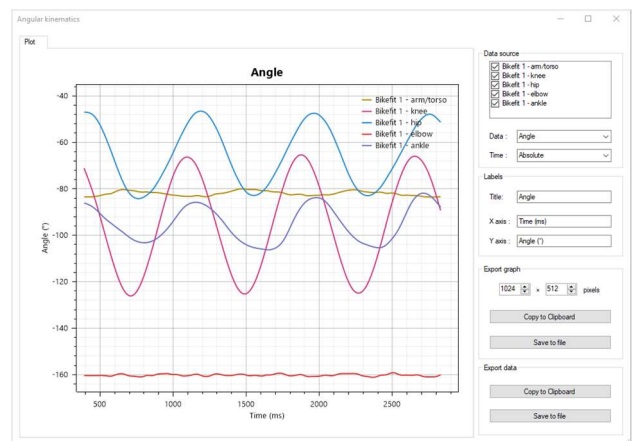


Figure 4: Cinématique angulaire via le logiciel Kinovea

Le logiciel permet d'afficher plusieurs vidéos en simultan e pour observer le cycliste dans différents plans mais aussi pour comparer différents réglages.



Figure 6: L'analyse frontale permet d'identifier la cinématique des membres inférieurs au cours du pédalage

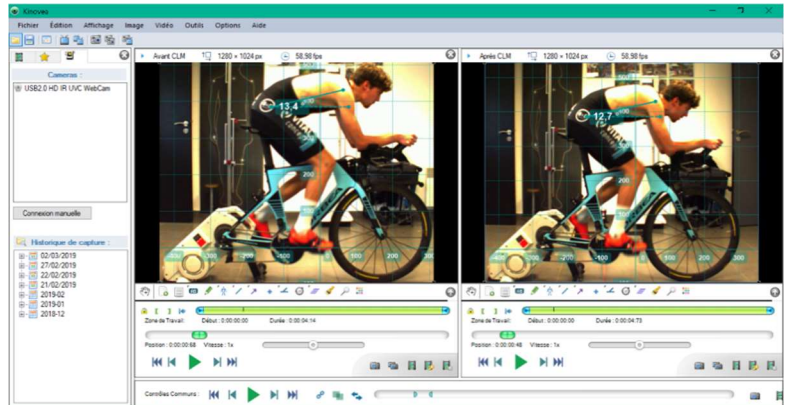


Figure 5: Comparaison des changements effectu es sur son vélo de contre la montre pour Justin MOTTIER, coureur professionnel.

La biomécanique humaine est un domaine multifactoriel et complexe qui nécessite de nombreuses compétences. Dans certains cas, les avis des préparateurs physiques, ostéopathes, médecins sont confront es. La mutualisation des compétences est une clé : chacun son domaine.

Une fois le processus termin e, toutes les données sont conservées puis traitées dans un compte rendu d etaill e afin de garder une trace des modifications et éléments mis en avant.

#### **4/ Caractéristiques techniques**

La caméra est branchée en USB 3.0 directement à un ultra portable dot e d'un SSD puissant afin d'acquérir l'image en full HD à 60 FPS via le logiciel Kinovea.

*Les caractéristiques de la caméra :*

- UI 3240 LE CH Q
- Objectif TAMRON M118FM08 9mm 1/1.8

*Pourquoi ce choix ? :*

- La technologie Global Shutter permet de ne pas déformer les segments au cours du mouvement
- Son format compact et solide permet de la transporter facilement. En effet, l'objectif de la méthode est d'être nomade, notamment pour pouvoir ajuster la position des coureurs sur les stages d'entraînement en Espagne l'hiver.
- Le logiciel a int egr e un module pour la gestion de ce type de caméra
- La durée de vie et la disponibilité de ce modèle sur le long terme
- Le prix
- Haut niveau de transfert de données

### *Evolution possible :*

- Trouver une solution pour acquérir l'image de plusieurs caméras en live
- Développement de la puissance des disques durs pour acquérir davantage de FPS en full HD pour renforcer la qualité de l'analyse et obtenir plus de précision pour le choix des images clés.



Figure 7: Pierre ROLLAND, double vainqueur d'étape sur le tour de France a besoin d'éléments objectifs pour valider les choix sur son nouveau matériel.

### **5/ Quelle est mon entreprise, comment le marché se développe ?**

« AR-Entraînement » est une entreprise individuelle d'analyse de performances et de coaching dans le cyclisme. Cette entreprise a en particulier une collaboration marquée avec l'équipe professionnelle Vital Concept B&B Hotels. Formé à l'université de Nantes et avec la fédération française de cyclisme, notamment pour les notions de biomécanique et d'apprentissage de la rigueur d'analyse scientifique, cela fait 8 ans que je m'intéresse à ce domaine et au développement de cette méthodologie de travail.

La place sur le marché est compliquée face au côté rémunérateur de ce type de prestation : toutes les grandes marques de vélo développent leur système d'analyse de positionnement et recherchent l'exclusivité en vendant leurs propres périphériques. Le risque est alors que l'objectif devienne avant tout commercial avec l'objectif de vendre en favorisant l'automatisation et la rentabilité et non pour répondre fondamentalement aux besoins des coureurs.

Pour cette méthode, l'analyse est réalisée directement sur le vélo de l'athlète, sur son propre vélo. Certaines méthodes utilisent un « fit bike », cela est intéressant pour gagner du temps pour les différents réglages et tester davantage de modifications, mais on ne corrige pas directement les problèmes sur le vélo (le guidon peut parfois être différent, le ressenti est différent... etc). De plus, on notera que la plupart des cyclistes ne savent pas réellement retranscrire avec précision des côtes, c'est complexe ! C'est pour cela que l'échange et donc le développement de l'autonomie fait partie des enjeux auxquels je suis attaché.

### **Pour plus d'informations :**

[www.ar-entraînement.com](http://www.ar-entraînement.com), rubrique positionnement.

<https://www.kinovea.org/features.html>, présentation du logiciel.

Entreprise : AR-Entraînement

Personne de contact : Alban RENAUD +33 06 24 51 88 33 [alban.renaud44@gmail.com](mailto:alban.renaud44@gmail.com)