STAGE M2 DIGISPORT
Ensai – ENS Rennes

Machine learning pour l'analyse et la classification de situations de jeux au football en vue du peuplement d'environnements virtuels

1 PRESENTATION GENERALE DIGISPORT

Lauréat de la deuxième vague de l'appel à projet "Ecoles universitaires de recherche"(EUR) du Programme d'Investissement d'Avenir (PIA 3), l'objectif de DIGISPORT (Digital Sport Sciences) est de créer une *graduate school* internationale, unique en son genre, dans le domaine de la formation et de la recherche en sciences du sport et du numérique. DIGISPORT a également pour objectif de fédérer et de structurer les formations des Grandes Ecoles et des deux Universités rennaises dans les sciences du sport, l'informatique et les données, l'électronique, les sciences humaines et sociales dans une approche transversale pour répondre au besoin en nouvelles compétences générées par l'entrée du sport dans l'ère numérique.

DIGISPORT s'appuie sur des unités de recherche rennaises de renommée internationale affiliées aux laboratoires communs du CNRS (IRISA, IETR, IRMAR, CREST), aux équipes de l'Inria, au réseau des Grandes Ecoles (ENS Rennes, INSA Rennes, CentraleSupelec, ENSAI) et aux Universités de Rennes 1 et Rennes 2. DIGISPORT s'appuie également sur un large réseau de partenaires internationaux qui pourront accueillir les étudiants dans le cadre de mobilités internationales. En plus de ce consortium, DIGISPORT dispose de plateformes expérimentales de haut niveau qui seront d'excellents outils à la fois pour la formation et la recherche.

2 IDENTIFICATION DU PROJET

Disciplines scientifiques concernées

Sciences du sport

Informatique

Sciences des données et Statistique

2.1 Acronyme du projet : **ClustInSitu**

2.2 Direction du stage et structure d'accueil

Directeur ou Directrice de stage :

NOM et Prénom	GELEIN Brigitte
E-mail	bgelein@ensai.fr
Unité de recherche	IRMAR - UMR CNRS 6225

Co-encadrement :

Nom de la structure partenaire	Laboratoire M2S - Université Rennes 2
Nom du responsable de la structure partenaire	Anthony Sorel (co-encadrant du stage)
Localisation de la structure partenaire	ENS Rennes - Campus de Ker Lann - BRUZ
Temps envisagé dans la structure partenaire	1 à 2 mois

Structure d'accueil :

Unité de recherche, département, service	ENSAI
Directeur ou de la Directrice de l'unité de recherche, du département, service	BIAU Olivier
Adresse du lieu du stage	51 Rue Blaise Pascal, Campus de Ker Lann, BP 37203, 35172 BRUZ cedex

3 DESCRIPTION DU PROJET D'ETUDE

3.1 Résumé du projet

Le monde du sport et du football en particulier se trouve dans une période de mutation engendrée par l'émergence de capteurs toujours plus performants permettant de récupérer une multitude de données de nature toujours plus variée. Parmi ces données, les déplacements sur le terrain des joueurs et du ballon en condition de compétition avec de bonnes résolutions spatiale (10 cm) et temporelle (10 Hz) ouvrent la voie à une compréhension plus fine des phénomènes tactiques et stratégiques à l'œuvre dans une organisation collective [1, 2].

L'une des questions soulevées réside dans la perception individuelle que chaque joueur opère sur les déplacements collectifs qui l'entourent et qui orientent sa décision sur son action à venir - action qui contribuera, à son tour, à l'évolution des déplacements collectifs dans une boucle perception-action permanente. Cette imbrication des couplages

perception-action des différents acteurs du jeu peut être interrogée grâce à la réalité virtuelle.

En immergeant les sportifs dans des environnements virtuels simulant des situations de jeu dans lesquelles il est possible de manipuler les afférences sensorielles (sources d'information), le laboratoire M2S questionne ces processus de prise d'information et de décision [3, 4]. Pour générer ces situations virtuelles contextualisées, avec déplacements réalistes de joueurs, le M2S dispose d'une base de données (BDD) de situations de jeu issues de matchs de football réels. Afin d'exploiter efficacement ce type de BDD, qui est amenée à s'étoffer, un outil performant de traitement de l'information s'avère nécessaire. Il doit permettre une classification automatique des différentes situations en variétés similaires.

Les clubs professionnels, tels que le SRFC, l'EAG ou le Paris FC qui collaborent déjà avec le M2S, ainsi que la Fédération Française de Football qui structure actuellement sa cellule recherche-performance, s'intéressent également de près à ces technologies immersives. Cet outil de sélection de situations s'avère fondamental à moyen terme lorsque les clubs et les fédérations voudront proposer des situations de jeu personnalisées à chacun de leurs joueurs, que ce soit pour parfaire les automatismes avec ses partenaires, pour le préparer à un futur adversaire ou pour entretenir une stimulation cognitive sans charge physique lorsqu'il est blessé.

L'an passé, lors du stage TacStic de Nawfel Seghrouchni, une palette d'outils de traitement statistique des déplacements de joueurs a été développée - parmi lesquels la surface d'occupation du terrain par partition de Voronoï [5] ou l'identification du rôle de chaque joueur à chaque instant [6]. Une segmentation temporelle des situations de jeu a été proposée, d'abord sur la base des changements de possessions mais aussi grâce à l'implémentation de méthodes de traitement du signal [7]. Enfin, des méthodes de clustering par K-means après Dynamic Time Warping (DTW) [8, 9] ont été implémentées. Cependant le temps imparti pour la réalisation de ce premier stage n'a permis de tester les implémentations réalisées que sur un faible nombre de situations de jeu, dont la durée totale n'excède pas 15 minutes. Le premier objectif de ce nouveau stage consistera donc à reprendre les différents développements existants pour les valider unitairement avant de les assembler et de les tester sur une base de données plus conséquente.

Lors du stage de l'an dernier, une approche où l'unité statistique correspondait à un joueur avait été choisie. Nous souhaitons la compléter par une approche basée sur l'occupation du terrain, sous forme d'évolutions temporelles de cartes de chaleur représentant le degré d'accessibilité d'un point du terrain par les différents joueurs et la proximité du ballon. L'unité statistique sera alors un point du terrain. Dans ce cadre, les travaux concernant les espaces d'interaction [10] semblent prometteurs et l'implémentation de ces descripteurs fera l'objet du second objectif de ce stage.

Enfin, outre les méthodes de clustering basées sur une approche DTW déjà implémentées et à valider sur un plus grand nombre de situations, le dernier objectif de ce stage sera de passer en revue la littérature sur les méthodes de classification de séries temporelles multivariées, avant de mettre en oeuvre celle qui aura été retenue. Parmi les approches envisagées figurent les réseaux de neurones profonds [11], les U-Nets [12], les chaînes de Markov cachées [13], le transport optimal [14], les long short-term memories [15] ou encore les Generative Adversarial Networks [16]. Cette dernière approche pourrait par ailleurs s'avérer prometteuse pour ajouter de la variabilité dans chaque situation extraite de la BDD [17].

[1] : Decroos, T.; Haaren, J. V. & Davis, J. Automatic Discovery of Tactics in Spatio-Temporal Soccer Match Data. Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining, ACM. 2018

[2] : Low, B.; Coutinho, D.; Gonçalves, B.; Rein, R.; Memmert, D. & Sampaio, J.
A Systematic Review of Collective Tactical Behaviours in Football Using Positional Data.
Sports Medicine. 2019.

[3] : Bideau B, Kulpa R, Vignais N, Brault S, Multon F & Craig C. Using virtual reality to analyze sports performance. IEEE Computer Graphics and Applications. 2010.

[4] : Brault S, Bideau B, Kulpa R, Craig CM. Detecting deception in movement: the case of the side-step in rugby. PLoS One. 2012.

[5] Memmert, D., Lemmink, K. A., & Sampaio, J.. Current approaches to tactical performance analyses in soccer using position data. *Sports Medicine*, *47*(1), 1-10. 2017.

[6] Lucey, P.; Bialkowski, A.; Carr, P.; Morgan, S.; Matthews, I. & Sheikh, Y.. Representing and Discovering Adversarial Team Behaviors Using Player Roles. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE, 2013i

[7] Truong, C., Oudre, L., Vayatis, N.., Ruptures: change point detection in Python. ArXiv, 1801.00826. 2018.

[8] : F. Petitjean, A. Ketterlin & P. Gancarski. A global averaging method for dynamic time warping, with applications to clustering. Pattern Recognition, Elsevier, 2011, Vol. 44, Num. 3, pp. 678-693

[9] : Tavenard R., Faouzi J., Vandewiele G., Divo F., Androz G., Holtz C., Payne M., Yurchak R., Rußwurm M., Kolar K., Woods E.. Tslearn, A Machine Learning Toolkit for Time Series Data. *Journal of Machine Learning Research*, vol. 21, pp. 1 - 6, 2020. Microtome Publishing.

[10] Stein, M.. Visual Analytics for Cooperative and Competitive Behavior in Team Sports, PhD thesis, Universität Konstanz. 2020.

[11] Jing, L.; Tian, Y. Self-supervised Visual Feature Learning with Deep Neural Networks: A Survey, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2020.*

[12] Ronneberger, O.; Fischer, P.; Brox, P., "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation", *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*, 2015.

[13] : J. Alon, S. Sclaroff, G. Kollios and V. Pavlovic, "Discovering clusters in motion time-series data," *2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2003. Proceedings.*, Madison, WI, USA. 2003.
[14] : H. Janati, M. Cuturi, A. Gramfort. “Spatio-Temporal Alignments: Optimal transport through space and time,” AISTATS 2020
[15] Tsunoda, T.; Komori, Y.; Matsugu, M. & Harada, T. Football Action Recognition Using Hierarchical LSTM. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). 2017.
[16] Cui, Q.; Sun, H.; Kong, Y.; Zhang, X. & Li, Y. Efficient human motion prediction using temporal convolutional generative adversarial network. Information Sciences, 2021, 545, pp. 427-447
[17] Shokrollahi, O., Rohani, B., & Nobakhti, A.. Predicting the outcome of team movements - Player time series analysis using fuzzy and deep methods for representation learning. *ArXiv, abs/2109.07570*. 2021.

3.2 Nature du travail à effectuer par l’étudiant

Ce projet s’inscrit à l’interface de plusieurs disciplines : les sciences du sport, des données et du numérique. L’étudiant.e, qui aura un profil de data scientist, devra dans un premier temps se familiariser avec les concepts des sciences du sport, notamment sur les facteurs de la performance sportive ainsi que l’utilisation de la réalité virtuelle dans un contexte d’entraînement. Il ou elle sera évidemment accompagné.e dans cette démarche par le laboratoire M2S. Il prendra également connaissance des développements déjà réalisés pour le projet ainsi que de la littérature scientifique associée.

A partir des 3 objectifs décrits dans la partie “résumé” ci-dessus, nous pouvons raisonnablement établir un échéancier des différentes étapes qui seront réalisables dans un délai de 6 mois :

- 1 à 2 semaines pour installer son environnement de travail et assimiler les missions à réaliser
- 2 mois pour reprendre et mettre en forme les développements existants et s’approprier l’état de l’art associé. Cette étape vise à évaluer la pertinence de ces méthodes pré-existantes sur une large base de données et d’en déduire leurs limitations.
- 1 mois pour implémenter de nouveaux descripteurs basés sur les espaces d’interaction.
- 2 mois pour définir les méthodes de classification, les implémenter et les tester. Une attention particulière sera portée à la mise en forme du vecteur descripteur en entrée de la classification (normalisation, centrage, réduction et pondération de chaque descripteur)
- 2 à 3 semaines pour rédiger son rapport de stage ou son mémoire le cas échéant

3.3 Inscription du projet dans l'EUR DIGISPORT

Ce projet s'intègre parfaitement dans les thématiques de DIGISPORT puisqu'il est interdisciplinaire entre les sciences du sport, les sciences des données et l'informatique. Pour le mener à bien, il s'appuie sur deux laboratoires membres du consortium DIGISPORT, l'IRMAR qui porte le travail avec des compétences principales en machine learning et le M2S qui apporte ses compétences en analyse de situations sportives, les bases de données ainsi que le lien avec le Stade Rennais F.C. Ce dernier est en effet un partenaire privilégié depuis de nombreuses années sur l'utilisation de ces outils d'entraînement perceptivo-cognitif émergeants au sein de son équipe professionnelle mais également de son académie [18, 19]. L'objectif à terme est de proposer un outil immersif pleinement utilisable par les sportifs en intégrant des situations parfaitement contrôlées mais contextualisées qui permettent un transfert efficace de la réalité virtuelle vers le terrain.

[18] : Kulpa R , Faure C, Le Targat K, Revel C, Sorel A, Bideau B. Training of visuospatial attention of professional soccer goalkeepers with multiple-object tracking. 5th World Conference on Science and Soccer. 2017.
[19] : Jeunet C, Tonin L, Albert L, Chavarriaga R, Bideau B, Argelaguet F, del R. Millán J, Lécuyer A & Kulpa R. Uncovering EEG Correlates of Covert Attention in Soccer Goalkeepers: Towards Innovative Sport Training Procedures. Scientific Reports. 2020.

3.4 Durée du stage et période envisagée

La durée maximale du stage est de 6 mois.