

## **SHORT ABSTRACT (EN) :**

In top-level sport, the winner is determined by small details that may seem insignificant to the uneducated eye, but are actually fundamental to gaining ground on others. In swimming in particular, many finals of important competitions end up with a difference of less than a tenth of a second between the leaders. The reasons bringing victory can be very varied because they concern the individual physique of the swimmers, their mental and physical preparation, their understanding of the swimming style of their competitors, and many other things. Understanding them is crucial to winning: this is the role of the sports coaches. They will study with precision what can allow their swimmer to be the most efficient.

The first step in the analysis of training and races is information extraction. In this thesis, we are particularly interested in swimming competitions. Our goal is to generate an automatic race report. This would free up an invaluable amount of time for coaches, and would also allow for extensive analysis of competitions. Such technology would also improve the detection of potential talent through the systematic analysis of all amateur competitions.

Computer vision methods will be explored to get the best out of the videos. We will also explore image analysis with small amounts of data.

## **RESUME (FR):**

En sport de niveau international où tous les participants ont des compétences physiques et techniques exceptionnelles, ainsi que de profondes connaissances théoriques de leur domaine, l'écart entre les meilleurs résultats est minime. Le vainqueur est déterminé par des petits détails qui peuvent sembler infimes à l'œil du profane, mais qui sont en réalité fondamentaux pour gagner du terrain sur les autres. En natation en particulier, plusieurs finales de compétitions importantes se soldent par un écart inférieur au dixième de seconde entre les premiers. Les détails apportant la victoire peuvent être très variés car elles concernent le physique individuel des nageurs, leur préparation mentale et physique, leur compréhension du style de nage de leurs concurrents, et bien d'autres choses. Comprendre finement ces différences est donc crucial pour l'emporter: c'est le rôle des entraîneurs sportifs. Ils vont étudier avec finesse ce qui peut permettre à leur nageur d'être le plus efficace.

La première étape de l'analyse des entraînements et des courses est l'extraction d'information. Dans cette thèse, nous nous intéressons particulièrement aux compétitions de natation. Notre objectif est de générer un compte-rendu de course automatique. Cela libérerait une quantité de temps inestimable pour les entraîneurs, et permettrait également l'analyse exhaustive des compétitions. Une telle technologie permettrait également d'améliorer la détection de potentiels talents via l'analyse systématique de toutes les compétitions amateurs.

Nous nous concentrerons ici sur l'analyse vidéo, les capteurs et autres systèmes d'acquisition intrusifs ne pouvant être utilisés lors de championnats. Cela impose des contraintes importantes liées aux conditions d'enregistrement des vidéos: nos méthodes devront faire preuve de robustesse et de généralisation. Des méthodes de vision par ordinateur seront explorées afin de tirer le meilleur des vidéos. Nous explorerons également l'analyse d'image de manière moins dépendante des données qu'habituellement. En effet, ce domaine a énormément progressé au cours de la dernière décennie grâce au développement de l'apprentissage profond, mais il dépend beaucoup de la qualité et quantité des données. Notre problématique générale concernera donc

l'extraction d'informations issues de vidéos de course de natation en utilisant de faibles quantités de données. Cette tâche sera divisée en trois parties, chacune étudiant un type d'information précis. Tous les résultats, modèles, et bases de données qui en découlent ont été publiés en ligne, accessibles à tous.

Nous commencerons par nous intéresser à la détection des nageurs dans les images. Cette tâche est la plus évidente à comprendre, car pour étudier un nageur sur une course, il faut être capable de le localiser. Ce chapitre introduira donc une méthode de détection spécifiquement adaptée aux nageurs, ainsi qu'une base de données liée à la tâche.

Détecter les nageurs sur une image est une première étape, mais cela ne nous donne pas d'information de position dans le bassin. Pour cela, il faut recalibrer l'image, c'est à dire savoir à quelle zone de la piscine correspond chaque point de l'image. Une méthode particulièrement rapide et très efficace sera expliquée pour répondre à cette tâche. Une autre base de données sera présentée.

La troisième partie de cette thèse concernera la mesure de cycles de nage. La répétition du mouvement étant omniprésente pendant une course, son étude est l'une des plus utiles pour percevoir la qualité de nage. Il s'agit d'une excellente base pour mesurer la fatigue d'un nageur, son efficacité, ou sa technique. Une méthode générale pour compter les cycles sur une vidéo sera donc présentée. Spécifiquement pour la natation, nous décrirons également une manière de localiser les fins de cycles, dans le but de mesurer leur durée individuelle avec précision.

## **RESUME (EN):**

In top-level sport, where all participants have exceptional physical and technical skills, as well as deep theoretical knowledge of their field, the gap between the best results is minimal. The winner is determined by small details that may seem insignificant to the uneducated eye, but are actually fundamental to gaining ground on others. In swimming in particular, many finals of important competitions end up with a difference of less than a tenth of a second between the leaders. The details bringing victory can be very varied because they concern the individual physique of the swimmers, their mental and physical preparation, their understanding of the swimming style of their competitors, and many other things. Understanding them is crucial to winning: this is the role of the sports coaches. They will study with finesse what can allow their swimmer to be the most efficient.

The first step in the analysis of training and races is information extraction. In this thesis, we are particularly interested in swimming competitions. Our goal is to generate an automatic race report. This would free up an invaluable amount of time for coaches, and would also allow for extensive analysis of competitions. Such technology would also improve the detection of potential talent through the systematic analysis of all amateur competitions.

We will focus here on video analysis, as sensors and other intrusive acquisition systems cannot be used during championships. This imposes important constraints related to the recording conditions of the videos: our methods must be robust and general. Computer vision methods will be explored to get the best out of the videos. We will also explore image analysis in a less data-dependent way than usual. Indeed, this field has progressed enormously over the last decade thanks to the development of deep learning, but it depends a lot on the quality and quantity of data. Our general problem will therefore

concern the extraction of information from swimming race videos using small amounts of data. This task will be divided into three parts, each one studying a specific type of information. All results, models, and resulting databases have been published online, accessible to all.

We will start by focusing on the detection of swimmers in images. This task is the most obvious to start with, because to study a swimmer on a race, we must be able to locate him. This chapter will therefore introduce a detection method specifically adapted to swimmers, as well as a dataset related to the task.

Detecting swimmers on an image is a first step, but it does not give positional information in the pool. For that, we need to register the image, that is to map each point of the image to a zone of the pool. A particularly fast and very efficient method will be explained to answer this task. Another dataset will be presented.

The third part of this thesis will concern the measurement of swimming cycles. The repetition of the movement being omnipresent during a race, its study is one of the most useful to perceive the quality of swimming. It is an excellent basis for measuring a swimmer's fatigue, efficiency, or technique. A general method to count cycles on a video will be presented. Specifically for swimming, we will also describe a way to locate the ends of cycles, in order to measure their individual duration with precision.