

# Caractérisation et Suivi des Mouvements Acrobatiques pour la Reconnaissance

## Characterization and Tracking of Acrobatic Movements for Recognition

Ryan Cassel

Christophe Collet

LIMSI-CNRS

Université Paris XI, BP 133, 91403 Orsay cedex, France  
{ryan.cassel, christophe.collet}@limsi.fr

### Résumé

*Cet article propose dans un premier temps une caractérisation des mouvements acrobatiques. Elle se base sur les techniques d'évaluation de la difficulté des exercices en compétition de trampoline. Nous montrons qu'avec un code alpha numérique nous avons la possibilité de caractériser de très nombreux mouvements. Nous présentons ensuite un algorithme de suivi qui se base sur cette caractérisation. Avec des techniques de traitement d'image et quelques outils mathématiques nous pouvons générer une boîte englobante orientée dans la quelle se trouve le trampoliniste. Enfin, nous concluons avec nos perspectives et les premières étapes de la reconnaissance.*

### Mots Clef

Suivi, caractérisation, reconnaissance, mouvements acrobatiques, traitement d'image.

### Abstract

*This paper presents a characterization of acrobatic movements and a tracking algorithm. The characterization is based from the evaluation of difficulty in trampoline competition. We introduce an alpha-numeric code which leads to a complete characterization. We describe then a tracking algorithm inspired by the previous characterization. An oriented bounding box is generated by image processing and with mathematical tools. We conclude with our perspectives and the first stages of the recognition system.*

### Keywords

Tracking, caraterization, recognition, acrobatic movements, image processing.

## 1 Introduction

Les études sur le geste sportif ont un intérêt croissant aussi bien pour les chercheurs que pour les entraîneurs. Les professionnels du sport font de plus en plus appel à des techniques utilisant une technologie de pointe pour analyser, comprendre et améliorer ces gestes. Le domaine gymnique

offre un champ énorme sur la diversité du geste corporel. L'acrobatie est sans aucun doute, l'activité comportant les mouvements les plus complexes à analyser. Le trampoline apporte une grande maturité à l'acrobatie. Cet agrès est un outil très important dans de nombreuses disciplines nécessitant de très bons repères dans l'espace. Il permet de développer la perception favorisée par la connaissance de l'espace avant et arrière (constitution d'un système de repères et de contrôle du corps lors des phases aériennes), la sensation du corps dans l'espace, le cran, l'automatisation des schémas. Il concerne aussi bien la gymnastique artistique, le rock acrobatique, le plongeon, le ski acrobatique, la préparation des parachutistes et pilotes de chasse, les nouveaux sports acrobatiques comme le snow-board, le funboard, le roller...

Dans ce domaine, l'étude des figures à l'aide de la vidéo est essentielle. Cette analyse n'est pas automatique et est très difficile à interprétée. Seul des experts confirmés sont capables d'analyser correctement ces images. L'apport d'un système de reconnaissance automatique, pourra fournir une aide extrêmement précise pour apprendre, corriger, perfectionner et évaluer les figures. Dans une autre mesure, cet outil pourra être utilisé en compétition pour évaluer la difficulté d'un mouvement de trampoline, ou même pour reconstruire l'action en trois dimensions.

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence dans l'image les informations nécessaires pour faire la reconnaissance des mouvements acrobatiques. Cet article propose dans un premier temps une caractérisation des mouvements acrobatiques. Elle se base sur les techniques d'évaluation de la difficulté des exercices en compétition de trampoline. Nous montrons qu'avec un code alpha numérique nous avons la possibilité de caractériser de très nombreux sauts. Nous présentons ensuite un algorithme de suivi qui se base sur cette caractérisation. Avec des techniques de traitement d'image et quelques outils mathématiques nous pouvons générer une boîte englobante orientée dans la quelle se trouve le trampoliniste. Enfin, nous concluons avec les perspectives de cette étude qui

montre que nous avons déjà commencé à reconnaître des éléments du mouvement.

## 2 Les sports acrobatiques

Sont considérés comme sport acrobatiques tous sports mettant en jeu l'équilibre et jouant sur des rotations du corps humains dans l'espace. L'acrobatie est un jeu du corps dans l'espace. Faire de l'acrobatie, "c'est remettre en cause son équilibre de terrien, défini par le respect de la position verticale, tête en haut et regard à l'horizontale."

### 2.1 Caractérisation du mouvement

La nécessité de caractériser le mouvement est apparue alors qu'on a voulu les apprendre à autrui. Il fallait parler de la même chose et surtout reproduire les mêmes acrobaties. Conçue par Jeff Hennessy et développée par Pierre Blois et Michel Rouquette dans les années 1960, la part-méthode est une technique d'apprentissage par décomposition des mouvements. La figure à apprendre est décomposée en éléments plus simples ou déjà connus du gymnaste. Elle donne une maîtrise parfaite de la figure en fin d'apprentissage et permet également un retour en arrière facile en cas de blocage (chute, peur...).

La part-méthode consiste à :

- découper l'exercice en phases d'apprentissage correspondant à différentes possibilités d'arrivée dans la toile dans l'ordre chronologique (assis, dos, ventre...)
- mettre en évidence les structures fondamentales (figures de base) composant une figure donnée.
- créer par diversification et enrichissement des automatismes évolutifs, gage de progrès vers de très hautes difficultés acrobatiques.

Il s'agit donc de construire les sauts par quart de rotation de type « salto<sup>1</sup> » et par demi rotation de type « vrille<sup>2</sup> ». Cet apprentissage constitue une ébauche de caractérisation du mouvement. En effet, nous pouvons décrire le mouvement par quart de rotation salto et par demi rotation vrille par quart de salto par exemple. En trampoline cette notation peut être utilisée pour décrire tous les sauts réalisés par les athlètes.

### 2.2 Application au trampoline

Un trampoline passe la plus part de son temps dans l'air sans aucun contact avec le sol multipliant et diversifiant les rotations du corps sur lui-même selon un ou plusieurs axes. La ou le trampoline réalise un enchaînement de 10 sauts consécutifs différents. A chaque saut l'enjeu est de multiplier et diversifier les rotations du corps dans l'espace, à une hauteur supérieure à 7 mètres, pour les experts. Au niveau international les hommes réalisent en 10 sauts, environ 23 rotations de type salto combinées à

<sup>1</sup>Une rotation salto est une rotation aérienne du corps, en avant ou en arrière, suivant un axe transversal (droite passant par exemple de la partie gauche à la partie droite du bassin).

<sup>2</sup>Une rotation vrille est une rotation aérienne du corps (en général toujours dans le même sens), suivant un axe longitudinal (droite passant par exemple de la tête aux pieds).

environ 16 rotations de type vrille qui correspond à une difficulté d'environ 16 points. Les femmes à une hauteur un peu moindre réalisent en 10 sauts environ 21 rotations de type « salto » combinées à environ 13 rotations de type « vrille » qui les conduisent à près de 14 points de difficultés. Pour calculer ces points de difficulté il faut déterminer chaque élément précisément. Découlant du paragraphe précédent, le système numérique permet de coder le nom des figures[1]. En effet par des nombres on arrive à retrouver la figure exécutée. Le modèle de la notation numérique est le suivant :

$$[b|f][0-9][0-9]^*([0-9][0-9]^*)^*[o|<|/]$$

Le premier caractère va nous indiquer si la figure est vers l'avant (forward) ou vers l'arrière (backward). Cette information est nécessaire pour éviter toute ambiguïté [6]. Le premier nombre décrit le nombre de salto, en quart de rotation. Les chiffres suivants décrivent la répartition et la quantité de demi vrille dans chaque salto (l'unité est le quart de salto). De plus, la position des éléments est décrite à la fin par un 'o' ou un blanc pour la position groupée, '<' pour la position carpiée, '/' pour la position tendue.

Nous aboutissons à une caractérisation des mouvements acrobatiques qui peut être utilisée dans de nombreux domaines acrobatiques (ou tout domaine mettant en jeu des rotations). Pour reconnaître le mouvement il faut déterminer le nombre de quart de salto, le nombre de vrille par salto et la position du corps.

## 3 Algorithme de Suivi

L'objectif de l'étude est la reconnaissance de mouvements. Les systèmes intrusifs limitent grandement la spontanéité du geste [5]. La localisation et le suivi du mouvement se fait par traitement d'image à l'aide d'une caméra fixe prenant l'athlète de profil. La première étape est de localiser et de suivre précisément une zone d'intérêt dans laquelle se trouve le trampoline. Le principe générale est le suivant : Tout d'abord une image de fond est générée. On effectue une différence entre l'image en cours de traitement et l'image de fond générée. Toutes les parties en mouvement apparaissent dans l'image résultante. Cette image est binarisée en enlevant les pixels isolés. On détermine ensuite l'orientation, la longueur et la largeur de l'athlète (objet binaire) pour aboutir à un boîtier englobant orienté.

### 3.1 Génération d'une image de fond

L'image de fond est générée à chaque image[2]. Elle est constituée par la moyenne des  $nb_{image}$  dernières images. Le principe est le suivant : tout ce qui est immobile va apparaître dans cette image, et tout ce qui est en mouvement n'apparaîtra pas ou sera très flou.

L'image de fond moyenne est calculée par la formule suivante :

$$B_t(x, y) = \frac{B_{t-1}(x, y) \cdot (nb_{image} - 1) + I_t(x, y)}{nb_{image}}$$

Où  $B$  est la valeur moyenne du pixel  $(x, y)$  au temps  $t$ ,  $nb_{image}$  le nombre d'image sur lequel effectuer la moyenne, et  $I$  représente l'image courante (au temps  $t$ ) pour le pixel  $(x, y)$ .

### 3.2 Différence d'image

Une fois l'image de fond générée on réalise la différence entre l'image actuelle  $I_c$  et l'image de fond  $I_f$  [3]. Le résultat sera un image  $D$  tel que tout pixel, ayant une de ses composantes proches de sa valeur maximale, est en mouvement.

$$\begin{aligned} D(x, y)_r &= |I_c(x, y)_r - I_f(x, y)_r| \\ D(x, y)_g &= |I_c(x, y)_g - I_f(x, y)_g| \\ D(x, y)_b &= |I_c(x, y)_b - I_f(x, y)_b| \end{aligned}$$

Où  $(x, y)_r$ ,  $(x, y)_g$  et  $(x, y)_b$  représentent les composantes rouge, bleu et verte du pixel  $(x, y)$ .

### 3.3 Binarisation

L'opération de binarisation va permettre de filtrer l'image. On ne sélectionne que les pixels qui ont une intensité suffisante (révélant un mouvement conséquent) et un nombre de voisin suffisant.

$$I_{bin_{tmp}}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } D(x, y)_r \leq th \text{ OU} \\ & D(x, y)_g \leq th \text{ OU} \\ & D(x, y)_b \leq th \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Cette opération calcule une image binaire sans avoir éliminé les pixels indépendants. Pour les éliminés nous procédons au calcul suivant :

$$I_{bin}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si } \sum_{i,j} I_{bin_{tmp}}(x+i, y+j) \leq nb_{min} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Où  $nb_{min}$  est le nombre de pixel voisin,  $i$  et  $j$  varient dans un voisinage du point  $(x, y)$ . Pour des raisons de clareté nous avons effectué cette opération en deux étapes. Elle doit être effectuée en une seule passe.

### 3.4 Calcul du moment des objets

Le calcul du moment des objets correspond à une décomposition en valeurs propres. Cela permet de retrouver l'axe principal et l'axe secondaire de l'objet. On en déduit l'axe du trampoliniste ainsi qu'une boite englobante orienté. On peut ainsi redresser le trampoliniste de sorte qu'il soit toujours vertical, la tête en haut. De cette orientation on peut déduire le nombre de quart de salto.

Une image binaire  $I_{bin}$  d'un objet est définie comme :

$$I_{bin}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{si le point est dans l'objet} \\ 0 & \text{si le point n'est pas dans l'objet} \end{cases}$$

L'aire de l'objet est définie par le moment d'ordre 0 :

$$A = \sum_x \sum_y I_{bin}(x, y)$$

Le centre de masse est définie par le moment d'ordre 1 :

$$\bar{x} = \frac{\sum_x \sum_y x I_{bin}(x, y)}{A}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_x \sum_y y I_{bin}(x, y)}{A}$$

L'orientation de l'objet est défini comme étant le l'axe de minimum d'inertie. Cela correspond à l'axe du plus petit moment d'ordre 2. L'orientation est :

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{M_{xy}}{M_{xx} - M_{yy} + \sqrt{(M_{xx} - M_{yy})^2 + M_{xy}^2}}\right)$$

Où les moments d'ordre 2 sont :

$$M_{xx} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^2 I_{bin}(x, y)$$

$$M_{yy} = \sum_x \sum_y (y - \bar{y})^2 I_{bin}(x, y)$$

$$M_{xy} = \sum_x \sum_y 2(x - \bar{x})(y - \bar{y}) I_{bin}(x, y)$$

### 3.5 Filtre de Kalman

Un filtre de Kalman [4] est appliqué à la boite englobante. Le résultat de ce traitement est une boite englobante orientée, filtrée par un filtre de Kalman. Elle contient l'athlète et est redressée en vue de la détection des vrilles.

## 4 Conclusion et perspectives

Cet article présente une caractérisation des mouvements acrobatiques. Elle est assez précise pour décrire la plus part des mouvements acrobatiques. Cette étude a permis d'implémenter la localisation, l'orientation et le suivi du trampoliniste dans une séquence d'images. Ces résultats sont concluants pour poursuivre les recherches. Les prochaines étapes sont la détermination des demis vrilles et des positions acrobatiques et la reconnaissance de l'activité de l'athlète. Enfin, l'apport d'un système de reconnaissance automatique, fournira une aide extrêmement importante pour apprendre, corriger et perfectionner les figures. Dans les compétitions internationales de trampoline, les juges travail beaucoup avec la vidéo et les ralenti tant il est difficile d'évaluer correctement les mouvements. Ce système pourra être utilisée en compétition pour évaluer la difficulté des mouvements.

## Références

- [1] Fédération Internationale de Gymnastique *Code of points*, FIG Store, 2001, [www.fig-gymnastics.com](http://www.fig-gymnastics.com).
- [2] R. Cassel, Etude sur le suivi et la reconnaissance des mouvements en temps réel d'un trampoliniste par traitement d'images, *École doctorale en informatique de l'Université Paris Sud & LIMSI-CNRS, Orsay*", 2002
- [3] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*, PWS Publishing, 1999.
- [4] Greg Welch, Gary Bishop, An Introduction to the Kalman Filter, *TR 95-041*, Technical Report, Department of Computer Science, University of North Carolina, NC, USA, 2002
- [5] T. Molet, R. Boulic, D.Thalmann, A Real-Time Anatomical Converter for Human Motion Capture, *Proc. 7th Eurographics Workshop on Animation and SimulationS*, Springer-Verlag, Wien, September, 1996
- [6] Ryan Cassel, Christophe Collet, Tracking of Real Time Acrobatic Movements by Image Processing, *Gesture Workshop*, Genova, Italy, 2003