

Comparaison de trois systèmes cinématographiques utilisés dans l'analyse du geste sportif.

Comparison of three kinematic systems used to analyse sport movement.

BLAIS Laurent¹, BOUCHER Mathieu¹, LACOUTURE Patrick¹

¹Equipe « Mécanique du geste sportif »
Laboratoire de Mécanique des Solides
UMR 6610 CNRS
Université de Poitiers

Résumé

Dans l'analyse d'un geste sportif, plusieurs outils de mesure peuvent être utilisés : des outils dynamographiques et des outils cinématographiques. Si les premiers nous apportent des informations globales sur le mouvement, les seconds nous permettent d'aller au-delà et d'atteindre les contributions segmentaires traduisant la coordination gestuelle. Ainsi, nous proposons à travers cette étude de comparer trois systèmes cinématographiques en essayant d'une part de dégager leurs avantages et leurs inconvénients et d'autre part de montrer la pertinence de leur utilisation dans l'analyse des gestes sportifs.

Mots-clés : système cinématographique, geste sportif, modélisation

Comparaison de trois systèmes cinématographiques utilisés dans l'analyse du geste sportif

Introduction

Dans l'étude de la performance motrice, nous avons recours à l'utilisation d'outils cinématographiques divers afin de dépasser la simple observation visuelle limitée à 16 images par secondes moyennées. Nous pouvons ainsi proposer une analyse objective neutre, c'est à dire sans représentation a priori, par la mesure de différents paramètres mécaniques du mouvement, du geste d'un athlète dans son intégralité et dans son environnement matériel de pratique. Nous proposons dans cette étude de comparer 3 systèmes cinématographiques employés au laboratoire afin d'identifier leur intérêt relatif quant à leur utilisation dans l'étude d'une activité sportive.

Abstract

In sport movement analyse, many tools of measure can be used : dynamic tools and kinematic tools. If the first give us global information about the movement, the second allow us to attain segmentary contributions translating the movement coordination. So, through this study we purpose to compare three kinematic systems. In first time, we try to show advantages and disadvantages and in second time we try to show the pertinence of use in sport movement analyse.

Keywords : kinematic systems, sport movement, modelling

Ainsi, nous présentons un système de 6 caméras infrarouges 50 Hz, un système de 5 caméras vidéo 50 Hz et un système de 5 caméras vidéo 250 Hz, illustrés par des applications dans le domaine sportif.

Modélisation

La reconstitution en trois dimensions du mouvement d'un athlète nécessite l'utilisation d'un modèle anthropométrique. Nous avons recours à deux modèles distincts :

- le modèle de Winter (1979) qui considère le corps humain comme un système poly-articulé de 14 segments délimités par 20 marqueurs externes (cf schéma 1),
- le modèle d'Hanavan (1964) qui considère le corps humain comme un système poly-articulé de 15 segments délimités par 33 marqueurs internes et externes (cf schéma 2).

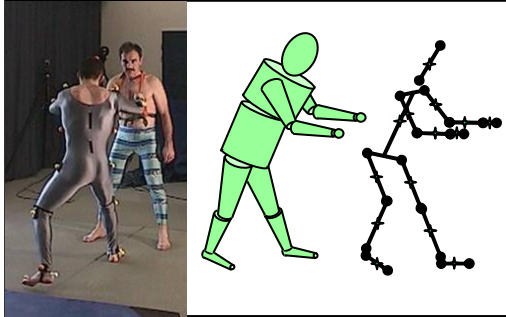


Schéma 1 : modélisation « en fil de fer » de Winter

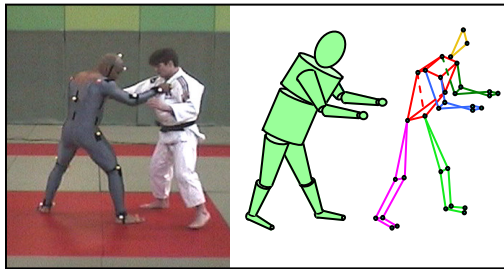


Schéma 2 : modélisation « en volume » d'Hanavan

L'objectif expérimental est d'obtenir les coordonnées spatiales des marqueurs placés à des points anatomiques (centres articulaires) du corps de l'athlète (modélisation anthropométrique). Pour cela, nous devons procéder en 3 étapes quelque soit le système cinématographique utilisé :

- acquisition de la position des marqueurs dans le plan de chaque caméra,
- reconnaissance des marqueurs et identification des segments,
- reconstitution 3D du modèle de l'athlète (DLT).

Système SAGA 3 RT : 6 caméras infrarouges 50 Hz (cf photo 1)

Ce système est plutôt utilisé pour les mouvements exécutés dans un plan (appui tendu renversé, cf figure 1) ou les mouvements cycliques (cyclisme, canoë-kayak). Il peut être utilisé pour des mouvements complexes, mais avec le risque de « perdre » les marqueurs qui pourraient être cachés. Par ailleurs, le temps de dépouillement peut être multiplié par cinq pour des mouvements en duo par exemple. Son utilisation reste principalement en laboratoire. Chaque caméra identifie automatiquement dans son propre plan les trajectoires des marqueurs placés sur le corps de l'athlète. La reconnaissance des marqueurs et l'identification des segments est effectués manuellement sur la première image puis le logiciel SAGA 3 RT prend le relais pour procéder à un tracking automatique. Ainsi, nous pouvons obtenir les informations concernant les paramètres

cinématiques du geste sportif en temps opérateur. Le calibrage s'effectue par balayage dans le champ d'une baguette de longueur connue et l'incertitude sur les coordonnées tridimensionnelles correspond à 0,1 % du champ mesuré.

L'utilisation du système nécessite de prendre diverses précautions pour contrôler l'environnement à savoir éliminer toutes sources réfléchissantes autres que les marqueurs (ambiance de laboratoire) et "ne pas perdre de marqueurs ". C'est pourquoi les gestes de grandes amplitudes ou avec partenaires sont difficiles à analyser avec ce système. Nous pouvons noter que l'inconvénient majeur de ce système est l'impossibilité de stocker les images vidéo.

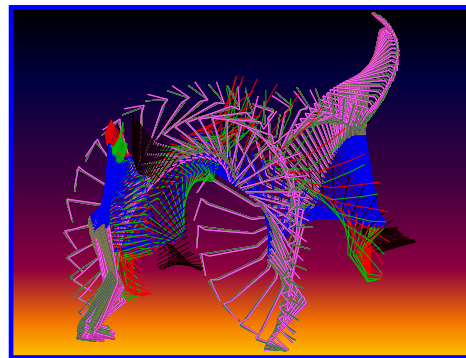


Figure 1 : Kinogramme d'un appui tendu renversé

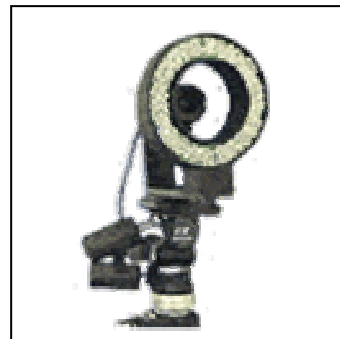


Photo 1 : caméra infrarouge 50 Hz

Système SAGA 3 DV : 5 caméras vidéos couleur 50 Hz (cf photo 2)

Ce système est utilisé pour les mouvements complexes en 3D (gymnastique) ou en duo (judo). Contrairement au système précédent il présente l'avantage de pouvoir stocker les images vidéo couleurs à une fréquence de 50 Hz. Son utilisation peut être en laboratoire ou sur le terrain. Les images obtenues à partir des différentes caméras sont enregistrées par des magnétoscopes DVCAM, puis numérisées et transférées vers un logiciel de traitement SAGA 3 DV. Les marqueurs sont identifiés manuellement, image par image, ce qui nécessite plusieurs jours de dépouillement pour un geste sportif. Le calibrage est effectué par

reconnaissance des marqueurs placés sur un objet de calibration de dimension connue représentant un repère 3D. L'incertitude sur les coordonnées tridimensionnelles sont les mêmes que pour le système précédent, à savoir 0,1 % du volume du champ d'action.

L'utilisation de ce système nécessite de munir l'athlète étudié d'une combinaison sur laquelle sont collés les différents marqueurs. D'autres précautions sont nécessaires, notamment de régler l'intensité de l'éclairage et d'utiliser un champ le plus réduit possible.

Ce système possède l'avantage de pouvoir estimer la position des marqueurs dans l'espace, ce qui est très utile pour des activités comme le judo où des marqueurs sont relativement souvent cachés.



Photo 2 : caméra vidéo 50 Hz

Système SAGA 3 HSC : 5 caméras vidéos 250 Hz (cf photo 3)

Ce système est aussi employé pour les mouvements complexes en 3D (gymnastique), les mouvements en duo (judo), ou encore pour les mouvements rapides (sprint). Son utilisation peut être en laboratoire ou sur le terrain. Il présente lui aussi l'avantage de pouvoir stocker des images vidéo en noir et blanc à une fréquence de 250 Hz. Les images obtenues à partir des caméras sont automatiquement numérisées et stockées sur des processeurs, puis transférées vers le logiciel de traitement SAGA 3 HSC. Le temps de transfert des données est proportionnel au nombre d'images numérisées et peut prendre de 2 à 20 minutes. L'identification des marqueurs s'effectue manuellement, image par image et nécessite plusieurs jours de dépouillement pour un geste sportif. Ce logiciel possède néanmoins un tracking semi-automatique de suivi des marqueurs lorsqu'il est possible de contraster les marqueurs sur fond sombre. Le calibrage s'effectue de la même manière que pour le système SAGA 3 DV.

Les précautions d'utilisation sont similaires à celles du système SAGA 3 DV.



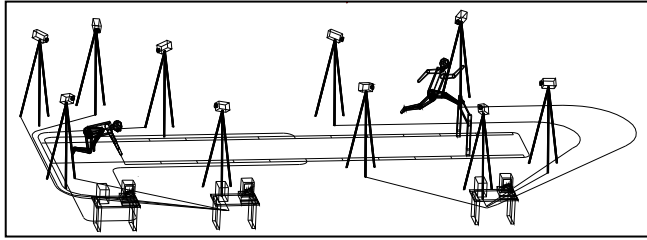
Photo 3 : caméra vidéo 250 Hz

Conclusion

Les outils cinématographiques nous permettent de reconstituer un geste sportif en 3 dimensions et ainsi d'atteindre l'ensemble des paramètres cinématiques du mouvement, qu'ils soient globaux, c'est-à-dire affectés au centre de masse, ou segmentaires, caractérisant entre autre la coordination gestuelle. Chaque système présenté ici peut être utilisé soit en laboratoire, soit sur le terrain d'entraînement et de compétition. Les systèmes présentent tous des spécificités propres qui les prédestinent à une utilisation particulière dans le cadre de nos expérimentations. Ainsi, le système SAGA 3 RT est essentiellement utilisé pour des mouvements réalisés dans un plan comme la détente verticale ou des mouvements cycliques comme le kayak. Les deux autres systèmes sont utilisés pour des mouvements complexes qui se déroulent dans les trois plans de l'espace comme la gymnastique ou des mouvements en duo comme le judo.

Depuis peu, le système SAGA 3 RT associé aux plateformes biomécaniques, constitue une plateforme expérimentale d'analyse mécanique de la marche, dans le cadre d'études et d'expertises conduites en collaboration avec le service de réadaptation fonctionnelle du CHU de Poitiers.

Au-delà de leur utilisation particulière, ces trois systèmes peuvent être utilisés conjointement afin d'atteindre un niveau d'analyse supérieur comme pour le sprint où plusieurs caméras sont associées pour obtenir des informations sur le départ et sur la course à pleine vitesse (cf schéma 3) et ainsi aider les entraîneurs à mieux comprendre le geste sportif par une initiation aux concepts mécaniques.



Configuration de la station expérimentale d'analyse de la course de vitesse avec dix caméras

Schéma 3 : synchronisation des systèmes

