



HAL
open science

Les déterminants cognitifs de l'organisation spatiale du footballeur : application à l'homme et au robot

Hubert Ripoll

► **To cite this version:**

Hubert Ripoll. Les déterminants cognitifs de l'organisation spatiale du footballeur : application à l'homme et au robot. 2005. hal-00003527

HAL Id: hal-00003527

<https://hal.science/hal-00003527>

Preprint submitted on 20 Jan 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les déterminants cognitifs de l'organisation spatiale du footballeur : application à l'homme et au robot *

Responsable scientifique : Hubert RIPOLL

Hubert RIPOLL

Faculté de Sciences du Sport
Université de la Méditerranée
169 Av. de Luminy
13288 Marseille Cedex 9
Tél. /Fax : 04 91 17 04 14
E-mail : Ripoll@staps.univ-mrs.fr

Sous-thèmes dont relève ce projet :

Représentation de l'espace
Déplacements, itinéraires, parcours, navigation
Espace, vision, images
Robotique
Sciences du sport

Laboratoire : UPRES EA 3294 Sport et Adaptation (Université de la Méditerranée)

Équipes partenaires :

- Laboratoire de Psychologie Cognitive (UMR 6561, Université de Provence, Aix-Marseille 1)
- Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (Université de Paris 6) : Équipe Miriad et Équipe Découverte

Résumé signalétique

L'originalité de la recherche consistait à s'inspirer de comportements complexes observés chez l'être humain afin d'utiliser les règles de fonctionnement sous-tendant ces comportements pour en doter des agents virtuels ou des robots. Les comportements humains étaient des systèmes de jeu de ballon (football, basket, passe à 10), choisis pour certaines de leurs caractéristiques que les psychologues cognitivistes essaient d'identifier dans l'étude des relations entre la perception et la cognition, que les spécialistes de l'I.A. tentent de simuler chez des agents logiciels coopérants entre eux et que les roboticiens tentent d'implémenter chez des robots adaptatifs. Il s'agit notamment de tâches de coopération multi-agents résultant d'une adaptation continue et située à l'intérieur d'un espace d'action (dans notre cas le terrain de jeu). La conjonction des trois équipes s'est faite sur ces questions théorique et appliquée. Nous avons réussi à identifier certaines des opérations cognitives impliquées dans la résolution de situation-problèmes sportives simulées en laboratoire et à modéliser les processus impliqués dans le couplage perception-cognition-décision. Les résultats expliquent notamment l'extraordinaire capacité des sportifs experts à prendre des décisions rapides et efficaces. Nous avons échoué à faire émerger chez des agents logiciels dotés de fonctionnalités motrices identiques à celles des experts les formes de jeu complexes adoptées spontanément par ceux-ci. Ce résultat s'est avéré *a posteriori* très intéressant puisqu'il confirmait *a contrario* le rôle majeur des processus perceptifs dans l'effectuation de telles tâches. En conséquence, nous avons inversé notre problématique (l'étude du couplage perception-cognition-décision) en étudiant le couplage cognition-perception-décision. Nous avons montré que ce couplage fonctionne de manière proactive, dans la mesure où les entrées perceptives semblent en partie contrôlées par la cognition des agents. Ce basculement théorique s'est révélé plus opérationnel. Nous avons alors exploré une nouvelle approche de l'ancrage de symboles dans la perception basée sur une abstraction des percepts. Celle-ci a été implantée sur des robots Pioneer 2DX et s'est avérée fructueuse. Nous avons finalement réalisé un certain nombre d'expériences à partir de données réelles acquises par un robot mobile autonome Pioneer2DX évoluant dans les couloirs du Laboratoire d'informatique de Paris 6. Enfin, dans une perspective appliquée aux sciences du sport, l'identification des mécanismes perceptifs impliqués dans des tâches de résolution de problème sportif nous a permis de déboucher sur la conception d'une base de simulateur de jeu de football utilisable pour la formation et l'entraînement des sportifs.

Mots-clés : Couplage perception-cognition + modélisation + robotique + expertise + sport

Nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs : Psychologie cognitive : 3 ; IA : 2 ; Sciences du sport : 3

Nombre total d'homme-mois : 62

* Ce projet a bénéficié d'un complément de soutien financier, de la part de Cognitique, au titre de l'aide à la valorisation.

Rappel des enjeux et objectifs fixés à l'origine

Le projet portait sur la cognition spatiale abordée dans des situations complexes de résolution de problèmes, en l'occurrence des situations de sports collectifs, tel le jeu de football ou de basket. Ce choix d'étude était motivé par l'exceptionnelle richesse des sports collectifs, du point de vue des processus impliqués dans l'organisation spatiale, et de la généralisation des résultats attendus aux situations non sportives. En effet, jouer au football implique, de la part des joueurs, de s'organiser collectivement pour résoudre un problème de nature visuo-spatiale. Le joueur doit coordonner ses déplacements par rapport à l'ensemble des éléments statiques (le terrain de jeu) et dynamiques (les autres joueurs). Les déplacements des joueurs sont régis par l'intervention de règles de fonctionnement (les règles du jeu) et de règles de coordination entre les joueurs (le système de jeu). Les coordinations entre les joueurs présentent l'intérêt de répondre à des règles fixes (sinon aucune coordination d'action ne pourrait avoir lieu) tout en n'étant pas totalement stables et prévisibles (ce qui suppose une grande adaptabilité). Enfin, ces règles ne s'acquiescent qu'après plusieurs années d'entraînement par le joueur expert. L'objectif de la recherche concernait la compréhension de ces processus, leur simulation et leur mise en œuvre chez des sujets non humains.

Cinq points étaient proposés pour cette recherche et concernaient :

1. L'identification du format des connaissances organisées et stockées en mémoire chez des joueurs experts ;

2. L'analyse des interrelations entre perception spatiale et raisonnement ;
3. L'analyse des niveaux de traitement et leurs interactions.
4. La simulation de jeu de balle chez des agents virtuels ;
5. L'implémentation des processus sous-tendant ces opérations sur des robots

Ces différents points devaient être abordés par l'analyse de la performance de sujets, experts ou non dans le jeu de football et de basket, dans des situations expérimentales de jugement de similarité, de rappel, de reconnaissance et de résolution de problèmes spatiaux. Les processus cognitifs ainsi étudiés devaient être ensuite simulés dans le cadre d'architectures d'agents artificiels (logiciels ou robotiques) confrontés à des situations visuo-spatiales similaires ou des tâches de coopération.

Cette recherche pluridisciplinaire offrait selon nous un double intérêt :

- Fondamental : il s'agissait de définir la structuration, l'organisation et l'activation des connaissances chez des experts, humains ou robots, dans des tâches complexes visuo-spatiales, devant être gérées collectivement.
- Appliqué : les retombées de ces recherches étaient envisagées dans le cadre de l'entraînement sportif (aide à l'entraînement), dans le domaine de la robotique autonome mobile (conception de modèles de comportements individuels adaptatifs), dans le domaine de la valorisation (développement d'outils multimédia interactifs).

Résumé des résultats effectivement atteints

Représentation et encodage de situations spatialisées

À travers plusieurs paradigmes expérimentaux mettant en jeu des tâches de jugements de similarité (entre deux configurations spatiales), d'anticipation (de situations de jeu) et de prise de décision (d'action de jeu) ont été mis en place conjointement par les psychologues cognitifs et en science du sport. Deux principaux résultats ont été obtenus.

- Dans la prise de décision de l'expert (footballeur ou basketteur), des processus de traitement de bas niveau (perceptif) interviennent de façon automatisée (Laurent, Ripoll & Ripoll, 2001 ; Laurent, Ward, Williams et Ripoll, 2002 ; Poplu, Baratgin & Ripoll, soumis ; Ripoll & Marty, 2002).
- L'expert encode le percept de façon dynamique, ce qui a pour objet de faciliter l'anticipation des phases ultérieures de la situation à traiter (Marmèche & Didierjean, 2002 ; Poplu et al., 2002).

Modélisation l'encodage de situations spatialisées

Un modèle vectoriel compatible avec une approche de type réseau de neurones a été développé pour caractériser de manière unique des configurations abstraites de points. Il permet en particulier de définir une distance entre schémas sportifs représentés par un nombre de points en 2D. Ce mod-

èle décrit les mécanismes possibles depuis les processus de bas niveau de la perception du stimulus jusqu'à ceux opérant dans le jugement de similarité. Les prédictions de ce modèle sont excellentes que cela soit pour les jugements des experts comme des novices (Baratgin, Courrieu, Ripoll, Laurent & Ripoll, 2002 ; Courrieu, 2001, 2002).

Simulation sur des agents logiciels impliqués dans des jeux de balle

Pour tenter d'expliquer les différences entre les formes de jeu d'équipes de sportifs experts et novices à la passe à dix une approche comparative entre analyse de jeu réel (séquence vidéo) et de jeu en simulation (simulateur en StarLogo) a été réalisée par les chercheurs en IA et les psychologues en sciences du sport. Des formes de jeu caractérisées par l'évolution des deux pentagones que forment les positions des joueurs des deux équipes ont été identifiées empiriquement dans les séquences vidéos et quantifiées par la distance décrite ci-dessus. Il s'est avéré impossible de reproduire en simulation les organisations observées empiriquement dans les séquences filmées d'experts et de novices. L'analyse des résultats de la simulation a permis de confirmer le rôle clef de la perception dans la représentation de l'expertise (les agents logiciels ayant tous la même chaîne de traitement perceptif).

Rôles de la perception dans la construction de représentation d'agents et robots

Pour analyser le lien de l'expertise avec la perception des agents, la construction des représentations spatiales a été étudiée dans le cadre de deux tâches effectuées par des robots mobiles autonomes Pioneer 2DX : l'identification (Bredeche, et al., 2002) et la sélection d'action (Hugues & Drogoul 2001 ; 2002). À la frontière de l'IA et de la robotique, la tâche d'identification est liée à la notion d'ancrage de symboles. Une approche, permettant de construire itérativement une représentation en déterminant la granularité adéquate en fonction du symbole à identifier, a été mise

en œuvre et validée (Bredeche, et al., 2001). Concernant la sélection d'actions, une approche originale basée sur un modèle distribué a permis d'étendre le paradigme de perception active et de sélection d'actions (Hugues & Drogoul, 2002).

Simulation de situations de jeu à des fins appliquées

Basé sur les résultats précédents, un environnement de simulation a été conçu. Il permettra d'une part d'analyser les situations de jeu de football en temps quasi réel et d'autre part de simuler des situations de jeu statique.

Publications issues du projet

- Baratgin*, J., Courrieu*, P., Ripoll*, T., Laurent*, E. & Ripoll*, H. (soumis). Similarity Judgments of Basketball Game Configurations by Experts and Novices : A Model and Some Experimental Tests. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*.
- Bredeche*, N., Chevalyere*, Y., Zucker*, J.-D., Drogoul*, A. & Sabah, G. (soumis). A Meta-Learning Approach to anchor Visual Percepts. *Robotics and Autonomous System Journal (Special issue on anchoring)*.
- Courrieu*, P. (2001). Two Methods for Encoding Clusters. *Neural Networks*, 14, 175-183.
- Courrieu*, P. (2002). Straight monotonic embedding of data sets in Euclidean spaces. *Neural Networks*, 15, 1182-1193.
- Drogoul*, A. & Zucker*, J. D. (2001). Des Robots et des Hommes. *Sciences & Avenir. Numéro spécial*, 655, 46-47.
- Drogoul*, A. & Zucker*, J.-D. (2002). Les Premiers Pas des Robots Sociaux. *La Recherche*, 350, 91-94.
- Laurent*, E. (2002). From Piaget's Assimilating Mind to Navon's Clockland : Towards a Categorical Account of Mirror Vision. Commentary on Navon (2001) on Mirror Reversal. *Psychology*, 13 (005).
- Laurent*, E., Ward, P., Williams, A. M. & Ripoll*, H. (soumis). Eye Movements and Perceptual Similarity Judgments. Support for Relational and Viewpoint-Dependent Comparison Hypotheses.
- Poplu*, G., Baratgin*, J. & Ripoll*, H. (soumis). What Kinds of Processes Underlie Decision Making in Soccer Simulation ? An implicit memory investigation. *International Journal of Sport Psychology*.
- Ripoll*, T., & Coulon, D. (2001). Le raisonnement par analogie : une analyse critique des modèles de l'appariement. *L'Année Psychologique*, 101, 289-323.
- Ripoll*, T., Marty, J. (en révision). Could we conclude a priori processing of global properties during comparison of analogical visual scenes ? *Psychological bulletin and Review*.
- Saitta, L. & Zucker*, J.-D. (2001). A Model of Abstraction in Visual Perception. *Applied Artificial Intelligence*, 15 (8), 761-776.

Publications dans des actes de congrès

- Bredeche*, B., Zucker*, J. D., Chevalyere, Y. A Wrapper-Based Approach to Robot Learning Concepts from Images. *PRICAI*, 2002: 616.
- Laurent*, E. (2001). Expertise, memory, and visual perception in sport context : What links ? In *Actes du Colloque Annuel de l'Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé d'Aix-Marseille*, Marseille, France, 15-16 Mai 2001, (p. D32), (abstract). Marseille : Université de la Méditerranée.
- Laurent*, E., & Ripoll*, H. (2002). Categorical perception occurs in expert basketball players. In M. Koskolou, N. Geladas, & V. Klissouras (Eds.), *Proceedings of the 7th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Athens, Greece, 24-28th July, Vol. 2, (p. 609) (abstract). Athens : Pashalidis Medical Publisher.
- Laurent*, E., Ripoll*, H., Baratgin*, J. & Kehlhoffner, E. Modalités d'activation des bases de connaissances chez le joueur de basketball expert dans la reconnaissance de configurations de jeu. *Actes du Congrès International de la société Française de Psychologie du Sport*, Insep, 41-42. Paris, 9 juillet 2000. Disponible sur <http://eyl.ifrance.com/eyl/>.
- Marmèche*, E. & Didierjean, A. Anticipated Perception by Expert Players in the Basketball Game. communication affichée, ESSCS (*European Society for the Study of Cognitive Systems*), Special Workshop on Multidisciplinary Aspects of Learning, 17-19, Clichy, Paris, France, janvier 2002.
- Poplu*, G., Laurent*, E., Baratgin*, J., & Ripoll*, H. Modalités d'encodage perceptif de configurations de jeu de basket-ball. *Actes du Congrès International de la Société Française de Psychologie du Sport*, 290-291, 2000 July.
- Ripoll*, T., & Eynard, J. (2002). A Critical Analysis of Current Models of Analogy. *Proceedings of the 9th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, (pp. 1465-1470), 1-5 July Annecy, France.
- Zucker*, J. D., Bredeche*, N., Saitta, L. Abstracting Visual Percepts to Learn Concepts. *SARA 2002*: 256-273.

* Les noms suivis d'un astérisque sont ceux des participants directs au projet.

