



**HAL**  
open science

# Évaluation de la prise de décision dans un environnement complexe et dynamique : effets de l'expertise et de la fatigue au handball

Guillaume Bonnet

► **To cite this version:**

Guillaume Bonnet. Évaluation de la prise de décision dans un environnement complexe et dynamique : effets de l'expertise et de la fatigue au handball. Psychologie. Université Paris-Saclay, 2021. Français. NNT : 2021UPASW001 . tel-03150757

**HAL Id: tel-03150757**

**<https://theses.hal.science/tel-03150757>**

Submitted on 24 Feb 2021

**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.

# Évaluation de la prise de décision dans un environnement complexe et dynamique : Effets de l'expertise et de la fatigue au handball

**Thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay**

École doctorale n°566

Sciences du Sport, de la Motricité et du Mouvement Humain (SSMMH)

Spécialité de doctorat : Psychologie du sport

Unité de recherche : Université Paris-Saclay, CIAMS, 91405, Orsay, France.

Référent : Faculté des sciences du sport

**Thèse présentée et soutenue à Orsay, le 29/01/2021, par  
Guillaume BONNET**

## Composition du Jury

**Christine LE SCANFF**

Professeur des Universités, Université Paris Saclay

Présidente

**Gilles KERMARREC**

Professeur des Universités, Université de Bretagne Occidentale

Rapporteur & Examineur

**François MAQUESTIAUX**

Professeur des Universités, HDR, Université de Franche-Comté

Rapporteur & Examineur

**Christine CHAUVIN**

Professeur des Universités, Université de Bretagne Sud

Examinatrice

**Edith FILAIRE**

Professeur des Universités, Université d'Orléans

Examinatrice

**Guillaume LAFFAYE**

MCF HDR, Université Paris-Saclay

Directeur de thèse

**Thierry DEBANNE**

MCF, Université Paris-Est Créteil

Co-encadrant de thèse

**Pascal PERSON**

Entraîneur national à la FFHB

Invité



**Université Paris-Saclay**

Espace Technologique / Immeuble Discovery

Route de l'Orme aux Merisiers RD 128 / 91190 Saint-Aubin, France

# Remerciements

C'est en lisant un article dans Sport&Vie que j'ai pensé à solliciter **Guillaume Laffaye** pour encadrer mon doctorat. Merci d'y avoir répondu favorablement !

Merci à toi **Guillaume**, et à toi **Thierry**, pour votre accompagnement durant ces (presque) 6 années, ainsi que pour vos questionnements, corrections et conseils. J'ai pu acquérir grâce à vous une méthodologie de réflexion, de recherche et de rédaction que je n'avais pu eu l'occasion d'explorer auparavant. Sans oublier vos différentes publications sur lesquelles j'ai pu m'appuyer.

Merci également à vous **membres du jury**, d'avoir accepté d'évaluer mon travail doctoral. C'est pour moi un honneur d'être lu et écouté par des chercheurs expérimentés.

Merci à mon comité de suivi de thèse, composé de **Nicolas Vignais, Gilles Kermarrec, et Cyril Bossard**. Au-delà de l'écoute dont vous avez fait preuve, vous m'avez aidé à orienter mon travail et à finaliser ma thèse. Merci pour ce rôle discret mais important.

Ensuite, je pense à plusieurs personnes qui ne liront pas forcément ce document, mais qui ont compté pour moi.

D'abord, certains de mes enseignants en STAPS m'ont accompagné, tutoré et incité à poursuivre mes études. **Claire Thomas, Philippe Lopès et Vincent Martin** à l'Université d'Evry Val d'Essonne, m'ont fait découvrir le monde de la recherche et ont exprimé ma capacité à poursuivre dans cet univers. Puis **Aurélien Pichon** m'a encadré lors des stages de Master et m'a donné les bases pour m'en sortir dans cet univers. C'est avec fierté que je communiquerai auprès d'eux la réussite de ma thèse, car c'est en partie grâce à eux que j'en suis là.

Ensuite, merci aux personnes de mon réseau sportif (et notamment handball), qui ont contribué aux expériences menées. D'une part **les participants**, qui ont fait ce que je leur demandais sans réfléchir et avec confiance, et qui parfois m'en voulaient une fois l'exercice terminé ! D'autre part, **les responsables d'équipe** qui ont accepté que je mène mes travaux sans trop de contraintes. Et enfin mes collègues entraîneurs, qui ont alimenté sans cesse mes réflexions et mon travail. Je pense à **Pascal, Bruno, JP, Cyril, Karim, Paul, Pierrick**, et d'autres encore.

Je pense également à mes amis. Surtout, merci à toi **Ludivine** de m'avoir poussé dans cette thèse alors que j'hésitais. Ton expérience de la recherche, tes savoir-faire nombreux, tes lectures et corrections linguistiques, bref ce que tu as fait pour moi, m'ont aidé à avancer et à garder le cap !

Enfin, merci à **ma famille** d'avoir accepté (ou toléré) mes absences. Vous n'avez pas forcément compris ce que je faisais et pourquoi je le faisais, mais votre soutien m'a aidé à avancer. Surtout, merci à toi **Julie** de m'avoir permis de travailler les week-ends et jours fériés, en sortant avec nos enfants !

**La véritable science enseigne, par-dessus tout, à douter et à être ignorant.**

*Miguel de Unamuno (poète et philosophe)*

# Sommaire

|   |            |
|---|------------|
| <b>INTRODUCTION</b>   | <b>21</b>  |
| <b>PARTIE 1 CADRE THEORIQUE</b>   | <b>27</b>  |
| 1. Les différentes approches théoriques pour étudier la prise de décision           | 29         |
| 2. La prise de décision en sport collectif : un environnement complexe et dynamique | 39         |
| 3. L'étude de la prise de décision au handball                                      | 65         |
| <b>PARTIE 2 TRAVAUX EXPERIMENTAUX</b>   | <b>93</b>  |
| 1. Introduction et contexte d'étude   | 95         |
| 2. La prise de décision des joueurs de champ  | 99         |
| 3. Influence de la fatigue sur cette prise de décision                              | 121        |
| <b>PARTIE 3 DISCUSSION GENERALE</b>   | <b>143</b> |
| 1. Evaluation de la prise de décision   | 145        |
| 2. Relation entre la prise de décision et la fatigue                                | 149        |
| 3. Généralisation des résultats   | 153        |
| 4. Implications théoriques dans l'étude de la prise de décision et de l'expertise   | 157        |
| 5. Prise de décision et capacités sportives : implications pratiques                | 163        |
| 6. Conclusion et perspectives   | 167        |
| <b>BIBLIOGRAPHIE</b>  | <b>171</b> |

# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| REMERCIEMENTS .....   | 4         |
| SOMMAIRE.....   | 6         |
| TABLE DES MATIERES.....   | 7         |
| RESUME (VERSION LONGUE) .....   | 11        |
| Introduction.....   | 11        |
| Cadre théorique.....  | 11        |
| L'effet de l'expertise sur la prise de décision .....                                 | 13        |
| L'effet de la fatigue sur la prise de décision .....                                  | 15        |
| Discussion générale et perspectives.....  | 16        |
| PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS LIEES A LA THESE .....                                 | 18        |
| PREAMBULE .....   | 19        |
| LISTE DES ABREVIATIONS.....   | 20        |
| INTRODUCTION .....  | 21        |
| Définition et contexte d'une prise de décision.....                                   | 21        |
| Décision influencée par les contraintes contextuelles .....                           | 22        |
| Le sport collectif, un contexte qui met à l'épreuve les processus décisionnels .....  | 23        |
| Problématique de recherche .....  | 24        |
| Organisation du document.....   | 24        |
| PARTIE 1   CADRE THEORIQUE .....  | 27        |
| 1. <b>Les différentes approches théoriques pour étudier la prise de décision.....</b> | <b>29</b> |
| 1.1.   Introduction .....   | 29        |
| 1.2.   L'approche cognitiviste .....  | 30        |
| Définition .....  | 30        |
| Méthodes .....  | 30        |
| Apports .....   | 31        |
| Limites .....   | 32        |
| 1.3.   L'approche naturaliste .....   | 32        |
| Définition .....  | 32        |
| Méthodes .....  | 33        |
| Apports .....   | 35        |
| Limites .....   | 36        |



|  |   |           |
|--|---|-----------|
| <b>2.</b>                                  | <b>La prise de décision en sport collectif : un environnement complexe et dynamique .....</b>   | <b>39</b> |
| 2.1.                                       | Décider pour agir dans un environnement complexe et dynamique .....   | 39        |
|  | Pourquoi parler d'environnement complexe ? .....  | 39        |
|  | Pourquoi parler d'environnement dynamique ? .....   | 40        |
| 2.2.                                       | Composantes de la décision en sport collectif.....  | 42        |
| 2.3.                                       | Lien entre expertise et prise de décision en sport collectif .....  | 43        |
|  | Définition de l'expertise .....   | 43        |
|  | Rôle de l'expertise dans la prise de décision en sport collectif .....  | 45        |
| 2.4.                                       | Effets des contraintes contextuelles sur la prise de décision .....   | 48        |
|  | Les contraintes liées à l'environnement.....  | 48        |
|  | Les contraintes liées facteurs psychologiques de l'athlète .....  | 51        |
|  | Les contraintes liées à l'activité elle-même.....   | 53        |
| 2.5.                                       | Amélioration de la prise de décision.....   | 56        |
|  | Méthodes d'entraînement hors terrain .....  | 56        |
|  | Méthodes d'entraînement sur le terrain.....   | 58        |
| 2.6.                                       | Évaluation de la prise de décision en sport collectif.....  | 60        |
|  | Les outils .....  | 60        |
|  | Les modalités d'exercice et les types de fatigue engendrée .....  | 61        |
| 2.7.                                       | Les axes de recherche qui méritent d'être développés .....  | 62        |
|  | Concernant le lien entre expertise et prise de décision .....   | 62        |
|  | Concernant l'influence des contraintes sur la prise de décision .....   | 62        |
|  | Concernant l'amélioration et l'évaluation de la prise de décision .....   | 63        |
| <b>3.</b>                                  | <b>L'étude de la prise de décision au handball .....</b>  | <b>65</b> |
| 3.1.                                       | Introduction .....  | 65        |
|  | Exigences de l'activité en matière de décision .....  | 65        |
|  | Description détaillée de la prise de décision selon les rôles au handball.....  | 65        |
|  | Le handball, un sport scolaire mettant en avant l'activité adaptative et complexe du joueur .....   | 66        |
| 3.2.                                       | Vers une meilleure compréhension théorique et pratique de la prise de décision des joueurs de champ<br>au handball : une revue systématique. .... | 68        |
|  | Abstract .....  | 68        |
| <b>PARTIE 2 TRAVAUX EXPERIMENTAUX.....</b> |   | <b>93</b> |
| <b>1.</b>                                  | <b>Introduction et contexte d'étude .....</b>   | <b>95</b> |
| 1.1.                                       | Problématique d'étude.....  | 95        |
| 1.2.                                       | Objectifs scientifiques.....  | 97        |
| 1.3.                                       | Approches théoriques mobilisées dans les travaux.....   | 97        |
| 1.4.                                       | Hypothèses .....  | 98        |
|  | Concernant les différences entre la population élite et la population non-élite .....   | 98        |
|  | Concernant la pertinence des tests utilisés.....  | 98        |
|  | Concernant l'influence de la fatigue.....   | 98        |
| <b>2.</b>                                  | <b>La prise de décision des joueurs de champ.....</b>   | <b>99</b> |
| 2.1.                                       | But et objectifs.....   | 99        |
| 2.2.                                       | Étude N°1 : évaluation des fonctions exécutives chez l'adulte.....  | 99        |
|  | Participants.....   | 99        |
|  | Protocole expérimental .....  | 99        |
|  | Résultats .....   | 101       |

|  |            |
|--|------------|
| Discussion – étude 1 .....   | 101        |
| 2.1. Étude N°2 : évaluation du temps de réponse non spécifique chez l'adulte .....                           | 104        |
| Participants .....   | 104        |
| Protocole expérimental (voir annexe 5) .....   | 104        |
| Résultats .....  | 105        |
| Discussion – étude 2 .....   | 106        |
| 2.2. Étude N°3 : évaluation du temps de réaction spécifique chez l'adulte .....                              | 107        |
| Participants .....   | 107        |
| Protocole expérimental .....   | 107        |
| Résultats .....  | 108        |
| Discussion – étude 3 .....   | 109        |
| 2.3. Étude N°4 : évaluation du temps de réaction spécifique chez l'adolescent .....                          | 111        |
| Participants .....   | 111        |
| Protocole expérimental .....   | 111        |
| Résultats .....  | 111        |
| Discussion – étude 4 .....   | 112        |
| 2.4. Discussion – études 1 à 4 .....   | 115        |
| Capacités d'attention et de perception pour performer .....  | 115        |
| Structures cognitives dans les situations spécifiques .....  | 116        |
| Évolution de la capacité de reconnaissance avec l'âge .....  | 118        |
| Limites et conclusion .....  | 118        |
| <b>3. Influence de la fatigue sur la prise de décision .....</b>   | <b>121</b> |
| 3.1. But et objectifs .....  | 121        |
| 3.2. Étude N°5 : évaluation du temps de réaction spécifique après un exercice intense chez des adultes ....  | 122        |
| Participants .....   | 122        |
| Protocole expérimental .....   | 122        |
| Résultats .....  | 126        |
| Discussion – étude 5 .....   | 130        |
| 3.3. Étude N°6 : évaluation du temps de réaction spécifique après un stage de 2 jours chez l'adolescent .... | 134        |
| Participants .....   | 134        |
| Protocole expérimental .....   | 134        |
| Résultats .....  | 135        |
| Discussion – étude 6 .....   | 139        |
| <b>PARTIE 3 DISCUSSION GENERALE .....</b>  | <b>143</b> |
| <b>1. Evaluation de la prise de décision .....</b>   | <b>145</b> |
| 1.1. Les différences entre les populations élite et non-élite en matière de prise de décision .....          | 145        |
| 1.2. La pertinence des tests utilisés .....  | 147        |
| 1.3. La différence entre adultes et adolescents .....  | 148        |
| <b>2. Relation entre la prise de décision et la fatigue .....</b>  | <b>149</b> |
| <b>3. Généralisation des résultats .....</b>   | <b>153</b> |
| 3.1. Les méthodes .....  | 153        |
| 3.2. Les paramètres de la prise de décision .....  | 154        |
| 3.3. Les résultats .....   | 155        |

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>4. Implications théoriques dans l'étude de la prise de décision et de l'expertise .....</b> | <b>157</b>                         |
| 4.1. Réflexion autour des approches théoriques de la prise de décision .....                   | 157                                |
| Complémentarité des approches cognitiviste et naturaliste.....                                 | 157                                |
| Une alternative à ces deux approches : l'approche éthologique .....                            | 157                                |
| Perspectives méthodologiques .....   | 159                                |
| 4.2. Rôle de la métacognition dans l'étude de l'expertise en sport .....                       | 160                                |
| <b>5. Prise de décision et capacités sportives : implications pratiques.....</b>               | <b>163</b>                         |
| 5.1. Les capacités psychomotrices .....  | 163                                |
| 5.2. Les capacités de perception.....  | 164                                |
| 5.3. Les capacités mentales et facteurs psychologiques .....                                   | 165                                |
| <b>6. Conclusion et perspectives.....</b>  | <b>167</b>                         |
| <b>BIBLIOGRAPHIE (420).....</b>  | <b>171</b>                         |
| <b>LISTE DES FIGURES.....</b>  | <b>195</b>                         |
| <b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>   | <b>196</b>                         |
| <b>ANNEXES .....</b>   | <b>197</b>                         |
| Annexe 1 : Questionnaire POMS .....  | 197                                |
| Annexe 2 : Trail Making Test .....   | 198                                |
| Annexe 3 : Stroop Color Word Test .....  | 203                                |
| Annexe 4 : Protocole pour les test FIT LIGHT .....   | 207                                |
| <b>RESUME .....</b>  | <b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b> |

# Résumé (version longue)

Les objectifs de cette thèse sont 1) de recenser les approches et modèles théoriques permettant d'étudier la prise de décision, 2) de contribuer à une meilleure compréhension des processus décisionnels impliqués dans des environnements complexes et dynamiques (comme en sport collectif), 3) d'identifier des méthodologies utiles aux acteurs de terrain et permettant d'évaluer la prise de décision en sport collectif, 4) d'identifier les paramètres d'une prise de décision chez l'expert adulte et adolescent en sport collectif, 5) de mesurer l'effet de la fatigue sur les performances décisionnelles. Ces travaux font partie intégrante de la filière "Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives" (STAPS), et sont principalement associés à la branche "Psychologie du sport".

## Introduction

Décider, c'est faire un **choix parmi plusieurs possibilités**, pour agir ou s'empêcher d'agir. Le choix, est donc associé à l'action, et s'effectue en fonction du contexte, du vécu du décideur, de l'enjeu, mais aussi des contraintes imposées. Ces contraintes amènent le décideur à **adapter son action**, en fonction de la **complexité** et de l'évolution de la situation. Plus la situation comprend une multitude d'informations et de buts à prendre en compte, et plus le choix nécessite une adaptation permanente. L'environnement des sports collectifs, étant donnée l'interaction perpétuelle entre ses acteurs, sollicite particulièrement les problématiques de décision. Plusieurs études ont montré que les joueurs experts en sports collectifs avaient une plus grande efficacité de leurs processus décisionnels que les joueurs novices : 1) prendre les informations les plus pertinentes, 2) gagner du temps dans les décisions avec de fortes contraintes contextuelles, 3) diminuer l'incertitude dans un environnement dynamique et complexe.

La problématique de ce travail doctoral est « **Comment évaluer les processus de prises de décisions en sport collectif, et investiguer les effets de l'expertise et de la fatigue sur ces processus ?** »

## Cadre théorique

Pour y répondre, les chercheurs ont mobilisé différentes approches théoriques. Certaines d'entre elles ont permis de prendre en compte les caractéristiques de l'environnement communes aux différents sports collectifs que sont sa complexité et son aspect dynamique.

### Approches théoriques

La prise de décision a été étudiée dans différents domaines de la vie réelle tels que les champs militaires, médicaux ou managériaux. Les premières études menées en laboratoire ont d'abord cherché à normaliser la prise de décision. Elles étaient basées sur une première approche théorique nommée **approche cognitive**, qui décomposait les paramètres de la décision et donnait une **vision séquentielle** de celle-ci. Les résultats issus de cette approche ont montré que les **experts** étaient **plus efficaces dans les tâches cognitives**, notamment grâce à une prise d'informations plus précise et plus rapide. Cependant elle s'appuyait sur une simplification du contexte, ce qui limitait la prise en compte de sa complexité et surtout de ses aspects évolutif et interactif. Une deuxième **approche** appelée **naturaliste** a émergé pour étudier la prise de décision de manière **plus globale**

dans son contexte réel. Elle a permis d'identifier que le processus décisionnel était simplifié sous forte contrainte temporelle. Les **experts** s'appuyaient alors sur une **reconnaissance plus pointue** de la situation grâce à la mobilisation de connaissances spécifiques et de leur expérience. La principale limite de l'approche naturaliste concerne la difficulté à analyser les processus cognitifs impliqués dans la prise de décision.

### **Le sport collectif : environnement complexe et dynamique**

La prise de décision a été considérée dans les recherches en sport collectif, d'abord comme un **processus de traitement de l'information**, puis ensuite comme un **processus d'adaptation à la situation courante**. Cela permet aujourd'hui de considérer le contexte compétitif du sport collectif comme dynamique et complexe. Complexe d'abord parce que les deux équipes possèdent des buts et des intentions multiples et souvent opposés. L'interactivité perpétuelle entre les joueurs génère un niveau d'incertitude élevé et l'activité collective nécessite une coordination entre les joueurs. Le contexte en sport collectif est également dynamique car la situation est en perpétuelle évolution avec des **contraintes temporelles** parfois très fortes. Cette évolution nécessite un renouvellement permanent de la prise d'informations. Trois aspects principaux se dégagent de la littérature. Premièrement, il faut percevoir pour **gagner du temps**. Les études s'intéressent beaucoup à la prédiction et l'anticipation, qui permettent de mieux gérer le peu de temps que le sujet possède pour décider et agir. Deuxièmement, il est nécessaire de mobiliser les connaissances utiles pour analyser la situation. La connaissance de l'activité et de ses enjeux est donc indispensable pour reconnaître avec efficacité la situation courante. Enfin, décider c'est aussi se souvenir de ce qui a été vécu. L'**expérience** acquise dans l'activité spécifique permet d'automatiser les comportements, et donc d'accélérer le processus de prise de décision.

Globalement, **les experts sont plus efficaces dans ces différents processus décisionnels**. La mémoire est plus rapide à mobiliser, l'anticipation fonctionne mieux, le travail d'équipe est mieux organisé. Les experts perçoivent plus vite les éléments les plus pertinents. Également, les experts possèdent de plus grandes aptitudes à gérer et réguler leurs émotions. **Elles jouent d'ailleurs un rôle majeur** dans la prise de décision puisqu'elles sont fortement associées aux processus de reconnaissance nécessaires à la prise d'information. Les facteurs qui régulent ces émotions sont nombreux. Les paramètres psychologiques tels que la confiance en soi jouent un rôle majeur. Les facteurs situationnels (score, lieu ou moment du match) et la fatigue provoquée par l'effort sont également importants.

### **La prise de décision au handball**

Le handball est un sport collectif composé de **multiples actions à haute intensité**. Les évolutions récentes du jeu ont accentué l'intensité et le rythme, nécessitant une prise de décision d'autant plus rapide et efficace. En fonction de leur position sur le terrain, les joueurs sont amenés à gérer à la fois l'activité coopérative (avec leurs équipiers) et l'affrontement collectif (avec leurs adversaires). L'**instabilité de l'environnement** oblige les joueurs à le transformer pour faire en sorte que le rapport de force devienne favorable pour leur équipe. Le joueur doit réduire les incertitudes, agir rapidement, prédire les actions, adapter son comportement, coordonner son action avec celles de ses équipiers, et donc décider tout en prenant en compte toute cette complexité. La revue de

littérature publiée dans Sciences et Motricité avait pour but de résumer les études actuelles traitant de la prise de décision au handball. Elle a permis de révéler que les études ont utilisé différentes méthodes mais ont rarement précisé le modèle théorique utilisé. L'approche cognitiviste représente deux tiers des études trouvées et les résultats issus de cette approche ont montré que les joueurs experts étaient meilleurs que les novices, notamment lorsque la complexité de la tâche était élevée. Les études utilisant l'approche naturaliste se sont intéressées à la cognition d'équipe ainsi qu'à la génération d'options, dans laquelle les experts apparaissaient supérieurs aux novices, ainsi.

## **L'effet de l'expertise sur la prise de décision**

### **Méthode**

Les quatre premières études de ce travail doctoral ont investigué l'effet du niveau de jeu sur les **performances cognitives**, en comparant une population élite à une population non-élite. Ces performances cognitives ont concerné, dans l'étude n°1, les **fonctions exécutives** chez des adultes (N=49), à travers deux tests couramment utilisés dans la littérature : le Trail Making Test et la tâche de Stroop. Ces deux tests ont permis de mesurer les capacités d'inhibition et de flexibilité cognitives. Ensuite, l'étude n°2 (N=48) a permis d'examiner pour un public adulte le **temps de réponse et l'efficacité** dans des tâches non spécifiques (réagir à un signal lumineux). Les études n°3 (N=48) et n°4 (N=69) ont permis d'examiner le **temps de réaction et l'efficacité** de sujets dans une tâche spécifique (décider face à une situation handball en photo). La seule différence entre l'étude n°3 et l'étude n°4 était le public examiné : adultes pour l'étude n°3, et adolescents pour l'étude n°4. Dans ces deux études, un temps de réaction simple (réagir à l'apparition d'une image) et un temps de réaction droite/gauche (réagir à droite ou à gauche en fonction du signal) ont également été mesurés pour différencier les résultats dans une tâche simple et une tâche plus complexe. Les analyses statistiques ont été effectuées à partir de tests T-Student pour comparer les performances des deux populations, et à partir d'une ANOVA mixte pour évaluer l'effet d'interaction entre le niveau de jeu et la complexité de la tâche.

### **Résultats**

Dans l'étude **n°1** qui investiguait l'effet du niveau de jeu sur différentes fonctions exécutives (inhibition et flexibilité cognitives), les analyses effectuées **n'ont pas révélé de différences significatives** entre les deux populations de joueurs. Ce premier résultat est contraire à notre hypothèse n°1 qui suggérait une supériorité de la population élite.

Dans les études n°2 et n°3 qui investiguaient l'effet du niveau de jeu sur la réactivité et l'efficacité chez les adultes, les analyses effectuées ont révélé une différence significative entre les deux populations pour la réactivité, mais pas pour l'efficacité. En effet, les joueurs ELITE possédaient un **meilleur temps de réponse et un meilleur temps de réaction** que les joueurs NON-ELITE (10 à 15 % plus court). Un **effet d'interaction** a été montré entre le niveau de jeu (ELITE vs NON-ELITE) et le type de tâche (non-spécifique vs spécifique) sur le temps de réponse. Ces résultats sont en accord avec notre hypothèse n°1, qui suggérait une supériorité de la population élite pour la réactivité. En revanche, l'hypothèse n°2 n'est pas vérifiée puisqu'elle suggérait une supériorité de la population élite pour l'efficacité.

Dans l'étude n° 4 qui investiguait l'effet du niveau de jeu sur le temps de réaction et l'efficacité chez des adolescents, les analyses effectuées **n'ont pas révélé de différences significatives**. Ce résultat est contraire à notre hypothèse n°3, qui suggérait une supériorité des adolescents ELITE.

### **Discussion**

L'absence de différence entre les deux populations dans l'étude n°1 pourrait laisser penser que les tests utilisés ne reflètent pas l'expertise décisionnelle en sport collectif. Cependant, plusieurs études menées avec des footballeurs ont montré des **résultats inconsistants**. Il apparaît donc nécessaire de mener de nouvelles investigations pour comprendre le rôle des fonctions cognitives dans la prise de décision en sport collectif. De plus, nous n'avons pas investigué dans cette étude des fonctions exécutives telle que la mémoire de travail, qui mériterait d'être examinée dans de futurs travaux en lien avec l'expertise.

Les résultats des études n°2 et n°3 ont montré une supériorité des joueurs ELITE en comparaison des joueurs NON-ELITE en matière de réactivité. Ceci laisse penser que les athlètes ELITE possèdent des **processus de reconnaissance plus efficaces** pour décider. D'autre part, l'effet d'interaction entre le niveau de jeu et le type de tâche a montré que la **différence** entre les deux populations **était d'autant plus significative** lorsque le test était **spécifique**. Et c'est d'autant plus vrai dans l'étude n°3 où les sujets devaient décider face à une situation de handball en photo, c'est-à-dire dans une tâche spécifique. Les résultats des études n°2, 3 ont donc confirmé que les athlètes élite possédaient des **mécanismes cognitifs** leur permettant d'être plus rapides dans leurs prises de décision, notamment lorsqu'elles étaient proches d'une situation réelle de compétition. Ainsi, la discrimination du niveau d'expertise est beaucoup plus identifiable grâce à des tests mettant les participants dans une **situation contextualisée** et spécifique.

Les résultats de l'étude n°4 ont montré une absence d'effet significatif du niveau de jeu chez les adolescents. Cela signifierait que l'adolescent ELITE ne présente pas de plus grandes capacités à réagir que l'adolescent NON-ELITE. Sachant que cette différence existe à l'âge adulte, comme nous l'avons montré dans les études n°2 et 3, une interprétation possible serait de dire que la capacité à réagir vite dans une situation spécifique progresse avec l'âge. Nous suggérons que cette progression serait due soit à un apprentissage dans ce type de tâches, soit à une maturation du système oculomoteur et de la psychomotricité (Benguigui & Ripoll, 1998; García-González et al., 2013). Plus particulièrement, plusieurs travaux ont mis en évidence que le lobe préfrontal, dont le rôle est majeur dans les fonctions exécutives, devient mature qu'à partir de l'âge adulte (Eslinger & Biddle, 2010; Fuster, 2002). La pratique sportive, l'entraînement spécifique et l'accumulation d'expérience pourraient contribuer à cette progression de la réactivité et de la capacité de reconnaissance. Il apparaît donc pertinent de poursuivre les recherches dans ce domaine, notamment pour mieux comprendre ce qui constitue les processus décisionnels chez l'adulte et chez l'adolescent. Des études longitudinales pourraient permettre également de déterminer les facteurs qui contribuent à la détection de jeunes talents dans le domaine de la prise de décision.

## L'effet de la fatigue sur la prise de décision

### Méthode

Grâce au même test décisionnel spécifique que dans l'étude n°4, nous avons étudié **l'influence de la fatigue sur la prise de décision**. Dans l'étude n°5, une population adulte (N=37) a réalisé le test décisionnel avant et après un protocole de fatigue, composé notamment d'un échauffement et **d'un effort très intense** de quatre minutes (enchaînement de mouvements à haute intensité – burpees – pendant 20 secondes, avec 10 secondes de repos). Le relevé de la fréquence cardiaque et la baisse des performances dans les séries ont permis de vérifier que l'effort demandé engendrait bien de la fatigue. Dans l'étude n°6, une population adolescente (N=34) a réalisé le test décisionnel avant et après un protocole de fatigue, composé de **six séances de handball en deux jours et demi**, pour un total de 7 à 11 heures de pratique selon les joueurs. Le relevé du niveau de fatigue ressenti (grâce à l'échelle de Borg CR10) a permis de vérifier la fatigue engendrée par les efforts. Les analyses statistiques ont été effectuées à partir de tests T-Student pour comparer les performances des deux populations.

### Résultats

Dans l'étude **n° 5** qui investiguait l'effet de la fatigue engendrée par un exercice intense de quatre minutes sur la réactivité chez des adultes, les analyses ont révélé des résultats surprenants : **le temps de réaction était amélioré par l'effort intense** à la fois sur la tâche non spécifique droite/gauche, mais aussi sur la tâche spécifique handball. **L'efficacité a été également améliorée après l'effort** sur la tâche spécifique. Ces résultats sont contraires à notre hypothèse n°5, qui suggérait une détérioration de la capacité de réaction après l'effort.

Dans l'étude **n°6** qui investiguait l'effet d'un stage de deux jours et demi sur la réactivité chez des adolescents, les analyses ont révélé une **absence de différence significative** entre les mesures pré-stage et les mesures post-stage. **L'efficacité** sur la tâche spécifique a été **améliorée de 19%** après le stage. Ces résultats sont contraires à notre hypothèse n°6, qui suggérait une détérioration de la capacité de réaction après le stage.

### Discussion

Les résultats des études n°5 ont montré que la fatigue générée par un effort intense avait un **effet positif sur le temps de réaction et l'efficacité** dans une tâche spécifique. Contrairement à notre hypothèse, il n'y a donc pas eu de détérioration de la capacité de réaction avec la fatigue. Une première interprétation possible de ces résultats serait de dire que les **processus décisionnels**, et notamment les processus de reconnaissance, ne seraient **pas impactés par une fatigue** engendrée par un effort intense. Une deuxième interprétation possible serait de dire que l'effort aurait permis une **augmentation de la sensibilité cognitive**, c'est-à-dire une meilleure capacité à mobiliser les ressources attentionnelles nécessaires. En effet, plusieurs études ont montré des résultats similaires, avec une amélioration de la performance après un effort. Toutefois, d'autres études ont présenté des **résultats inconsistants** avec une détérioration de la performance cognitive après un effort intense. Nous avons présenté plusieurs biais dans nos études, notamment le fait **qu'aucun groupe contrôle** n'avait été mobilisé. La présence d'un groupe contrôle aurait permis de vérifier si un apprentissage de la tâche était présent.



Dans l'étude n°6, les résultats n'ont pas révélé de différences significatives pour le temps de réaction entre les performances pré-stage et post-stage. De la même manière que pour l'étude n°5, une interprétation possible serait de dire que les **processus décisionnels** ne seraient **pas impactés par une fatigue** engendrée par un enchaînement d'efforts sur deux jours et demi. D'autre part, il est possible que la fatigue engendrée par le stage ait pu être relative (entre 7 et 11h d'entraînement spécifique sur deux jours) les sujets ayant remonté une intensité de 5.9 sur 10 à l'échelle de Borg. Enfin, l'amélioration de l'efficacité peut être liée à un apprentissage de la tâche, sachant que l'absence de groupe contrôle ne permet pas de vérifier cet aspect.

### **Discussion générale et perspectives**

Nous avons discuté nos résultats à travers les éléments suivants : 1) la **supériorité des athlètes élite** dans les tâches cognitives associées aux sports collectifs, et ce dans plusieurs études, 2) la capacité des athlètes élite à reconnaître avec plus d'efficacité et de rapidité les indices les plus pertinents dans l'environnement, 3) l'amélioration des capacités de réaction malgré la fatigue, 4) l'absence de différences significatives chez les adolescents, 5) la **complémentarité** des approches cognitiviste et naturaliste pour étudier la prise de décision et la généralisation des résultats.

Premièrement, nous avons montré que la capacité de réaction était partie prenante de la performance décisionnelle en sport collectif, notamment dans les tâches spécifiques. Cela suggère que les athlètes élite bénéficient d'une meilleure capacité à reconnaître les situations rencontrées et décider avec efficacité dans des situations où les contraintes contextuelles se manifestent. Nos résultats rejoignent ceux de plusieurs études, mais nous avons évoqué plusieurs biais. Les tests que nous avons utilisés étaient globalement éloignés des problématiques de terrain pour les joueurs, et donc **peu spécifiques**. Également, les aspects cognitifs étant influencés par un grand nombre de facteurs chez l'individu (fatigue, sommeil, nutrition, entraînement, éveil, pratiques annexes, jeux vidéo...), nous avons soulevé les **difficultés à interpréter** certaines données sans avoir un contrôle important sur le vécu proche des sujets avant les tests. Le rôle du temps de réaction mériterait d'être davantage exploré dans la prise de décision, notamment en lien avec l'expertise.

Ensuite, nous avons montré que l'exercice intense avait engendré chez les adultes une amélioration de la capacité à réagir en situation spécifique. Nous avons suggéré que les **processus de reconnaissance** n'étaient **pas impactés** par la fatigue après un exercice intense. Cet élément nous amène à penser que la détérioration des performances en situation de fatigue pourrait être liée davantage à une **détérioration du contrôle moteur** plutôt que des processus décisionnels proprement dit. Nous avons également suggéré que les athlètes examinés pouvaient avoir **augmenté leur sensibilité cognitive** parce qu'ils étaient fatigués. Plusieurs études ont montré que les experts possédaient la faculté d'augmenter leur niveau de concentration dans les situations à enjeux. Néanmoins, d'autres études ont montré que la fatigue pouvait engendrer une baisse de performance cognitive. Pour discuter autour de ces inconsistances, nous avons émis l'hypothèse que l'effort n'était pas suffisamment proche de la situation compétitive, rendant ainsi la fatigue éloignée de la tâche décisionnelle. D'autre part, nous avons mis en avant **l'absence de groupe contrôle**, qui n'a pas permis de vérifier si le simple fait de reproduire le même test avant et après l'effort pouvait

améliorer les performances.

Troisièmement, l'absence de différence significative dans les études avec des adolescents a montré que le temps de réaction n'était pas influencé par l'expertise ou la fatigue. D'abord, nous avons suggéré que les **tests utilisés** ne permettaient pas de **refléter le niveau de jeu** d'un adolescent **d'un point de vue décisionnel**. Nous avons également émis l'hypothèse que la capacité à réagir dans des décisions sous contraintes pouvait progresser grâce à l'entraînement et l'expérience. Cet aspect pourrait être dû soit à un apprentissage soit à une maturation des systèmes psychomoteurs, et plus particulièrement du système oculo-moteur et du lobe préfrontal. Des études longitudinales pourraient être menées pour vérifier ces hypothèses. Ensuite, l'impact d'un enchaînement de six entraînements spécifiques en deux jours et demi ne s'est pas montré significatif sur la réactivité lors du test décisionnel. Nous avons suggéré que la présence d'un groupe contrôle aurait permis d'évaluer le rôle de l'apprentissage dans la tâche. D'autres recherches méritent d'être menées pour **identifier le rôle de la fatigue centrale** dans les performances cognitives et décisionnelles.

Quatrièmement, nos résultats ont montré que les tests spécifiques et proches de la situation de compétition étaient plus discriminants pour mesurer l'effet de l'expertise sur la prise de décision. Pour répondre à ce besoin, les **approches théoriques** cognitiviste et naturaliste se montrent **complémentaires**. Également, nous avons suggéré que **l'approche éthologique** pouvait être une alternative pertinente puisqu'elle utilisait les avantages des deux premières, en combinant des mesures en laboratoire et en situation écologique. Ainsi, l'étude des paramètres de la prise de décision dans un **environnement connu, structuré et contextualisé** pourrait contribuer à la compréhension du lien entre expertise et prise de décision. Cela aiderait à associer plus facilement les résultats de tests expérimentaux et les performances en compétition. Les sports collectifs sont, comme nous l'avons défini dans l'introduction, des environnements dynamiques et complexes. Ils font donc ressortir le lien entre expertise et cognition, surtout lorsque ce lien prend en compte le contexte. Les résultats de nos études invitent à **explorer davantage les mécanismes** qui permettent aux athlètes élites de **percevoir plus rapidement ce qui est pertinent** dans l'environnement.

Enfin, nous avons montré que les experts s'appuyaient sur des mécanismes cognitifs plus efficaces. Grâce à cela, ils gagnent du temps pour décider, par automatisation ou intuition. Les mécanismes cognitifs associés à l'expertise ont été récemment questionnés, notamment grâce à la métacognition. Deux revues de littérature ont mis en avant que l'expert possédait une réelle capacité à se représenter mentalement la performance et à mobiliser les ressources cognitives nécessaires à son efficacité. Ce point de vue macro sur la performance cognitive a mis en avant l'intérêt d'étudier le lien entre expertise, prise de décision et représentation mentale.

La dernière section du document a mis en avant dix suggestions pratiques, pour orienter les entraîneurs de sport collectif vers une pratique « plus cognitive ». Ces suggestions se rassemblent autour de deux principes fondamentaux : 1) les joueurs doivent réaliser des **actions à visée tactique**, et **dans des contextes spécifiques**, 2) le rôle de l'entraîneur est d'**orienter la pratique et les corrections** (feedbacks) pour indiquer les indices pertinents et ce qui permet d'être en réussite. À travers ces différents conseils, il est important de noter que **la détection** doit passer aussi par des tests qui mettent en jeu la cognition et la prise de décision contextualisée.

# Publications et communications liées à la thèse

## COMMUNICATION

**Bonnet, G. (2019).** Évaluation des capacités décisionnelles au handball. *Actes Du 18ème Congrès de l'ACAPS*, 119. Paris.

## PUBLICATIONS

**Bonnet G, Debanne T & Laffaye G (2020)** Toward a better theoretical and practical understanding of field players' decision-making in handball : A systematic review. *Mov Sport Sci/Sci Mot*, <https://doi.org/10.1051/sm/2020008>

# Préambule

Avant de présenter mon travail doctoral, il me paraissait important d'expliquer **la genèse de cette thèse**. À la fin de ma 3<sup>ème</sup> année de Licence en Sciences du sport (STAPS) en 2009, mes enseignants de l'époque m'avaient invité à **poursuivre mes études** et à m'orienter vers le monde de la recherche. Mais j'étais avant tout focalisé par l'idée de m'investir pleinement dans mon activité d'entraîneur de handball et d'éducateur sportif polyvalent. Pourtant, **deux ans après** avoir fini cette licence option entraînement sportif, je décidais de me réengager dans des études supérieures en parallèle de mon travail : un **Master STAPS mention « entraînement sportif »**. Je sentais qu'il me manquait quelque chose, et notamment des connaissances ! Les stages effectués durant ce master m'ont clairement donné envie d'aller plus loin. J'ai tout d'abord participé au suivi de jeunes athlètes au pôle Espoirs de handball d'Ile de France, puis j'ai ensuite participé à une étude sur le surentraînement chez des triathlètes à l'INSEP. À la sortie de ce Master et malgré plusieurs essais, je n'ai pas réussi à trouver de financement pour me lancer en thèse.

Pourtant, j'étais toujours entraîneur de handball, et surtout toujours motivé à l'idée de **comprendre davantage les composantes de la performance** dans ce sport par le biais de la recherche. Plus particulièrement, je commençais à participer au processus de détection et de sélection des meilleurs potentiels. **Je m'interrogeais** alors beaucoup sur **les critères** qui permettaient à ces meilleurs potentiels d'être choisis par rapport à d'autres. En l'occurrence, les capacités physiques et techniques étaient au centre de **la détection**, mais **rien n'existait pour observer et évaluer la capacité d'un jeune joueur à comprendre le jeu et à décider en fonction**.

Malgré ma prise de fonction dans mon entreprise actuelle en tant que formateur d'éducateurs sportifs, j'avais toujours l'envie de me lancer dans un travail de recherche autour de l'activité handball. Quelques rendez-vous plus tard, **je lançais ce travail en octobre 2015 en autofinancement**, et en collaboration avec 2 maîtres de conférences ayant publié des papiers sur le handball, Guillaume Laffaye et Thierry Debanne. J'ai souhaité, à travers ce travail doctoral, contribuer à un rapprochement entre les sciences du sport et le terrain. Pour cela, je propose dans la partie discussion un certain nombre **d'implications pratiques** destinées aux enseignants EPS, aux coachs amateurs ou professionnels, ou encore aux éducateurs sportifs en sports collectifs.

***N.B.** : l'ensemble de ce travail doctoral a été écrit avec des accords au masculin (« un joueur » plutôt que « une joueuse »), notamment parce que les travaux expérimentaux ont été effectués avec un public masculin et parce que cela simplifie la lecture (plutôt que d'écrire « un joueur / une joueuse » à chaque fois). Il n'en signifie pas pour autant que la gente féminine est ignorée dans le travail réflexif, ou que les données évoquées se réduisent au sexe masculin. Bien évidemment, il est préférable de lire ce travail doctoral en considérant la mixité.*

# Liste des abréviations

## **Cadre théorique**

GB : Gardien de but

RPD : Recognition-Primed Decision model

NDM : Naturalistic Decision-Making

SA : Situation Awareness

TSA : Team Situation Awareness

MMP : Modèles Mentaux Partagés

MOT : Multiple Object Tracking

FFHB : Fédération Française de handball

## **Tests et données**

SCWT : Stroop Color Word Test

TMT : Trail Making Test

FLT : Fit Light Trainer

SRT : Temps de Réaction Simple

HBRT : Temps de Réaction HandBall

HBSC : SCore HandBall

POMS : Profil Of Mood State (questionnaire)

TMD : Total Mood Disturbance

CRT : Temps de Réaction sur la tâche de choix droite/gauche

CSC : SCore sur la tâche de choix droite/gauche

# Introduction

**Les objectifs de cette thèse** sont 1) de recenser les approches et modèles théoriques permettant d'étudier la prise de décision, 2) de contribuer à une meilleure compréhension des processus décisionnels impliqués dans des environnements complexes et dynamiques (comme en sport collectif), 3) d'identifier des méthodologies utiles aux acteurs de terrain et permettant d'évaluer la prise de décision en sport collectif, 4) d'identifier les paramètres d'une prise de décision chez l'expert adulte et adolescent en sport collectif, 5) de mesurer l'effet de la fatigue sur les performances décisionnelles. Ces travaux font partie intégrante de la filière "Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives" (STAPS), et sont principalement associés à la branche "Psychologie du sport". Ils ont été effectués au sein du laboratoire "Complexité, Innovation, Activités Motrices et Sportives" (CIAMS), et plus particulièrement dans le cadre du travail de recherche de l'équipe "Mouvement Humain des Activités Physiques et Sportives".

La notion de prise de décision évoque chez moi deux situations complètement différentes. La première concerne mon choix d'études postbac. Je me suis engagé d'abord dans 3 années d'études dans l'ingénierie et l'industrie, avant de revenir vers des études dans le champ du sport et de l'éducation. Pourquoi ces choix ? La 2ème situation correspond à mon vécu de joueur de handball. Je me rappelle encore mon entraîneur me dire après une perte de balle : "Pourquoi tu n'as pas donné le ballon à X à ta droite, il était tout seul ?". Là aussi je me demande si j'avais pris en compte les paramètres nécessaires avant de décider. Mais ça veut dire quoi décider ? L'introduction s'efforce d'exposer ce qu'est une prise de décision et en quoi elle est complexe.

## Définition et contexte d'une prise de décision

La décision peut être associée à deux points majeurs : **le raisonnement** et **l'action** (Berthoz, 2003). Le raisonnement correspond à la phase réflexive, qui conduit l'individu à faire un choix parmi plusieurs possibilités. Plusieurs exemples permettent d'illustrer cela dans la vie de tous les jours : choisir une caisse au supermarché en fonction du nombre de personnes et de la taille des caddies, tourner à gauche ou à droite face à un sens interdit, tirer ou pointer à la pétanque, ou encore éviter une plaque d'égout lors d'une sortie vélo pluvieuse. Ensuite, la décision est associée à l'action car elle conduit à un acte ou à une inhibition de cet acte. Là aussi, plusieurs illustrations sont possibles. Faire le choix de freiner devant un passage piéton engage un acte moteur pour ralentir le véhicule. Embaucher un collaborateur plutôt qu'un autre va être suivi de la signature d'un contrat. Ou à l'inverse, l'acte peut être inhibé, comme pour un conducteur de voiture qui continue tout droit dans un arbre pour éviter un enfant d'un côté, et une voiture de l'autre ; ou encore un manager qui préfère choisir aucune des solutions proposées pour conserver une posture dans son entreprise. Nous constatons donc qu'un individu ne peut prendre une décision sans **prendre en compte ce qui l'entoure**. L'acte qui suit la décision a d'ailleurs pour essence l'interaction avec ce monde qui l'entoure (Berthoz, 2003). En complément, Yates et Tschirhart (2006) ont défini la décision comme un engagement vers une ligne de conduite qui vise à produire des résultats satisfaisants pour des individus spécifiques. Ils ont évoqué plusieurs points clefs qui leur paraissaient indissociables de la

prise de décision : l'action, l'engagement, l'intention, le besoin de résultats satisfaisants et les spécificités individuelles. Leur propos va aussi dans le sens d'une décision liée à une action, et exécutée ou non en fonction de la décision.

Par ailleurs, Yates et Tschirhart (2006) précisent que la décision est associée à la **spécificité de l'individu** qui prend cette décision. En effet, chaque individu se construit avec son vécu et ses expériences, ce qui influence la perception qu'il a du monde qui l'entoure (Berezowska et al., 2017; Dishon et al., 2018). De plus, il y agit pour en tirer des bénéfices à court ou long terme (Kokkoris et al., 2019). La décision qu'il prend est donc dépendante de la situation dans laquelle il se trouve, et de la perception qu'il s'en fait. Un joueur au casino prend-il les mêmes décisions s'il est riche ou pauvre ? S'il vient d'arriver dans le casino ou si cela fait plusieurs heures qu'il ne gagne pas ? Un individu en retard choisit-il le même trajet pour aller travailler lorsque le chemin habituel est constitué de ralentissements ? Un pilote de chasse peut-il être aussi efficace dans ses décisions lorsqu'il est poursuivi par un ennemi en comparaison de ses entraînements ? Une personne obèse et déprimée peut-elle aisément considérer les risques de santé associés à la malbouffe ? La réponse à ces questions peut être globalement négative. En tout cas, ces situations illustrent bien l'influence à la fois de la spécificité de l'individu qui prend une décision, mais aussi du **contexte** dans lequel il se trouve. Berthoz (2003) explique d'ailleurs que les émotions et le passé jouent un rôle majeur dans les processus décisionnels d'un individu. Cela signifie que le contexte lui impose des contraintes lorsqu'il est amené à prendre une décision.

### **Décision influencée par les contraintes contextuelles**

La plupart des situations qui amènent l'individu à prendre une décision peut être qualifiée de **dynamique**. Elle est dynamique parce qu'elle **évolue**, se modifie selon les actions de ses différents acteurs et l'environnement. Ces évolutions obligent l'individu à décider dans **une situation malgré plusieurs contraintes**. On parle alors de vitesse du processus pour expliquer à quel rythme ces évolutions ont lieu (Hoc, 2001). Plus la vitesse du processus est élevée et plus il faut être capable de décider rapidement, pour éviter que la prise d'informations initiale ne soit plus valable. Au contraire, lorsque la vitesse du processus est faible, l'individu a plus de temps pour percevoir, analyser avec finesse et décider presque "en direct" (Hoc, 2001). La **contrainte temporelle** joue un rôle alors majeur dans les processus de prise de décision, incitant l'individu à s'adapter de manière perpétuelle. La prise de décision est également contrainte par les paramètres de l'environnement, qui sont représentés par exemple par la météo ou le public en sport, ou encore par les paramètres intrinsèques de l'individu qui doit décider, comme les facteurs psychologiques. Les contraintes temporelles, physiques, spatiales, psychologiques ou environnementales nécessitent chez l'individu des adaptations durant la situation. Le contexte militaire permet aisément d'illustrer l'influence des contraintes émotionnelles, temporelles et environnementales dans les processus décisionnels. Par exemple, Gamble et collaborateurs (2018) ont montré qu'un niveau de contraintes élevé augmentait le risque d'erreurs. En l'occurrence, une erreur correspondait à la mort d'un ami ! Dans cette étude, les sujets étaient intégrés dans un environnement virtuel (6 grands écrans), debout, avec une arme laser, et devaient identifier si la cible était un ami ou un ennemi, puis tirer si nécessaire. Lorsque le

sujet se trompait, il recevait une décharge électrique, qui était plus ou moins forte en fonction de la condition. En condition de faible contrainte, la décharge correspondait à une vibration de téléphone. En condition de contrainte élevée, la décharge était suffisamment forte pour vouloir l'éviter. Et c'est dans cette condition que le taux d'erreurs était le plus élevé. Cet exemple démontre bien **l'effet des de l'enjeu et des contraintes qui composent une situation dynamique sur la prise de décision**. D'autres situations illustrent aussi très bien cet aspect : un trader qui doit engager des sommes importantes en bourse en quelques secondes, un joueur de poker qui peut gagner une partie avec un gros enjeu, ou un joueur de football devant le but et dans les arrêts de jeu d'un match à 0-0.

En plus des contraintes associées à l'aspect dynamique d'une situation rencontrée, l'individu doit prendre en compte la **complexité de la situation**. Berthoz (2003) a considéré que les niveaux de complexité de la situation et de la décision étaient fortement liés à la nécessité de modifier tous les paramètres nerveux qu'elle mettait en jeu. Cela signifie que la prise de décision est associée à la fois à la **qualité et à la quantité des informations** disponibles. Plus les informations sont nombreuses et difficiles à interpréter, plus l'individu doit procéder à une adaptation forte de son comportement. Par exemple, le pilote de Formule 1, le pilote d'un avion de chasse ou le trader, doivent prendre des décisions avec énormément de paramètres, et ce en très peu de temps. Ceci induit donc parfois que les informations ne sont pas toujours exploitables sur ce laps de temps. Certains auteurs ont d'ailleurs associé la prise de décision avec **la gestion du risque**, puisque les informations disponibles sont parfois ambiguës (Li & Harris, 2005). Par exemple, la conduite en voiture sous une pluie battante limite la qualité d'informations concernant les autres véhicules. Le choix peut donc se porter sur la vitesse de déplacement qui va minimiser le risque d'accident. Une très grande quantité d'informations à prendre en compte peut en revanche entraîner une saturation cognitive. Cette saturation cognitive a pour conséquence des effets négatifs sur l'efficacité décisionnelle (McKinney, 1993). Les 3 paramètres évoqués ici, qui sont la qualité des informations, la quantité des informations, et la contrainte temporelle, sont également très bien représentées dans **les sports collectifs**.

### **Le sport collectif, un contexte qui met à l'épreuve les processus décisionnels**

Qu'est-ce qui **différencie** la bonne **décision** de la mauvaise, et donc ce qui différencie le "bon décideur" du "mauvais décideur" dans l'action ? Qu'est-ce qui fait que Lionel Messi est un joueur réputé parmi les meilleurs du monde malgré des standards physiques en dessous de la moyenne (Memmert et al., 2013; Taelman, 2015) ? Qu'est-ce qui permet à un entraîneur de déterminer qu'un joueur peut être "meneur de jeu" ? Comment un joueur de sport collectif est-il capable d'anticiper la manière dont va se dérouler l'action suivante avant même qu'elle se passe ? Comment prendre en compte de multiples paramètres "en même temps" pour décider ? Voici des exemples de questions qui ont amené ce travail doctoral, et qui exposent en quoi les sports collectifs sont complexes. Ces différents questionnements expriment en tout cas que la prise de décision est un **facteur de performance en sport collectifs** (Gréhaigne et al., 2001). Plusieurs études ont d'ailleurs montré que les joueurs experts possédaient des mécanismes et processus leur permettant d'être plus efficaces que les novices dans les tâches décisionnelles (Raab & Johnson, 2007; Zoudji et al., 2002). Ces **différents processus** mis en jeu possèdent différents buts : 1) favoriser une prise d'information plus



pertinente (Abreu, 2014; Gréhaigine et al., 2011), 2) gagner du temps dans les décisions sous forte contrainte temporelle (Correia et al., 2012; Gréhaigine & Godbout, 1998; Vilar et al., 2013), 3) diminuer l'incertitude dans un environnement changeant (Garbarino et al., 2001). La notion de décision tactique prend alors toute son importance puisqu'elle doit être réalisée durant l'action (Gréhaigine et al., 2005; Mouchet, 2003), contrairement à la décision stratégique qui est plutôt prévue en amont de l'action (Garbarino et al., 2001; Gréhaigine, 1999; Mouchet, 2005).

La prise de décision en sport collectif apparaît donc **complexe**, notamment parce que le but du jeu est de prendre le dessus sur l'adversaire. Les nageurs ou sprinteurs ont une tâche peu complexe d'un point de vue cognitif puisqu'ils doivent se déplacer vite d'un point A à un point B. Les joueurs de sport collectifs quant à eux doivent évoluer sur un terrain souvent interpénétré (notamment en basketball, rugby, handball, football), se disputer le même média, et donc **interagir** entre eux et les uns contre les autres pour marquer plus de points/buts que l'adversaire (Kermarrec & Roure, 2016). Le sport collectif apparaît alors comme un terrain d'exploration très pertinent pour étudier la prise de décision (Bossard et al., 2010; A. M. Williams et al., 2004).

### **Problématique de recherche**

**L'intérêt de ce travail doctoral** se retrouve dans l'identification d'une part, des processus décisionnels qui conduisent à l'acte moteur dans un contexte donné, et d'autre part, à son lien avec la performance, qu'elle soit sportive ou non. Son objectif principal est donc **d'étudier la prise de décision dans un environnement complexe et dynamique**. Le joueur de champ au handball illustre particulièrement bien cet aspect, et nous en apportons les raisons dans la section n°3 du cadre théorique. Les capacités décisionnelles, de la part la complexité de l'activité, restent **difficiles à évaluer**. Tout d'abord, la décision dépend du rôle de la personne amenée à décider, que ce soit le joueur de champ, le gardien de but, l'entraîneur ou l'arbitre. Ensuite, la prise de décision est une thématique de plus en plus étudiée dans la littérature scientifique (Bossard & Kermarrec, 2011), et il convient de s'appuyer sur des approches ou modèles qui ont permis à plusieurs auteurs d'exposer des résultats très encourageants. Enfin, la décision étant prise dans un environnement complexe et dynamique, il apparaît indispensable d'envisager l'influence potentielle des contraintes liées au contexte, comme le temps ou la fatigue, et comment les athlètes experts sont efficaces sous contraintes. Nous cherchons donc à répondre à la question suivante : « **Comment évaluer les processus de prises de décisions en sport collectif, et investiguer les effets de l'expertise et de la fatigue sur ces processus ?** »

### **Organisation du document**

Ce document est constitué de trois parties chacune composée de plusieurs chapitres.

**La première partie** présente le cadre théorique général à travers trois chapitres.

Le premier chapitre s'intéresse aux approches théoriques utilisées dans la littérature pour étudier la prise de décision en sports collectifs. Les deux principales approches, l'approche cognitive et l'approche naturaliste, sont présentées, avec leurs intérêts et leurs limites.

Le second chapitre précise en quoi le sport collectif représente un contexte pertinent pour étudier la prise de décision. Ce contexte étant considéré comme dynamique et complexe, il met en avant la

nécessité pour ses acteurs d'interagir entre eux et les uns contre les autres. Ce second chapitre expose également les éléments qui composent la prise de décision, le rôle de l'expertise et les contraintes contextuelles susceptibles d'influencer la décision. Sont précisées également les modalités qui existent sur le terrain pour évaluer et améliorer la prise de décision des joueurs. Enfin, un dernier paragraphe permet de relever les axes de recherche qui mériteraient d'être développés dans ce domaine.

Le troisième chapitre expose les éléments de littérature en lien avec la prise de décision au handball. D'abord par la perspective de l'Éducation Physique et Sportive, puisque le handball est un sport scolaire souvent utilisé pour mettre en avant l'activité adaptative d'un individu en séance de sport. Les travaux d'entraîneurs experts de la Fédération Française de handball apportent un regard complémentaire à cela. Ensuite par une revue de littérature spécifique à la prise de décision du joueur de champ (publiée dans Sciences et Motricité). Les méthodes, les résultats, ainsi que les éléments de discussion y sont présentés dans la version publiée, c'est-à-dire en anglais.

**La deuxième partie** présente une série de six travaux expérimentaux.

Une introduction présente tout d'abord le contexte d'études, les objectifs et les hypothèses.

Ensuite, les travaux sont présentés en 2 chapitres. Tout d'abord les 4 études qui concernent l'évaluation de la prise de décision pour le joueur de champ, puis les 2 études qui évaluent cette prise de décision en situation de fatigue.

Les 3 premières études ont évalué les capacités cognitives et décisionnelles chez le joueur adulte masculin avec l'évaluation : 1) de fonctions exécutives ; 2) du temps de réponse non spécifique ; 3) du temps de réaction spécifique, 4) l'efficacité.

Une 4<sup>ème</sup> étude examine le temps de réaction spécifique et l'efficacité chez des adolescents, selon le même protocole que l'étude n°3.

La 5<sup>ème</sup> étude s'intéresse particulièrement au temps de réaction spécifique et à l'efficacité en situation de fatigue, engendrée par un exercice court et intense chez le joueur adulte.

La 6<sup>ème</sup> étude s'intéresse toujours au temps de réaction spécifique et à l'efficacité en situation de fatigue, mais cette fois engendrée par un stage de 2 jours chez l'adolescent.

**La troisième et dernière partie** présente la discussion générale et la conclusion de ce travail doctoral. Elle discute notamment l'évaluation de la prise de décision, ses modalités ainsi que ses avantages et ses limites. La relation entre la prise de décision et la fatigue est ensuite évoquée, en dégagant notamment plusieurs axes de recherches. Ensuite, une réflexion sur la généralisation des résultats et les implications théoriques est proposée. Puis nous apportons plusieurs implications pratiques en s'appuyant sur les différentes capacités sportives qui sont mobilisables pour améliorer les processus décisionnels. Enfin, la conclusion s'attache à recontextualiser la prise de décision dans le champ du sport et de la recherche pour émettre quelques perspectives.



# Partie 1 **Cadre théorique**

## **Présentation de la partie 1**

L'objectif principal de cette première partie est de délimiter le cadre théorique dans lequel s'inscrit ce travail doctoral. Cette partie s'attache avant tout à identifier à quoi correspond la prise de décision de manière générale, et plus particulièrement dans un environnement dynamique et complexe qui caractérise les sports collectifs. Nous présentons dans un premier temps les approches théoriques qui permettent d'étudier la prise de décision. Puis nous précisons le rôle joué par la prise de décision dans les sports collectifs et plus particulièrement au handball. Cette partie s'attache à décrire en quoi le l'aspect dynamique et complexe du contexte compétitif en sport collectif influence la prise de décision, notamment lorsque celle-ci est soumise aux contraintes contextuelles. L'ensemble des éléments apportés a pour but d'exposer les avancées théoriques permettant une meilleure compréhension des travaux expérimentaux engagés.

- 1** Les différentes approches pour étudier la prise de décision
- 2** La prise de décision en sport collectif : un environnement complexe et dynamique
- 3** L'étude de la prise de décision au handball



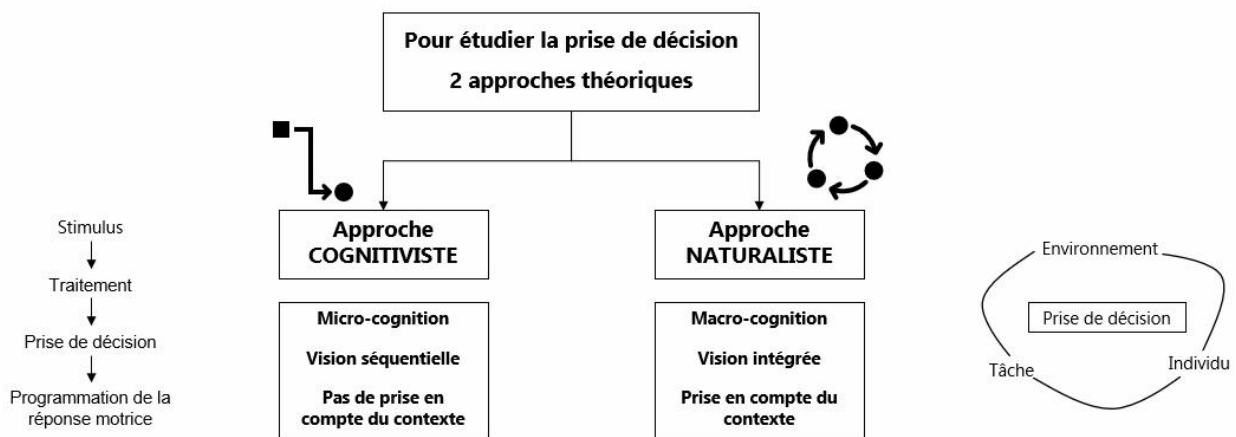
# 1. Les différentes approches théoriques pour étudier la prise de décision

## 1.1. Introduction

La prise de décision a été étudiée dans différents domaines comme l'armée (e.g, Kobus et al., 2001), le travail (e.g., Amalberti & Deblon., 2001), la médecine (Richardson, 2020), le management (e.g., Vaiman et al., 2012), le pilotage en avion (e.g., Schriver et al., 2008), la navigation en mer (e.g. Chauvin et al., 2013), ou le sport (e.g., Macquet, 2009). La diversité de ces domaines illustre à la fois la richesse et la complexité que représente l'étude de la prise de la décision. Les premières recherches sur cette thématique ont été intégrées au champ des sciences cognitives et sont intéressées à la **normalisation de la prise de décision**. Les études faisaient l'hypothèse qu'un sujet évaluait **toutes les options disponibles** pour choisir **la plus optimale**. Cette approche rationnelle fut remise en question, à partir des années 1980, par des études prenant en compte la limite de la rationalité dans la décision, la complexité des processus décisionnels ainsi que **le contexte** dans lequel ces processus décisionnels étaient mis en jeu (Guerra, 2014).

Depuis le début du 21ème siècle, les chercheurs s'accordent pour dire qu'il existe **deux principales approches théoriques (voir Figure 1)** permettant d'étudier la prise de décision et ses processus dans des situations dynamiques et complexes (Bossard & Kermarrec, 2011; Kobus et al., 2001; Macquet, 2016). L'approche la plus ancienne fut celle que l'on nomme **cognitiviste**. **L'approche cognitiviste** permet d'étudier la prise de décision de manière analytique, en décomposant les paramètres de la cognition, et s'intéresse à la micro-cognition (D. E. Klein et al., 2000). Elle donne une **vision séquentielle** de la cognition et de la prise de décision car elle dissocie la perception, la décision et sa mise en œuvre (Macquet, 2016). Elle est caractérisée par une absence de prise en compte du contexte. L'**approche** plus récente nommée **naturaliste** étudie quant à elle la manière dont le sujet analyse le contexte pour décider tout en prenant en compte sa complexité. Elle s'intéresse à la macro-cognition, définie comme la description des fonctions cognitives complexes utilisées dans un environnement réel (Klein 2000). Cette approche cherche à mettre en avant l'interaction entre le décideur et son environnement, grâce une à **vision intégrée** de la cognition. Voici une description de chacune de ces deux approches, avec leurs origines, leurs différents modèles théoriques et méthodes, ainsi que leurs apports et limites.

**Figure 1.** Symbolisation des deux approches théoriques.



## 1.2. L'approche cognitive

### Définition

L'approche cognitive s'appuie sur l'idée que l'être humain possède un fonctionnement cognitif rationnel et proche de celui d'un ordinateur. Autrement dit, le cerveau humain récupère un certain nombre de données en entrée, pour apporter une réponse motrice en sortie après différentes étapes d'analyse (Macquet, 2016; Temprado & Famose, 1993). L'approche cognitive s'appuie donc sur la théorie du **traitement de l'information** (Ripoll, 2004; Temprado & Famose, 1993) et sur une vision séquentielle de la cognition (Macquet, 2016). Les informations sont perçues au départ par des capteurs sensoriels, puis analysées grâce à des processus cognitifs et des systèmes mnémoriques (Schmidt & Lee, 2005). L'individu est considéré comme un acteur rationnel qui évalue les différentes possibilités afin de maximiser son comportement (Macquet & Fleurance, 2006).

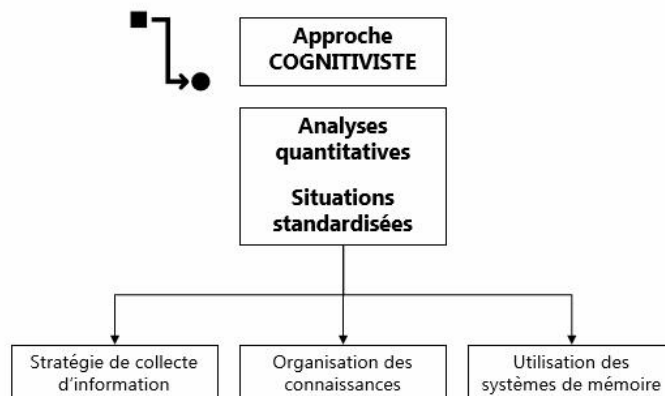
Les premiers modèles développés par Welford en 1968, puis par Theios en 1975, sont très caractéristiques de cette approche (Ripoll, 2004). Le modèle de Welford était constitué de trois étapes. À partir de l'entrée sensorielle, se succédaient le stade perceptif, le stade décisionnel et le stade moteur. Le modèle de Theios était lui constitué de cinq étapes : 1-entrée sensorielle (information) et codage de l'information, 2- identification du stimulus, 3- recherche en mémoire de la réponse appropriée, 4- organisation et programmation de la réponse motrice, 5- transmission des informations et exécution de la réponse motrice.

### Méthodes

L'approche cognitive étudie **les processus et les compétences** spécifiques qu'un sujet, exposé à différents stimuli, utilise pour évaluer une situation et prendre une décision (Lex et al., 2015). Trois principales compétences sont étudiées avec cette approche (**Voir Figure 2**) : **1)** les stratégies qui permettent de **collecter des informations** dans l'environnement, **2)** l'organisation des **connaissances** mobilisées par le sujet, **3)** les systèmes de **mémoire** impliqués (Bossard & Kermarrec, 2011). Les variables sont examinées dans des **situations standardisées**, ce qui permet de les

contrôler et de reproduire plus facilement les expérimentations. Les analyses sont principalement **quantitatives**, et permettent une validation interne des résultats. Trois types de méthodes sont utilisés. Les méthodes implicites qui impliquent des tâches de reconnaissance (le sujet doit reconnaître une situation qu'il connaît déjà et identifier au plus vite la bonne décision), ou des tâches de rappel (le sujet doit retrouver rapidement un élément dans l'environnement qui a été déplacé ou modifié) (McMorris & Beazeley, 1996). Les méthodes explicites interrogent les sujets et les invitent à verbaliser ce qu'ils décident dans une situation donnée (McPherson & Vickers, 2004). Enfin, les tâches perceptives utilisent des techniques d'occlusion (une partie des informations est masquée) ou de suivi du regard (A. M. Williams et al., 2004).

**Figure 2.** Représentation des méthodes utilisées par l'approche cognitive



## Apports

L'approche cognitive permet la collecte de mesures objectives sur la perception et les compétences décisionnelles. Ces mesures sont souvent réalisées en comparant les experts d'une discipline et une population novice, l'**expert** étant considéré comme un **modèle de performance** (Macquet, 2016). Que ce soit dans la collecte d'informations, l'organisation des connaissances ou les systèmes mnémoniques, les études s'accordent pour dire que **les experts sont plus efficaces**.

D'un point de vue individuel, les experts possèdent plus de connaissances sur l'activité et sur les méthodes favorisant leur réussite (Del Villar et al., 2004). Ces connaissances sont globalement mieux structurées dans le cerveau et entre les joueurs, ce qui leur permet de les mobiliser plus rapidement et plus facilement (Fruchart et al., 2010; McPherson & Vickers, 2004; Yaaron et al., 1997). Ensuite, les experts s'adaptent plus vite aux situations grâce à un système mnémonique efficace, mais principalement lorsque les situations sont structurées (Garland & Barry, 1991a; A. M. Williams & Davids, 1995; Zoudji et al., 2002). Enfin, les experts sont **plus rapides et plus précis** dans la prise d'information (Macquet & Fleurance, 2006; A. M. Williams & Ward, 2007). La revue de littérature proposée par Bossard et Kermarrec (2011) met en avant ces différentes contributions de l'approche cognitive.

Par ailleurs, les différentes études utilisant cette approche ont permis de distinguer les capacités mises en jeu lors d'une prise de décision. Elles ont en l'occurrence révélé que **l'attention et**



**l'anticipation** jouaient un **rôle majeur** dans la performance en sport collectif. Les experts sont capables de focaliser leur attention sur les éléments les plus importants, ce qui leur permet d'anticiper davantage les actions à venir.

### **Limites**

Les différents auteurs mettent en lumière deux principales limites. Tout d'abord, le besoin de contrôler les différents paramètres évalués oblige à **simplifier le contexte** dans lequel la décision est prise (Bossard & Kermarrec, 2011; Macquet & Fleurance, 2006; Raab et al., 2019). Et pourtant, les situations dans lesquelles les décisions sont prises sont souvent complexes (voir le prochain chapitre), caractérisé notamment par la contrainte temporelle (Bossard et al., 2010; Macquet & Fleurance, 2007; Triolet et al., 2013). Un joueur de sport collectif a parfois peu de temps pour décider et agir. Cela signifie qu'il doit, pour gagner en efficacité, anticiper ses actions et peut-être même les automatiser (Macquet & Fleurance, 2007; Raab, 2003a). Ensuite, les conditions d'évaluation de la prise de décision font souvent **abstraction de l'interaction** entre le sujet et son environnement. Il persiste donc un décalage entre la situation vécue en condition de laboratoire et celle vécue en situation réelle. Ces deux arguments principaux ont été utilisés pour développer l'approche naturaliste, qui permet une évaluation de la prise de décision dans des conditions davantage écologiques.

## 1.3. L'approche naturaliste

### **Définition**

L'approche naturaliste est plus récente et cherche à prendre en compte le contexte dans lequel la décision est prise, ainsi que les interactions entre les acteurs. Le contexte correspond aux circonstances et aux conditions de production d'une action (Leplat, 2000). Il possède donc un lien fort avec la décision qui y est prise car il lui donne du sens. Les auteurs utilisant l'approche naturaliste ont adopté un point de vue dans lequel l'activité d'un sujet devait être **étudiée dans son contexte réel**. Dans l'approche naturaliste, il ne s'agit pas d'étudier de manière isolée un élément de la prise de décision, mais plutôt de considérer l'activité du sujet comme **un tout englobant et évolutif** (Macquet & Fleurance, 2006). Elle cherche à étudier les processus perceptifs, cognitifs et sociaux dans le cadre d'un couplage entre la perception du sujet et l'action (Gibson, 1977). Autrement dit, l'action et la perception évoluent dans le même mouvement. L'analyse porte sur des sujets ayant pour but l'obtention de comportements satisfaisants.

Les chercheurs se réclamant de cette approche considèrent que les experts confrontés à une situation dynamique font appel principalement à leur expérience pour prendre des décisions sous contraintes. En fonction des caractéristiques de la situation et des contraintes associées, l'expert est capable de reconnaître la typologie de la situation et d'y associer une réponse adaptée. Il y a donc peu de comparaison entre les différentes options possibles, ce qui permet une accélération du processus décisionnel (Bossard, 2008). L'approche naturaliste permet donc de mettre en avant les processus décisionnels mobilisés par les experts dans des situations dynamiques et complexes.

## Méthodes

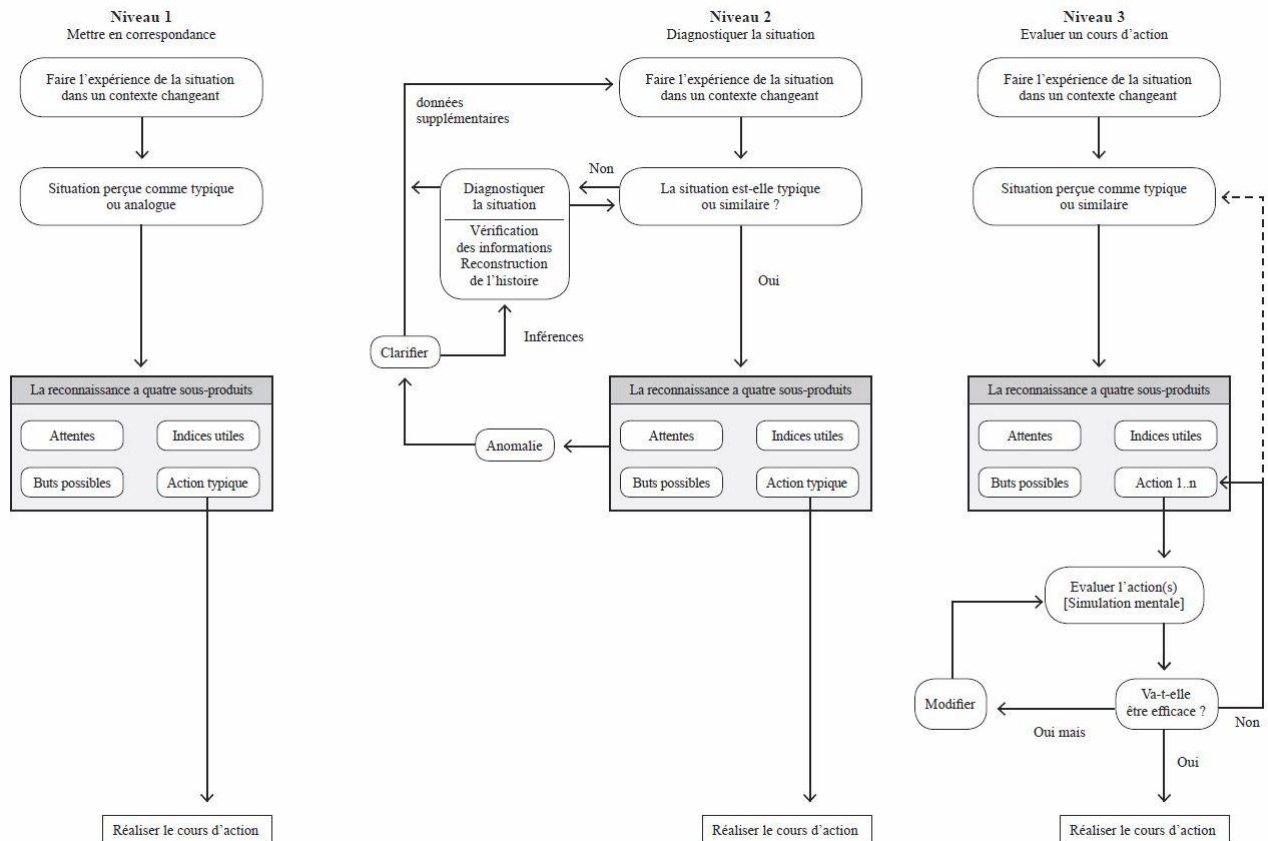
L'approche naturaliste s'appuie sur **deux courants principaux (voir Figure 4)** : d'une part, les approches psycho phénoménologique et **sémiologique** (Theureau, 1992; Vermersch, 2000), et d'autre part, le courant **Naturalistic Decision Making** (NDM) qui s'appuie sur des modèles théoriques (De Keukelaere et al., 2013; G. A. Klein & Zsombok, 1997). Les approches psycho phénoménologique et sémiologique sont très proches et sont basées sur la théorie de l'action située (Suchman, 1987) et le concept du cours d'action. Le cours d'action correspond à une chaîne d'activités qui ont du sens pour l'acteur (Theureau, 1992). Les chercheurs se réclamant de l'approche NDM ont principalement mobilisé **deux modèles théoriques** pour étudier la prise de décision d'un sujet : le modèle de reconnaissance première (Recognition Primed Decision, RPD) (G. A. Klein & Zsombok, 1997) et celui de la conscience de la situation (situation awareness, SA) (Endsley, 1995).

**Le modèle RPD** est fondé sur le principe de **processus de reconnaissance** de la situation courante. Selon ce modèle, les experts génèrent et évaluent des options de façon séquentielle. Ce processus de reconnaissance s'appuie sur trois modalités, toutes associées à l'expertise (Bossard & Kermarrec, 2011; G. A. Klein, 1997) (**voir Figure 3**).

- 1) La première modalité correspond à une mise en correspondance des informations perçues dans l'environnement et des éléments stockés et structurés dans la mémoire. L'expert réagit rapidement à une situation qu'il reconnaît, qualifiée alors comme typique. Cette modalité, nommée « simple correspondance » est privilégiée par les experts lorsque la contrainte temporelle est forte.
- 2) La seconde modalité est utilisée par l'expert lorsque la situation courante n'est pas typique ou qu'elle présente des incohérences ou des anomalies. Il cherche alors à diagnostiquer cette situation pour identifier des similitudes avec une situation connue et ancrée dans sa mémoire. Cela lui permet de mettre en œuvre un comportement adapté. Cette seconde modalité est privilégiée par les experts lorsqu'ils disposent de temps pour décider.
- 3) La troisième modalité est utilisée lorsque la situation est typique mais nouvelle ou avec une dynamique inhabituelle. Cela oblige l'expert à se représenter mentalement l'action la plus appropriée en fonction des contraintes qu'il évalue. Cette modalité est plus longue que la première car elle nécessite une compréhension de la situation.

Dans ces trois modalités, la reconnaissance de la situation s'effectue à partir de quatre variables (ou sous-produits), que sont les attentes de résultats, les indices pertinents, les cours d'actions typiques, ainsi que les buts plausibles.

**Figure 3.** Le modèle RPD (tiré de Macquet, 2016)

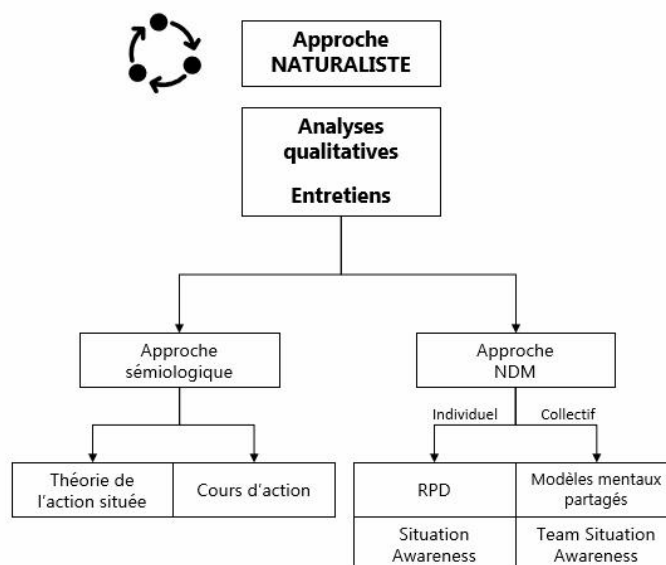


**Le modèle SA** renvoie plutôt à un concept de **représentation globale de la situation** qui permet à l'expert de comprendre la situation et d'y agir efficacement (Macquet, 2016). Pour cela, il cherche à prendre en compte les éléments essentiels dans l'environnement pendant que l'action se déroule. Le modèle SA s'appuie sur une manipulation par la mémoire de schémas et structures mentaux. Ces schémas et structures sont basés sur des connaissances et des habiletés permettant de comprendre quoi faire et comment faire dans la situation vécue.

D'autre part, **l'activité collective** peut également être étudiée à travers le modèle de la conscience collective de la situation (Team Situation Awareness, TSA) (Endsley & Jones, 2001), et celui des modèles mentaux partagés (MMP) (Mathieu et al., 2000). Le modèle TSA permet de mesurer l'articulation des représentations de la situation de chaque individu à l'intérieur d'un groupe. La conscience collective peut être présentée par une chaîne d'informations partagées entre les membres de ce groupe. Le modèle MMP permet d'évaluer les connaissances construites par les membres d'une équipe au cours de leurs expériences et interactions passées. Il permet de comprendre comment les membres d'une équipe coordonnent leurs actions et la compréhension qu'ils ont de ces actions.

Ces différents courants utilisent principalement des **méthodes qualitatives** qui intègrent des **entretiens d'explicitation** (Vermersch, 2018) ou **d'auto-confrontation** (Lyle, 2003). Ces méthodes permettent de donner aux résultats une validité externe. Elles sont réalisées à partir d'enregistrements vidéo et ont pour but de faire décrire et expliquer aux sujets leurs pensées et ressentis dans le cours d'action. Ils sont invités à traduire **la manière dont ils ont vécu la situation compétitive**. Ce qui différencie ces différents courants, ce sont surtout la manière dont est guidée l'interview et l'analyse des données qui en est faite. L'approche sémiologique s'appuie sur un recueil des informations transmises par le sujet, qui sont ensuite triées par thématique (Lenzen et al., 2009). Il n'existe pas de cadre théorique de la prise de décision, et toutes les données émergent selon les caractéristiques du sujet dans son interaction avec l'environnement. En revanche, le courant NDM s'appuie sur une modélisation théorique. Par exemple, le modèle RPD cherche à relever quatre types d'informations prétriées: les attentes de résultats, les indices pertinents, les actions typiques et les buts plausibles (G. A. Klein & Zsombok, 1997). Le modèle de la conscience de la situation est quant à lui organisé en trois étapes, avec d'abord un état des lieux des éléments pertinents de l'environnement, puis une compréhension de la situation courante, et enfin une prédiction de l'état futur du système (Endsley, 1995).

**Figure 4.** Représentation des méthodes utilisées par l'approche naturaliste



## Apports

L'intérêt principal des approches est de mettre en avant la manière dont les experts prennent des **décisions efficaces sous forte contrainte temporelle**. Ils utilisent des processus combinant la perception et la reconnaissance dans une situation, mais aussi la simulation mentale de l'évolution de cette situation (Bossard & Kermarrec, 2011). Les différentes études utilisant l'approche naturaliste ont permis de montrer que les experts étaient capables de **reconnaître plus facilement et plus rapidement les situations**, en prenant en compte une plus **grande diversité d'éléments** (score,

actions des partenaires et adversaires, trajectoire du média...) (Bossard & Kermarrec, 2011; Lenzen et al., 2009; Macquet & Fleurance, 2006). D'autre part, les travaux réalisés à partir du modèle RPD ont révélé que l'expert développait trois types de stratégies décisionnelles **en fonction de la complexité de la situation** et du temps dont ils disposaient (G. A. Klein & Zsombok, 1997). Dans une situation peu complexe, ou avec peu de temps, l'expert reconnaît la situation de manière simple et enclenche le cours d'action adéquat pour répondre à la problématique identifiée. Lorsque la situation est plus complexe ou avec plus de temps, l'expert reconnaît la situation et réalise un état des lieux interne pour comparer cette situation à des schémas enregistrés dans de précédentes expérimentations. Le cours d'action est alors enclenché en fonction de cette comparaison. Enfin, si la situation n'est pas reconnue car trop complexe ou trop nouvelle, la situation est réévaluée, ce qui prend du temps, ou un autre cours d'action est engagé (Debanne, 2014). Également, Mouchet & Bouthier (2006) ont montré que les prises de décisions s'appuyaient sur des structures d'arrière-plan issues des expériences, ainsi que des croyances sur les partenaires et adversaires. Autrement dit, les experts associent leurs expériences vécues et les éléments qu'ils perçoivent pertinents dans la situation vécue pour engager une action. D'un point de vue collectif, les experts s'appuient sur un plan collectif préétabli qui favorise une coordination de leurs actions (Bourbousson et al., 2008).

L'ensemble de ces travaux a montré que la prise de décision chez les experts s'appuyait sur une reconnaissance de la situation, aussi bien dans son organisation que dans les éléments significatifs à prendre en compte. Ils ont fait émerger l'idée que ces experts pouvaient **décider pendant qu'une action se déroule** et sous forte contrainte temporelle, ce qui les amènerait à prendre des décisions intuitives (Laborde & Raab, 2013). Ces décisions étant intuitives, elles sont plus rapides que lors de décisions délibérées, mais également plus efficaces (Raab & Laborde, 2011). Les auteurs associent la décision intuitive à un processus automatisé de recherche d'information et à un mécanisme émotionnel préférentiel (Plessner et al., 2008).

### **Limites**

La prise en compte du contexte et la volonté de considérer la prise de décision dans son interaction avec l'environnement permettent une étude globale. Par conséquent, les **processus cognitifs** engagés lors d'une prise de décision sont **indissociables** (Bossard & Kermarrec, 2011). La subjectivité des propos retranscrits par les sujets ne permet pas toujours de **distinguer les mécanismes et procédures** utilisés pour décider en situation, aussi bien pour les aspects individuels que les aspects collectifs (Johnson & Raab, 2003; Macquet, 2009; Raab et al., 2009). D'autre part, les études étant menées principalement chez des experts, **l'acquisition des compétences de reconnaissance** apparaît **difficile à identifier** (Bossard & Kermarrec, 2011). Enfin, la petite quantité de sujets étudiés limite la possibilité de généraliser les conclusions (De Keukelaere et al., 2014; Lenzen et al., 2009)

**Résumé :**

Le sport collectif n'est pas le premier domaine pour lequel la prise de décision a été étudiée. Elle tient une place prépondérante dans les champs militaires, médicaux ou managériaux. Les premières études ont d'abord cherché à normaliser la prise de décision. Elles ont permis de mettre en avant une première approche théorique nommée cognitive. Cette approche décompose les paramètres de la décision et donne une vision séquentielle de celle-ci. L'approche cognitive s'appuie principalement sur des méthodes quantitatives permettant de mesurer des capacités cognitives telles que l'anticipation, la perception, ou l'attention. Les situations y sont standardisées pour permettre une validation interne des résultats. C'est d'ailleurs cette approche qui a permis de montrer que les experts étaient plus efficaces dans les prises de décisions, notamment grâce à une prise d'informations plus précise et plus rapide que les novices. Cependant l'approche cognitive s'appuie sur une simplification du contexte, ce qui limite la prise en compte de sa complexité et surtout de ses aspects évolutif et interactif.

Une deuxième approche appelée naturaliste a donc émergé pour étudier la prise de décision de manière plus globale dans son contexte réel. Plusieurs courants et modèles théoriques composent l'approche naturaliste. Globalement, l'étude de la prise de décision se fait grâce à des entretiens d'explicitation et d'auto-confrontation permettant de traduire les processus décisionnels des experts. L'approche naturaliste a permis d'identifier que le processus décisionnel était simplifié sous forte contrainte temporelle. Les experts s'appuient alors sur une reconnaissance plus pointue de la situation grâce à la mobilisation de connaissances spécifiques et leur expérience. La principale limite de l'approche naturaliste concerne la difficulté à dissocier les processus cognitifs impliqués dans la prise de décision. La nécessité d'étudier la prise de décision dans sa globalité rend plus difficile la distinction des mécanismes et procédures permettant décider en situation.



## 2. La prise de décision en sport collectif : un environnement complexe et dynamique

### 2.1. Décider pour agir dans un environnement complexe et dynamique

La prise de décision a longtemps été étudiée de manière analytique comme une **réponse à un signal** (McMorris, 2004b; Tenenbaum et al., 1993). Prendre une décision dans le contexte sportif, c'est analyser un ou plusieurs signaux pour engager un acte moteur ou au contraire le freiner (Verburgh et al., 2014; Yates & Tschirhart, 2006). La prise de décision est alors considérée comme un **processus de traitement de l'information** (Schmidt & Lee, 2005; A. M. Williams & Ward, 2007). Cependant, analyser une décision prise dans un environnement changeant, instable et incertain ne peut omettre l'interaction de cette décision avec cet environnement comme le suggèrent certains auteurs (Araújo et al., 2006). Il apparaît alors pertinent d'envisager la décision de manière plus globale, comme étant réalisée dans le cours d'une action à visée de performance (Macquet & Fleurance, 2006). La **notion d'activité** apparaît alors et permet de prendre en compte le contexte dans lequel la décision est prise (Bedny & Karwowski, 2001; Gréhaigne et al., 2005). Dans cette perspective, plusieurs courants dits "naturalistes" associent la décision à un processus d'adaptation à la situation courante (Ross et al., 2006). Dans le même ordre d'idées, certaines études associent la perception et l'action pour identifier par exemple la nature et la fréquence de l'anticipation des actions en tennis (Triolet et al., 2013), ou alors pour définir le rôle de la perception dans la performance en sport (A. M. Williams et al., 1999). Cette approche apparaît intéressante pour étudier la **complexité** de la prise de décision. Par exemple, Williams et coll. (1999) ont considéré que la capacité à prélever les bonnes informations était liée au succès dans le sport. De plus, Le Runigo, Benguigui and Bardy (2005) ont révélé que des joueurs de tennis experts possédaient une plus grande capacité à optimiser ce **couplage entre la perception et l'action** en comparaison de novices. En sport collectif, ce lien entre la perception et l'action est parfois étudié grâce à l'analyse du regard et des informations sur lesquelles portent ce regard (McGuckian et al., 2018; McPherson & Vickers, 2004). On retrouve d'ailleurs une **supériorité des athlètes experts** lorsque la perception et l'acte moteur sont évalués et associés (L. Fischer et al., 2015). En résumé, la prise de décision correspond à tout ce qui permet à l'athlète d'agir à l'intérieur d'un environnement qu'il maîtrise plus ou moins bien, cet environnement étant dynamique et complexe (**voir Figure 5**). Ces 2 caractéristiques font du sport collectif un terrain d'exploration très pertinent pour étudier la prise de décision (Bossard et al., 2010; A. M. Williams et al., 2004).

#### **Pourquoi parler d'environnement complexe ?**

La complexité d'un environnement peut se mesurer à travers cinq aspects (D. E. Klein et al., 2000; G. A. Klein & Zsombok, 1993) : 1) La multiplicité des buts, 2) la difficulté à prélever des informations pertinentes, 3) l'incertitude liée à l'action, 4) l'influence du contexte, 5) l'influence de l'activité collective. Premièrement, les deux équipes qui s'opposent ont forcément des **buts contradictoires**, et leurs joueurs entreprennent des actions qui cherchent à annihiler les intentions de leurs



adversaires. En revanche, les joueurs d'une même équipe ont un but commun (gagner), même s'ils peuvent avoir des buts individuels divergents (se mettre en valeur en tant qu'individu, ou agir de manière différente sur le jeu). La multiplicité de buts évoquée caractérise fortement l'interactivité des joueurs en compétition, qui oblige les joueurs, pour décider, à **prendre en compte** des intentions variées et une quantité d'**informations** importante. Ces informations concernent les actions des partenaires, celles des adversaires ou l'impact de leur propre action sur les autres joueurs. La complexité se traduit alors par la difficulté à identifier les informations **les plus pertinentes**, alors que celles-ci ne sont pas toujours complètes ou adaptées (Abreu, 2014; Gréhaigne et al., 2011). Par ailleurs, la complexité de la situation compétitive se mesure par son **incertitude**. En effet, l'environnement est changeant (Garbarino et al., 2001) et évolue rapidement, ce qui oblige à prendre une décision dans un temps plus court. Cet aspect complexifie réellement la prise de décision si le joueur souhaite conserver de l'efficacité (Vickers et al., 2004).

D'autre part, la décision en sports collectifs est caractérisée par le **contexte** dans lequel elle est prise. Le contexte peut être défini par l'enjeu du match, le score au moment d'une décision, le lieu ou encore la stratégie collective (Debanne & Laffaye, 2017; Rulence-Pâques et al., 2005). L'aspect de stratégie collective n'est d'ailleurs pas à négliger puisqu'elle permet de définir la performance collective comme une coordination d'actions entre partenaires (Salas et al., 2006). L'activité cognitive collective n'est pas la somme des activités individuelles mais une activité coordonnée (Eccles & Tenenbaum, 2004). Les actions des partenaires influent sur l'environnement (par exemple, un partenaire qui attire l'attention d'un défenseur en courant dans son dos), ce qui nécessite, pour être performant, de coordonner ses actions. Cette coordination est réalisée soit de manière préétablie grâce à un référentiel commun (Cannon-Bowers et al., 1993; Ward & Eccles, 2006), soit dans le cours d'action grâce à des connaissances partagées (Bourbousson et al., 2015; Sève et al., 2009).

### **Pourquoi parler d'environnement dynamique ?**

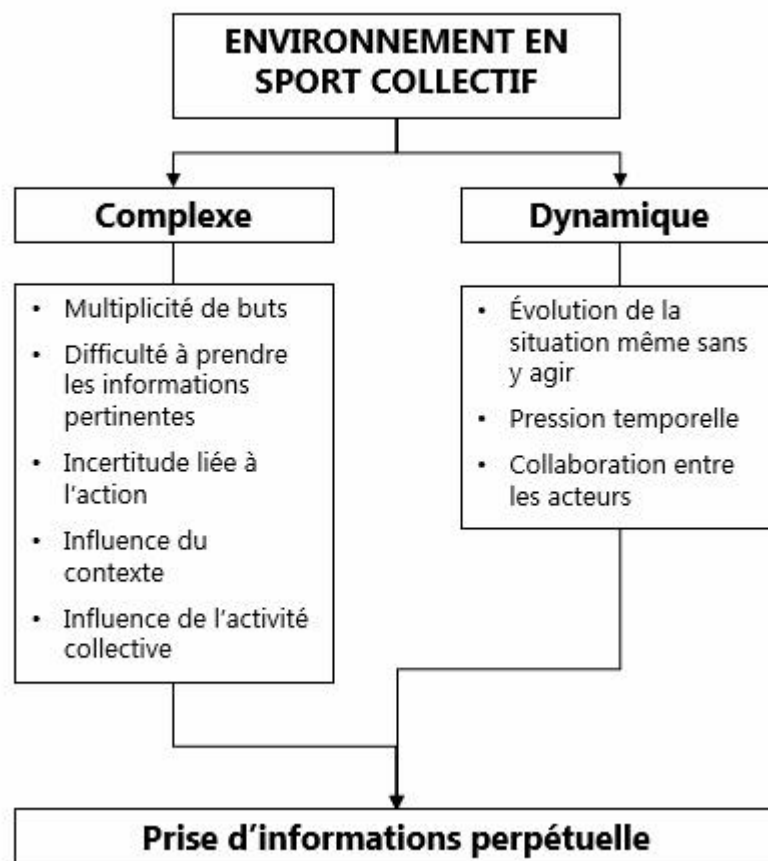
L'aspect dynamique d'un environnement se caractérise en trois points : 1) l'évolution de la situation malgré l'absence d'action de l'acteur observé, 2) la contrainte temporelle, 3) la collaboration entre les acteurs d'une même équipe. En effet, une situation est considérée comme dynamique lorsqu'elle **possède sa propre cinétique**. Même lorsque l'acteur observé n'agit pas, le déplacement du média et les actions des autres acteurs font évoluer l'organisation globale de cette même situation (les espaces se rétrécissent, la densité de joueurs augmente, la difficulté grandit...) (Debanne, 2014). Également, la vitesse d'évolution est un des éléments permettant de caractériser une situation dynamique, et elle peut être grande en sport collectif. Cet aspect a pour conséquence un besoin de décider rapidement pour les joueurs, notamment parce que l'efficacité de la décision se mesure très rapidement (but marqué ou encaissé, perte de balle...). Le joueur doit donc, dans un délai très court, **décider** de l'action la plus appropriée dans un contexte compétitif et concurrentiel.

L'aspect dynamique est donc aussi fortement lié à la **contrainte temporelle** exercée d'abord par les règles du jeu. Elles imposent aux joueurs des contraintes d'espace, de temps et réglementaires. Par exemple, les joueurs de volleyball ou de football ne peuvent pas contrôler complètement le ballon, ce qui les oblige à faire un choix rapide pour éviter de faire une faute ou que l'adversaire ne

s’empare du ballon. Les joueurs de basketball ont quant à eux une limite de temps pour tirer au panier. La contrainte temporelle est aussi exercée par le jeu lui-même et les adversaires (Correia et al., 2012; Gréhaigne & Godbout, 1998; Vilar et al., 2013). Plus les joueurs se rapprochent de la cible, et plus la contrainte ressentie est forte, incitant une décision rapide et simple (Bossard et al., 2010). Cette contrainte temporelle impose un **renouvellement perpétuel** de la prise d’informations pour ajuster ses propres actions et décisions (McMorris, 2004b).

Enfin, les sports collectifs sont considérés comme des environnements **dynamiques et collaboratifs** (Bossard, 2008; Debanne, 2014) parce que les acteurs d’une même équipe doivent **coordonner leurs actions** pour atteindre un **but commun** dans l’adversité. La notion de situation dynamique et collaborative implique une forte relation entre l’acteur, l’action et ses effets, signifiant que la prise de décision doit être envisagée aussi bien sur les plans individuel que collectif (Bossard, 2008; Cannon-Bowers et al., 1996; Gutwin & Greenberg, 2005; Hoc, 2001).

**Figure 5.** Synthèse des caractéristiques de l’environnement complexe et dynamique en sport collectif.



## 2.2. Composantes de la décision en sport collectif

Dans la précédente section, nous avons expliqué pourquoi il apparaissait nécessaire de considérer la décision dans son environnement, défini comme complexe et dynamique. Cet environnement possède également des caractéristiques concurrentielles dans la mesure où les équipes possèdent des intentions opposées pour prendre le dessus sur l'autre. Nous avons donc apporté plusieurs indications sur l'approche intellectuelle à envisager, et il apparaît pertinent de préciser ce qui compose la prise de décision (**voir Figure 6**).

Dans la littérature en sciences du sport, la notion de "décision tactique" est souvent évoquée et renvoie à des **choix durant l'action** (Kermarrec & Roure, 2016). On peut la distinguer de la décision stratégique qui correspond à des choix anticipés et programmés (Gréhaigne, Godbout, & Bouthier, 2001). La décision tactique est souvent associée à la notion d'intelligence tactique (Mouchet, 2014), définie comme la capacité à déterminer ce que l'opposition fait ou pourrait faire, pour empêcher l'accomplissement de la tâche. Ces différents éléments de définition permettent de donner à la prise de décision une dimension : 1) **temporelle**, puisque le choix est effectué dans le courant de l'action et non préparé ou programmé, 2) **prédictive**, puisque l'athlète doit être en mesure d'anticiper ce que l'adversaire va faire ou pourrait faire.

Par ailleurs, Bar-Eli, Plessner and Raab (2011) ont quant à eux associé la prise de décision à la notion de jugement. Ils ont alors considéré trois principales composantes : la perception, le savoir et le choix. **La perception** est souvent étudiée dans les sports collectifs pour comprendre ce que regarde l'athlète dans son action pour décider, et comment il le regarde (durée, quantité etc.). Pour cela, les auteurs utilisent des méthodes d'analyse du regard. Ensuite, les auteurs évoquent **le savoir**, qui permet d'étudier sur quoi s'appuie un athlète pour reconnaître ce qu'il y a autour de lui. L'athlète doit souvent retrouver un élément qui a bougé ou évolué dans un environnement instable, comme le ballon, ou un adversaire. Les auteurs utilisent souvent des tâches de rappel et de reconnaissance pour étudier cet aspect. Enfin, Bar-Eli et collaborateurs (2011) parlent de **choix** pour évoquer le fait que l'athlète de sport collectif dispose de plusieurs possibilités lors d'une action. Dans cette action, il doit opter pour l'option qui lui paraît la meilleure, le tout avec des contraintes spatio-temporelles importantes. Cette approche est très intéressante pour associer la prise de décision à la notion de choix, en fonction de ce que l'on connaît et voit.

Mc Morris, (2004b), définit la prise de décision comme la manière dont on utilise la perception et l'expérience pour déterminer l'action à prendre dans une situation donnée. Il confirme l'idée que la prise de décision nécessite une **prise d'information** efficace, mais aussi qu'elle doit s'appuyer sur **l'expérience** engrangée durant ses années de pratique sportive. Ces éléments sont intéressants pour dire que prendre une décision c'est mobiliser des capacités cognitives telles que la mémoire et l'attention. De plus, l'auteur ajoute une dimension pertinente à la prise de décision en évoquant la notion de **processus**. Il parle même de processus hiérarchique dans lequel l'athlète doit répondre (dans sa tête) à plusieurs questions en fonction des informations dont il dispose. Il confirme donc que la prise de décision est associée à un enchaînement de questions, qui conduisent à la **génération** d'une ou plusieurs **options** en fonction du contexte.

**Pour résumer**, et en s'appuyant sur les travaux de Bossard et Kermarrec (2011), trois éléments apparaissent pertinents pour définir la prise de décision tactique en sport collectif : 1) la capacité à percevoir les indices pertinents dans l'environnement pour gagner du temps, 2) la capacité à mobiliser ses connaissances pour analyser ce qui est perçu, 3) la capacité de se souvenir de ce qui a été vécu pour prédire l'évolution potentielle de la situation. Lorsque l'on évoque ces trois éléments, cela met en exergue que la prise de décision est complexe, et qu'elle est forcément **associée au contexte** dans laquelle elle est prise. Un joueur de football ne peut, dans la plupart des cas, envisager son choix qu'en prenant en compte uniquement ce qu'il aime faire ou ce qu'il fait à l'entraînement. L'adversaire lui impose des contraintes qui engendrent forcément une adaptation de ses actions et de sa propre activité.

**Figure 6.** Synthèse des composantes d'une prise de décision.



### 2.3. Lien entre expertise et prise de décision en sport collectif

Avant d'exposer le lien entre expertise et prise de décision, il nous paraît important de **préciser** ce que l'on appelle **expertise**. En l'occurrence, il existe énormément de confusion et de mélanges, à la fois dans le vocabulaire courant des acteurs du monde du sport, mais aussi dans la littérature. A partir de quand devient-on expert ? Existe-t-il un niveau minimum pour être expert ? Est-ce que tous les sports peuvent être évalués de la même manière en termes de niveau ? Est-ce qu'être expert signifie appartenir à l'élite ? Quel est le lien entre expertise et expérience ? Quelques éléments permettent d'appréhender un peu mieux la définition de l'expertise dans un premier paragraphe. Ensuite, le second paragraphe s'intéresse au lien entre expertise et prise de décision.

#### **Définition de l'expertise**

Le Larousse nous indique qu'un expert est une personne spécialiste dans un domaine en particulier, pour lequel elle est en mesure d'avoir un avis. Dans une étude régulièrement citée autour de l'expertise avec des violonistes, Ericsson, Krampe et Tesch-Römer (1993) ont associé à l'expertise trois critères : 1) la performance doit être constamment supérieure à celles d'autres experts, 2) l'expertise doit être liée à la production de résultats concrets, 3) la performance doit être mesurable en laboratoire. Cela signifie que l'expertise peut être associée à la notion de **performance** régulière et

élevée. D'autre part, Ericsson et collaborateurs (1993) ont également constaté qu'il fallait environ 10 000 heures et au moins 10 ans pour que les violonistes les plus talentueux remportent des compétitions internationales. Ceci représente quand même presque 3 heures de pratique par jour en moyenne ! Donc par déduction, un deuxième élément permet de définir l'expertise : l'**expérience** ou la quantité de pratique.

De manière plus récente et plus spécifique (dans le sport), Swann, Moran et Piggott (2015) ont réalisé une revue de littérature pour examiner les populations associées à l'expertise. En l'occurrence, les populations dénommées expertes correspondent à des niveaux allant de champions olympiques à sportifs régionaux. Pour synthétiser ces données, les auteurs ont proposé un modèle en définissant 4 niveaux d'expertise, allant du niveau régional au niveau international et Olympique (**voir tableau 1**). Ces 4 niveaux forment un continuum de l'expertise, ou un processus d'adaptation à long terme (Ericsson et al., 1993), permettant d'identifier plusieurs critères de l'expertise. On retrouve notamment la durée de pratique à son meilleur niveau, le niveau standard de performance ou la place du sport pratiqué par rapport aux autres sports. Ces critères sont intéressants pour justifier dans quelle mesure un athlète peut être qualifié d'expert par rapport à un novice ou un non sportif. Enfin, ce modèle permet de mettre en avant que l'expertise est en perpétuelle évolution, et qu'un athlète peut devenir plus expert qu'il ne l'était auparavant. L'expertise est donc associée à la notion de **compétence**.

Parmi ces trois principaux éléments associés à l'expertise, il apparaît intéressant d'étudier plus particulièrement l'expérience et le rôle de la pratique délibérée (Ericsson et al., 1993). En effet, cet aspect est souvent examiné pour mettre en avant le développement de l'expertise en sport et notamment en sport collectif. Plusieurs études ont montré que les échantillons d'experts étaient associés à un **plus grand nombre d'années de pratique spécifique** (liée au sport concerné) que les échantillons avec lesquels ils étaient comparés (Côté et al., 2007; Zwierko et al., 2014). Plus particulièrement, Baker, Côté et Abernethy (2003) ont considéré qu'il était nécessaire d'avoir une pratique délibérée dans un sport depuis **au moins de 10 ans** pour rentrer dans la catégorie "expert". Pour les sports collectifs de ballon, **13 ans et 4000 heures** de pratique spécifique seraient nécessaires pour devenir expert et atteindre le niveau international. Les auteurs ont ajouté que la pratique d'activités sportives diversifiées (autre que l'entraînement spécifique) pouvait être pertinente pour développer la prise de décision chez des joueurs experts (Baker et al., 2003). Baker et Young (2014) ont confirmé plus tard l'importance de la pratique délibérée dans le développement de l'expertise en sport, précisant malgré tout que plusieurs axes de recherche étaient encore à explorer dans ce domaine, notamment parce que les modèles utilisés considéraient le développement de l'expertise comme quelque chose de linéaire. Par ailleurs, une méta-analyse publiée en 2016 a **remis en question** ces résultats, en justifiant notamment que la pratique délibérée ne pourrait représenter que 1% de la variance des performances parmi les athlètes de haut niveau (Macnamara et al., 2016). Les auteurs ont également émis l'idée que les athlètes les plus performants n'avaient pas nécessairement commencé la pratique de leur sport plus tôt que les athlètes moins qualifiés. MacIntyre et collaborateurs (2014) ont également considéré que les connaissances déclaratives et les capacités métacognitives (compréhension et contrôle de ses propres processus mentaux) jouaient un rôle dans le développement de l'expertise.

**Tableau 1.** D'après Swann, Moran et Piggott (2015). Synthèse des modèles trouvés dans la littérature pour classer la validité d'échantillons d'experts en sport.

| Variable/score   | 1   | 2   | 3   | 4  |                                |
|--|---|---|---|--|--------------------------------|
| <b>A. Standard de performance le plus élevé pour l'athlète</b> | Niveau régional ou universitaire<br>Semi-professionnel<br>Division comprise dans le 4ème quart        | Talents en formation.<br>Division comprise dans le 3ème quart   | Niveau national<br>Sélections pour représenter la nation.<br>Division comprise dans le 2ème quart         | Niveau international<br>Division comprise dans le 1er quart (top)                                  | Comparaison pour le même sport |
| <b>B. Succès au plus haut niveau de l'athlète</b>              | Succès au niveau régional ou universitaire<br>Semi-professionnel<br>Ou succès dans le 3ème/4ème quart | Titres nationaux<br>Ou succès dans le 2ème/3ème quart   | Succès irréguliers au niveau international<br>Ou succès dans le premier quart                             | Succès maintenu au niveau international  |                                |
| <b>C. Expérience au plus haut niveau de l'athlète</b>          | < 2ans  | Entre 2 et 5ans   | Entre 5 et 8ans   | + de 8ans  |                                |
| <b>D. Compétitivité du sport dans le pays</b>                  | Le sport fait partie du top 10 dans le pays.<br>Nation reconnue sportivement                          | Le sport fait partie du top 5-10 dans le pays.<br>Nation moyennement reconnue sportivement                    | Le sport fait partie du top 5 dans le pays.<br>Nation reconnue sportivement                               | Sport national.<br>Nation reconnue sportivement  | Comparaison entre les sports   |
| <b>E. Compétitivité globale du sport</b>                       | Sport non olympique<br>Les championnats du monde sont limités à quelques pays.<br>Peu d'audience TV.  | Sport olympique occasionnel.<br>Les championnats du monde sont limités à quelques pays.<br>Peu d'audience TV. | Sport olympique récent, avec des compétitions internationales régulières.<br>Audience TV globale moyenne. | Sport olympique avec des compétitions internationales majeures.<br>Audience TV globale récurrente. |                                |

**Pour conclure**, nous avons choisi de considérer dans ce travail doctoral qu'un sujet était expert de sa discipline à partir du moment où il bénéficie d'un nombre suffisant d'années de pratique à un niveau régional minimum, et ce en comparaison avec un groupe non-expert ou novice. Les travaux présentés s'appuient également sur le terme "élite" pour désigner des sujets qui évoluent au plus haut niveau de leur catégorie d'âge, ou en tant que professionnel de leur activité, en comparaison d'un groupe composé de novices (Scharfen & Memmert, 2019a).

### **Rôle de l'expertise dans la prise de décision en sport collectif**

Il existe une réelle **transversalité entre les sports collectifs** lorsqu'on s'intéresse à la prise de décision (Causer & Ford, 2014). Autrement dit, la pratique d'un sport collectif aide à développer ses compétences décisionnelles pour l'ensemble des sports collectifs. Lorsqu'une population experte est comparée à une population novice ou non-experte, les résultats sont globalement en faveur des experts. En effet, la littérature révèle **une supériorité des experts** dans les tâches qui mobilisent les **fonctions exécutives, la mémoire**, ou encore **l'anticipation**. Par exemple, trois études ont révélé

que des fonctions exécutives plus efficaces s'avéraient prédictives quant au niveau plus élevé d'expertise chez des jeunes joueurs de football (Verburgh et al., 2014; Vestberg et al., 2012, 2017). Cette supériorité des experts dans les fonctions exécutives a également été recensée dans une méta-analyse (Scharfen & Memmert, 2019a). Par ailleurs, l'expertise apparaît aussi liée à la capacité d'anticipation puisque les experts seraient plus doués pour **prédire** si un adversaire va entreprendre un tir ou non au basketball. Pour cela, ils s'appuient sur des mécanismes spécifiques leur permettant de lire les mouvements de l'adversaire avec efficacité et rapidité (Aglioti et al., 2008). Selon Abreu, cette notion d'**anticipation de l'action** serait même un **facteur d'expertise** en matière de prise de décision (Abreu, 2014). L'auteur explique qu'en sport collectif, le succès d'un athlète est associé non seulement à la prédiction d'action, mais aussi à la compréhension et à la reconnaissance. On rejoint donc l'idée que l'expertise nécessite des **fonctions exécutives affutées** pour **performer** en sport collectif. L'auteur ajoute que cette prédiction d'action pouvait être intuitive, l'intuition correspondant à une compétence cognitive impliquée dans le processus de reconnaissance plus développé chez les experts.

Pour reconnaître avec plus d'efficacité une situation, il apparaît nécessaire de percevoir des éléments dans l'environnement. C'est ce qu'on appelle la lecture de jeu (Farrow & Raab, 2008). Plusieurs auteurs ont également montré que les experts étaient supérieurs aux novices ou non-experts dans ce domaine. Par exemple, les joueurs de football les plus doués à neuf ans ont montré de **plus grandes capacités perceptives et cognitives** que les joueurs moins doués (Ward & Williams, 2003). Une autre méta-analyse a permis de confirmer ce type de résultats, notamment dans les tâches spécifiques (Mann et al., 2007). Les auteurs de cette méta-analyse ont précisé que les experts étaient meilleurs parce qu'ils possédaient une **plus grande capacité à prélever des informations pertinentes** que les non-experts (qui prélevaient des infos non pertinentes). Cette supériorité se traduisait par un temps de fixation du regard plus long, mais avec moins d'éléments fixés, et une plus grande durée d'"éveil" oculaire (Farrow & Raab, 2008; Vaeyens, Lenoir, Williams, & Philippaerts, 2007; Vaeyens, Lenoir, Williams, Mazyn, et al., 2007; Vaeyens et al., 2016). Un autre élément intéressant de la méta-analyse de Mann et collaborateurs (2007) précise que la contrainte temporelle exercée par les adversaires dans les sports dits "d'interception" (squash, tennis) et stratégiques (sports collectifs) provoquait une obligation à raccourcir le temps de la décision. Par exemple, deux études ont montré que les experts faisaient moins d'erreurs que des non-experts dans une tâche où il s'agissait de faire une passe ou non en football américain (A. J. Woods et al., 2015), ou en football australien (C. T. Woods et al., 2016).

Enfin, les athlètes experts apparaissent supérieurs dans les tâches décisionnelles grâce à une mémoire plus efficace. En effet, plusieurs études ont démontré que les experts étaient plus performants et plus rapides dans des tâches incluant la mémorisation d'une position ou d'un mouvement, et donc nécessitant une attention visuo-spatiale (Alves et al., 2013). Zoudji, Debu et Thon (2002) ont étudié cet aspect dans une revue de littérature autour des sports à dominante décisionnelle. Cette revue a révélé que les experts possédaient des capacités supérieures aux novices et non-experts dans les tâches mobilisant la mémoire implicite, automatique et non délibérée. Cela signifie que les experts sont meilleurs dans leur capacité à **faire le lien entre la mémoire à long**

**terme**, liée à l'expérience, **et la mémoire à court terme** (recueil de données dans la situation vécue) (Zoudji et al., 2010). Les auteurs de la revue ont également précisé que les experts s'appuyaient sur un niveau de connaissances spécifiques plus élevé lors de tâches décisionnelles. Cette notion apparaît extrêmement intéressante lorsqu'on rappelle que le savoir (ou la base de connaissances) est un des éléments qui composent la prise de décision en sport collectif (voir plus haut).

Jusqu'ici, seule la dimension individuelle a été exposée. Pourtant, malgré que ce soit peu étudié dans la littérature scientifique, la dimension collective mérite qu'on évoque ce qui peut être appelé "le travail d'équipe", essentiel à la performance des équipes expertes (Fiore & Salas, 2006). **Le travail d'équipe** correspond à la conséquence d'une cognition collective, c'est à dire que les membres de l'équipes doivent chercher à adapter les stratégies facilitant la coordination de leurs actions individuelles (Cannon-Bowers et al., 1993; Eccles & Tenenbaum, 2004). Pour être efficace dans ce domaine, les équipes expertes s'appuient sur une communication plus avancée que les équipes moins expertes.

De manière plus globale, la littérature scientifique nous informe que les **process** faisant appel aux **fonctions cognitives de base**<sup>1</sup> (attention visuelle, fonctions exécutives) étaient **plus rapides** chez les experts que chez les non-experts (Scharfen & Memmert, 2019a; Voss et al., 2010). Certains auteurs ont d'ailleurs suggéré que l'évaluation des capacités cognitives pouvait être un axe intéressant de détection de jeunes talents et d'optimisation dans le développement athlétique des joueurs en sports collectifs (Scharfen & Memmert, 2019a). En effet, on constate qu'il existe un **lien positif** entre les **capacités cognitives** et les **capacités motrices**. Par exemple, chez des jeunes joueurs de football, une plus grande attention et une meilleure mobilisation de la mémoire de travail pouvait être liée à de meilleures capacités à dribbler, contrôler le ballon ou jongler (Scharfen & Memmert, 2019b). C'est un élément très intéressant, surtout quand il est mis en relation avec le fait que le simple fait de **pratiquer une activité sportive favorise** le développement des fonctions cognitives essentielles (Verburgh et al., 2016). L'ensemble de ces données nous invite, à mon sens, à étudier de manière plus précise le lien entre sport et cognition. Ce travail doctoral s'attache donc à mieux identifier ce qui permet à un athlète de devenir expert dans des tâches à dominante décisionnelle, malgré l'ensemble des contraintes qu'il subit.

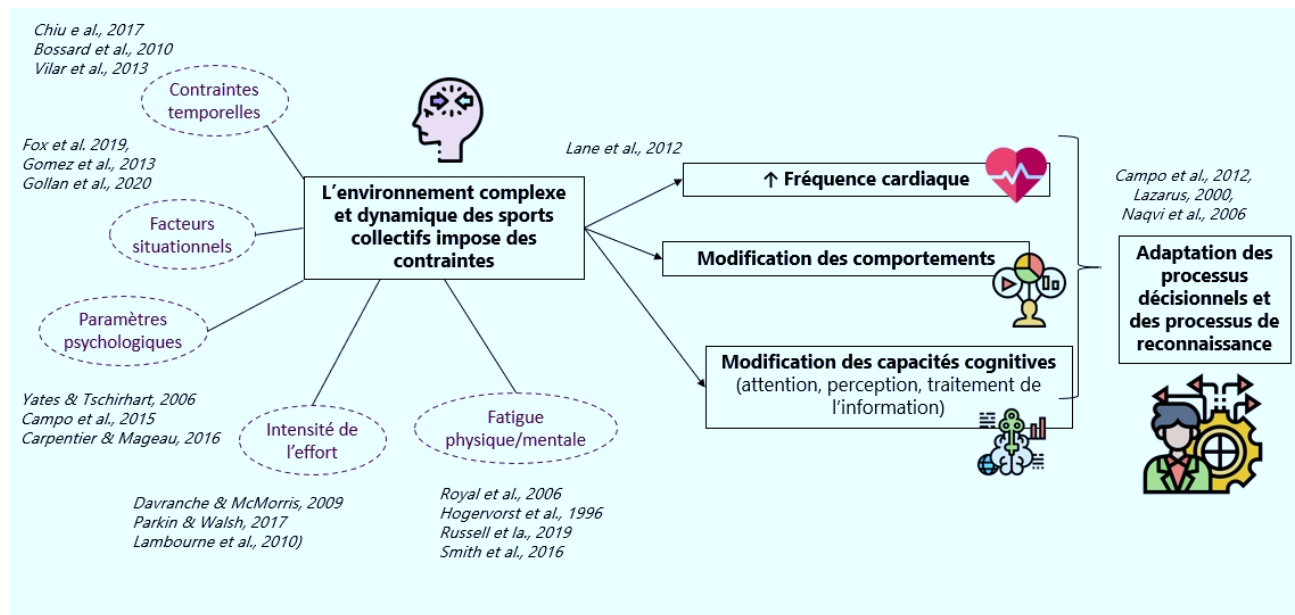
Lorsque l'athlète est confronté à ces contraintes, il doit s'adapter. Là aussi la littérature nous montre que les athlètes experts sont plus à l'aise que les novices dans ce processus d'adaptation permanent aux contraintes, notamment parce qu'ils gèrent plus facilement leurs émotions en amont et pendant une compétition (Campo et al., 2012; D'Urso et al., 2002; Lazarus, 2000; Neil et al., 2006) (**voir Figure 7**). C'est d'ailleurs un facteur de performance en sport collectif (Campo et al., 2019). Les contraintes qui sont liées à la performance décisionnelle sont associées à plusieurs contraintes contextuelles, qui sont l'environnement, le ressenti de l'individu, et l'activité elle-même.

---

<sup>1</sup> Selon l'Association Québécoise des Neuropsychologues, les fonctions cognitives de base englobent l'attention, les fonctions exécutives (raisonnement), les fonctions visuo-spatiales et perceptives, le langage, la mémoire (long terme / court terme), et la motricité.



**Figure 7.** Description schématique et simplifiée de l'influence des contraintes contextuelles sur la prise de décision chez l'expert



## 2.4. Effets des contraintes contextuelles sur la prise de décision

Parmi, les contraintes contextuelles évoquées sur la **Figure 7** ainsi que dans les sections suivantes, **seule la fatigue est investiguée dans ce travail doctoral**. Néanmoins, il nous a semblé important et pertinent d'évoquer les autres facteurs liés au contexte susceptibles d'influencer la prise de décision. Tout d'abord, cela permet de se représenter en quoi l'évaluation de la prise de décision est parfois difficile aux vues du nombre de facteurs influençant potentiels. Ensuite, l'ensemble de ces facteurs peut, de près ou de loin, jouer sur le niveau de fatigue global d'un athlète en situation de compétition.

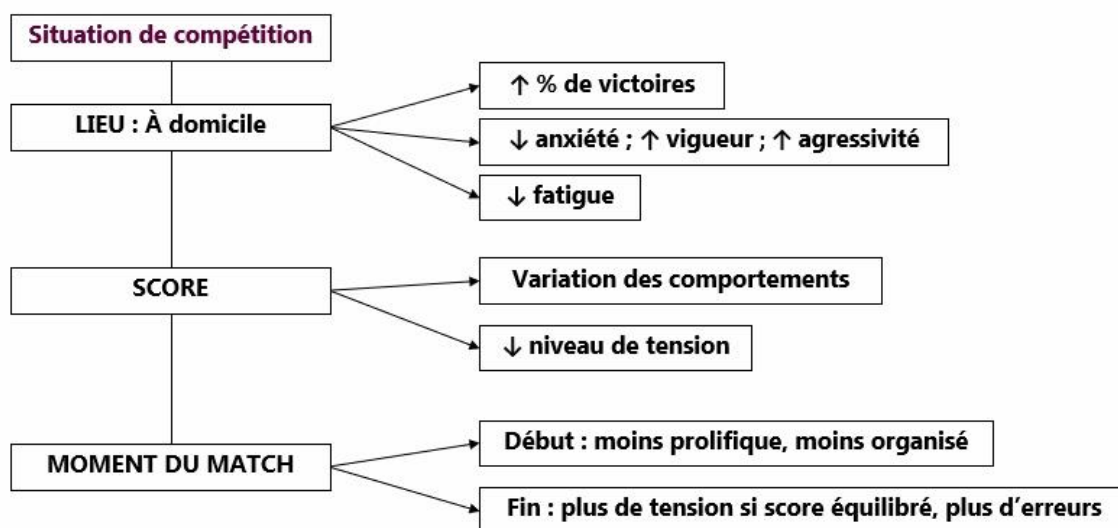
### Les contraintes liées à l'environnement

#### Les facteurs situationnels

L'environnement d'une compétition peut jouer un rôle important dans la manière de prendre les décisions. Cet environnement, qui est fortement associé à ce qu'on appelle les facteurs situationnels (**voir Figure 8**), aurait même plus d'impact sur la combattivité que les facteurs psychologiques individuels (Anshel & Kaissidis, 1997). Tout d'abord, il existe un **lien important** entre le **lieu** du match et les **chances de victoires**, puisque les équipes qui jouent à **domicile** ont entre 55% et 70% de chance de gagner selon les sports (Debanne & Laffaye, 2017; Gomez et al., 2011; Pic, 2018; Staufenbiel et al., 2015). C'est d'ailleurs une croyance réelle de la part des coaches, ce qui peut expliquer que la **tactique** employée par les équipes à domicile est souvent plus **offensive** (Gollan et al., 2020; Staufenbiel et al., 2015). Cet avantage se traduirait par **moins d'anxiété et de fatigue**, mais **plus de vigueur et d'agressivité** (Fox et al., 2019; Jones et al., 2005; Polman et al., 2007; Raya-González et al., 2020; Thelwell et al., 2006). **Le score** joue également un rôle important puisque le niveau de tension est plus élevé lorsque le score est équilibré (Gómez et al., 2013), et les coaches ont des comportements différents envers leurs joueurs en fonction du score (Calpe Gomez et al., 2013).

Le troisième facteur situationnel pertinent à prendre en compte est **le moment du match**. En effet, plusieurs études ont montré que le début du match était associé à moins de buts marqués au handball (Prieto et al., 2016), et à une circulation moins élaborée pour marquer au basketball (Gómez et al., 2013). En revanche, la fin de match était associée à plus de tension au basketball (Gómez et al., 2013), et plus d'erreurs techniques au handball (Vázquez-Diz et al., 2019). En résumé, cela signifie que les joueurs **régulent leurs émotions et ajustent leur processus décisionnel** en fonction de ces trois paramètres que sont le lieu du match, le score, et le moment du match. Voici une illustration de cet aspect : les joueurs, dont l'équipe est menée à 30 secondes de la fin d'un match (handball, rugby, football), ont besoin d'employer une stratégie certainement plus entreprenante que l'équipe qui mène (Debanne, Angel, et al., 2014). Si en plus l'équipe menée joue à l'extérieur contre un concurrent direct, cela risque de rajouter davantage de contrainte psychologique sur elle.

**Figure 8.** Description schématique des facteurs situationnels



Il est important de noter toutefois que plusieurs auteurs ont montré que l'influence de ces facteurs situationnels était plus marquée dans certaines situations. En effet, Gomez et collaborateurs (2013) ont montré que l'environnement aurait plus d'impact sur l'efficacité et les décisions chez **les femmes**. D'autre part, les joueurs qui passent le plus de temps sur le terrain seraient plus impactés par les contraintes liées à l'environnement, notamment lorsqu'ils jouent à l'extérieur (Raya-González et al., 2020). Enfin, et de manière assez logique, la fatigue, une adversité plus forte et un match avec enjeu augmentent l'impact de l'environnement sur la prise de décision (Fox et al., 2019; Gollan et al., 2020; Raya-González et al., 2020).

D'autre part, les facteurs situationnels jouent un rôle non négligeable pour les décisions stratégiques de l'entraîneur. En effet, Gollan et collaborateurs (2020) ont montré que **les styles de jeu** (à dominante offensive ou défensive) étaient ajustés en fonction du style de jeu adverse, du niveau d'opposition, de l'enjeu du match, et du lieu du match. On peut donc supposer que les joueurs adaptent leurs choix en fonction de ces aspects. La **contrainte** imposée par les **défenseurs** adverses apparait également influencer les décisions des joueurs puisque si cette contrainte est forte, les **décisions sont plus rapides et moins efficaces** (Vázquez-Diz et al., 2019).

## Les contraintes temporelles

La contrainte temporelle correspond au temps limité que possèdent les joueurs de sport collectif pour décider. Chiu et collaborateurs (2017) ont proposé une tâche de réaction mettant en jeu la fonction exécutive d'inhibition (tâche Flanker) à des joueurs de volleyball, des nageurs et des individus non-sportifs (groupe contrôle). La tâche de réaction était à réaliser avec des contraintes de temps plus ou moins grandes. Les auteurs ont révélé dans cette étude que les **décisions prises en situation de contrainte temporelle forte** étaient **plus courtes**, mais que **l'efficacité était réduite**. Les joueurs de volleyball ont obtenu les meilleurs résultats en comparaison des nageurs et du groupe contrôle. Les auteurs ont expliqué que cette supériorité pourrait provenir d'une meilleure capacité à encoder les stimuli reçus et d'une meilleure programmation motrice. Ils ont ajouté que les processus cognitifs ne jouaient pas un rôle important dans la supériorité des joueurs de volley. Cela pourrait signifier que les joueurs de sport collectif seraient davantage habitués à adapter leur processus décisionnel dans des situations dynamiques et complexes ; mais que leur processus décisionnel s'appuierait davantage sur **l'efficacité des mécanismes psychomoteurs** que sur une supériorité des processus cognitifs.

La contrainte temporelle est représentée également par l'**agressivité exercée** par les adversaires. Elle force les joueurs à **adapter leur propre action pendant le cours d'une situation dynamique** (Vilar et al., 2013). La phase de contre-attaque illustre très bien cette situation. En effet, cette phase de jeu survient après une récupération du ballon, et son objectif est de prendre de vitesse les défenseurs pour accéder à la cible en situation d'avantage (les attaquants sont en avance ou plus nombreux). Autrement dit, le joueur en possession du média doit prendre une décision rapidement pour conserver cet avantage avant que les défenseurs ne se réorganisent et limitent les chances de marquer. Bossard et collaborateurs (2010) y associent, pour du hockey sur glace, la notion d'"urgence" puisque les joueurs se rapprochent de la cible, et par conséquent la situation devient de plus en plus contraignante pour le possesseur du palet. Dans cette étude, les auteurs ont montré, grâce à des entretiens d'autoconfrontation, que les joueurs experts favorisaient la première modalité du modèle RPD pour décider en phase de contre-attaque, c'est-à-dire **des processus de reconnaissance simples**. En l'occurrence, les joueurs experts s'appuyaient sur une prise d'informations rapide et efficace pour reconnaître la situation et y associer une situation déjà vécue provenant de leur mémoire. Cela signifie que les experts sont en mesure de prélever les indices pertinents (positions et déplacements des joueurs) presque de manière automatique pour gagner du temps. En revanche, ils n'utilisent que très peu la mobilisation de connaissances générales ou l'analyse en temps réel de la situation (diagnostic). Ces deux éléments sont plutôt utilisés lorsque les joueurs se retrouvent dans une situation nouvelle ou pour laquelle ils ont du temps pour décider (Macquet, 2009).

## Les contraintes liées facteurs psychologiques de l'athlète

### L'état émotionnel

Un joueur de sport collectif ne peut être toujours dans les dispositions mentales idéales au moment de décider. Selon Lazarus (2000), sept émotions influencent la performance en sport : la colère, l'anxiété, la honte, la joie, le soulagement, la fierté et la culpabilité. Les deux principales en sport collectif de contact apparaissent être la colère et l'anxiété (Campo et al., 2012). Il existe **trois types de réponses** à ces émotions ressenties (Lane et al., 2012) : 1) comportementale : agression envers un adversaire, discussion avec l'arbitre; 2) psychologique et physiologique, avec augmentation des fréquences cardiaque et respiratoire; 3) **cognitive**, avec modifications des capacités d'attention, de perception et de traitement des informations prioritaires. C'est bien sûr ce dernier axe qui nous intéresse dans notre étude et que nous choisissons de développer.

Lane et collaborateurs (2012) ont considéré que les athlètes cherchaient à créer un climat émotionnel approprié à la compétition qu'ils vont vivre, ce qui influençait l'évaluation qu'ils se faisaient de la situation compétitive. Ainsi, les athlètes chercheraient à **réguler leurs émotions** pour faciliter leur performance. Dans la même idée, Abreu (2014) avait suggéré, que les émotions modulaient les décisions prises notamment dans les situations avec forte incertitude. L'auteur avait alors mis en relation l'impact des émotions et la place de l'intuition dans la décision chez un expert, en expliquant que les émotions pouvaient être des éléments déclencheurs chez l'expert lorsqu'il faisait appel au processus de reconnaissance. Autrement dit, l'expert serait capable de décider plus efficacement parce que la situation qu'il vit déclencherait chez lui un **processus de reconnaissance basé sur les émotions**. Cela est conforté par le fait qu'il existerait une réelle **interaction entre les systèmes neuronaux** gérant les émotions et ceux gérant les décisions (Naqvi et al., 2006).

D'autre part, il existerait une influence de l'état émotif sur la fonction cognitive (Lagner et al., 2014). Dans cette étude, les auteurs avaient comparé les performances lors de tâches faisant appel à la mémoire et au contrôle exécutif après un match. Ils avaient montré que les athlètes ayant gagné leur match étaient **moins performants** dans des tâches mobilisant la **mémoire** que les athlètes ayant perdu. En revanche, aucune différence n'avait été signalée pour le contrôle exécutif. Cela signifierait qu'une victoire activerait moins le processus d'apprentissage qu'une défaite. Cet élément renforce les propos de Nelson Mandela « Je ne perds jamais, soit je gagne, soit j'apprends ». Cette **baisse de performance en état émotionnel positif** a également été révélée lors de tests faisant appel aux **fonctions exécutives** lorsque les résultats sont comparés avec un état neutre (Phillips et al., 2002).

Néanmoins, une étude a attiré notre attention sur la **grande disparité entre les individus** dans la gestion de leurs émotions (Laborde & Raab, 2016). En effet, les auteurs ont révélé que la personnalité jouait un rôle majeur, et notamment sur la manière dont le sportif réagit lorsqu'il est soumis à une forte contrainte (Mosley & Laborde, 2015). Les auteurs ont suggéré, grâce à une étude de la variabilité de la fréquence cardiaque, que les émotions avaient un impact direct sur l'activité parasympathique. En effet, une activité parasympathique plus élevée était associée à des fonctions exécutives et une mémoire plus efficaces (Laborde et al., 2013, 2015; Laborde & Raab, 2013). Ces différents résultats indiquent que les paramètres psychologiques individuels jouent un rôle important dans la régulation des émotions.

## La confiance en soi

La confiance en soi est un paramètre psychologique essentiel dans la performance sportive et joue **un rôle** non négligeable dans la **cognition** (Campo, Laborde, & Weckemann, 2015; Campo et al., 2012; Lane et al., 2012). La confiance en soi correspond à un **sentiment d'assurance** et de courage que possède un individu pour accomplir ce qu'il souhaite faire (Bandura, 1994). Serena Williams, joueuse majeure du tennis moderne disait « Si vous croyez en vous quand personne d'autre ne le fait, vous avez déjà gagné ». Autrement dit, avoir confiance en soi, c'est **croire en ses capacités de réussite**. Certains des grands champions en sport collectif possèdent une confiance en soi qui paraît inébranlable, se traduisant par des performances élevées et des choix judicieux dans les moments importants. À contrario, un athlète qui manque de confiance en soi risque de prendre de mauvaises décisions ou de ne pas en prendre.

Tout d'abord la confiance en soi apparaît fortement impactée par les **feedbacks envoyés par l'entraîneur**. En effet, les feedbacks positifs favoriseraient une augmentation de la confiance en soi ainsi qu'une meilleure performance en comparaison des feedbacks négatifs (Carpentier & Mageau, 2016; Tzetzis et al., 2008). La formation des entraîneurs et éducateurs sportifs préconise d'ailleurs d'associer les conseils négatifs avec des conseils positifs. Si l'entraîneur ou l'enseignant fait des retours négatifs à son athlète, la confiance en soi de cet athlète peut diminuer et ainsi entraîner une modification de ses comportements.

Ensuite, la **perception** que le joueur a de **ses propres capacités** au moment de décider joue un rôle important dans sa performance (Feltz, 1988). Comme cela a été évoqué au tout début de ce mémoire, une personne décide en fonction de ce qu'elle sait faire et peut faire (Yates & Tschirhart, 2006). Un joueur risque donc de ne pas envisager une solution qu'il ne perçoit pas comme possible pour lui. Les différences anthropométriques athlétiques des joueurs en sport collectif peuvent être importantes (Karcher et al., 2014; Nabieh & Mohamed, 2010), ce qui peut impacter le résultat des duels engagés. Le duel étant un élément important de la performance en sport collectif et notamment au handball (Karcher & Buchheit, 2014; Taylor et al., 2017), nous pouvons supposer que les décisions lors d'un duel sont dépendantes de l'analyse qu'on se fait du rapport de force. Par exemple, que pensaient les adversaires face à Jonah Lomu (rugby à XV) dans une situation de « un contre un » ? Lorsqu'un joueur reçoit le ballon face au meilleur défenseur du championnat, fait-il les mêmes choix que s'il était face à un novice ? Amado et collaborateurs (2019) ont montré que les sentiments d'**autonomie** et de **compétence** favorisaient les **pensées positives** et la performance dans les sports collectifs. Les travaux sur la théorie de l'autodétermination, développée par Deci et Ryan (1985), ont mis en avant que ces deux sentiments faisaient partie des trois besoins psychologiques fondamentaux pour réussir en sport (avec la proximité sociale) (Ntoumanis, 2001).

Enfin, la confiance joue un rôle dans les décisions prises, et plus particulièrement les **options générées** et privilégiées. Hepler et Feltz (2012) ont montré que des joueurs de basketball qui possédaient une plus **grande confiance** en eux généraient **moins d'options** dans une tâche décisionnelle sur vidéo. Également les mêmes athlètes faisaient confiance davantage à la première option envisagée. En revanche, un haut niveau de confiance en soi n'est pas toujours prédicteur d'une bonne performance en matière de prise de décision (Hepler & Chase, 2008). Musculus et

collaborateurs ont révélé que **le niveau de confiance en soi** serait davantage **lié aux habiletés motrices** qu'aux facultés cognitives (Musculus et al., 2018). En résumé, avoir confiance en soi permettrait de faire des choix plus adaptés à la situation et à ses capacités.

## **Les contraintes liées à l'activité elle-même**

### **L'intensité de l'effort**

En sport collectif, l'enchaînement des phases de jeu et des actions imposent un rythme plus ou moins soutenu aux joueurs (Thorpe et al., 2017). **L'intensité des efforts fournis** peut influencer la prise de décision. Plusieurs auteurs ont étudié cet aspect, en demandant la plupart du temps aux sujets de réaliser une tâche cognitive pendant un exercice physique. Globalement ces études ont révélé que les **performances cognitives étaient améliorées pendant un exercice** d'intensité faible ou modérée, lorsque la tâche cognitive était simple. Par exemple, un exercice sur vélo a permis d'améliorer le temps de réaction et le contrôle cognitif en comparaison de la condition repos, que les sujets soient habitués des sports à dominante décisionnelle ou non (Davranche & Audiffren, 2004; Davranche & McMorris, 2009; Lambourne et al., 2010). Ceci signifierait que l'exercice physique permettrait d'"**éveiller**" **les capacités cognitives** d'un individu. En complément, deux études ont révélé que les performances lors de tests spécifiques au football étaient améliorées durant un exercice d'intensité moyenne ou forte (Fontana, 2007; McMorris & Graydon, 1997). L'élément qui s'améliore est lié à la vitesse de décision, notamment chez les experts. Il apparaît donc que l'expertise intervient là aussi pour accentuer l'effet de l'exercice sur les processus cognitifs. Cependant, certaines fonctions exécutives ne montrent pas toujours de progression durant l'effort. Par exemple, l'inhibition d'une réponse en cas de mauvais signal serait détériorée durant un exercice d'intensité moyenne (Davranche & McMorris, 2009; Lambourne et al., 2010).

D'autre part, Parkin et Walsh (2017) ont examiné l'influence de la **contrainte physique** sur les décisions lors d'une tâche de réaction mettant en jeu l'inhibition cognitive. La contrainte physique était induite par la résistance d'un vélo ergomètre. Ils ont révélé que les sujets prenaient des **décisions plus rapides** et augmentaient leur **prise de risque** lorsque la contrainte physique était élevée. Les erreurs étaient moins nombreuses mais les comportements étaient plus compliqués à adapter. Cette étude témoigne là aussi de l'influence de la **contrainte physique** sur les processus décisionnels.

### **La fatigue physique**

La section précédente présentait en quoi l'intensité des efforts pouvait influencer la prise de décision à l'instant T. Les efforts fournis, aussi bien durant un match ou sur l'ensemble d'une saison, peuvent entraîner une fatigue, qui peut elle-même impacter la prise de décision. Pour mieux identifier ce qui est lié à la fatigue, il me paraît important de présenter dans un premier temps **quelques caractéristiques des efforts** en sport collectif. Le deuxième paragraphe s'attachera quant à lui à décrire **l'influence de la fatigue** sur la prise de décision.

Dans une revue de littérature, Sweeting et collaborateurs (2017) ont constaté que les distances

parcourues étaient plutôt variables durant un match de sport collectif, selon le type de terrain, la position sur le terrain et le niveau de compétition. Ils ont précisé que les sports collectifs de petit terrain imposaient une distance parcourue moindre, mais demandaient énormément de changements de directions et des actions de haute intensité pour créer ou couvrir de l'espace. Cette grande variabilité a également été constatée au niveau des formes de courses par Taylor et collaborateurs (2017). Cette revue systématique a étudié les sports à **multiples changements de direction** comme le basketball, le handball ou le volley-ball. Les sports qui imposent le plus grand volume de déplacements sont les sports de grand terrain comme le football ou le hockey sur gazon. En revanche, les sports de petit terrain présentent le ratio de **courses à haute intensité** le plus élevé, avec le basketball en tête position. Également, le basketball est le sport qui impose le plus de **déplacements latéraux** (+450 par match) alors que le handball est celui qui impose le plus de **sauts** (+ de 90 par match). Pour le handball, Karcher et Buchheit (2014) ont confirmé qu'il s'agissait d'un sport imposant aux joueurs un grand nombre d'actions à haute intensité avec énormément de changements de direction, de **duels** et de **contacts** physiques. L'ensemble de ces efforts entraîne de manière logique une fatigue pour chacun des joueurs en fonction de leur position sur le terrain. Cette fatigue est donc un réel facteur qui peut modifier la prise de décision d'un joueur en cours de match et en cours de saison.

Pourtant, l'influence de la fatigue sur la prise de décision est quelque chose de peu étudié en sport collectif, et **les résultats** sont plutôt **divergents**. Royal et collaborateurs (2006) ont révélé, chez des joueurs de water-polo, qu'un niveau de fatigue élevé entraînait des performances plus élevées dans des tâches décisionnelles en comparaison d'une fatigue modérée. À contrario, Thomson, Watt et Liukkonen (2009) ont révélé que les athlètes de sport collectif avaient tendance, après un exercice exhaustif (qui mène à épuisement), à perdre en efficacité dans des tâches décisionnelles pour raccourcir leur processus décisionnel. Cette diminution d'efficacité a également été révélée avec des sujets lambda effectuant des tests cognitifs complexes pendant un exercice de vélo (Moore et al., 2012). Les auteurs ont précisé que ces **effets néfastes de la fatigue** étaient plus importants pour des **tâches perceptives** que pour des tâches mobilisant la mémoire. Ces **résultats divergents** ont également été montrés dans d'autres sports. En effet, certains auteurs ont révélé une amélioration des performances lors de tests mobilisant les fonctions exécutives (Hogervorst et al., 1996), alors que d'autres ont révélé une détérioration (Lucas et al., 2009). Nous retrouvons de mêmes résultats divergents pour des tâches mobilisant la perception et le traitement de l'information (Davranche & Pichon, 2005; Lambourne & Tomporowski, 2010). En revanche, il semblerait que les processus liés à la mémoire, notamment la mémoire implicite, se détériorent après l'exercice (Covassin et al., 2007; Poolton et al., 2007).

Ce sujet apparaît donc **très pertinent à étudier** pour mieux comprendre ce qui peut engendrer une **modification de la prise de décision** durant les compétitions. En effet, l'intensité des matchs en sport collectif peut entraîner le besoin de davantage **maitriser l'évolution de la fatigue** pour les athlètes experts. D'autre part, les calendriers des meilleures équipes étant très chargés, il apparaît utile, là aussi, de davantage maitriser les paramètres de la santé physique des joueurs.

## La fatigue mentale

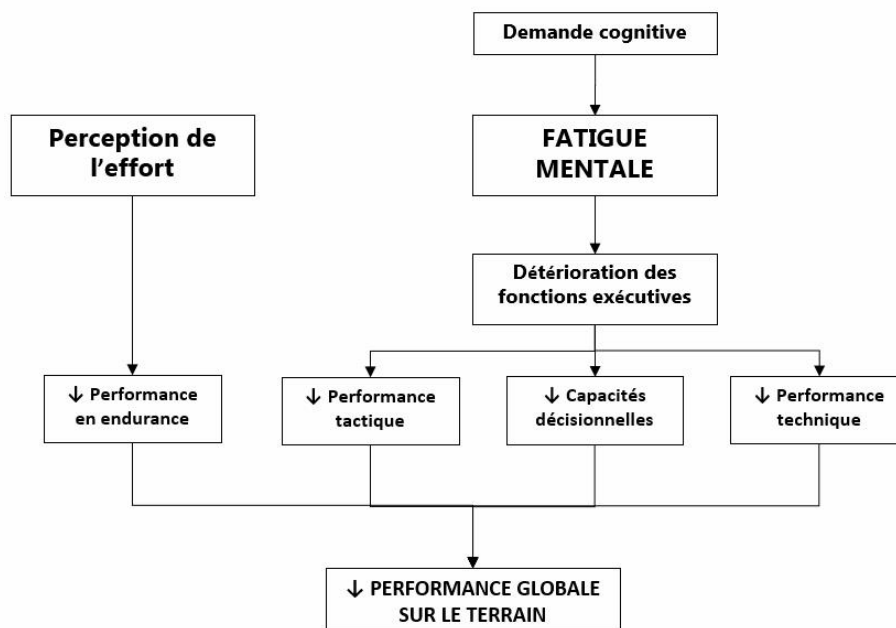
La fatigue mentale est définie comme un état psychobiologique moins efficace causé par une **activité cognitive prolongée** (Russell, Jenkins, Rynne, et al., 2019a; Van der Linden et al., 2003). De l'avis d'athlètes et d'entraîneurs, la fatigue mentale impacterait aussi bien la **performance** que les **comportements** sur le terrain (Russell et al., 2019a). En termes de performance cognitive, ils évoquent une baisse de concentration et d'attention. En termes de comportements, ils évoquent une baisse d'engagement, de motivation et d'enthousiasme. **Plusieurs études** réalisées en **laboratoire** sur ce sujet **confirment** ces résultats, avec une baisse de l'attention, du contrôle cognitif, de la planification cognitive ou encore de la motivation (Boksem et al., 2005, 2006; Lorist et al., 2000, 2005).

Les études plus spécifiques aux **sports collectifs confirment également ces données** (Coutinho et al., 2017, 2018; Gantois et al., 2019; Smith et al., 2016). Pour fatiguer les sujets, les auteurs les ont invités à réaliser 30 minutes de tâche Stroop, et comparaient les résultats dans la prise de décision avec des sujets ayant regardé un reportage vidéo ou lu un magazine. La **tâche Stroop** mobilise principalement la fonction exécutive d'inhibition, et demande au sujet d'annoncer la couleur de l'encre avec laquelle est écrite un mot couleur (par exemple, le mot jaune est écrit en vert, et il faut annoncer vert). À la suite de cette session de 30 minutes, les sujets se retrouvaient moins performants dans les prises de décisions spécifiques au football. Le **temps de réaction et l'efficacité diminuaient** lorsqu'il fallait faire un choix (passe, tir, dribble) face à une simulation vidéo (Smith, 2016), ou d'une répétition de tâche Stroop (Gantois et al., 2019). L'efficacité décisionnelle dans les passes diminuait également dans une situation réelle de jeu (Gantois et al., 2019). **La collaboration entre les joueurs se détériorait** lorsque l'on mesurait la capacité à jouer à 2 dans une situation à effectif réduit, et notamment dans les phases à haute intensité (Coutinho et al., 2018). Cette dégradation de l'organisation collective a également été montrée **après un entraînement spécifique en coordination** (Coutinho et al., 2017). Les participants devaient réaliser sept exercices avec une échelle de rythme, mobilisant leurs aptitudes psychomotrices, et donc leur attention et leur concentration. À la suite de ces exercices, la capacité à synchroniser les déplacements pour les joueurs étaient réduite dans une situation de jeu à effectif réduit.

Globalement, les auteurs s'accordent pour dire que les **demandes cognitives en compétition entraînent de la fatigue mentale**, notamment à cause d'une détérioration des fonctions exécutives (Knicker et al., 2011; Smith et al., 2018). Ils s'accordent également sur la **baisse de performance décisionnelle**, tactique, et technique (Badin et al., 2016; Macmahon et al., 2014; Smith et al., 2018). **La figure n°9** résume ces éléments. Malgré tout, certains auteurs émettent l'idée que **plusieurs biais** sont à prendre en compte dans ces études (Russell et al., 2019b). En effet, les auteurs expriment le fait que la fatigue mentale induite par exemple par une tâche Stroop ne représente pas forcément celle induite sur un terrain de sport. De plus, les différences trouvées, même si significatives, sont parfois faibles et n'auraient pas forcément d'impact en termes de performance sur un terrain. Cependant, les mêmes auteurs confirment l'influence de la fatigue mentale sur la performance chez des athlètes, en précisant que cette fatigue mentale peut s'accumuler avec la vie et l'environnement de l'athlète.



**Figure 9.** Modèle conceptuel décrivant les mécanismes de la fatigue mentale au football. Adapté de Smith et collaborateurs (2018).



## 2.5. Amélioration de la prise de décision

De manière assez logique, la littérature nous montre que la prise de décision d'un joueur de sport collectif peut **progresser** lorsqu'elle est entraînée. Il existe des méthodes sur le terrain, qui sont spécifiques au sport concerné et qui se rapprochent beaucoup de la situation de compétition. Il existe également des solutions en dehors du terrain, qui peuvent être à la fois spécifiques (grâce à la vidéo notamment), et non-spécifiques. En voici une présentation.

### Méthodes d'entraînement hors terrain

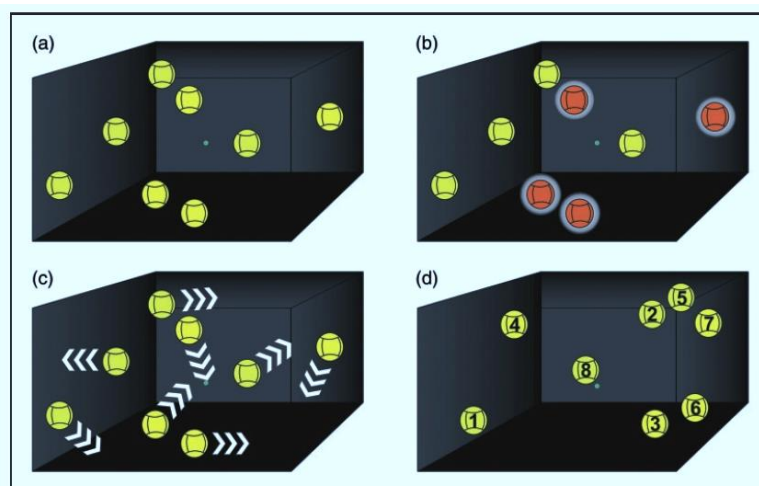
Premièrement, le simple fait de **pratiquer une activité physique** permet d'améliorer les fonctions cognitives, et notamment les fonctions exécutives. Pour autant, le lien entre quantité/intensité d'exercice et amélioration de la cognition n'est pas encore bien défini (Colcombe & Kramer, 2018; Etnier et al., 2006). Une revue de littérature récente a malgré tout évoqué l'idée que l'exercice physique n'était pas le seul moyen d'améliorer les fonctions cognitives (activités de mouvements en général), et qu'une amélioration de celles-ci était durable dans le temps (Tomprowski & Pesce Anzeneder, 2019). Deuxièmement, **les jeux vidéo** sont également sources d'amélioration. Campbell et collaborateurs (2018) ont révélé qu'ils permettaient d'améliorer des capacités cognitives telles que la mémoire, l'attention visuo-spatiale et le contrôle cognitif, toutes ces capacités étant en relation avec l'activation du lobe préfrontal. Les auteurs ont ajouté que cette amélioration pouvait perdurer jusqu'à quatre mois après l'entraînement, notamment dans la détection de cibles. Troisièmement, un outil de **suivi multiple d'objets** (3D-MOT, voir Figure 10) a été développé dans les années 2000 pour améliorer l'attention d'athlètes. Cet outil utilise des scènes dynamiques dans lesquelles il faut

suivre une ou plusieurs cibles parmi d'autres (Broadbent, Causer, Ford, et al., 2015). Romeas et collaborateurs (2019) ont montré que les capacités décisionnelles spécifiques au badminton et au foot étaient améliorées après un entraînement avec cet outil. Ensuite, certaines **techniques de rééducation du cerveau** se sont également révélées efficaces. Par exemple, nous avons d'une part l'entraînement mental basé sur la pleine conscience (Birrer et al., 2012), et d'autre part les neurofeedbacks (entraînement du cerveau pour qu'il auto-régule son activité). Crivelli, Fronda et Balconi (2019) ont révélé que l'association de ces deux techniques permettait à la fois de diminuer le stress perçu mais aussi d'améliorer le temps de réponse et l'efficacité lors de différentes tâches cognitives sur ordinateur.

Note : Lorsqu'un temps de réponse a été mesuré, c'est que le sujet devait effectuer un mouvement plus complexe que le simple fait d'appuyer sur une touche ou un bouton (par exemple : déplacer sa main ou son pied). Le temps de réponse correspond alors au temps de réaction ajouté au temps de mouvement.

**Figure 10** : Illustration d'un essai de tâche 3D-MOT.

(a) sphères aléatoirement positionnées, (b) en rouge les 4 sphères à suivre, (c) déplacement des différentes sphères, (d) le mouvement est arrêté, il faut retrouver les 4 sphères rouges identifiées en (b). Tiré de (Romeas et al., 2019)



Ensuite, plusieurs études en sport collectif ont montré un réel intérêt de **l'entraînement vidéo** pour améliorer aussi bien les capacités décisionnelles que les capacités psychomotrices (Farahani et al., 2017; Gil-Arias et al., 2016; Hohmann et al., 2016; Nimmerichter et al., 2015). Le temps de réponse et l'efficacité dans les choix peuvent être améliorés après plusieurs semaines d'entraînement vidéo. En effet, la vidéo permet d'analyser et comprendre ses propres décisions ou celles d'autres athlètes dans son propre sport. C'est d'autant plus intéressant que **l'amélioration est transférable vers les décisions à prendre sur le terrain**, que l'entraînement soit ou non associé au développement des qualités physiques (Kittel et al., 2018). Cependant, Farahani et collaborateurs (2017) ont considéré que ce type d'entraînement n'était pas toujours efficace dans le temps puisque les bénéfices pouvaient disparaître après 15 jours. En fait, pour palier à ce manque de pérennité, plusieurs études portant sur les sports collectifs et le tennis ont ajouté **l'utilisation de feedbacks** à l'entraînement

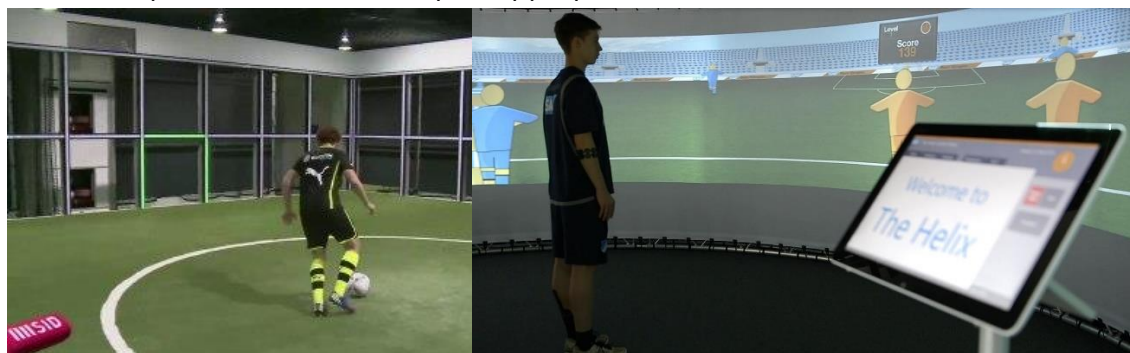
vidéo. Elles ont montré que l'efficacité était bien plus durable lorsque l'entraîneur apportait en **direct** ou en **différé**, des commentaires précis sur les éléments importants à considérer et à regarder (García-González et al., 2013; Gil-Arias et al., 2016; Pharamin, 2016; Vickers, 2002)(Kacharem et al., 2020; Karadenizli, 2015). Par ailleurs, Pagé, Bernier et Trempe (2019) ont ajouté que l'entraînement vidéo était d'autant plus efficace s'il était suivi de situations jouées en réel et correspondant à la vidéo utilisée (configurations et problématiques identiques).

Enfin, la **réalité virtuelle** permettrait d'entraîner la prise de décision chez les sportifs, les études portant régulièrement sur le football. Le laboratoire « Mouvement, Sport et Santé » de l'Université de Rennes travaille depuis plusieurs années sur la modélisation de situations en sport collectif, et plusieurs études ont montré que la réalité virtuelle permettait à la fois de **standardiser les situations** mais aussi de **cibler avec précision** les compétences à développer (Brault et al., 2012, 2015; Correia, Araujo, et al., 2012; Faure et al., 2020). Les résultats sont similaires à l'entraînement vidéo, avec une amélioration de l'efficacité et une diminution du temps de réponse. Pagé et collaborateurs (2019) ont également montré que la réalité virtuelle pouvait être **plus transférable** sur le terrain que l'entraînement vidéo. Pour les structures sportives les plus fortunées, plusieurs dispositifs ont été créés pour immerger au mieux l'athlète dans son contexte, comme par exemple le Footbonaut et le Helix (**Figure 11**) (Desfontaines, 2020). Ces dispositifs mettent l'accent sur deux dimensions fondamentales de la prise de décision, que sont la prise d'information pertinente, et le choix de l'action la plus appropriée.

**Figure 11.** Footbonaut (à gauche) et Helix (à droite)

*FOOTBONAUT : le joueur doit recevoir le ballon de la case rouge, pour le renvoyer vers la case verte le plus vite possible.*

*HELIX : le joueur, entouré d'écrans simulant une situation de jeu réelle avec des personnages virtuels, doit prendre la décision la plus appropriée.*



### **Méthodes d'entraînement sur le terrain**

En dehors des différents outils que nous venons d'exposer et qui permettent d'améliorer plusieurs compétences liées à la prise de décision, il existe différentes méthodes d'entraînement de terrain permettant d'en faire autant. La prise en compte de ces méthodes apparaît importante dans la mesure où plusieurs auteurs ont mis en valeur l'importance du contexte pour décider en sport collectif. Si le joueur décide en fonction du contexte dans lequel il se situe, l'amélioration des

compétences décisionnelles passe donc forcément par des **situations d'entraînement in situ** (Davids et al., 2013). Ces situations ont pour but de mettre en lumière les **problématiques rencontrées en compétition**, notamment à travers les interactions entre les joueurs.

L'analyse de la littérature fait ressortir, d'après notre analyse, cinq approches méthodologiques pour améliorer la prise de décision sur le terrain (O'Connor et al., 2017; Raab, 2007).

1) **La répétition de scénarios réels**, guidés par l'entraîneur, dans lesquels les joueurs doivent trouver des réponses aux problèmes posés par le jeu. Les scénarios sont des séquences de **situation compétitive** (complète ou partielle) et ont pour but de développer la maîtrise du jeu et la conscience tactique. L'idée ici dans cette approche est d'apporter des contraintes contextualisées aux joueurs pour qu'ils centrent leur attention sur les informations importantes. La notion de choix est toujours associée à une exécution technique. Une approche d'enseignement nommée "Teaching Games for Understanding" et développée en 1982 cherche à intégrer des situations réelles pour apprendre en jouant. (Bunker & Thorpe, 1982; Robles et al., 2020).

2) La mise en place de **situations plutôt fermées** (peu de paramètres à prendre en compte), où les joueurs ont peu de choix, et doivent trouver la bonne solution avec les indices fournis par l'entraîneur. Les joueurs doivent trouver les **outils tactiques** les plus appropriés, et mobiliser les éléments techniques et de coordination leur permettant d'être en réussite. Ce modèle se rapproche du "Ball School model" (Kröger & Roth, 1999), dans lequel les auteurs identifient trois piliers dans l'entraînement de la décision (coordination, compétences acquises en jeu, outil tactique).

4) Les situations à effectif réduit et Le modèle **SMART** (Situation Model of Anticipated Response consequences of Tactical training) (Raab, 2003b). Ce modèle met en jeu des processus d'apprentissage **implicites et explicites** favorisant la reconnaissance de la situation et la génération d'options. Les process implicites demandent aux joueurs de répondre par eux-mêmes aux problématiques proposées, dans des situations peu complexes. Les process explicites impliquent davantage de verbalisations et de corrections de la part de l'entraîneur pour identifier les intentions tactiques nécessaires dans des situations de jeu plus complexes.

5) La **manipulation des paramètres** de l'activité, grâce à une modification de la densité de joueurs, des positions de joueurs, ou de la cible. Le but est de modifier les comportements et décisions des joueurs en fonction de conditions et contraintes rencontrées (Correia, Araújo, et al., 2012).

6) **L'entraînement à la prise de décision** (Vickers, 2002). Cette approche considère sept outils d'interventions essentiels pour favoriser l'apprentissage sur du long terme. Ces sept outils concernent la pratique d'activités sportives (variée et aléatoire), les corrections de l'entraîneur, le questionnement, les instructions tactiques, l'analyse vidéo et la modélisation de la performance. Cette approche s'appuie sur des instructions tactiques orientées dans des situations proches de la compétition.

Ces six approches sont parfois proches les unes des autres, et se différencient principalement par l'angle théorique. Néanmoins, elles se rassemblent toutes sur la nécessité de prendre en compte l'environnement et **l'importance des corrections et feedbacks** de l'entraîneur/enseignant (Gréhaigne & Wallian, 2007; Kermarrec & Roure, 2016; Mouchet & Bouthier, 2006; Raab, 2003b, 2007). D'autre part, ces différentes approches de l'entraînement apparaissent complémentaires pour

optimiser l'apprentissage de la compétence décisionnelle (Kermarrec & Roure, 2016), par des apprentissages implicites et explicites. Premièrement, les **conditions d'apprentissage explicites**, centrées plutôt sur le guidage verbal par l'entraîneur, conduiraient à une amélioration de la pertinence des choix, mais pas de leur rapidité (Farrow & Fournier, 2005; Raab, 2003b). Deuxièmement, **l'apprentissage implicite**, basé plutôt sur la régulation des contraintes posées aux joueurs, serait plus adapté dans les situations peu complexes (Raab, 2003b). Ensuite, le fonctionnement cognitif des joueurs étant singulier, une seule méthode d'entraînement ne pourrait convenir pour une acquisition sur le long terme (Kermarrec & Roure, 2016; Vickers, 2002). Enfin, il existe **plusieurs modalités** et formes de jeu pour mettre le joueur dans un niveau de contraintes équivalent à celui de la compétition et pour rester dans une approche écologique (O'Connor et al., 2017).

## 2.6. Évaluation de la prise de décision en sport collectif

### Les outils

La section précédente s'est attachée à présenter les différentes méthodes permettant de faire progresser la prise de décision. Ces différentes méthodes sont, indirectement, des outils d'évaluation de cette compétence. Elles mesurent différents paramètres, comme la vitesse de décision et l'efficacité. Pour compléter ces éléments, la section suivante a pour but de préciser et présenter les **différents types d'outils** que nous avons identifiés pour évaluer la capacité d'un joueur à prendre une décision.

Premièrement, les fonctions exécutives sont souvent évaluées grâce à des tests utilisés dans l'univers médical. On retrouve un certain nombre de **tâches de réaction, d'attention**, dont la plus usitée est la tâche Stroop (Lautenbach et al., 2016; Lundgren et al., 2016). Ce sont des tâches faciles à mettre en œuvre, mais plutôt **éloignées de la tâche spécifique** d'un joueur de sport collectif. Les fonctions exécutives sont également évaluées à l'aide du 3D-MOT (Parsons et al., 2016). Mais là aussi, c'est un test peu spécifique au sport collectif.

Deuxièmement, la prise de décision est régulièrement évaluée à l'aide de la **vidéo**. Soit les sujets doivent **formuler un choix** (oral ou écrit) au moment où une **séquence vidéo se fige**. Les auteurs évaluent en général le temps de réponse et l'efficacité (Smith, Zeuwts, et al., 2016; Vaeyens, Lenoir, Williams, & Philippaerts, 2007). Soit la vidéo est utilisée comme support de **verbalisation** des paramètres pris en compte pour décider, générer des options ou analyser le jeu (Bossard et al., 2010; De Keukelaere et al., 2013; Raab et al., 2009). Ces études cherchent quant à elles à identifier le type d'information pris en compte pour décider, que ce soit d'un point de vue individuel ou collectif.

Troisièmement, pour augmenter l'immersion du joueur dans le contexte de jeu dans lequel il est susceptible de prendre une décision, plusieurs auteurs utilisent la **réalité virtuelle** (Bideau et al., 2010; Kittel et al., 2019; Vignais et al., 2009, 2010). À travers des modélisations de joueurs en trois dimensions, ils reproduisent des situations de jeu, avec plus ou moins d'informations. Le sujet doit alors réagir, agir et/ou décider (à l'oral, ou par une action motrice). Les valeurs mesurées correspondent souvent au **temps de réponse et à l'efficacité**.

Ensuite, pour accentuer le niveau de réalité, plusieurs auteurs ont mesuré les **comportements** des joueurs directement sur le terrain. Et pour cela ils ont utilisé des lunettes permettant d'analyser le **regard** des joueurs, et ainsi relever les points et durées de fixation du regard (Van Maarseveen, Oudejans, et al., 2018; Van Maarseveen, Savelsbergh, et al., 2018).

Enfin, la prise de décision peut être évaluée à l'aide d'analyses statistiques et **d'index spécifiques**. Par exemple, il est possible de mesurer un pourcentage de passes appropriées par au nombre de passes effectuées dans des situations à prise de décision (Gantois et al., 2019). Également, il est possible d'utiliser un index de comportement offensif, qui permet d'évaluer le style de jeu d'une équipe grâce aux caractéristiques de la possession de balle (durée, quantité, qualité) (Kempe et al., 2014).

En résumé, l'évaluation de la prise de décision passe majoritairement par l'outil vidéo. Et plus l'observateur souhaite prendre en compte le contexte du jeu, et plus il doit s'appuyer sur la verbalisation, l'analyse du regard, et les statistiques du jeu.

### **Les modalités d'exercice et les types de fatigue engendrée**

Dans le cadre des études qui évaluent la prise de décision en situation de fatigue, plusieurs paramètres permettent de mesurer l'intensité de l'exercice susceptible d'influencer la performance cognitive. **Trois types d'exercice** peuvent être distingués (Davranche & Pichon, 2005; Tomporowski, 2003). Le premier type d'exercice amène le sujet à épuisement, visible lorsqu'il n'est plus capable de maintenir le niveau de performance ou d'intensité exigé. L'exercice est en réalité stoppé. C'est ce que nous appellerons un **exercice exhaustif**. Le deuxième type d'exercice ne conduit pas à l'épuisement, mais il est d'une intensité maximale ou sous-maximale. C'est ce que nous appellerons un **exercice intense** ou aigu. Le sujet a pour but de mobiliser le maximum d'énergie lors de l'exercice, mais la durée ou la difficulté n'entraîne pas d'épuisement chez lui. Enfin, un troisième type d'exercice implique des exercices de plus longue durée, avec une intensité peu élevée ou moyenne. Son but est d'amener le sujet à épuiser ses réserves en substrats énergétiques et notamment en glycogène. C'est ce que nous appellerons un **exercice prolongé**.

Le type de fatigue engendré par l'exercice peut prendre deux formes principales que sont la **fatigue centrale** et la **fatigue périphérique** (Gawron et al., 2001). La fatigue périphérique implique forcément une baisse de la performance physique et musculaire dans la tâche étudiée. Cette **fatigue périphérique** peut être ciblée sur un seul groupe musculaire si l'exercice est lui-même ciblé. Les courbatures sont signes de fatigue périphérique, traduisant ainsi une augmentation des dommages musculaires et **baisse de la capacité contractile** des fibres musculaires (Finsterer, 2012). **La fatigue centrale** correspond quant à elle à une diminution de la performance dans des tâches mobilisant les fonctions cognitives (Meeusen et al., 2006). La fatigue apparaît lorsque les fonctions cognitives sont mobilisées sur une **longue durée** (exercice prolongé) ou lorsqu'un même exercice est **répété** plusieurs fois. Cela se traduit notamment par une **baisse de recrutement des unités motrices**. Ces deux types de fatigue n'apparaissent pas dans les mêmes délais ou conditions, et sont mises en jeu dans des exercices qui peuvent être complètement différents ou non (Decorte et al., 2010).

## 2.7. Les axes de recherche qui méritent d'être développés

### **Concernant le lien entre expertise et prise de décision**

Les précédentes sections ont exposé différentes données de la recherche en matière de prise de décision dans les environnements complexes et dynamiques comme en sport collectif. Premièrement, nous avons identifié que la prise de décision était composée de trois éléments importants que sont la **perception, la mémoire, et la mobilisation de connaissances**. Ces trois éléments sont mieux maîtrisés, plus développés par les sportifs experts, ce qui leur permet de gagner du temps, ou d'être efficaces dans un contexte où la contrainte temporelle est prononcée. Ce qui en revanche apparaît utile à identifier aujourd'hui, c'est **la part** de l'un de ces trois éléments par rapport à l'autre. Est-ce qu'il est **plus important** de percevoir les éléments rapidement que de mobiliser des connaissances ? Est-ce que tous les experts mobilisent autant ces trois composantes pour être de bons décideurs ? C'est un premier champ de recherche qui nous paraît intéressant à explorer, pour identifier si l'**apprentissage** (et donc le développement de l'expertise) passe davantage (ou non) par la perception, l'expérimentation, et/ou la capacité de se souvenir.

D'autre part, est-ce qu'un joueur de sport collectif expert (ex : un international de sa discipline pratiquant depuis 15 ans le même sport) est expert aussi dans les tâches décisionnelles ? Autrement dit, il apparaît pertinent de s'interroger sur la **différence** entre expertise **dans un sport** et expertise dans **les tâches décisionnelles**. Les études aujourd'hui n'évoquent pas cet aspect, qui pourtant pourrait apporter des données sur le rôle de la compétence décisionnelle en fonction des postes de jeu. Également, cela questionne la place des compétences décisionnelles **dans la performance** en sport collectif. Les différentes études nous prouvent que ces compétences sont importantes. Mais à notre connaissance, aucune étude n'a montré qu'elles étaient plus ou moins importantes dans la performance globale.

### **Concernant l'influence des contraintes sur la prise de décision**

Le joueur décide en fonction de ce qu'il perçoit autour de lui et des contraintes qui y sont liées. Nous avons vu par exemple que le fait de jouer à domicile influençait l'état émotionnel ou la manière d'aborder les prises de décision. En revanche, le rôle des facteurs situationnels dans la modification des paramètres de la décision n'a pas été identifié dans la littérature. Un joueur est-il plus ou moins entreprenant à domicile ? Les décisions y sont-elles plus risquées ? Maîtriser davantage **l'influence du contexte** sur la capacité décisionnelle pourrait aider les entraîneurs à aborder et préparer les matchs avec plus de données.

D'autre part, chaque individu prend ses décisions seul lorsqu'il joue. Quelle est l'influence de son état psychologique à ce moment-là ? Quel rôle joue la confiance en soi au moment de décider en fin de match ? Comment accompagner psychologiquement les joueurs pour que les décisions soient les plus sereines possibles ? Comment un joueur remplaçant fait ses choix par rapport au joueur qui a le statut de titulaire ? Ces différentes questions résument ce qui concerne **le lien entre état psychologique et prise de décision**, qui nous apparaît pertinent à examiner dans un axe de recherche.

Enfin, nous avons exposé les différentes sources de fatigue pour un joueur en situation compétitive,

qui pouvaient jouer un rôle dans la prise de décision. Que la fatigue soit mentale ou physique, il reste encore de nombreuses questions à **explorer pour identifier** notamment **l'évolution de la prise de décision** au cours d'un match, d'une saison, ou même d'une carrière. À partir de quel niveau de fatigue la capacité décisionnelle diminue ? Qu'est-ce qui provoque de la fatigue mentale pendant un match ? Quel est le lien entre fréquence cardiaque et prise de décision ? Qu'est-ce qui, dans la décision, se détériore et diminue la performance globale du joueur ? Il apparaît que la prise de décision est fortement liée à **l'état physique et mental** du joueur, mais la littérature nous renseigne peu sur la teneur de ce lien.

### **Concernant l'amélioration et l'évaluation de la prise de décision**

Nous avons évoqué que les situations d'entraînement les plus spécifiques et les plus proches de la situation compétitive apparaissent être les plus efficaces pour améliorer la prise de décision. La question du transfert entre l'outil utilisé et la réalité de la compétition est donc importante. Pourtant, c'est un point qui n'est pas suffisamment exploré de notre point de vue. Même si s'entraîner avec des jeux vidéo ou des outils tels que le 3D-MOT améliore les performances cognitives, nous n'avons pas de certitude que **cela se traduise** par une amélioration de la prise de décision sur le terrain. Il serait alors très intéressant de comparer les indicateurs comportementaux statistiques avant et après un entraînement décisionnel, et peut-être même sur toute une saison.

D'autre part, les outils qui permettent d'améliorer la prise de décision en sport collectif sont souvent utilisés aussi pour évaluer les compétences associées. Ceci signifie qu'un outil ou une méthode qui optimise l'apprentissage de ces compétences serait indirectement un moyen de les évaluer. Pour autant, l'évaluation des compétences à l'instant T n'indique pas forcément la **capacité de progression** par rapport à l'outil en lui-même, et / ou par rapport aux tâches à effectuer sur un terrain. La **faculté d'apprentissage** apparaît donc pertinente à évaluer voire même à faire progresser. Également, les recherches dans ce domaine auraient tout intérêt à s'intéresser à la **singularité de l'individu** en matière de décision, de réflexion et d'apprentissage.



## **Résumé :**

Les premières études, basées sur une approche cognitiviste, ont permis d'envisager la prise de décision comme un processus de traitement de l'information ayant pour finalité la réalisation d'un acte moteur. Afin de pallier aux limites de l'approche cognitiviste, les chercheurs ont ensuite évalué la prise de décision comme un processus d'adaptation à la situation courante. Cela nous permet aujourd'hui de considérer le contexte compétitif du sport collectif comme dynamique et complexe. Complexe d'abord parce que les deux équipes possèdent des buts et des intentions multiples et souvent opposés. L'interactivité perpétuelle entre les joueurs fait naître un certain degré d'incertitude et l'activité collective nécessite une coordination entre les joueurs. Le contexte en sport collectif est également dynamique car la situation est en perpétuelle évolution avec des contraintes temporelles parfois très fortes comme lors d'une contre-attaque. Cette évolution nécessite un renouvellement permanent de la prise d'informations. Mais de quoi est composée la prise de décision ? dans la mesure où la décision doit se faire pendant qu'une action se déroule, sa préparation n'est pas toujours aisée et nécessite donc la mobilisation de plusieurs capacités cognitives. Trois aspects principaux se dégagent des études. Premièrement, il faut percevoir pour gagner du temps. Les études s'intéressent beaucoup à la prédiction et l'anticipation, qui permettent de mieux gérer le peu de temps que le sujet possède pour décider. Deuxièmement, il est nécessaire de mobiliser les connaissances utiles pour analyser la situation. Parmi les indices disponibles, quels sont ceux qui sont pertinents ? La connaissance de l'activité et de ses enjeux est donc indispensable pour reconnaître avec efficacité la situation courante. Enfin, décider c'est aussi se souvenir de ce qui a été vécu. L'expérience acquise dans l'activité spécifique permet d'automatiser les comportements, de prendre des habitudes, et donc d'accélérer le processus de prise de décision.

Globalement, les experts sont plus efficaces dans ces différents processus décisionnels. La mémoire est plus rapide à mobiliser, l'anticipation fonctionne plus vite, le travail d'équipe est mieux organisé. Les experts perçoivent plus vite les éléments les plus pertinents. Et c'est la pratique sportive dans sa globalité, mais surtout les heures d'entraînement spécifiques qui leur permettent de mobiliser plus efficacement les fonctions cognitives, et notamment les fonctions exécutives. Également, les experts possèdent de plus grandes aptitudes à gérer et réguler leurs émotions. Elles jouent d'ailleurs un rôle majeur dans la prise de décision puisqu'elles sont fortement associées aux processus de reconnaissance nécessaires à la prise d'information. Les contraintes associées à la situation entraînent une augmentation de la fréquence cardiaque, une modification des comportements, mais aussi une modification des capacités cognitives comme l'attention, la concentration, et les fonctions exécutives. Les paramètres psychologiques tels que la confiance en soi jouent un rôle majeur. Les facteurs situationnels (score, lieu ou moment du match) et la fatigue provoquée par l'effort sont également importants.

Plusieurs méthodes d'entraînement existent pour faire progresser les joueurs dans la prise de décision. Les plus efficaces sont celles qui se rapprochent au mieux de la situation compétitive, et donc sur le terrain. Ces méthodes d'entraînement sont également de bons moyens pour évaluer la capacité décisionnelle des joueurs, tout en considérant la grande disparité inter-individuelle.

### 3. L'étude de la prise de décision au handball

#### 3.1. Introduction

##### **Exigences de l'activité en matière de décision**

Un match de handball est composé d'affrontements physiques et d'efforts intermittents, avec **de multiples actions à haute intensité** (Karcher & Buchheit, 2014). Le jeu a fortement évolué durant les trois dernières décennies, avec un nombre moyen de buts marqués plus important. Par exemple, les équipes masculines ont marqué en moyenne 20.8 buts aux JO de Barcelone en 1992 contre 27.4 buts aux JO de Rio en 2016 (International Handball Federation, 2016). Là où les équipes des années 90 attendaient la phase d'attaque placée pour entreprendre des actions offensives, les équipes d'aujourd'hui accélèrent fortement le jeu pour prendre de vitesse le remplacement des défenseurs et jouer des actions de montées de balle et de contre-attaques. Le rythme de la circulation du ballon est plus élevé, tout comme le nombre d'actions jouées dans un match (Bilge, 2012; Meletakos et al., 2011). Et par conséquent, **le nombre de décisions à prendre** est lui aussi **plus élevé**. L'ensemble de ces évolutions a considérablement influencé les exigences du jeu sur la prise de décision du joueur, mais a également fait évoluer **l'impact de la fatigue** sur celle-ci. En effet, l'augmentation de l'intensité dans un match et l'optimisation de l'entraînement en matière de préparation physique questionnent sur l'évolution de la capacité à prendre de bonnes décisions au cours d'un match ou d'une saison. L'ensemble de ces éléments rend d'autant plus pertinent un travail, que l'on espère rigoureux, sur la prise de décision du joueur de champ au handball.

##### **Description détaillée de la prise de décision selon les rôles au handball**

La prise de décision peut être étudiée pour différents acteurs du jeu tels que les joueurs, les entraîneurs ou les arbitres (Johnson, 2006) . De manière évidente, le type de décisions que chacun doit prendre est différent, ne serait-ce par **leur rôle et leur position sur le terrain**. Les entraîneurs doivent être en mesure de manager leurs joueurs et réaliser des choix stratégiques pour leur équipe (Debanne & Chauvin, 2014). Les arbitres doivent quant à eux prendre des décisions disciplinaires (sanctionner un joueur ou une joueuse) ou sportives (réparer une faute commise par un joueur ou une joueuse) (Souchon et al., 2009). Enfin, l'activité des joueurs de champs est réellement différente de celle des gardiens de but (GB) notamment parce que le GB est le seul à pouvoir agir dans sa zone (ou presque). La prise de décision du GB concerne à la fois les phases défensives et les phases offensives (Debanne, 2003; Espina-Agulló et al., 2016). Cependant, ses actions offensives se résument à la première relance permettant ou non un accès au tir pour le partenaire qui a reçu le ballon. Une fois cette passe effectuée, il ne peut plus agir en tant que GB sur le jeu offensif. S'il souhaitait participer aux actions offensives dans l'autre partie du terrain, il serait considéré alors comme joueur de champ. En revanche, il possède un rôle essentiel dans les phases défensives puisqu'il est parfois associé à 40% de la performance de son équipe (Corcostegui, 2013; Fuertes et al., 2010). Le GB doit être en mesure de se placer sur la trajectoire du ballon pour limiter les possibles du tireur et ainsi augmenter ses chances de réussite (Debanne, 2003). De plus, ses actions (ou non actions) et

placements peuvent agir psychologiquement sur le tireur avec lequel il entre en duel, l'incitant donc à anticiper ce qui va contribuer à sa réussite (Estriga et al., 2013). Par exemple, il doit prévoir de couvrir plutôt le premier poteau sur un tir d'ailier ou descendre son centre de gravité rapidement pour un tir bas. D'autre part, **la prise de décision du joueur de champ** apparaît plus complexe puisqu'elle implique les actions du joueur avec ou sans le ballon, dans toutes les phases offensives et défensives. En tant que possesseur du ballon, le joueur doit décider ce qu'il fait du ballon dans un environnement changeant, et incertain. Sans le ballon, il doit se préparer à le recevoir ou il doit attirer l'attention des défenseurs pour laisser plus de place à son partenaire. Et en tant que défenseur, un joueur doit envisager les possibles actions du porteur de ballon pour agir sur son adversaire direct ou non. Pour finir, les joueurs de champ doivent considérer le **rapport de force** avec leurs adversaires directs pour envisager l'issue des duels joués (Gréhaigne et al., 2011). Par exemple, un joueur doit analyser s'il possède les capacités de battre son adversaire direct, et si oui de quelle manière (Massuca & Fragoso, 2013). Pour résumer, l'étude de la prise de décision au handball doit prendre en compte sa complexité pour être en mesure d'en extraire des données pertinentes.

### **Le handball, un sport scolaire mettant en avant l'activité adaptative et complexe du joueur**

Dans le contexte scolaire, le handball, comme c'est désigné dans les programmes d'EPS, fait partie des sports impliquant un **affrontement collectif** et une **activité de coopération**. Ces deux éléments illustrent parfaitement la complexité de l'activité handball. Le deuxième chapitre du cadre théorique a montré que les sports collectifs étaient caractérisés par un environnement mouvant et changeant, et par une forte interaction entre ses acteurs. Les travaux du groupe nommé "Formation initiale" (et créé par la Fédération Française de handball, FFHB) confirment tout à fait ces éléments (Esposito, 2013), en parlant d'**intentions variées** et d'**instabilité**. Dans ce contexte où l'interaction est centrale, les joueurs cherchent donc à **transformer l'environnement** pour faire basculer le rapport de force en leur faveur et ainsi **dominer leur adversaire**. Les joueurs doivent donc faire preuve d'une adaptation permanente.

À travers les travaux du groupe de la FFHB, nous retrouvons plusieurs éléments abordés dans la littérature scientifique et cités dans les précédentes sections. Même si ces travaux de la FFHB ne s'appuient pas sur des études scientifiques, nous pensons pertinent de citer les éléments en commun, en s'appuyant sur des exemples concrets.

- Les joueurs doivent réduire les incertitudes pour leur équipe tout en produisant des incertitudes pour leurs adversaires (Davids et al., 2013; Kobus et al., 2001) : *mon partenaire doit pouvoir comprendre que je vais lui faire la passe sans que le défenseur ne le devine* ;
- Les joueurs doivent réduire les plages de temps où ils sont contraints de réagir à l'imprévu, et accroître le temps de jeu pendant lequel ils peuvent déclencher et moduler leurs actions. La modulation peut avoir lieu grâce à une prédiction de l'état de la situation de jeu à venir (Bennett et al., 2010; Patel & Choudhary, 2017) : *plus vite je comprends que le défenseur va monter sur moi, plus vite je peux m'organiser pour faire une passe au pivot isolé* ;

- La qualité de lecture apparaît donc essentielle pour prédire. Elle est considérée comme "un processus d'attribution de sens à des indices mis en relation par le joueur lui-même" (Esposito, 2013) (Den Hartigh et al., 2018; Savelsbergh et al., 2010) : *je dois être capable d'interpréter le placement et l'orientation des défenseurs pour amener le ballon dans les zones plus fragiles ;*
- La prédiction de l'évolution de la situation doit se concrétiser par une modalité technique efficace et permettant d'exprimer une intention : *deviner que le défenseur souhaite me neutraliser doit m'inciter à armer mon bras pour garder une sortie de balle possible ;*
- L'activité du joueur nécessite en permanence de s'adapter, ce qui associe à chaque instant les éléments techniques et tactiques (Abreu, 2014; A. M. Williams et al., 2002) : *lorsque je regarde le jeu d'un côté, les défenseurs opposés peuvent modifier leur placement, ce qui m'oblige à m'adapter ;*
- La recherche de dominance ne peut ignorer le besoin d'une cohérence collective dans les actions et les décisions (Araújo et al., 2015; Kermarrec, 2015) : *je peux m'appuyer sur un bloc du pivot et les placements des arrières pour contourner mon adversaire direct ;*
- La complexité au handball se caractérise également par le fait que l'évaluation de la prise de décision d'un joueur doit prendre en compte les activités internes responsables de cette décision (Campo et al., 2012; Feltz, 1988) : *un joueur en manque de confiance risque de privilégier la passe au tir dans des situations difficiles.*

Nous retrouvons donc ici les différents éléments évoqués dans le chapitre précédent, comme la complexité, l'incertitude, la notion de collaboration dans les décisions, et le fait qu'une décision conduit à une action motrice appropriée. La section suivante a pour but d'analyser la littérature en matière de prise de décision au handball.

### 3.2. Vers une meilleure compréhension théorique et pratique de la prise de décision des joueurs de champ au handball : une revue systématique.

Cette section reprend une publication en anglais dans Sciences et Motricité.

Bonnet G, Debanne T & Laffaye G (2020) Toward a better theoretical and practical understanding of field players' decision-making in handball : A systematic review. *Mov Sport Sci/Sci Mot*, <https://doi.org/10.1051/sm/2020008>

#### **Abstract**

The aim of this review is to summarize current literature about decision-making in handball in order to identify potential gaps in the cognitive domain, and to propose directions for future research. Studies used various methods but rarely specified the theoretical framework. Two theoretical approaches are commonly used to study the decision-making in team sports. The cognitive approach was used in two thirds of the studies reported in this review. It focuses on skills used by a player to respond to different stimuli often in a non-specific context. These skills include attention, memory and perception. As expected, expert players tend to perform better in these cognitive tests compared to novices, especially when the task's complexity is high. In contrary, the naturalistic approach studies the way the player analyzes a real and experienced situation. The studies look first at the generation of options, for which expert players appear superior. Second, they assess team cognition which concerns the way a decision is integrated into a collective plan. In this paper, we've described some practical applications and highlighted the limitations and complementarity of these two approaches to study the importance of expertise in decision-making.

Keywords: cognitive skills, perception, expertise, cognitive approach, naturalistic decision making

## **Vers une meilleure compréhension théorique et pratique de la prise de décision des joueurs de champ au handball : une revue systématique**

Résumé :

Le but de cette revue est de résumer les études actuelles traitant de l'activité décisionnelle au handball, d'identifier les manques potentiels de la recherche en sciences cognitives, et de proposer des orientations pour de futures recherches. Ces études ont utilisé différentes méthodes mais ont rarement précisé le modèle théorique utilisé. Deux approches théoriques permettent d'étudier l'activité décisionnelle en sports collectifs. L'approche cognitive représente deux tiers des études trouvées. Elle s'intéresse aux compétences utilisées par un joueur face à différents stimuli dans un contexte souvent non spécifique. Ces compétences incluent l'attention, la mémoire et la perception. Les joueurs experts apparaissent meilleurs que les novices, notamment lorsque la complexité de la tâche est élevée. En revanche, l'approche naturaliste étudie la façon dont le joueur analyse une situation réelle et expérimentée. Les études de cette approche s'intéressent tout d'abord à la génération d'options, dans laquelle les experts apparaissent supérieurs aux novices. Ensuite, ces études évaluent la cognition d'équipe qui concerne la façon dont les décisions sont prises dans le cadre d'un plan collectif. Nous avons décrit dans cette revue plusieurs applications pratiques et exposé les limites et la complémentarité de ces 2 approches pour étudier le lien entre expertise et activité décisionnelle.

Mots clefs : capacités cognitives, perception, expertise, approche cognitive, prise de décision naturaliste.

# **Toward a better theoretical and practical understanding of field players' decision-making in handball: A systematic review**

## **Introduction**

Handball<sup>2</sup> is an invasion and collision team sport with intermittent efforts and high intensity actions, with the objective to score more goals than the opposing team (Karcher & Buchheit, 2014). Handball players have to quickly decide on the appropriate action, taking into account various parameters and with a certain degree of uncertainty. Over the past thirty years, several authors have studied decision making in handball (Johnson & Raab, 2003; Schapschröer, Baker, & Schorer, 2016; Tenenbaum, Yuval, Elbaz, Bar-Eli, & Weinberg, 1993). They focused primarily on perceptive aspects. They demonstrated that experts perform better in decision-making tasks, as they are better at analysis visual cues and other parameters influencing decision making. However, no systematic review has been done on decision-making in handball. The aim of this paper is to summarize the current literature in this field and to propose directions for future research.

In handball, decision-making can be studied in different actors such as players, coaches or referees. Obviously, the type of decisions they must make is different because of their role and their position in or off the field. Whereas coaches must manage the players and make strategic decisions for their team (Debanne & Chauvin, 2014), referees must have to make disciplinary decisions (Souchon et al., 2009). Similarly, the activity of field players is very different from that of goalkeepers. The decision-making of the field player is more complex because it involves their activity with or without the ball and in offensive or defensive phases. Moreover, they have to consider the balance of the power between themselves and their direct opponent: can they outrun them for example. In this study, we focused solely on decision making of field players.

### **Approaches to Study Decision-Making in Team Sports**

Researchers in cognitive ergonomics (Kobus et al., 2001) and sports sciences (Bossard & Kermarrec, 2011) agree that it exists two approaches to study decision making processes. The cognitive one was the first to be developed and does not take into account the context of a decision. This approach focuses on micro-cognition, defined as the study of separate units of cognition (D. E. Klein, H. Klein, & G. A. Klein, 2000). In contrary, the naturalistic approach studies the way a player analyzes a situation in a real context, taking into account its complexity. This approach focuses on macro-cognition (D. E. Klein et al., 2000), defined as the description of complex cognitive functions performed in a natural environment.

#### **The cognitive approach**

##### *Presentation.*

The cognitive approach examines the information processing. It studies the processes and specific skills used by a player exposed to different stimuli to assess the situation and make a decision (Lex

---

<sup>2</sup> "Handball is a team sport played by two male or female teams consisting of seven players (6 fielders and 1 goalie) each. The players are allowed to handle and throw the ball using their hands, but they must not touch the ball with their feet" (except the goalkeepers who may stop the ball with any part of their body) (EHF).

et al., 2015). In this approach, the athlete is considered a rational and omniscient actor who assesses different possibilities to maximize their own behaviour (Macquet, & Fleurance, 2007). This method evaluates three main parameters: 1) the strategies to collect information in the environment, 2) the organization of the knowledge mobilized by the player and 3) the memory processes implicated (Bossard & Kermarrec, 2011). These analyses are quantitative and performed using implicit methods, explicit methods or perceptive tasks. The explicit methods use simple questions, and verbalizations (McPherson & Vickers, 2004). The implicit methods use recall tasks and recognition tasks, in which the subjects must find the correct objects or localizations (McMorris & Beazeley, 1996). Studies on visual perception use occlusion methods and eye-tracking (Williams, Janelle, & Davids, 2004). Finally, the cognitive approach allows the collection of accurate and objective measures on perceptive and decision skills as the variables measured are controlled and can be internally validated.

#### *Main skills studied.*

Cognitive skills encompass the ability to receive, store, retrieve and process information (Bernstein et al., 2011). They are necessarily heavily solicited in handball because players' actions involve tactic choices. The necessity to reason, solve problems and make decisions is therefore permanent throughout the game (Wagner et al., 2014). Many authors associated decision-making with executive functions (Diamond, 2013; Salthouse, 2005), which are involved in complex cognition such as solving novel problems, modifying behavior based on new information, generating strategies or sequencing complex actions. All of that is linked to the game activity of any player of collective sport. Importantly, different cognitive skills are associated with decision-making abilities and studied in the cognitive approach (Tenenbaum & Bar-Eli, 1993). Anticipation, which is an executive function referring to the efforts to predict intentions of one's opponent, appears to be crucial to high level performance in sports (A. M. Williams & Ward, 2007). Attention, which is the ability to sustain focus on a particular object, action or thought (Reynolds, 2015), can be divided into sustained attention (focus for long periods), selective attention (focus on one stimuli among several), and divided attention (focus on several stimuli) (Barkley, 1997). Attention plays an important role in team sports because players need to monitor multiple information such as the position of their teammates and opponents (Memmert et al., 2008). Visual perception is also an important component of decision-making. It gives the athlete complex information allowing them to plan their actions (A. M. Williams et al., 1999). Memory is often studied in the cognitive approach and corresponds to the information stored for a long (long-memory) or a short period (short-term and working memories) (Cowan, 2008). Working memory allows one to recall relevant information, crucial to have in mind in order to think and act appropriately (Miyake & Shah, 1999). Finally, reaction time is part of the response time and is defined as the time between the introduction of a stimulus and the beginning of the motor response (McMorris, 2004a). Short reaction and response times give an obvious advantage when facing an opponent (Robinson, 2014). They are associated with various elements in handball and can be shorten with practice (Wagner et al., 2014).



## **The naturalistic approach.**

### *Presentation.*

The most recent method is the naturalistic approach, which take into account the context of the decision and the relationship between actors. It relies on two main approaches: semiological approach and theoretical models. The semiological approach, which is based on the theory of the situated action (Suchman, 1987) and the concept of the course of action. The course of action is a chain of activity units that is meaningful for the actor (Theureau, 2006). Individual and collective activities are studied based on self-reporting information. The semiologic approach uses essentially qualitative methods such as self-confrontation (Lyle, 2003) or explanation interviews (Vermersch, 2018). In theoretical models, the individual activity is examined with the recognition primed decision model (RPD) (G. A. Klein, 1997) or the situation awareness (Endsley, 1995). The collective activity, on the other hand, is examined through team situation awareness (Endsley & Jones, 2001) and the shared mental models (Mathieu et al., 2000). Whereas in the cognitive approach participants seek to maximize their performance for a given task, in the naturalist approach, participants seek only to have satisficing behaviors in response to real constraints. In the naturalistic approach, studies showed that experts take into account multiple elements to make a decision, including the score, the opponents and teammates actions, the ball trajectory... (Bossard & Kermarrec, 2011; Macquet & Fleurance, 2006). It has been shown that expert players are able to recognize the situations faster than novices, allowing them to make better decisions (Johnson & Raab, 2003).

### *Main skills studied.*

The analysis of decision-making processes in team sports based on the naturalistic approach highlighted the role of a tactical decision, for both offensive and defensive actions (Bossard et al., 2010; Macquet, 2009). A tactical decision involves all the individual skills you need to perform in an opposition situation (Gréhaigne, 1999). First, the relevant cues picked up in the game environment constitute essential information for players to make a decision (Bossard & Kermarrec, 2011). The perception of these relevant cues appears linked to visual attention, mostly selective and divided attention. Players need to response to questions such as: "What does my opponent want to do? Am I able to overtake them? Which solution or option is the simplest?" (Johnson & Raab, 2003; Macquet, 2009). All these elements were mainly expressed by participants through interviews, but also observed in gaze analysis. The gaze behavior examine the number and the duration of gaze fixations on relevant visual cues (Raab & Johnson, 2007). Second, the experience and knowledge, acquired through practice, contribute to make a judgment adapted to the situation (Mouchet & Bouthier, 2006). Experience helps players to enhance their understanding of the different actions, allowing them to anticipate the opponents' intentions and adjust their own actions accordingly. This means that experience plays an important role in anticipation (A. M. Williams et al., 1999). During interviews, expert handball players explained that they are usually able to guess what is about to happen and can therefore adjust their actions accordingly (Lenzen et al., 2009). Third, players need to understand the expectations of their partners and their opponents (Macquet, 2009; Mouchet & Bouthier, 2006) to make their decisions in a given situation. Relying on general concepts in team sports and specific concepts in handball, players try to guess what other players will do (Lenzen et al., 2009).

In addition, the ball carrier in team sports needs to decide what to do with. This option can be chosen among several that the player has to imagine, relying on their cognitive processes while being under pressure (Raab, 2002). The different options generated are based on an understanding of the current situation, knowledge and previous experiences (Macquet, 2009). For instance, a ball carrier has different possibilities: throwing, passing the ball to a teammate, dribbling and running in different directions, feinting an opponent or entering a duel with them. Their choice depends on the perceived cues, the player's skills, their experience, but also on contextual elements, and results from existing interactions between them and their environment (Johnson & Raab, 2003; Macquet, 2009). Finally, the naturalistic approach also examines collective skills: the coordination between players, the development of a strategic plan and the shared awareness (Bourbousson et al., 2015; De Keukelaere et al., 2013; Saury et al., 1997). Considering the collective activity, based on the analysis of each individual course of action, allowed to better understand how players interact and what they rely on to make a decision (Bourbousson et al., 2008).

#### **Aim of the current study.**

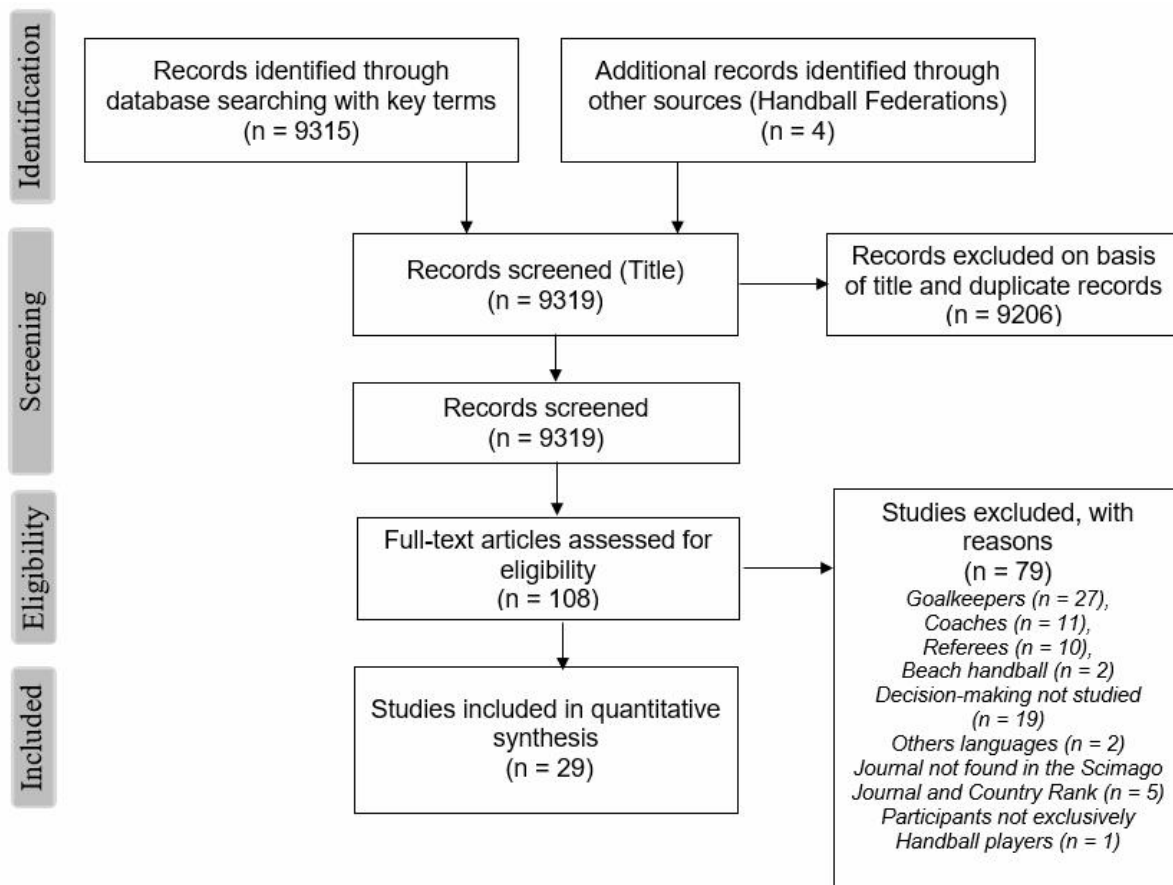
As aforementioned, the aim of this review is to summarize current literature on decision-making in handball. We have focused on the following key points: 1) the approaches and theoretical models used in the current literature to study decision-making in handball; 2) the methods used and variables studied (independent and dependent); 3) the main results and handball skills involved in decision-making; and 4) current limitations and perspectives.

## **Method**

### **Protocol**

Published studies detailing the implementation of decision-making methods in handball were reviewed using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses guidelines (Moher et al., 2009). The process is detailed within **Figure 12**.

**Figure 12.** PRISMA guidelines



### Information Sources and Search Strategy

The search was limited to studies published between January 1990 and June 2019 (the number of publications published before 1990 being negligible) (Prieto et al., 2015). We used the following keywords and their combinations : "Handball", "Team handball", "Cognition", "Executive Function", "Cognitive function", "Decision-Making", "Memory", "Anticipation", "Perception", "Attention", and "Option Generation" as well as their related terms and synonyms in the following electronic databases : PubMed, SPORTDiscus, PsycArticles, PsychINFO, ScienceDirect, European Handball Federation. In addition, a manual reference search was performed on the records found. Documents that were not initially located in full text were requested directly to the main authors.

### Eligibility Criteria

Full-text articles were eligible for inclusion in this systematic review if the studies filled the following requirements: (a) published in scientific journals (Peer reviewed) ; (b) written in English or French ; (c) published in a journal included in the database Scimago Journal and Country Rank ; (d) examined only dependent variables associated with decision-making; (e) tested a cohort composed exclusively of handball players or provided separate results for this group ; (f) concerned novices in handball if this group was compared to expert handball players; (g) focused exclusively on field player's decision-making

### Extraction of Data of Interest

For each article included in the analysis, the following data were extracted: authors and year of

publication, main goal, characteristics of the handball player cohort, theoretical framework, methods used and variables examined, main results and main skills investigated, limits and perspectives mentioned. These different categories form the different columns of the tables 1 and 2. We divided each article into two categories (cognitive approach [C], and naturalistic approach [N]), three first order themes for the cognitive approach (the organization of the knowledge [CK], the memory process [CM], and the perceptive strategies [CP]), two first order for the naturalistic approach (semiological approach [NS], and naturalistic decision-making [NDM]), two second order themes for the NS (Individual [NSI] and Synchronized [NSS] bottom-up interviews) and two second order themes for the NDM (Individual [NDMI] and Collective [NDMC] models). For the cognitive approach, studies were associated with one of the first order themes according to the tasks performed by the participants and the variables measured. Recognition and specific tasks with handball images were associated with CK. Recall and memory tasks were associated with CM. Perceptive, reaction tasks and evaluation of the executive functions were associated with CP. The NS corresponds to the course of action (Theureau, 1992), which can concern individual (NSI) or synchronized (NSS) bottom-up interviews. The naturalistic decision-making (G. A. Klein, 1997) corresponds to a set of theoretical models: the RPD model and the situation awareness in one hand (NDMI), and the shared mental models and the team situation awareness (NDMC) on the other hand. Moreover, some authors are clearly associated with the theoretical models cited above such as Theureau, or De Keukelaere for the NS approach and Klein for the NDM approach, that contributes to repartition of the different studies. We proposed a classification for each study: CP, CM, CK, NSI, NSS, NDMI, NDMC (see tables 2 and 3).

We specified for each study: 1) the different tests and tasks used, 2) the independent and dependent variables (VI and VD respectively), 3) the qualitative or quantitative methods, 4) the specific or non-specific tests. A test was considered as specific if the task is closed to player's action during a match. Then, we described the main results and the specific skills associated, the kind of decision participants must make (individual/collective, offensive/defensive), and the main limits and perspectives proposed by authors (see Tables 3 and 4).

### **Reliability of the Coding Process**

Two coders (first and second authors) classified all of the articles into the different categories and themes. Reliability points were estimated using Kappa index ( $k$ ), which represents the normalized proportion of inter-observer agreement in excess of what would be expected based on chance or random assignments. We used Statistica software version 13.3, which calculates both general and conditional coefficients and tests the statistical significance of agreement among two observers assigning objects to nominal scales. The overall Kappa revealed a considerable rate of agreement among the different coders ( $k = 0.95$ ;  $z = 9.62$ ,  $p < 0.0001$ ). All the conditional coefficients were also high and significant (see Table 2) taken as a whole, these results showed an acceptable reliability of the coding. The coding revealed the lack of the NSS code, meaning that no study relied on the synchronized bottom-up interviews.

**Table 2.** Inter-rater agreement

| Categories | Kappa | z    | <i>p</i> |
|------------|-------|------|----------|
| CK         | 1     | 5.38 | < .001   |
| CM         | 0.87  | 4.72 | < .001   |
| CP         | 0.93  | 5.01 | < .001   |
| NDMI       | 1     | 5.38 | < .001   |
| NDMC       | 1     | 5.38 | < .001   |
| NSI        | 1     | 5.38 | < .001   |
| NSS        | /     | /    | /        |

### Results

The results highlighted the following key points, presented in the introduction: 1) the approaches and theoretical models, 2) the methods and variables studied, 3) the main results and handball skills studied, 4) the main limits and perspectives. The cohorts examined in these studies were composed on average of 69 participants (from 6 to 332). Seventy-six percent of participants were men and 50% are adults (as specified in tables 3 and 4).

**Table 3.** Studies based one the cognitive approach.

*C: Children. T: teenagers. A: Adults. M: male participants. F: Female participants. NS: non-specific tests. S: specific tests. QT: quantitative measures. QL: Qualitative measures.*

| <b>Authors, year of publication, and aim of the study</b>   | <b>Characteristics of handball players' sample</b>  | <b>Theoretical framework (Classification)</b> | <b>Methods and variables</b>   | <b>Main results and main skills investigated</b>  | <b>Limits and perspectives mentioned</b>  |
|---|---|---|--|---|---|
| <b>Dane &amp; Erzurumluoglu 2003</b><br>To investigate the sex and handedness differences in eye-hand reaction times.             | T<br>M (n=160) + F (n=166)<br>level /   | <b>CP</b>                                     | NS – QT (see legend)<br>Visual reaction time tasks from flash signals<br>VI: gender, handedness<br>VD: reaction time                                 | Men right-handers had longer visual reaction times than women right-handers. The lefts-handers had better visual reaction time than right-handers.<br>Skill /   | /   |
| <b>Fruchart et al. 2010</b><br>To compare the way in players use informational cues for deciding a quick start or play            | T + A<br>M (n=200)<br>regional level (n=160)<br>(12 to 18 years)<br>national level (n=40)<br>(Mage=24.1years) | <b>CK</b><br>Functional theory of cognition   | S - QT<br>36 stories were presented. Participants need to give a score on a scale.<br>VI: context of the match<br>VD: scale for quick restart or not | A higher level of experience was linked to 1) a higher importance granted to the numerical status and the current score; 2) a higher influence of the time factor<br>Skill: offensive phase   | The physical and mental conditions should be considered.  |
| <b>Furley &amp; Memmert 2013</b><br>To explore experience related differences on attentional guidance effects from working memory | A<br>M + F<br>experienced (n=12&26)<br>no experience (n=12&26)  | <b>CP</b>                                     | S - QT<br>recall tasks and pass options computer based sport tasks<br>VI: set size, attentional guidance<br>VD: accuracy, response time              | The visual attention performance was influenced by a potential pre-activation of objects in the working memory (more errors and less speed if more players to consider).<br>Skill: offensive phase, decision of whom to pass the ball | Human behavior needs to be studied with its environment. "Within cognitive psychology a further promising approach—cognitive ethology has recently been put forth due to converging evidence that cognitive processes substantially depend on the situational context in which a person is embedded." |
| <b>Kiss and Balogh 2019</b><br>To explore the   | A<br>M (n=45) + F (n=47) level /  | <b>CP</b>                                     | NS - QT<br>Vienna test system (VTS)<br>VI: gender, age, position   | Goalkeepers, wingers and center-backs reacted faster than other players. Center-backs reacted faster  | The tests used in this research are general and not closely related to handball. It will be interesting to  |

|  |   |   |  |   |  |
|--|---|---|--|---|--|
| decision-making strategies of players, their reactive stress tolerance, their attention and concentration skills                           |   |   | VD: concentration, reaction time   | under great pressure than other players. The young group performed better both in terms of concentration as well as decision-making skills and reactive behavior. Skill /   | examine abilities and skills in a more special testing arrangement appearing also at handball trainings and matches.   |
| <b>Lagner et al. 2014</b><br>To examine the link between mood, memory and executive control in a real-life situation.                      | A<br>M (n=61)<br>first district league of Dresden (Germany).      | <b>CM</b>                                   | NS - QT<br>tasks: memory, verbal fluency, cognitive flexibility<br>VI: mood<br>VD: cognitive skills  | After a winning match, performance in tasks assessing basic memory processes was impaired. Cognitive performance seems to be mediated by the more positive mood states reported after a winning match compared with training. Skill /   | It might be interesting to examine the link between executive functions and mood in everyday life.   |
| <b>Lidor et al. 1998</b><br>To compare psychomotor tests performances in skilled players and novices.                                      | A<br>F (n=23)<br>skilled (n=13) and novices (n=10)                | <b>CP</b>                                   | NS + S - QT<br>different tasks measuring cognitive skills<br>VI: Expertise<br>VD (lab): reaction, movement, anticipation times<br>VD (field): accuracy and speed of throwing and passing | Skilled players performed better in field activities (throw, pass) and laboratory tasks (reaction time, anticipation time, movement time). Skill: offensive phase   | /  |
| <b>Memmert &amp; Furley 2007</b><br>To explore the link between breadth of attention, inattention blindness, and tactical decision making. | T<br>M<br>exp. 1: n=34<br>exp. 2: n=29<br>exp. 3: n=16<br>level / | <b>CK</b><br>Inattention blindness paradigm | S - QL<br>Participants must identify the white defender in video sequences.<br>VI: kind of instruction, kind of stimuli<br>VD = position of the defender, tactical decision              | More tactical instructions can lead to a decrease of attention and an increase of inattention blindness. Several exogenous stimuli reduce inattention blindness. Team players often fail to find the optimal tactical solution to a situation because the coach narrows their focus of attention by giving restrictive instructions. Skill: offensive phase, tactical decision for the ball carrier | Participants were adolescents. The findings of this study could be checked in tasks where the decision is made physically. Longitudinal studies could examine the link between breadth of attention and creativity in training sessions. |

|  |  |                  |   |   |   |
|--|--|------------------|---|---|---|
| <p><b>Memmert et al. 2008</b></p> <p>To examine the link between expertise and performance in general attention tasks.</p> | <p>A</p> <p>M + F (n=80)<br/>players (n=40)<br/>novices (n=40)</p>   | <p><b>CP</b></p> | <p>NS - QT</p> <p>functional field of view task<br/>multiple object tracking task<br/>inattentional blindness task</p> <p>VI: expertise</p> <p>VD: reaction time, accuracy</p>            | <p>Team sports players showed no better performance on the basic attention tasks than novice athletes.</p> <p>Skill /</p>   | <p>The task's measures were not robust enough to produce stable individual or group differences. Future research could interest specific attention tasks.</p> |
| <p><b>Memmert 2011</b></p> <p>To examine the link between creativity and inattentional blindness in children.</p>          | <p>C + T</p> <p>M (n=90) + F (n=30)</p> <p>3 skilled groups<br/>3 non-skilled groups</p> <p>(M age = 7, 10 and 13 years old)</p> | <p><b>CP</b></p> | <p>NS + S - QT</p> <p>inattentional blindness and divergent thinking tasks</p> <p>VI: expertise</p> <p>VD: score</p>  | <p>Skilled players produced more original solutions than non-skilled players, especially when their attention score was high. Inattentional blindness appears essential in the production of solutions in general and sport game situations.</p> <p>Skill /</p> | <p>It could be interesting to examine attention performance in programmes for the promotion of creativity, with appropriate instructions and methods.</p>     |
| <p><b>Menevse &amp; Arslan 2012</b></p> <p>To examine reaction time differences in games.</p>                              | <p>A</p> <p>M (n=48)</p> <p>2<sup>nd</sup> division</p>  | <p><b>CP</b></p> | <p>S - QT</p> <p>Ulrich's scale</p> <p>Nelson hand reaction test and Nelson Foot Reaction Test</p> <p>VI: pre-post game; victory-defeat</p> <p>VD: reaction time, accuracy</p>            | <p>Reaction times were shorter for winners than losers in pre-game.</p> <p>Skill: reactivity (individual skill)</p>   | <p>/</p>  |
| <p><b>Przednowek et al. 2019</b></p> <p>To compare psychomotor abilities in professional players and novices.</p>          | <p>A</p> <p>M (n=90)</p> <p>1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> league of Polish men's (n=40)<br/>non-training men (n=50)</p>          | <p><b>CP</b></p> | <p>NS - QT</p> <p>computer Systems Test2Drive tests: reaction time, hand-eye coordination, spatial anticipation</p> <p>VI: expertise</p> <p>VD: reaction and movement times, accuracy</p> | <p>Players had better reaction times and movement times than novices. More experience is associated with shorter reaction time. Centre back players performed better in reaction time tasks.</p> <p>Skill: reaction time and eye-hand coordination</p>          | <p>The pivot and left-handed players were less numerous than other players. The Test2Drive may help coaches to examine individual abilities in players.</p>   |
| <p><b>Rousanoglou et al. 2015</b></p> <p>To compare self-</p>  | <p>A</p> <p>M (n=30)</p> <p>expert-national</p>  | <p><b>CP</b></p> | <p>S - QT</p> <p>To complete shots under temporal constraint or not.</p>  | <p>Experts have best results than novices in throwing velocity and accuracy. The temporal constraint</p>  | <p>The tests used were not closed to in-game situations (without goalkeepers).</p>  |



|  |  |   |   |  |  |
|--|--|---|---|--|--|
| paced and temporally constrained throwing performance between experts and novices  | Greek league (n=15)<br>novices (n = 15)  |   | VI: temporal constraint or not, expertise, kind of throw<br>VD: throwing accuracy and velocity  | leads to a decrease in the throwing velocity in the 3-step shot and in the throwing accuracy in the standing shot.<br>Skill: offensive phase, throwing abilities   |  |
| <b>Rulences-Pâques et al. 2005</b><br>To examine whether simple algebraic rules may be found in sport decision making  | A<br>M (n=60)<br>players   | <b>CK</b><br>Functional Theory of Cognition | S - QT<br>36 stories were presented. Participants need to give a score on a scale for playing a quick restart or not.<br>VI: context of the match<br>VD: scale for quick restart or not | The score is the most important factor to decide to play a quick restart or not. The time and a combination of these the time and the score are great factors to decide to play quickly or not.<br>Skill: offensive phase, quick restart | The athletes experience and skills were not assessed with precision. It could be interesting to examine the process in experts.  |
| <b>Schapschroer et al. 2016a</b><br>To examine whether a specific physical exercise load influenced participants' speed and accuracy in a specific flicker task. | A<br>F (n=35)<br>experts-3 <sup>rd</sup> German league (n=8)<br>advanced-6th German league (n=13)<br>novices (n=14)                    | <b>CM</b>                                   | S - QT<br>specific flicker task<br>recall tasks on animated videos containing structured situations.<br>VI: rest or physical exercise, expertise<br>VD: speed, accuracy                 | Participants performed more accurately and faster in the structured videos. No significant differences were found for the two exercise conditions.<br>Skill: offensive and defensive phase combined. Reaction time.                      | The tasks and the stimuli need to be closed to real game situations. It could be interesting to examine the influence of physiological stress on specific flicker task performances.   |
| <b>Schapschroer et al. 2016b</b><br>To investigate the influence of expertise and different physical intensities on performances in recall tasks.                | A<br>F<br>experts-1 <sup>st</sup> /3 <sup>rd</sup> German league (n=9&10)<br>advanced-5th German league (n=12&13)<br>novices (n=12&12) | <b>CM</b>                                   | S - QT<br>recall tasks on animated videos containing structured situations.<br>VI: rest or physical exercise, expertise<br>VD: speed, accuracy  | Experts performed better than novices in recall tasks, especially in structured and specific situations. No significant difference was found between rest and exercise conditions.<br>Skill: offensive and defensive phase combined.     | The computer-generated-images used were not enough realistic. The physiological demand in study's exercises might be different of the physiological demand induced by real game situations. It could be interesting to examine specific physiological exercises on perceptual-cognitive expertise. |
| <b>Szczypinska et al.</b>  | A  | <b>CP</b>                                   | NS - QT   | Training in the attention  | /  |

|   |   |           |  |  |   |
|---|---|-----------|--|--|---|
| <p><b>2019</b><br/>To examine attention, perception and sensorimotor coordination in handball players.</p>              | <p>M + F (n=18)<br/>F (n=9) 1<sup>st</sup> Poland League<br/>M (n=9) 2<sup>nd</sup> Poland League (n=9)<br/>A /</p> |           | <p>general attention test<br/>Vienna test system<br/>VI: gender, age, pre/post training</p>  | <p>measurement test enhanced general attention. Peripheral perception was improved for men but not for women.<br/>Skill: attention</p>   |   |
| <p><b>Tenenbaum et al. 1993</b><br/>To examine the importance of the cognitive processes in a decision-making task.</p> | <p>M (n=118)<br/>experienced (n=39)<br/>moderate experience (n=37)<br/>novices (n=42)<br/>Age /</p>                 | <b>CP</b> | <p>NS + S - QT<br/>different cognitive tests<br/>VI: visual and auditory stimuli, target's speed, exercise condition, experience<br/>VD: reaction time, accuracy</p> | <p>Experience is the best indicator of the decision-making ability during two different exercise intensities. Attention, short-term memory, reaction time and general intelligence were associated with the decision-making ability.<br/>Skill: offensive and defense phases</p> | <p>The cognitive skills should be examined in specific situations.</p>  |
| <p><b>Tenenbaum et al. 1994</b><br/>To study the role of experience on perception of structured situations.</p>         | <p>M (n=38)<br/>experienced (A, n=19)<br/>less experienced (T, n=19)</p>  | <b>CM</b> | <p>S - QT<br/>recall tasks<br/>VI: experience, complexity of situation<br/>VD: accuracy</p>  | <p>In recall tasks, experts performed better than less experienced when the complexity increases and in structured situations.<br/>Skill: offensive and defensive phase combined</p>   | <p>Age and experience were not differentiated.</p>  |
| <p><b>Zwierko 2007</b><br/>To compare peripheral perception between players and novices.</p>                            | <p>A<br/>gender /<br/>experts (n=16)<br/>novices (n=16)</p>   | <b>CP</b> | <p>NS - QT<br/>Vienna test system<br/>peripheral perception<br/>VI: expertise<br/>VD: reaction time</p>  | <p>Players had shorter response time in peripheral vision tasks than novices.<br/>Skill /</p>  | <p>It is difficult to associate performances in perception tasks with result of training or with genetic skill.</p> |

**Table 4.** Studies based on the naturalistic approach.

*C: Children. T: teenagers. A: Adults. M: male participants. F: Female participants. NS: non-specific tests. S: specific tests. QT: quantitative measures. QL: Qualitative measures.*

| <b>Authors, year of publication, and aim of the study</b>   | <b>Characteristics of handball players' cohort</b> | <b>Theoretical framework (Classification)</b>  | <b>Methods and variables</b>  | <b>Main results and main skills investigated</b>   | <b>Limits and perspectives mentioned</b>   |
|---|--|--|---|--|--|
| <b>De Keukelaere et al. 2013</b><br>To identify elements which contribute to shared understanding between players during rapid attack situations. | A<br>F (n=6)<br>international level                | <b>NDMC</b><br>team cognition<br>course of action<br>RPD model<br>team situation awareness | S - QL<br>auto-confrontation interviews<br>VI: typical shared sequences<br>VD: typical forms of individual activities articulation  | Authors identified seven typical shared sequences and four typical shared understanding. The shared elements concerned essentially few players and are transient.<br>Skill: offensive phase, team coordination   | /  |
| <b>De Keukelaere et al. 2014</b><br>To analyze the evolution of shared elements about the perceived team performance.                             | A<br>F (n=6)<br>international level                | <b>NDMC</b><br>team cognition<br>course of action<br>RPD model<br>team situation awareness | S - QL<br>auto-confrontation interviews<br>VI: typical shared sequences<br>VD: typical forms of individual activities articulation  | The collective performance feeling was associated with fluidity in actions' sequence and to a security judgment about the situation's evolution. There were three dimensions of perceived team performance (isolated action vs successions of actions; actions flow vs skating in the string of action: judgement of safety vs insecurity).<br>Skill: offensive phase, team coordination | There were high difficulties to generalize the results. Analysis about team cognition could allow coaches to organize training sessions with the collective performance opinion. |
| <b>Glockner et al. 2011</b><br>To compare two classes of models able to explain choices based on gaze behavior.                                   | players (n=74)<br>age /<br>gender /<br>level /     | <b>NDMI</b>  | S - QL<br>Model simulations (generated options and gaze behavior measurements)<br>VI: deterministic vs probabilistic model<br>VD: time of fixation, performance in prediction | Both deterministic and probabilistic models could fit and predict participants' initially generated options based on gaze behavior data.<br>Skill: offensive phase, pass or throw decision   | The models used in this study could be applied within the naturalistic approach to many domains, such as parking and selecting living spaces, or problem-solving in chess.       |

|   |  |   |   |   |   |
|---|--|---|---|---|---|
| <p><b>Hohmann et al. 2016</b><br/>To compare the effectiveness of video-based decision training programs</p>  | <p>T<br/>1) F (n=20)<br/>2) M (n=30)<br/>national candidates</p>                 | <p><b>NDMI</b></p>                              | <p>S - QT<br/>option generation paradigm<br/>VI: 3D or 2D video or tactic board, pre/post retention<br/>VD: quality of decisions (first and best option), decision time</p> | <p>1) The presentation of a 3D video in training seemed to be more effective than the presentation of a 2D video for improving decision time.<br/>2) Decision-making training improved the decision-making abilities of participants.<br/>The quality of decisions was not improved.<br/>Skill: offensive phase, option-generation process</p>          | <p>The 3D video decision-training programs could be used to identify talents. An additional video decision-making training could be used to focus on decision quality. It will be interesting to create a test measuring the transfer between training interventions and performances in real match situations.</p> |
| <p><b>Johnson and Raab 2003</b><br/>To examine the link between the use of different strategies and the options generated, the choice quality and dynamic inconsistency</p> | <p>T<br/>M (n=85)<br/>German and Brazilian<br/>medium skill level</p>            | <p><b>NDMI</b><br/>critic decision method</p>   | <p>S - QT<br/>generated options (frozen videos)<br/>VI: specific action<br/>VD: options generated, quality of choice</p>  | <p>Producing few generated options results in better and more consistent decisions. A higher number of generated options is associated with a higher inconsistency between the first/fast option and the final/best choice. Time-pressure led to better decisions for highly trained players.<br/>Skill: offensive phase, option-generation process</p> | <p>"Due to the fact that the study was conducted as a part of a larger study with a broader scope, perhaps all of the necessary experimental controls were not in place."</p>   |
| <p><b>Laborde and Raab 2013</b><br/>To examine the link between mood and option-generation process.</p>   | <p>A<br/>M<br/>experts (n=30)<br/>near-experts (n=30)<br/>non-experts (n=30)</p> | <p><b>NDMI</b></p>                              | <p>S - QT<br/>generated options (frozen videos).<br/>VI: mood<br/>VD: options generated, quality of choice, decision time</p>   | <p>The option-generation process was associated with the physiological component of mood.<br/>Skill: offensive phase, option-generation process</p>   | <p>The preference for certain options, the process of the decision, and the effect of discrete emotions were not examined.</p>  |
| <p><b>Lenzen and al. 2009</b><br/>To investigate what do elite players consider deciding in real game situations.</p>   | <p>A<br/>F (n=6)<br/>D1 Belgium</p>  | <p><b>NSI</b><br/>theory of situated action</p> | <p>S - QL<br/>self-confrontation interviews<br/>VI: offensive or defensive situations<br/>VD: mobilized skills</p>  | <p>Four elements contribute to the decision-making: perception, knowledge, expectations, and contextual elements.<br/>Skill: offensive and defensive phases</p>   | <p>Results could not be generalized to other populations and contexts. It was difficult to access to players' subjective experience. Results constitute "a reliable</p>   |

|   |  |                                     |   |  |   |
|---|--|-------------------------------------|---|--|---|
|   |  |                                     |   |  | source of inspiration for teaching strategies and didactic contents."   |
| <p><b>Raab and Johnson 2007</b></p> <p>To investigate expert performance and understand the mechanisms associated with levels of expertise in complex choice situations.</p>          | <p>T</p> <p>M + F (n=66)</p> <p>experts (n=29)</p> <p>near experts (n=22)</p> <p>non-experts (n=18)</p>  | <p><b>NDMI</b></p>                  | <p>S - QL</p> <p>generated options (frozen videos), quiz and recognition test, decision-making video test and eye-tracking test</p> <p>VI: expertise</p> <p>VD: eye-tracking, position of players, quality of tactical option</p> | <p>Expertise is associated with higher quality of the first generated options. The first option generated by experts is often the final choice.</p> <p>Skill: offensive phase, option-generation process</p>   | <p>"Future researchers need to employ continuous ratings for association strength between a situation and an option as well as similarity ratings between options and potentially new study designs to distinguish and weigh these processes."</p>  |
| <p><b>Raab and Laborde 2011</b></p> <p>"To investigate whether a preference for intuition over deliberation results in faster and better lab-based choices in attack situations."</p> | <p>T</p> <p>M + F (n=54)</p> <p>experts-1<sup>st</sup> league (n=16)</p> <p>near experts-2<sup>nd</sup> league (n=22)</p> <p>non-experts-3<sup>rd</sup> (n=18)</p> | <p><b>NDMI</b></p>                  | <p>S – QT+QL</p> <p>generated options face to frozen videos. PID scale decision-making video test</p> <p>VI: expertise</p> <p>VD: eye-tracking, position of players, quality of tactical option, decision time</p>                | <p>Intuitive athletes made decisions faster and better than deliberative decision makers. Experts should be intuitive and trained to intuitive decisions. Non experts have a lower number of generated options and have a faster generation time of first option.</p> <p>Skill: offensive phase, option generation and tactical individual decision for the ball carrier</p> | <p>Results could not be generalized to other sports. The tests were performed in a lab. It could be interesting to examine when a decision is defined as intuitive, and how "individuals' movement capacity can limit the options they generate".</p> <p>"Future research should focus on the influence of emotions on sport decisions"</p> |
| <p><b>Weigel and al. 2015</b></p> <p>To examine eye-tracking movements during the decision-making process</p>   | <p>T</p> <p>gender / elite players (n=9)</p> <p>district players (n=9)</p> <p>novices (n=8)</p>  | <p><b>NDMI</b></p> <p>RPD model</p> | <p>S – QT+QL</p> <p>To verbalize the final action for a player on virtual tactic boards and real attack scenes</p> <p>VI: experience</p> <p>VD: fixations, score, quality of generated action</p>                                 | <p>The capture of relevant information was faster for experts. The description of decision-making situations was more efficient for experts. Experts generated options with higher probability of success, especially in more complex situations.</p> <p>Skill: offensive phase.</p>   | <p>It could be interesting to examine the quality of gaze behavior.</p>   |

## **Approaches and Theoretical Models**

The cognitive approach was used in 19 studies (65%), whereas the naturalistic approach was used in 10 studies (35%) (see Tables 1 and 2). We noted that more than a third of the studies did not specify the theoretical framework used. The lack of information regarding the theoretical approach used make understanding the results more difficult and thus hinder scientific progress. The principal aspects studied in the cognitive approach were perception and psychomotor abilities (12 studies, 41%), whereas memory process was examined in 4 studies (13%) and knowledge in 3 studies (10%). In the naturalistic approach, the principal category studied was naturalistic decision-making (7 times in individuals and twice in a collective approach, 24% and 7% respectively), whereas the semiologic approach was examined only once in individuals (3%). Moreover, the RPD model was used only 3 time (30%), while is a major theoretical model concerning this approach. It is important to note that the collective dimension in the semiologic category was not studied.

## **Methods and Variables Studied Associated with Handball Decision-making**

The principal independent variables examined in the cognitive approach were the expertise and the experience in 10 studies (53%). The reaction and decision times constituted the main dependent variables measured (9 studies, 47%), whereas the accuracy was examined in 6 papers (31%) and the quality of the decision only once (5%). Eye-tracking data and collective cognitive skills were not assessed in studies using this approach. When it's specified, the game's phases examined corresponded essentially to offensive phases (6 papers; 67%) and to a combination between offensive and defensive phases (3 papers; 33%). However, 10 publications did not specify the phase studied (53%), meaning that tasks were not realized in a specific context. Interestingly, only two studies integrated participants into an imagined specific context closed to handball (Fruchart et al., 2010; Rulence-Pâques et al., 2005).

In the naturalistic approach, the principal independent variables examined were expertise and experience (3 studies, 30%). The quality of the generated options constituted the main dependent variables measured (6 studies, 60%), whereas the eye-tracking data were examined three times (30%) and the collective cognitive skills twice (20%). The accuracy was not measured in this approach. The measurements represent qualitative variables in 5 out the 10 studies (50%), quantitative variables in 3 studies (30%), and both in 2 studies (20%). Concerning the handball phases examined, 9 out the 10 studies examined only offensive phases (90%). The tenth study examined both offensive and defensive actions.

## **Main Results and Handball Skills Studied**

### **Cognitive approach**

The studies examined only individual cognitive skills and mainly interested on the playmaker activity. First, Tenenbaum et al. (1993) revealed that short term memory was a significant predictor of the decision-making ability. Globally, expert players performed better than novices in these tasks (Furley

& Memmert, 2013; Schapschröer et al., 2016b; Tenenbaum et al., 1994), especially when the complexity increased (Furley & Memmert, 2013). However, experts performed better only when the proposed situations are structured (Schapschröer et al., 2016a, 2016b; Tenenbaum et al., 1993). Furley and Memmert (2013) explained the superiority of experts by a greater ability to use their working memory and visual attention. However, authors noted that the visual attention is influenced by a potential pre-activation of objects in the working memory. Then, Lagner et al. (2014) revealed that the mood states mediates positively cognitive performances and the memory processes.

Second, perceptive skills appear essential in decision tasks (Tenenbaum et al., 1993), including the reaction and response times, which represent the principal data measured in handball. Studies revealed that these skills are strongly linked to expertise, experience, gender, laterality or position in the field. The reaction time is shorter for skilled players than novices (Lidor et al., 1998; Przednowek et al., 2019; Rousanoglou et al., 2015; Schapschröer et al., 2016a; Zwierko, 2007). Menevse and Arslan (2012) revealed that tournament's winners have shorter reaction time. Experience is also a factor to shorten response time in peripheral vision tasks (Zwierko, 2007), or reaction time in simple reaction tasks (Przednowek et al., 2019). The reaction time is shorter for left handers than right-handers players and for men than women (Dane & Erzurumluoglu, 2003). Similarly, the wings and central back players react faster than other players (Kiss & Balogh, 2019; Przednowek et al., 2019).

Third, Tenenbaum et al. (1993) underlined the role of attention in experts to identify relevant information and ignore irrelevant one. Several studies in the 2000's confirmed that visual attention was strongly associated with greater performances in decision-making tasks (Memmert, 2011; Memmert et al., 2008; Memmert & Furley, 2007). Guided by working memory (Furley & Memmert, 2013), performances in different attention tasks were associated with the amount of instruction received and the type of stimuli. These results reveal that attention ability improve with training (Szczypińska & Mikicin, 2019). Nonetheless, too many instructions given by a coach can lead a decrease of the attention (Memmert & Furley, 2007) and consequently potential difficulties of understanding the instructions or to apply them. Then, the anticipation ability appears to be superior for expert players than novices (Lidor et al., 1998).

Finally, two studies (Fruchart et al., 2010; Rulence-Pâques et al., 2005) focused on the mobilization of knowledge, relying on the functional theory of cognition (Anderson, 2008). They revealed that the score is the main factor, which allows players to decide a quick restart of play or not, no matter the level of players' experience. However, these authors indicated that numerical status is more important for experienced players than for novices.

### **Naturalistic approach**

Based on the semiologic approach and particularly on the theory of situated action (Suchman, 1987), Lenzen et al. (2009) revealed that four elements contribute to decision-making. The first one is the ability to perceive relevant cues. The second one corresponds to the base of fundamental and specific knowledge. Then, players need to understand the expectations from coach, partners and opponents.

Finally, players need to take into account contextual elements such as the score, the opponent's level or the stake's match.

Based on an heuristic approach, Raab and Laborde (2011) studied the link between intuition and the decision-making. Intuition was defined by the authors as an involuntary judgment based on previous learning and experiences. Authors revealed that intuition allows to decide faster and better for experts. This study gets closer to the RPD model, which identifies the first reasonable reaction from the relevant cues and situations already experienced. Moreover, expert players generate the options with the highest probability of success, especially in more complex situations (Johnson & Raab, 2003; Raab & Johnson, 2007; Weigel, Raab, & Wollny, 2015; for a review see Raab, De Oliveira, & Heinen, 2009). Furthermore, experts generate less options than novices but with higher quality, the first one being the best (Johnson & Raab, 2003; Raab & Johnson, 2007). The decision time in the option generation process was strongly associated with a better efficacy in training with 3D video than 2D video (Hohmann et al., 2016). In addition, Glockner and al. (2011) revealed that the study of the generated options, based on behavior data, could be predicted by both deterministic and probabilistic models. Then, Laborde and Raab (2013) revealed that the option-generation process was associated with the physiological component of mood.

Finally, only two studies focused in the collective dimension of a decision through the evaluation of team cognition and the team situation awareness (De Keukelaere, Kermarrec, Bossard, Pasco, & Deloor, 2013; De Keukelaere, Kermarrec, Bossard, & De Loor, 2014). The team situation awareness studies the cognitive elements integrated into the collective organization and shared by players on the field and their evolution during a played action. Authors revealed that the shared elements are articulated around a collective plan or an adaptation to the context. Their layout in the field during offensive phases depends on the number of players who shared these elements (De Keukelaere et al., 2013). Additionally, the collective performance appears better for players when actions are fluent and safety (De Keukelaere et al., 2014).

### **Limits and Perspectives**

The limitations proposed by authors studying decision-making abilities concerned 1) the sample of participants, 2) the context of the decision, 3) the generalization of the results and 4) the prioritization of the generated options. First, the number of participants was sometimes less than 50 (Menevse & Arslan, 2012; Przednowek et al., 2019). Two studies suggested that evaluating decision-making ability in teenagers might have certain limitations (Memmert & Furley, 2007; Tenenbaum et al., 1994). The lack of precision in measuring the experience of participants appeared also a limitation to study these skills (Rulence-Pâques et al., 2005; Tenenbaum et al., 1994). Second, the study of decision-making skills, according to the cognitive approach, does not take into account the context of the decision, since the objective is to simplify and better control the different variables examined. Several studies suggested that it was a limiting point because the tests used and the executed tasks were too far from the in-



game decisions processes (Furley & Memmert, 2013; Kiss & Balogh, 2019; Lagner et al., 2014; Memmert, 2011; Memmert et al., 2008; Rousanoglou et al., 2015; Schapschröer et al., 2016b, 2016a; Tenenbaum & Bar-Eli, 1993). Zwierko (2007) suggested that the results concerning the responsiveness to visual stimuli did not allow them to ascertain whether better performances were due to a genetic superiority or resulted from training. Third, three studies in the naturalistic approach highlighted the difficulties to generalize the results. This was due to the particular and reductive context of the decisions studied and the difficulty to assess the experience of the players (De Keukelaere et al., 2013, 2014; Lenzen et al., 2009). Finally, in option generation process, the number of options and the speed at which they were generated are often examined but the prioritization of one option versus the others was not enough examined (Laborde & Raab, 2013; Raab & Johnson, 2007).

Concerning the main perspectives suggested by authors, it appears necessary to examine elements, which could influence decision-making. Authors cited different components such as mental and physical conditions (Fruchart et al., 2010; Schapschröer et al., 2016a), in-game performances (Memmert, 2011), mood state (Raab & Laborde, 2011), and creativity, especially in longitudinal study (Memmert & Furley, 2007). Moreover, the individual's opinion could be examined in future studies to better understand their importance in the collective performance (De Keukelaere et al., 2014). Several authors suggested that the study of the decision-making ability could be applied to coaches and professors in order to enhance their teaching skills. It could guide the practice of team sports from a cognitive point of view (Lenzen et al., 2009; Szczypińska & Mikicin, 2019). In training, the 3D video appears to be a good tool to enhance the player's ability to better decide (Hohmann et al., 2016). Finally, Furley and Memmert (2013) suggested that an "ethologic" approach could be used to study decision-making and analyze cognitive processes in a real decisional context. In this way, this approach would respond to suggestions made by authors in the cognitive approach (Furley & Memmert, 2013; Kiss & Balogh, 2019; Schapschröer et al., 2016b; Tenenbaum & Bar-Eli, 1993).

## **General Discussion**

### **Specifying the Theoretical Framework**

The theoretical framework was rarely specified or explained in the included studies, which makes understanding and comparing the results particularly challenging. Most of these studies relied on the cognitive approach and quantitative methods, representing more than two thirds of the included papers about handball. The naturalistic decision-making approach was less used, particularly in its collective dimension. This was also true for the semiologic approach, which was used only in one study and only in an individual approach. We highly recommend that future studies specify the theoretical framework in order to facilitate the understanding and the interpretation of the results. Importantly, future studies should also link the results to the existing theoretical models in order to draw theoretical implications.

In addition, the cognitive and the naturalist approaches appear complementary to consider the

decision-making as an alternation between simple and complex decisions. The cognitive approach identifies the knowledge and relevant cues used to decide in an easily identifiable situation. However, the naturalistic approach identifies either the parameters of an emerging decision in a dynamic and collective situation (Johnson, 2006; Mouchet, 2005; Weigel et al., 2015), either a recognition process (G. A. Klein, 1997). This complementarity between the two approaches has already been shown by Ericsson and Smith (1991). They proposed a framework to study the expert performance that relied on the two approaches. The cognitive approach would be used in a first phase to capture and identify cognitive skills, and the naturalistic approach would be used in a second phase to examine the mediating mechanisms involved in the expertise development. They used questionnaires and interviews to highlight the role of the practice years. For instance, players declare sometimes that they make a decision with "yeux fermés", meaning that the decision might be automatized or intuitive. Examining the factors that differentiate a deliberate decision from an automated decision appears to us as a relevant research axis in handball. Moreover, an "ethologic" approach which combines the cognitive and the naturalistic ones, appears interesting to study decision-making and cognitive skills in a context closed to the in-game handball context (Furley & Memmert, 2013). Considering the collective dimension in the decision using methods developed recently for other sports (Araújo et al., 2015; Kermarrec, 2015; Sève et al., 2009) would be an asset to understand how players get to coordinate their actions and make decisions sometimes without defined strategies.

### **A Great Variety of Methods**

Research methods are highly heterogeneous. Similarly, the profile of the subjects studied varies, especially regarding the level of expertise. Indeed, expertise is a very subjective aspect and is hard to evaluate and standardise (Swann et al., 2015). There is also a lack of studies involving female participants. Very few studies looked at how teenaged players make a decision in comparison to adults, which would be an interesting line of work (Tenenbaum et al., 1994). Indeed, examining the development of the decision-making abilities over the years would provide valuable data that could greatly contribute to the field. The perceptive skills were mainly studied in the cognitive approach, but few studies focused on the executive functions. However, executive functions are heavily solicited in handball because they help generating strategies and adjusting behavior according to the perceptible information (Diamond, 2013; Salthouse, 2005). When Verburgh, Scherder, Van Lange and Oosterlaan (2014) studied executive functions in soccer, they found that highly talented players showed superior motor inhibition than amateur players. Long-term memory is not studied in handball but appears associated with action control and perceptual-cognitive structures (Schack & Mechsner, 2006) and thus would be an interesting aspect to assess.

In the naturalistic approach, the option generation process is often studied and it has been shown in many different sports that the first option generated is usually the best for experts (Belling et al., 2015a; Farrow & Raab, 2008; Hepler & Feltz, 2012). Few studies focused on gaze behaviour associated with

the option generation process. However, these studies give quantitative data while the naturalistic approach uses mostly qualitative methods. Experts have a smaller number of gaze fixations and a longer duration of fixation (Savelsbergh et al., 2010). To our knowledge, no study examined others aspect of team cognition in field handball players, including the shared mental models. Importantly, Debanne, Fontayne and Bourbousson (2014) revealed that different kinds of shared knowledge could be used between coaches and players. This is an important finding and we believe that future research in field handball players should also focus on this aspect.

### **Main Results and Practical Applications**

The studies based on the cognitive approach focused to decisions factors such as the memory processes, the visual attention, the perceptive ability, the reactivity or the anticipation skills. Studies revealed that experts or experienced players performed better than novices in cognitive tasks, both in handball specific and non-specific tests. We could highlight four major findings: 1) working memory and attention appear crucial to perform efficiently in cognitive tasks (Afonso et al., 2012), 2), working memory can act as a pre-activator of visual attention, thus facilitating the identification of relevant information (Miyake & Shah, 1999; Williams & Ford, 2008), 3) experts need structured situations to perform better and the gap between experienced players and novices increase with complexity, 4) the game score guides tactical decisions regarding how fast players resume the game. These results implicate that high-level performance is associated with an enhance ability to make the appropriate decision. In decision-making tasks, the objective is to manage simple parameters such as the score or the numerical status, and more complex parameters such as players' positions and movements, or the ball position. Therefore, coaches need to train players to listen, collect information, in order to engage their working memory and develop automatisms. Thus, it would be relevant to further investigate the link between executive functions and performances in handball.

The theory of situated action allows to distinguish six elements contributing to the quality of a decision in play: the ability to perceive relevant cues, the fundamental knowledge of handball and playing principles, the guidelines expressed by the coach, the attitude of the partners and opponents, the context of the decision, and the intuitive ability based on experience and training (Lenzen et al., 2009). This means that players need to practice looking for relevant cues, taking landmarks in play, sharing typical situations several times in order to increase their experience and their handball specific knowledge. Studies revealed that the decision process is associated with a smaller number of generated options for experts, with the first being the most adequate response (Johnson & Raab, 2003; Raab & Johnson, 2007; Raab & Laborde, 2011; Weigel et al., 2015). In addition, it appears necessary to share situations with temporal and spatial constraints in order to encourage quick and efficient information intake. This means that the ability to collect relevant cues has to be practiced with partners (De Keukelaere et al., 2013, 2014). This collective dimension could be examined also with the semiologic approach. Indeed, the decision appears related to the player's adaptative ability according to the

perceived interactions between players in a given situation, and to the creation of a collective identity (Mouchet, 2005).

In the two theoretical approaches, most of the studies were interested in decision-making solely for the ball carrier. However, the field decision-making concerns more roles and more actions. For instance, teammates need to anticipate where they could receipt the ball to provide the ball carrier with appropriate throw solutions, while the opponents need to intercept the ball or neutralize the ball carrier before they throw. Further research should be undertaken to investigate decision-making in defenders or the ball carrier's teammates in order to better understand the different types of recognition processes involved (Kermarrec & Bossard, 2014). Finally, few studies looked at contextual elements, which could influence decision-making. For instance, recent changes in game rules, allowing the use of a seventh player in the field instead of the goalkeeper, might require some strategic adjustments. Thus, it would be interesting to investigate whether this strategic choice increase or decrease the likelihood of winning the game.

### **Limits and Perspectives**

The obvious limitations proposed by authors were strongly linked to the approach used. Indeed, studies which used the cognitive approach considered that the decision was not so closed to a real task of players. Studies which used the naturalist approach revealed that the results could not be generalized. Therefore, it would be interesting to discuss how the performance in decision-making tasks could be influenced by the mood states or the fatigue (Phillips et al., 2002; Royal et al., 2006). The perspectives proposed by authors in handball appears also strongly linked to the theoretical approach used. However, the "ethologic" approach proves to be a relevant way to study the decision-making. Indeed, it would allow to measure cognitive skills in a context closed to real and experienced situations in the field (Furley & Memmert, 2013). As a result of this review, we encourage researchers to take into account these different points to conduct their future works.

**Acknowledgments** The authors have no conflicts of interest that are directly relevant to the content of this review. No sources of funding were used to assist in the preparation of this review.

**Résumé :**

Le handball est un sport collectif composé de multiples actions à haute intensité. Les évolutions récentes du jeu ont accentué l'intensité et le rythme, nécessitant une prise de décision d'autant plus rapide et efficace. En fonction de leur position sur le terrain, les joueurs sont à amener à gérer à la fois l'activité coopérative (avec leurs équipiers) et l'affrontement collectif (avec leurs adversaires). L'instabilité de l'environnement obligent les joueurs à transformer l'environnement pour faire en sorte que le rapport de force devienne favorable pour leur équipe. Le joueur doit réduire les incertitudes, agir rapidement, prédire les actions, adapter son comportement, coordonner son action avec celles de ses équipiers, et donc décider tout en prenant en compte toute cette complexité.

La revue de littérature publiée dans *Sciences et Motricité* avait pour but de résumer les études actuelles traitant de la prise de décision au handball, d'identifier les manques potentiels de la recherche en sciences cognitives, et de proposer des orientations pour de futures recherches. Les études ont utilisé différentes méthodes mais ont rarement précisé le modèle théorique utilisé. L'approche cognitive représente deux tiers des études trouvées. Elle s'est intéressée aux compétences utilisées par un joueur face à différents stimuli dans un contexte souvent non spécifique. Ces compétences incluent l'attention, la mémoire et la perception. Les joueurs experts apparaissent meilleurs que les novices, notamment lorsque la complexité de la tâche est élevée. En revanche, l'approche naturaliste étudie la façon dont le joueur analyse une situation réelle et expérimentée. Les études de cette approche s'intéressent tout d'abord à la génération d'options, dans laquelle les experts apparaissent supérieurs aux novices. Ensuite, ces études évaluaient la cognition d'équipe qui concerne la façon dont les décisions sont prises dans le cadre d'un plan collectif. Nous avons décrit dans cette revue plusieurs applications pratiques et exposé les limites et la complémentarité de ces deux approches pour étudier le lien entre expertise et prise de décision. Nous avons suggéré qu'il serait intéressant d'examiner dans de futurs travaux le lien entre prise de décision, états d'humeurs et fatigue.

## Partie 2 Travaux expérimentaux

### Présentation de la partie 2

L'objectif de cette deuxième partie est de présenter les travaux expérimentaux entrepris durant le doctorat. Nous présentons dans un premier temps le contexte dans lequel se placent les différentes études, en précisant les objectifs scientifiques et les différentes hypothèses. Ensuite, nous détaillons les méthodes et résultats de chaque étude qui sont discutés de manière individuelle puis globale. Les quatre premières études concernent l'évaluation de la prise de décision, et les deux études suivantes concernent l'influence sur la prise de décision d'un état de fatigue provoqué ou non.

1

#### Introduction et contexte d'étude

2

#### La prise de décision des joueurs de champ

- Étude n°1 : évaluation des fonctions exécutives chez l'adulte
- Étude n°2 : évaluation du temps de réponse non spécifique chez l'adulte
- Étude n°3 : évaluation du temps de réaction spécifique chez l'adulte
- Étude n°4 : évaluation du temps de réaction spécifique chez l'adolescent

3

#### Influence de la fatigue sur cette prise de décision

- Étude n°5 : évaluation du temps de réaction spécifique après un exercice intense chez l'adulte
- Étude n°6 : évaluation du temps de réaction spécifique après un stage de 2 jours chez l'adolescent



# 1. Introduction et contexte d'étude

## 1.1. Problématique d'étude

La première partie a permis de délimiter, théoriquement, les contours de la prise de décision dans un environnement complexe et dynamique. Nous avons en l'occurrence relevé que les joueurs de sport collectif experts possédaient des aptitudes supérieures en matière de prise de décision. Pour cela ils s'appuient sur des fonctions cognitives plus efficaces, ce qui leur permet de percevoir les indices les plus pertinents dans un temps plus court. Les experts utilisent des mécanismes de reconnaissance pour identifier plus rapidement ce qui va les aider à décider avec efficacité dans un environnement sous contraintes et changeant. La contrainte temporelle et l'incertitude des situations rencontrées amènent les joueurs à **décider dans un délai court**, voire très court. Plusieurs études ont montré que moins le joueur avait de temps, et plus il risquait de faire des erreurs dans ses prises de décision (Bossard et al., 2010; Chiu et al., 2017; Vilar et al., 2013). Le temps de réaction, ou de manière plus globale le temps de réponse (temps de réponse = temps de réaction + réponse motrice), pourrait permettre de mesurer la capacité d'un joueur à prendre une décision efficace (Garland & Barry, 1991a; Kiss & Balogh, 2019; Schaefer, 2014). Selon l'approche cognitiviste, le temps de réaction illustre la capacité à traiter les informations rapidement pour prendre les décisions (McMorris, 2004a). Selon l'approche naturaliste, le temps de réaction représente la vitesse des processus de reconnaissance, la vitesse de mobilisation des savoirs et des expériences, et donc l'automatisation de la décision (Bossard et al., 2010). Une bonne capacité de réaction apparaît donc cruciale dans un sport comme le handball. Dans cette logique, notre travail doctoral cherche à examiner sous différentes formes **le temps de réponse** d'un joueur de handball, ce qui constitue le premier axe de recherche des travaux expérimentaux. Les études s'attachent donc à examiner **s'il existe une différence** entre les joueurs professionnels et les joueurs amateurs dans leur **capacité à décider vite**. Et si oui, dans quelle mesure cette différence est prononcée dans des tests spécifiques ou non spécifiques.

Par ailleurs, aucun test cognitif n'a été officialisé pour évaluer les capacités décisionnelles d'un joueur de sport collectif. Même si plusieurs tests sont utilisés dans les études (comme évoqué dans la partie précédente), aucune étude n'a cherché à confronter ces tests avec la réalité du terrain et les besoins d'évaluation ou de détection. Scharfen et Memmert (2019a) ont suggéré dans une méta-analyse que les tests cognitifs pouvaient être de réels outils de détection, notamment lors qu'ils évaluaient les fonctions exécutives. Le deuxième axe de recherche est donc **d'identifier des tests** qui pourraient **discriminer l'expertise** d'un point de vue décisionnel au handball.

La troisième dimension de ce travail de recherche correspond à la nécessité d'utiliser des tests efficaces et rapides à mettre en place. Notre **démarche** cherche avant tout à être **pragmatique** pour que les tests puissent être utilisés par les entraîneurs de terrain, sans les empêcher de réaliser leur



mission d'entraînement pleinement. Nous avons donc choisi des **expérimentations courtes**, réalisables à proximité du terrain. Pour cela, le niveau de complexité et de dynamisme des situations a été simplifié.

Ensuite, nous avons cherché à compenser la simplification du contexte décisionnel par une **vue à la première personne** dans les tests spécifiques. Nous limitons les aspects dynamique et complexe de l'environnement. Il nous a donc paru utile de proposer des situations figées avec une prise de vue identique à celle que le joueur possède sur le terrain. Le champ de vision est donc plus limité, mais reste donc plus réaliste. Roca et collaborateurs (2012) ont montré des résultats encourageants avec une démarche similaire, les footballeurs experts étant plus efficaces dans une tâche d'anticipation que les novices. Les auteurs avaient également précisé que le nombre d'heures à jouer au football était le prédicteur le plus puissant de l'expertise cognitive et perceptive. Cela signifie que la **quantité de pratiques** est un élément important à mesurer dans les différents travaux expérimentaux.

En résumé, nous cherchons à apporter des éléments de réponse à cette première question :

**La capacité à reconnaître les situations avec rapidité et efficacité est-elle un paramètre de l'expertise au handball, aussi bien pour l'adulte que pour l'adolescent ?**

Par ailleurs, il a été montré que l'intensité et la répétition des efforts fournis lors d'une rencontre en sport collectif pouvait **augmenter l'état de stress et le niveau de fatigue** des joueurs (Covassin et al., 2007; Lucas et al., 2009; Royal et al., 2006). Les processus décisionnels sont susceptibles d'être modifiés (Parkin & Walsh, 2017), et les performances cognitives atténuées (Gantois et al., 2019; Russell et al., 2019b). Cependant, **aucune étude** n'a été menée au handball et a permis de **faire le lien** entre la **performance cognitive** et un **état de fatigue** avéré. Autrement dit, même si les entraîneurs de plusieurs sports considèrent souvent que les décisions se détériorent avec la fatigue (Russell et al., 2019a), aucune étude n'a montré qu'une baisse de performance décisionnelle serait due à une augmentation de niveau de fatigue du joueur. Nous n'avons pas non plus d'éléments sur le type de fatigue qui influencerait cette baisse de performance. Nous cherchons donc à apporter des éléments de réponse à cette deuxième question :

**La capacité de réaction d'un joueur est-elle modifiée dans tâches décisionnelles spécifiques après un exercice très intense ou une répétition d'efforts sur plusieurs jours ?**

## 1.2. Objectifs scientifiques

Dans la première partie, nous avons recensé les différentes approches et différents modèles théoriques utilisés pour étudier la prise de décision, en lien avec l'objectif n°1 de cette thèse. Cela a permis de contribuer à une meilleure compréhension des processus décisionnels dans des environnements complexes et dynamiques (objectif n°2 de cette thèse). Le sport collectif, et plus particulièrement le handball, sont très représentatifs des contraintes rencontrées par les joueurs lors de la mise en jeu des processus décisionnels. Les travaux expérimentaux exposés dans cette partie contribuent à la compréhension des processus décisionnels. Plus précisément, ils ont pour buts :

- ⇒ **1)** d'examiner la différence de réactivité entre une population élite et une population non-élite dans des prises de décisions spécifiques ou non (proches ou éloignées de l'activité handball) (objectifs n°2 et 4 de cette thèse) ;
- ⇒ **2)** d'identifier les tests qui seraient les plus discriminants de l'expertise décisionnelle en sport collectif et plus particulièrement au handball (objectif n°3 de cette thèse) ;
- ⇒ **3)** d'identifier si les résultats obtenus chez l'adulte se retrouvent lorsque l'on compare des adolescents détectés et sélectionnés avec des adolescents en dehors du circuit de détection fédérale (objectif n°4 de la thèse) ;
- ⇒ **4)** d'examiner l'influence d'un état de fatigue sur la capacité à réagir (objectif n°5 de la thèse).

## 1.3. Approches théoriques mobilisées dans les travaux

Dans les deux premières études, nous avons privilégié les méthodes classiques de **l'approche cognitive**. En effet, nous avons examiné un point précis du processus décisionnel hors contexte, avec d'une part les fonctions exécutives (étude n°1), puis d'autre part le temps de réponse non spécifique (étude n°2).

Dans les études suivantes (n°3, 4, 5, 6), nous avons évalué le temps de réaction dans des situations spécifiques. Cette tâche faisait appel davantage à des processus de reconnaissance en contexte spécifique, le sujet étant immergé grâce à une vue à la première personne. Nos travaux se sont donc basés sur la première modalité du **modèle de reconnaissance première** (RPD), appartenant à l'approche naturaliste, pour évaluer la capacité de prise de décision dans un environnement dynamique et complexe.

## 1.4. Hypothèses

### **Concernant les différences entre la population élite et la population non-élite**

#### **Hypothèse n°1 :**

La population élite réagit plus vite grâce à :

- des fonctions exécutives plus efficaces, notamment au niveau de l'inhibition cognitive
- un temps de réaction plus court (niveau psychomoteur)

#### **Hypothèse n°2 :**

La population élite est plus efficace dans les décisions (score ou pourcentage plus élevé en termes de réussite).

#### **Hypothèse n°3 :**

Les adolescents détectés dans une filière de performance possèdent de meilleures aptitudes psychomotrices que les adolescents non détectés, cette supériorité se manifestant par une réactivité plus élevée.

### **Concernant la pertinence des tests utilisés**

#### **Hypothèse n°4 :**

Les tests spécifiques sont plus discriminants que les tests non spécifiques en matière d'expertise.

### **Concernant l'influence de la fatigue**

#### **Hypothèse n°5 :**

Un exercice très intense réalisé sur un temps court (moins de 5') détériore la capacité de réaction dans une tâche décisionnelle spécifique. Cette détérioration est d'autant plus grande que le sujet est âgé.

#### **Hypothèse n°6 :**

Un enchaînement de séances d'entraînement sur 2 jours chez des adolescents détériore la capacité de réaction dans une tâche décisionnelle spécifique.

## 2. La prise de décision des joueurs de champ

### 2.1. But et objectifs

Une première série de quatre études a été réalisée avec des joueurs de champ de handball. Ces quatre études ont eu pour but de comparer les performances cognitives d'une population élite à une population non-élite. D'une part, nous avons étudié chez les adultes les fonctions exécutives et la capacité de réaction dans des tâches spécifiques ou non (proches de la situation de compétition ou non). D'autre part, nous avons examiné la capacité de réaction chez les adolescents dans une tâche spécifique. L'objectif de ces quatre premières études est donc d'étudier la véracité des hypothèses n°1 à 4.

### 2.2. Étude N°1 : évaluation des fonctions exécutives chez l'adulte

#### **Participants**

49 joueurs masculins de handball ont participé à cette expérience. Ils avaient entre 18 et 25 ans, ont joué au handball depuis 5 à 15 ans. Les participants ont été séparés en deux groupes de niveau : un groupe de joueurs professionnels élite (groupe ELITE, âge moyen = 21.8ans  $\pm$ 2.2ans), et un groupe de joueurs amateurs de niveau départemental (groupe NON-ELITE, âge moyen = 20.4ans  $\pm$ 2.3ans). Les 25 joueurs ELITE jouaient en première, seconde ou troisième division française, les joueurs de troisième division étant tous les quatre internationaux français U19. Les 24 joueurs NON-ELITE jouaient au niveau départemental (10<sup>ème</sup> division française sur 12).

#### **Protocole expérimental**

Tous les participants ont rempli un formulaire de consentement écrit en accord avec la déclaration d'Helsinki. Les participants devaient être en bonne santé, et ne pas avoir consommé de drogue ou d'alcool dans les 24 heures précédant les tests. Ils devaient également être éveillés et sans activité physique depuis au moins deux heures avant les tests. Les tests ont été réalisés avant une session d'entraînement spécifique ou durant une journée de repos, en soirée. Les analyses statistiques ont été réalisées avec la version 13.0 de Statistica, avec un seuil significatif à  $p < .05$ . Les tests étaient composés du Trail Making Test et de la tâche de Stroop.

#### **Trail making test (TMT) (voir annexe 3)**

Les 49 participants ont réalisé le TMT. Ce test mesure la flexibilité cognitive, la planification et l'inhibition des automatismes (Lezak, 1995). Dans cette expérience, nous avons utilisé ce test pour évaluer la flexibilité cognitive, les sujets étant assis. La première version du TMT était composée de deux parties distinctes : A et B. Dans la première partie (partie A), le participant devait lier des cercles numérotés avec des lignes directes dans un ordre croissant (comme 1-2-3-4-...), aussi vite que possible. Dans la deuxième partie (partie B), le participant a été invité à connecter les cercles, qui contenaient

des lettres et des chiffres, aussi rapidement que possible, et en alternant chiffres et lettres dans un ordre croissant (1-A-2-B-3-C...). Les erreurs potentielles n'ont pas été corrigées par l'examineur au moment du test. Les participants ont été priés de garder le stylo sur le papier à tout moment et ils ont été autorisés à se corriger pendant le test. Pour s'assurer que les participants comprenaient les instructions, un test d'échauffement, composé de 8 cercles a été initialement effectué. Nous avons utilisé une méthode de notation TMT simplifiée, sous la forme proposée par Reitan (1958). Nous avons mesuré le temps nécessaire pour terminer la partie A (TMT-A) et la partie B (TMT-B), puis la différence obtenue en soustrayant le score de la partie A du score de la partie B (score B – A = TMTΔ). TMTΔ est utilisé pour éliminer la composante vitesse, qui est une variable importante dans l'évaluation de TMT. Il a été démontré que le TMT est fortement corrélé à la fois aux capacités mentales et à divers troubles cognitifs (Corrigan & Hinkeldey, 1987). La variable dépendante pour ce test était le temps en secondes pour chaque condition.

#### **Stroop color word test (SCWT) (voir annexe 4)**

Le test de Stroop ou Stroop Color Word Test, a été proposé à tous les participants. Trois d'entre eux ont été exclus pour ce test : deux joueurs du groupe ELITE, et un du groupe NON-ELITE (un pour cause de daltonisme important, les deux autres pour des difficultés de compréhension de la langue française). The SCWT (Stroop, 1935) mesure la flexibilité cognitive et le contrôle cognitif (Uttl & Graf, 1997), ou l'efficacité des fonctions exécutives (Moering et al., 2004). Dans cette expérience, nous avons utilisé le SCWT pour évaluer l'inhibition cognitive et la flexibilité cognitive. Cette version du SCWT se composait de quatre sous-tâches, et chacune de ces quatre sous-tâches impliquait 100 stimuli qui ont été uniformément répartis dans une matrice 10x10. Pour chaque sous-tâche, le participant devait lire à haute voix autant de mots que possibles en 45 secondes. La première sous-tâche (SCWT-A) montrait des mots de couleur dans un ordre aléatoire (rouge, bleu, jaune, vert) imprimés à l'encre noire. La deuxième sous-tâche (SCWT-B) affichait des rectangles de couleur unie dans l'une de ces quatre couleurs de base qui ont dû être citées à haute voix. La troisième sous-tâche (SCWT-C) contenait des mots de couleur imprimés dans une autre couleur. Le participant devait nommer la couleur de l'encre sans lire le mot. La quatrième sous-tâche (SCWT-D) contenait également des mots de couleur imprimés dans une autre couleur, où certains d'entre eux ont été encadrés. Le participant assis a été invité à nommer la couleur de l'encre, à l'exception des mots encadrés pour lesquels ils devaient lire le mot au lieu d'énoncer la couleur de l'encre. Pour toutes les sous-tâches, le participant devait pointer les éléments pendant qu'il lisait et pouvait se corriger lui-même s'il se rendait compte de ses erreurs, ou si l'examineur lui signalait. Un test d'échauffement avec 10 éléments a été effectué pour s'assurer que le participant comprenait bien les consignes. Les variables dépendantes mesurées dans ces tâches sont le nombre d'items lus par les participants pour chaque condition (score), le nombre d'erreurs (SCWT-A / B / C / DErr) et le coût d'inhibition. Le score sur le SCWT-C soustrait du score sur le SCWT-B mesurait le coût d'inhibition (SCWT-IC).

#### **Analyses statistiques**

Une série de tests T Student pour échantillons indépendants a été réalisée pour évaluer l'effet du niveau sur la performance au TMT et au SCWT. Quand les résultats étaient significatifs, une taille d'effet a été mesurée avec le *d* de Cohen. La taille d'effet a été définie comme large (<.80), modérée (<.50) ou faible (<.20) (Cohen, 1988).

## Résultats

Une différence significative avec un effet modéré ( $t = -2,05$ ,  $p = .05$ ,  $d = 0,52$ ) a été trouvée pour le SCWT-IC révélant une valeur de 19% plus élevée pour les joueurs ELITE que pour les joueurs NON-ELITE (**voir Tableau 5**). Aucune différence significative n'a été trouvée entre les joueurs ELITE et NON-ELITE pour les scores mesurés sur chacune des tâches TMT et le SCWT (TMT-A,  $p = .14$ ; TMT-B,  $p = .19$ ; TMT $\Delta$ ,  $p = .51$ ; SCWT -A,  $p = .50$ ; SCWT-B,  $p = .14$ ; SCWT-C,  $p = .65$ ; SCWT-D,  $p = .92$ ; **tableau 5**). Une différence significative avec un effet modéré ( $d = .55$ ) a été trouvée pour le SCWT-BErr révélant que les joueurs NON-ELITE avaient fait deux fois plus d'erreurs que les joueurs ELITE ( $p = .04$ ). Aucune différence significative n'a été trouvée dans le nombre d'erreurs pour les trois autres sous-tâches Stroop ( $p > .64$ ; **voir le tableau 5**).

**Tableau 5.** Comparaison entre les groupes ELITE et NON-ELITE sur les tâches de Stroop (SCWT) et Trail Making Test (TMT)

|                                   | NON-ELITE (n=23)                   |                    | ELITE (n=23)                       |                    | T-Test<br>(ddl = 46) | P-<br>valeur | Cohen's<br><i>d</i> |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------|---------------------|
|                                   | M $\pm$ SD                         | LOA<br>(-95%;+95%) | M $\pm$ SD                         | LOA<br>(-95%;+95%) |                      |              |                     |
| <b>SCWT-A</b>                     | <b>113.7 <math>\pm</math> 12.0</b> | 108.5 ; 118.9      | <b>121.2 <math>\pm</math> 15.5</b> | 114.5 ; 127.9      | -1.83                | <b>.07</b>   |                     |
| <b>SCWT-AErr</b>                  | <b>0.4 <math>\pm</math> 0.7</b>    | 0.1 ; 0.6          | <b>0.4 <math>\pm</math> 0.7</b>    | 0.2 ; 0.7          | -0.45                | <b>.65</b>   |                     |
| <b>SCWT-B</b>                     | <b>80.7 <math>\pm</math> 11.0</b>  | 76.2 ; 85.1        | <b>85.0 <math>\pm</math> 8.9</b>   | 81.4 ; 88.7        | -1.49                | <b>.14</b>   |                     |
| <b>SCWT-BErr *</b>                | <b>1.2 <math>\pm</math> 1.1</b>    | 0.7 ; 1.7          | <b>0.6 <math>\pm</math> 0.8</b>    | 0.2 ; 0.9          | 2.14                 | <b>.04 *</b> | 0.55                |
| <b>SCWT-C</b>                     | <b>56.2 <math>\pm</math> 10.3</b>  | 52.0 ; 60.4        | <b>54.8 <math>\pm</math> 10.5</b>  | 50.5 ; 59.1        | 0.45                 | <b>.65</b>   |                     |
| <b>SCWT-CErr</b>                  | <b>1.8 <math>\pm</math> 1.5</b>    | 1.2 ; 2.5          | <b>1.6 <math>\pm</math> 1.4</b>    | 1.0 ; 2.2          | 0.52                 | <b>.61</b>   |                     |
| <b>SCWT-D</b>                     | <b>46.0 <math>\pm</math> 9.</b>    | 42.2 ; 49.9        | <b>45.8 <math>\pm</math> 8.7</b>   | 42.2 ; 49.3        | 0.098                | <b>.92</b>   |                     |
| <b>SCWT-DErr</b>                  | <b>1.6 <math>\pm</math> 1.7</b>    | 0.9 ; 2.3          | <b>1.6 <math>\pm</math> 1.4</b>    | 0.9 ; 2.3          | -0.09                | <b>.93</b>   |                     |
| <b>SCWT-IC *</b>                  | <b>24.4 <math>\pm</math> 8.9</b>   | 20.6 ; 28.3        | <b>30.2 <math>\pm</math> 10.2</b>  | 25.8 ; 34.6        | -2.05                | <b>.05 *</b> | 0.52                |
| <b>TMT-A (s)</b>                  | <b>27.1 <math>\pm</math> 6.0</b>   | 24.5 ; 29.8        | <b>24.4 <math>\pm</math> 6.7</b>   | 21.8 ; 27.0        | 1.50                 | <b>.14</b>   |                     |
| <b>TMT-B (s)</b>                  | <b>60.1 <math>\pm</math> 13.2</b>  | 54.0 ; 66.2        | <b>54.5 <math>\pm</math> 16.2</b>  | 48.5 ; 60.5        | 1.31                 | <b>.19</b>   |                     |
| <b>TMT<math>\Delta</math> (s)</b> | <b>31.6 <math>\pm</math> 12.2</b>  | 26.9 ; 39.0        | <b>30.1 <math>\pm</math> 16.9</b>  | 24.2 ; 36.1        | 0.67                 | <b>.51</b>   |                     |

*Note : TMT A = Trail Making Test - Part A; TMT B = Trail Making Test - Partie B; TMT $\Delta$  = TMT B - TMT A. SCWT A, B, C, D = Stroop Color Word Test, sous-tâche A, B, C, D. SCWT A / B / C / DErr sont le nombre d'erreurs pour chaque sous-tâche. Le SCWT-IC correspond au coût d'inhibition calculée en soustrayant le score du SCWT-C du score du SCWT-B. \*valeurs moyennes significativement différentes  $p < .05$ .*

## Discussion – étude 1

Le but principal de cette première expérience était de comparer les joueurs de handball ELITE aux

NON-ELITE dans des tests cognitifs axés sur l'inhibition cognitive et la flexibilité cognitive. L'hypothèse n°1 considérait une supériorité de la population ELITE dans ces tâches. Les résultats ont révélé un coût d'inhibition supérieur (SCWT-IC) et un nombre inférieur d'erreurs dans la tâche SCWT-B pour les joueurs ELITE. **Aucune différence significative** n'a été trouvée entre les deux groupes dans les autres tâches. Le coût supérieur de l'inhibition pour les joueurs ELITE semble lié au meilleur score dans la tâche SCWT-B parce que cette différence existe pour la reconnaissance de couleurs (tâche B) mais pas pour la lecture des mots (tâche A). À notre connaissance, aucune étude sur les sports d'équipe n'a mesuré le coût de l'inhibition. De plus, ces différences significatives ne sont pas associées à l'évaluation de la flexibilité cognitive. **Les résultats de cette expérience** ne soutiennent pas notre hypothèse et peuvent nous conduire à une première interprétation : les tests utilisés ne reflètent pas l'expertise décisionnelle en sport collectif. Les résultats apparaissent cependant inconsistants avec ceux présentés par Huijgen et collaborateurs (2015) ainsi que Vestberg et collaborateurs (2012). En effet, ces deux études ont révélé que les joueurs de football obtenaient de meilleurs résultats que les novices au SCWT, au TMT et au Design Fluency Test. Cependant, cela pourrait s'expliquer par les différences relatives à la population étudiée. Huijgen et collaborateurs (2015) ont recruté de jeunes footballeurs et Vestberg et collaborateurs (2012) ont recruté des joueuses de football. De plus, les tests ont duré beaucoup plus longtemps et il n'y avait aucune information sur l'état d'éveil des participants. Finalement, de nouvelles investigations sont nécessaires pour lever cette inconsistance et ainsi mieux comprendre **le rôle de l'inhibition cognitive** dans les capacités de prise de décision. Également, **la conduite du ballon au football** se réalise avec le bas du corps, suggérant que les capacités de perception et les fonctions exécutives se développent **différemment des joueurs de handball**. Plusieurs paramètres tels que l'anxiété, la santé physique, le manque de sommeil, le manque d'exercice ou le niveau d'éveil peuvent altérer les fonctions exécutives. Dans notre étude, ces éléments n'étaient pas contrôlés pour les participants, ce qui peut avoir influencé les résultats des tests cognitifs (Diamond, 2013). Également, les jeunes et surtout les étudiants ont passé du temps à jouer à des jeux vidéo et ont donc mobilisé fortement leurs capacités stratégiques et spatiales (jeux de guerre à la première personne type FPS, jeux de sports). Certains d'entre eux ont passé plus de vingt heures par semaine à jouer. Pour ce type de jeux vidéo, Wright et collaborateurs (2012) ont révélé un effet sur les fonctions cognitives à partir de dix heures par semaine.

D'autre part, Voss et collaborateurs (2010) ont mené une méta-analyse sur la cognition et l'expertise sportive. Ils ont souligné que **l'impact des compétences cognitives**, telles que les fonctions exécutives, sur **les performances des joueurs sur le terrain était sous-étudié**. Par conséquent, les preuves empiriques concernant l'effet des fonctions exécutives sur les performances sportives et l'expertise des athlètes font défaut. Enfin, les fonctions exécutives, et notamment la mémoire de travail, sont régulièrement examinées en association avec les temps de réponse dans différents sports (Verburgh et al., 2016; Zoudji et al., 2010). Une évolution logique de ce travail consistait à analyser le temps de réponse et le temps de réaction dans des tâches simples ou de reconnaissance. La deuxième

expérience a été entreprise pour examiner l'effet de l'expertise sur le temps de réponse, tandis que des études antérieures ont révélé que les experts répondaient plus rapidement que les novices dans ce type de tâche (Scharfen & Memmert, 2019a).



## 2.1. Étude N°2 : évaluation du temps de réponse non spécifique chez l'adulte

### **Participants**

48 participants de la première expérience ont participé à la deuxième expérience et ont été soumis aux tests avec les FIT LIGHTS (FLT). Un des participants du groupe ELITE a été exclu du FLT en raison de son daltonisme. Vingt-quatre joueurs ELITE (âge moyen =  $21,6 \pm 2,2$  ans) et vingt-quatre joueurs NON ELITE (âge moyen =  $21,8 \pm 2,3$  ans) ont effectué des tests avec un matériel nommé FitLight Trainer<sup>TM</sup>, conçus pour la présente expérience (Fitlight Sports Corp., Canada).

### **Protocole expérimental (voir annexe 5)**

FitLight Trainer<sup>TM</sup> est utilisé pour l'entraînement cognitif ou visuo-moteur (M. V Fischer et al., 2015) et pour l'évaluation des performances cognitives telles que le temps de réaction et l'attention (Zurek et al., 2015). À l'entraînement, il est utilisé dans différents sports pour améliorer les performances, la vitesse et l'agilité ([www.fitlighttraining.com](http://www.fitlighttraining.com)). Ce protocole a été conçu pour évaluer le temps de réponse avec ou sans choix, et les processus d'inhibition cognitive. Le protocole de test consistait en trois sous-tâches, effectuées dans un ordre aléatoire par les participants. Un ou deux disques lumineux ont été placés sur une table à bout de bras des participants qui étaient assis. L'avant-bras dominant était placé au-dessus de la table, et le coude en dehors de la table. La sous-tâche A (FLT-A) consistait en une tâche de réaction simple, utilisant un seul disque lumineux, où le participant était invité à toucher la surface du disque dès que la lumière s'allumait. Toucher le disque lumineux le désactivait et la lumière se rallumait après divers délais allant de 0,1 à 2 secondes. Si le participant n'avait pas désactivé la lumière, celle-ci s'éteignait après une seconde. Après chaque désactivation du disque, la main devait revenir à sa position d'origine au-dessus du disque lumineux. Le test a utilisé une lumière jaune, apparaissant dans la partie centrale du disque de diamètre de 10 cm. Un test d'échauffement de six stimuli a été effectué pour s'assurer de la bonne compréhension des instructions et pour permettre aux participants de se familiariser avec le matériel. Le FLT-A comprenait 30 stimuli. Dans les mêmes conditions, les FLT-B et FLT-C utilisaient deux disques lumineux et correspondaient respectivement à une tâche de réaction avec choix droite ou gauche, et à une tâche Go / noGo). Dans la tâche FLT-B, un disque lumineux s'allumait en rouge et l'autre en jaune, dans un ordre aléatoire. Le participant devait toucher le disque lumineux jaune le plus rapidement possible, à partir de l'allumage des disques. Le FLT-B comprenait 30 stimuli. Dans la tâche FLT-C, il y avait 30 stimuli similaires à la tâche FLT-B, toujours dans un ordre aléatoire, et 15 stimuli sans réponse lorsque les 2 disques lumineux s'allumaient en rouge simultanément. Les deux sous-tâches mesuraient les processus d'inhibition de la réponse comportementale (Leimkuhler & Mesulam, 1985). La tâche FLT-C ajoutait une dimension de contrôle moteur au test car les participants étaient censés agir uniquement lorsque la lumière jaune apparaissait. Les variables dépendantes mesurées dans ces tâches étaient le temps de réponse en secondes et le

nombre d'erreurs pour chaque tâche (FLT-A / B / CErr).

### Analyses statistiques

Une série de tests T-Student a été réalisée pour évaluer l'effet du niveau des joueurs sur la performance lors des trois différentes tâches. Lorsque les résultats étaient significatifs, la taille de l'effet était calculée avec le *d* de Cohen. La taille de l'effet a été définie comme grande ( $> 0,80$ ), modérée ( $> 0,50$ ) et petite ( $> 0,20$ ) (Cohen, 1988). De plus, afin d'évaluer l'effet d'interaction entre le niveau des joueurs et les trois différentes tâches (FLT-A vs FLT-B vs FLT-C) sur le temps de réponse, nous avons effectué une ANOVA mixte avec le facteur niveau comme variable inter-sujets (Niveau: ELITE vs NON-ELITE) et la tâche comme variable intra-sujets (tâches: FLT-A vs FLT-B vs FLT-C).

### Résultats

La série de tests T-Student a révélé un effet significatif modéré ( $t = 2,16, p = .03, d = 0,63$ ) du niveau du joueur sur le temps de réponse simple (FLT-A). Les joueurs ELITE ont réagi environ 10,5% plus rapidement que les joueurs NON-ELITE dans le FLT-A. De même, il y avait un effet significatif et de taille importante ( $t = 2,92, p = .005, d = 0,85$  et  $t = 3,14, p = .003, d = 0,90$ , respectivement) du niveau du joueur sur les scores mesurés à la fois sur la tâche de reconnaissance (FLT-B) et la tâche avec choix (FLT-C). Les joueurs ELITE ont performé environ 9% plus rapidement que les joueurs NON-ELITE. Les résultats sont repris dans le **tableau 6**. L'ANOVA mixte n'a pas révélé d'interaction significative ( $F(2,90) = 0,87, p = .42$ ). Les moyennes du nombre d'erreurs dans les trois sous-tâches avec le Fit Light Trainer sont inférieures à 0,5, et aucune différence significative n'a été trouvée entre les joueurs ELITE et NON-ELITE ( $ps > .30$ ).

**Tableau 6.** Comparaison entre les joueurs ELITE et NON-ELITE sur les tâches de réaction effectuées avec le Fit Light Trainer.

|                          | NON-ELITE (n=24)   |                    | ELITE (n=24)       |                    | T-Test<br>(ddl =<br>46) | P-<br>valeur  | Cohen's<br><i>d</i> |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------|---------------------|
|                          | M ±SD              | LOA<br>(-95%;+95%) | M ±SD              | LOA<br>(-95%;+95%) |                         |               |                     |
| <b>FLT-A mean (ms) *</b> | <b>222.2 ±33.7</b> | 208.5 ; 236.3      | <b>201.2 ±32.8</b> | 187.4 ; 215.0      | 2.16                    | <b>.036 *</b> | 0.63                |
| <b>FLT-B mean (ms) *</b> | <b>337.0 ±44.0</b> | 317.1 ; 354        | <b>305.5 ±28.9</b> | 293.3 ; 317.6      | 2.92                    | <b>.005 *</b> | 0.85                |
| <b>FLT-C mean (ms) *</b> | <b>370.2 ±45.7</b> | 349.9 ; 388.0      | <b>335.9 ±26.9</b> | 324.5 ; 347.3      | 3.14                    | <b>.003 *</b> | 0.90                |

*Note.* FLT-A correspond à la tâche de réaction simple. FLT-B correspond à la tâche de reconnaissance (tâche GoNoGo). FLT-C correspond à la tâche avec choix. \* Différentes valeurs moyennes significatives  $p < .05$ .

## Discussion – étude 2

Le but principal de cette deuxième expérience était d'examiner la capacité de réponse à un signal visuel dans des tâches non spécifiques entre une population ELITE et une population NON-ELITE. L'hypothèse n°2 considérait une supériorité de la population ELITE dans ces tâches de réactivité. Les résultats ont révélé que **les joueurs ELITE** avaient un **temps de réponse plus court** dans une tâche de réaction simple, une tâche de réaction avec reconnaissance et dans une tâche de réaction avec choix, confirmant notre hypothèse et des travaux antérieurs (Lex et al., 2015; Rousanoglou et al., 2015). Le temps de réponse plus court pour les joueurs ELITE pourrait être dû à des capacités innées ou à une plus grande quantité de pratique (Ericsson et al., 1993). Les joueurs ELITE ont pratiqué le handball pendant plus d'années que les joueurs NON-ELITE ( $M = 11,9 \pm 2,4$  vs  $M = 8,1 \pm 2,4$  ans de pratique respectivement,  $p < .005$ ). Ainsi, les joueurs ELITE ont accumulé plus d'heures de pratique sportive spécifique que les NON-ELITE, notamment dans des actions à haute vitesses ou explosives. Cela pourrait leur permettre d'améliorer leurs capacités psychomotrices, dont la réactivité fait partie (Wagner et al., 2014). De plus, les capacités psychomotrices et la réactivité sont fortement associées aux performances (Baker et al., 2012) et à l'expertise (Côté et al., 2007). Également, un **effet modéré** a été observé sur la tâche de reconnaissance (FLT-B, tâche Go / noGo) et la tâche avec choix (FLT-C). Associés à l'absence de différence significative dans le SCWT (étude n°1), ces résultats suggèrent que **les tâches de choix et de reconnaissance** peuvent être plus pertinentes pour **mesurer l'inhibition cognitive** que le SCWT. Cependant, aucun effet d'interaction n'a été trouvé entre le niveau et les performances sur les tests avec le Fit Light Trainer. Cela signifie que les tests FLT ne s'avèrent **pas suffisamment discriminants** pour évaluer la prise de décision dans un contexte spécifique. Ces résultats suggèrent également qu'un test spécifique pourrait être plus pertinent. D'autre part, les tâches de choix et de reconnaissance se rapprochent d'une situation écologique et **semblent plus spécifiques** au handball. Kermarrec (2015) a révélé, dans une étude basée sur le modèle de reconnaissance première RPD (G. A. Klein, 1999; G. A. Klein & Zsombok, 1997), que les experts utilisaient davantage de décisions intuitives et des comportements automatisés. Ces deux éléments sont basés sur la reconnaissance de situations typiques. Les athlètes experts sont capables de faire correspondre les informations recueillies les plus pertinentes avec leur expérience et leurs connaissances (Raab, 2002), **en particulier sous forte contrainte temporelle**. Cela signifie que les joueurs ELITE montrent leur meilleure capacité de prise de décision dans un contexte spécifique. La recherche sur les fonctions exécutives et le temps de réponse pourrait révéler des résultats intéressants avec des tâches spécifiques. C'est pourquoi, nous avons décidé de mener une troisième expérience pour prolonger le travail commencé. En effet, les participants devaient prendre une décision basée sur une image représentant une situation de handball. Cette décision devait être à la fois rapide et appropriée. L'objectif principal de cette troisième expérience était d'examiner si les experts réussissaient mieux lorsque la tâche était spécifique (Raab & Johnson, 2007).

## 2.2. Étude N°3 : évaluation du temps de réaction spécifique chez l'adulte

### **Participants**

Le groupe ELITE était composé de 25 joueurs (âge moyen =  $23,7 \pm 4,0$  ans) et le groupe NON-ELITE de 23 joueurs (âge moyen =  $23,6 \pm 3,7$  ans). Les sujets étaient différents des deux expériences précédentes, mais possédaient les mêmes caractéristiques.

### **Protocole expérimental**

Ce test décisionnel a été réalisé avec le logiciel Open Sesame, avant un entraînement spécifique. Le participant était assis face à un ordinateur qui précisait les consignes en début de test. Deux tâches ont composé ce test décisionnel. La première tâche correspondait à une tâche de réaction simple et mesurait un temps de réaction en millisecondes (SRT). La deuxième tâche correspondait à une tâche de réaction de choix spécifique et mesurait un temps de réaction en millisecondes (HBRT) et un score (HBSC). Elle apporterait un degré de complexité supérieur par rapport au SRT.

### **Description du test**

La première tâche demandait au participant d'appuyer sur la touche P dès que l'image apparaissait à l'écran. La même image représentant un ballon de handball apparaissait quinze fois avec un retard allant de 0,5 à 1,5 secondes. Avant chaque image, une croix blanche apparaissait à l'écran pour inciter le participant à regarder l'écran. La deuxième tâche demandait au participant d'appuyer sur les touches A ou P selon les trente-deux situations offensives présentées à l'écran. Les participants devaient appuyer sur la touche A lorsque l'image était à gauche et sur la touche P lorsque l'image était à droite. Les situations offensives avaient été prises lors de séances d'entraînement avec de jeunes joueurs amateurs adultes. Une caméra avait été placée sur la tête d'un joueur afin de filmer à la première personne, dans une vue équivalente à celle des joueurs. Deux équipes étaient opposées avec des couleurs distinctes. Les situations offensives ont été choisies à partir de vidéos. La vidéo était figée lorsque le joueur avec le ballon devait prendre une décision : courir à sa gauche (touche A) ou à sa droite (touche P) par rapport au défenseur encerclé en rouge. Six images ont été proposées lors d'une séquence d'échauffement pour se familiariser, et les 26 autres images ont été proposées pour le test principal. Cinq entraîneurs experts de handball travaillant pour la Fédération française (deux entraîneurs de l'équipe de France U17) ont associé à chaque image une bonne réponse. Seules les trente-deux images pour lesquelles les experts étaient en accord ont été conservées et dix-huit images ont été supprimées pour le test. Les participants devaient donner une réponse rapide et correcte, sans priorité.

### **Analyses Statistiques**

Une série de tests T-Student a été effectuée pour évaluer l'effet du niveau des joueurs sur les performances lors du SRT, du HBRT et du HBSC. Lorsque les résultats étaient significatifs, la taille de l'effet a été calculée avec le *d* de Cohen. La taille de l'effet a été définie comme grande ( $> 0,80$ ), modérée ( $> 0,50$ ) et petite ( $> 0,20$ ) (Cohen, 1988). De plus, afin d'évaluer l'effet d'interaction entre le niveau des joueurs et les deux tâches différentes (SRT vs HBRT) sur le temps de réaction, nous avons

effectué une ANOVA mixte avec le facteur niveau comme variable inter-sujets (Niveau: ELITE vs NON-ELITE) et la tâche comme variable intra-sujets (Tâches: SRT vs HBRT).

## Résultats

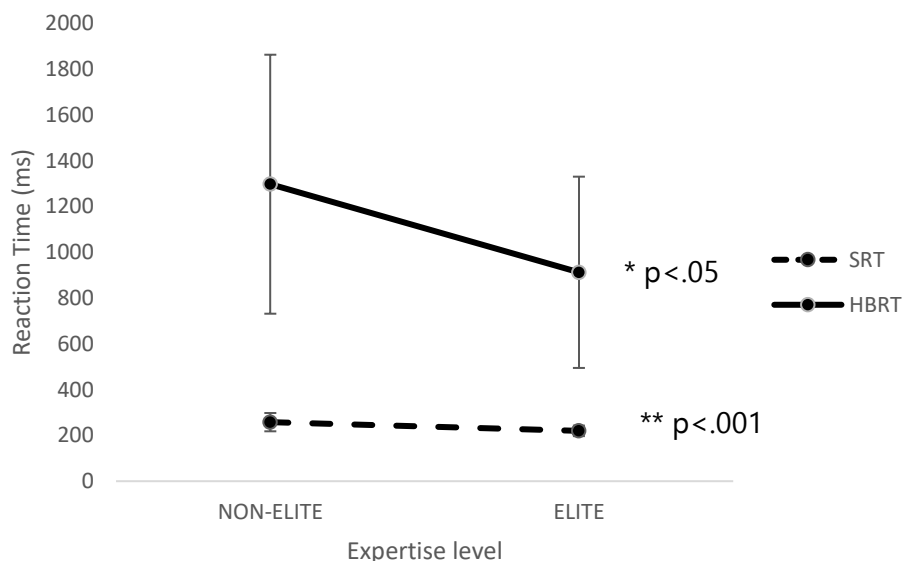
La série de tests T-Student a révélé un effet significatif important ( $t = -3,98, p = .0002, d = 1,14$ ) du niveau du joueur sur le temps de réaction simple (SRT) car les joueurs ELITE ont réagi environ 14,5% plus rapidement que les joueurs NON-ELITE. De même, il y avait un effet modéré du niveau du joueur sur le temps de réaction mesuré sur le test spécifique ( $t = -2,70, p = .01, d = 0,77$ , **tableau 7**). Aucune différence significative n'a été trouvée pour le HBSC ( $t = 1,04, p = .31$ ) L'ANOVA mixte a révélé un niveau d'effet d'interaction (ELITE vs NON ELITE) x tâches (SRT x HBRT) sur le temps de réaction ( $F(1,46) = 5,87, p < .02, \eta_p^2 = .11$ ) (**Figure 13**).

**Tableau 7.** Comparaison entre les groupes ELITE et NON-ELITE sur les tâches de réaction spécifiques.

|                    | NON-ELITE (n=24)     |                    | ELITE (n=24)        |                    | T-Test<br>(ddl =<br>46) | p-<br>valeur | Cohen's<br>d |
|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                    | M ±SD                | LOA<br>(-95%;+95%) | M ±SD               | LOA<br>(-95%;+95%) |                         |              |              |
| <b>SRT (ms) **</b> | <b>258.0 ±40.4</b>   | 240.5 ; 275.5      | <b>220.7 ±22.7</b>  | 211.3 ; 230.1      | -3.98                   | <b>.000</b>  | 1.14         |
| <b>HBRT (ms) *</b> | <b>1297.8 ±565.5</b> | 1053.3 ; 1542.3    | <b>912.6 ±418.2</b> | 740.0 ; 1085.3     | -2.70                   | <b>.01</b>   | 0.77         |
| <b>HBSC (%)</b>    | <b>82.3 ±6.9</b>     | 79.3 ; 85.3        | <b>84.3 ±6.7</b>    | 81.6 ; 87.1        | 1.04                    | <b>.31</b>   | 1.17         |

*Note.* SRT correspondait à la tâche de réaction simple. HBRT mesurait le temps de réaction dans une tâche spécifique handball. HBSC mesurait le score dans cette même tâche. \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ . \*\* valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$

**Figure 13.** Comparaison entre les groupes ELITE et NON-ELITE sur les tâches spécifiques.



### Discussion – étude 3

Le but principal de cette troisième expérience était d'examiner le temps de réaction dans les tâches de reconnaissance spécifiques entre une population ELITE et une population NON-ELITE. Les hypothèses n° 2 et 4 considéraient une supériorité de la population ELITE dans les tâches de réactivité, notamment lorsqu'elles étaient spécifiques. Les résultats ont révélé que les **joueurs ELITE** avaient un **temps de réaction plus court** que les joueurs NON-ELITE sur la tâche de réaction simple, mais **surtout sur la tâche spécifique** (HBRT) où les joueurs devaient décider à la place du porteur du ballon. Cela confirme notre hypothèse et les résultats de la deuxième expérience. Cette différence significative entre ELITE et NON-ELITE pourrait être associée à une plus grande quantité de pratique du handball ( $M = 13,36 \pm 5,04$  vs  $M = 10,57 \pm 3,65$  respectivement,  $p < .005$ ), ce qui signifie que les joueurs ELITE auraient vécu plus souvent ce genre de situations offensives que les joueurs NON-ELITE (Ericsson et al., 1993). Par conséquent, ils pourraient être plus en mesure de **reconnaître plus rapidement** les situations offensives typiques. Furley et Memmert (2013) ont montré des résultats similaires et ont démontré que les joueurs expérimentés obtenaient les meilleurs résultats dans une tâche de rappel. Dans cette tâche de rappel, les participants devaient se souvenir du nombre de joueurs affichés avant un écran noir, et ils réussissaient mieux lorsque le nombre de joueurs était élevé. De plus, l'effet d'interaction constaté entre le niveau et les trois tâches a révélé que les joueurs ELITE réussissaient mieux dans les tests de prise de décision, **en particulier lorsqu'ils devaient réagir à une situation spécifique**, à savoir une situation handball. Cependant, le test spécifique présentait quelques limites car les joueurs ne devaient pas prendre en compte les éléments liés à la compétition et au jeu tels que le score, les événements du match ou le temps (Fruchart et al., 2010). La décision qu'ils ont prise n'était que partiellement associée à un contexte réel, notamment parce qu'une vidéo figée est moins réaliste qu'une vidéo

continue. Enfin, aucune différence n'a été trouvée pour le HBSC, ce qui signifie que ce test décisionnel spécifique n'a révélé aucune différence dans la capacité à produire des décisions efficaces dans des situations typiques. La quatrième expérience est identique à la 3ème expérience, mais avec un public adolescent.

## 2.3. Étude N°4 : évaluation du temps de réaction spécifique chez l'adolescent

### Participants

69 adolescents masculins ont participé à cette étude. Ils avaient tous autour de 14ans, et pratiquaient le handball en association depuis 1 à 10 années. Deux garçons ont été enlevés de l'échantillon car ils venaient de démarrer l'activité handball en association. Les participants ont été séparés en deux groupes : un groupe composé de joueurs sélectionnés dans les 60 meilleurs joueurs de leur tranche d'âge sur un territoire régional (meilleur niveau possible à cet âge, ELITE, **voir tableau 8**), et un groupe composé de joueurs de niveau départemental et n'ayant jamais eu de sélection dans leur parcours sportif (NON-ELITE, **voir tableau 8**). Tous les postes de jeu étaient représentés dans les deux groupes. À noter que les garçons étaient majoritairement droitiers puisqu'il y avait seulement huit gauchers pour 61 droitiers.

**Tableau 8.** Description des participants de l'étude n°4.

|                                    | NON-ELITE (n= 35) | ELITE (n=32) | P valeur    |
|------------------------------------|-------------------|--------------|-------------|
| <b>Âge moyen (années) *</b>        | 14.2 ±0.4         | 14.0 ±0.2    | <b>.004</b> |
| <b>Nombre d'années de pratique</b> | 4.4 ±2.6          | 5.3 ±2.3     | <b>.121</b> |
| <b>Taille (cm) **</b>              | 171.0 ±8.6        | 179.4 ±7.6   | <b>.000</b> |
| <b>Poids (kg) *</b>                | 56.6 ±10.4        | 64.0 ±8.4    | <b>.002</b> |

*Note.* \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ . \*\* valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$ .

### Protocole expérimental

Le test effectué par les participants était une version adaptée et raccourcie du test effectué dans l'étude n°3. Les conditions et les tâches étaient identiques en tout point, mais les participants ont été testés sur seulement six images, après une image d'échauffement. Les six images choisies étaient celles pour lesquelles il y avait le plus haut taux de réussite chez les adultes (+90% de réussite), en accord avec les avis d'experts. Les analyses statistiques étaient identiques à l'étude n°3.

### Résultats

Aucune différence significative n'a été trouvée entre le groupe ELITE et le groupe NON-ELITE, aussi bien pour la tâche de réaction simple que pour la tâche décisionnelle spécifique (**voir tableau 9**).



**Tableau 9.** Comparaison des joueurs adolescents ELITE et NON-ELITE lors de la tâche spécifique.

|                  | NON-ELITE (n=35)     |                    | ELITE (n=32)         |                    | T-Test<br>(ddl= 65) | P valeur    |
|------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------|
|                  | M (SD)               | LOA<br>(-95%;+95%) | M (SD)               | LOA<br>(-95%;+95%) |                     |             |
| <b>SRT (ms)</b>  | <b>263.7 ±55.2</b>   | 255.0 ; 315.4      | <b>285.2 ±83.8</b>   | 244.7 ; 282.6      | 1.25                | <b>.216</b> |
| <b>HBRT (ms)</b> | <b>1596.7 ±924.7</b> | 1067.9 ; 1538.7    | <b>1303.3 ±652.9</b> | 1279.1 ; 1914.3    | -1.49               | <b>.201</b> |
| <b>HBSC (%)</b>  | <b>5.4 ±0.8</b>      | 4.6 ; 5.5          | <b>5.1 ±1.3</b>      | 5.1 ; 5.7          | -1.29               | <b>.142</b> |

*Note.* SRT correspondait à la tâche de réaction simple. HBRT mesurait le temps de réaction dans une tâche spécifique handball. HBSC mesurait le score dans cette même tâche. \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ .

### Discussion – étude 4

L'objectif de cette quatrième étude était de comparer la réactivité d'adolescents ELITE et d'adolescents NON-ELITE. Les hypothèses n°2, 3 et 4 considéraient une supériorité des adolescents ELITE dans les différentes tâches, notamment les plus spécifiques.

**Les analyses conduites dans cette étude n'ont montré aucun effet significatif de l'expertise sur le temps de réaction.** Néanmoins, la **faible puissance du test** (0.31), liée à un échantillon trop réduit en nombre, pourrait expliquer cette absence de significativité pour le HBRT. En effet, une différence non significative de 18% a été relevée en faveur des joueurs ELITE, ce qui représente tout de même près de 300ms. Nous émettons l'hypothèse que cette différence aurait pu être significative avec un plus grand nombre de sujets. Également, cette tendance rejoint **plusieurs travaux ayant révélé une supériorité** dans les performances cognitives de jeunes experts et de sportifs élite par rapport à des jeunes novices ou non-experts (Montés-Mico et al., 2000; Roca et al., 2012; Vanttinen et al., 2010; Ward & Williams, 2003). Pour autant, d'autres études n'ont révélé aucun effet de l'expertise sur les fonctions cognitives ou perceptivo-décisionnelles chez les adolescents (Ballester et al., 2018; French et al., 1995; A. M. Williams et al., 2012). Les résultats liés aux variables SRT et HBSC, où les différences non significatives sont faibles (5 et 7% respectivement), sont convergents avec ces études. Malgré tout, **cette absence de différence significative peut s'expliquer par deux raisons** qui sont précisées dans le paragraphe suivant. **D'une part**, les **biais méthodologiques** potentiels liés à notre étude peuvent expliquer ces résultats. **D'autre part**, il apparaît que **l'évaluation des capacités cognitives chez les jeunes** ne permet pas toujours d'identifier correctement les différences experts-novices.

**En ce qui concerne les biais méthodologiques**, le score sur la tâche spécifique (HBSC) étant très proche entre les deux populations, il est tout simplement possible que le test choisi **ne soit pas représentatif** de l'expertise décisionnelle à cet âge. Le choix des images (tirées d'oppositions entre adultes), le matériel utilisé (ordinateur), la tâche demandée (appuyer sur un bouton), représentent des tâches dans lesquelles il peut être difficile de mettre du sens pour un public adolescent. Elles mobilisent des prises de décisions décontextualisées, sans score ni adversité, ne représentant que trop peu ce que

les jeunes sportifs ont l'habitude de rencontrer dans leur pratique personnelle. Ensuite, les **conditions de passage** des tests étaient différentes d'un point de vue psychologique pour les deux populations. Les joueurs ELITE ont effectué ces tests dans le cadre d'une sélection pour une entrée en pôle espoirs, avec des enjeux sportifs et personnels importants. À contrario, les joueurs NON-ELITE ont effectué les tests sur leur lieu d'entraînement habituel, avant leur séance hebdomadaire. Il est donc possible que les niveaux d'anxiété, de relâchement et de préoccupation psychologique soient différents entre les deux populations, influençant ainsi les capacités perceptivo-décisionnelles et psychomotrices (Campo et al., 2012). Également, il nous paraît important de prendre en compte le profil des joueurs ELITE. Ces garçons étaient pré-sélectionnés pour une entrée en pôle espoirs. Les sélections dans ce contexte se font régulièrement à partir, entre autres, des **caractéristiques anthropométriques**. En l'occurrence, les joueurs ELITE présentaient 8cm et 8kg de plus en moyenne que les joueurs NON-ELITE. Ces données nous laissent penser que les capacités décisionnelles n'étaient pas au centre des critères de sélections, et donc prépondérantes pour les joueurs choisis. Une autre interprétation possible serait de dire que l'expertise en jeunes se traduirait davantage par les caractéristiques anthropométriques et physiques que par la capacité à prendre de bonnes décisions.

Progresser dans les prises des décisions est possible (García-González et al., 2013), alors qu'on ne peut pas apprendre à grandir. Enfin, le **nombre d'années de pratique** n'était pas différencié entre les 2 populations, et c'est pourtant un facteur important dans la détermination de l'expertise en sport chez les jeunes (Roca et al., 2012; A. M. Williams et al., 2012). Les capacités d'anticipation, d'attention, de prédiction, très impliquées dans les processus décisionnels (Gréhaigne, 1999; Kermarrec & Roure, 2016), sont moins développées chez les jeunes en comparaison des adultes (Memmert, 2006, 2011). L'enfance et l'adolescence sont d'ailleurs considérées comme des périodes cruciales dans le développement de la cognition (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018).

**En ce qui concerne l'évaluation des capacités cognitives chez l'adolescent**, il est possible que le temps de réaction dans une tâche en laboratoire **ne soit pas** forcément **un paramètre discriminant** de l'expertise décisionnelle. Déjà, parce que l'expert s'appuie en partie sur l'expérience pour décider (McMorris, 2004a, 2004b; Zoudji et al., 2010), et que **l'expérience** est forcément **plus faible** chez l'adolescent que chez l'adulte. Ensuite, lorsque la supériorité décisionnelle est constatée chez un public expert en comparaison d'un public novice ou non-expert, **cette supériorité est souvent liée à de plus grandes aptitudes techniques** (French et al., 1995; Schaefer, 2014). La combinaison de tâches cognitives et d'actions motrices engendrerait moins de réussite chez les novices et non-experts que les sportifs experts (Schaefer, 2014). Autrement dit, le fait d'être à l'aise sur les plans techniques et moteurs permettrait d'être plus efficace dans les tâches décisionnelles. Cet avantage serait plus prépondérant à 7ans qu'à 16ans, la compréhension et la **conscience tactique du jeu** prenant de plus en plus de place dans la performance au fil de l'âge (Del Campo et al., 2011). Plusieurs études se sont intéressées à ce dernier aspect et ont montré que les jeunes experts au football, au tennis ou au volleyball, possédaient **de plus grandes connaissances** déclaratives et procédurales que les novices

et non-experts (Den Hartigh et al., 2018; García López et al., 2010; Gil et al., 2012; McPherson & Thomas, 1989). Cette supériorité se traduit bien sûr par de meilleures performances en jeu, mais aussi par des connaissances plus structurées et moins généralisées, ainsi que sur une plus grande complexité de réflexion. Ces éléments signifient que la **lecture de jeu** et la capacité à exprimer cette compétence prennent une place importante dans le sport chez l'adolescent (Den Hartigh et al., 2018). Mc Pherson et Thomas (1989) avaient considéré que les novices d'une activité ne possédaient aucune connaissance procédurale, c'est à dire sur le "comment faire". Garcia Lopez et coll. (2010) avaient toutefois précisé que l'évolution des connaissances chez le jeune ne représentait pas un continuum en soi, et que l'excellence dans les connaissances procédurales et déclaratives se distinguait avant tout chez le jeune **sportif élite** (niveaux national et international).

## 2.4. Discussion – études 1 à 4

Les quatre premières études ont utilisé des **tests cognitifs** qui permettaient de tester l'effet de l'expertise sur différentes performances dans des tâches cognitives ou décisionnelles. Plus précisément, ces tests mesuraient le temps de réponse, le temps de réaction ainsi que les fonctions exécutives et l'efficacité dans des tâches spécifiques ou non spécifiques. Voici des éléments de discussion complémentaires et transversaux pour les résultats de ces quatre premières études. Dans un premier temps, nous discutons **la supériorité des populations ELITE** dans les tâches décisionnelles selon deux points qui nous paraissent essentiels : 1) le rôle des capacités d'attention et de perception dans les performances, 2) l'importance de l'organisation et de la structuration de la cognition chez les experts. Ensuite, aucune différence significative n'ayant été montrée chez les adolescents, nous discutons **l'évolution de la capacité de reconnaissance** et de réactivité avec l'âge.

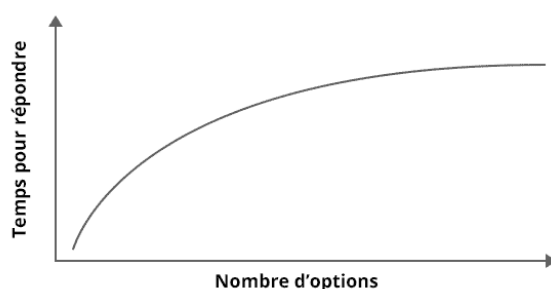
### **Capacités d'attention et de perception pour performer**

Les résultats de la première étude n'ont révélé aucune différence significative pour les fonctions exécutives chez les adultes. En revanche, les résultats des études n°2 et n°3 ont révélé une **supériorité des populations ELITE** dans les tâches non spécifiques et les tâches spécifiques, se manifestant par un temps de réaction et un temps de réponse plus courts.

Tout d'abord, notons que, en comparaison des joueurs novices, les joueurs de handball élite s'appuient sur un nombre inférieur de points de fixations du regard, ainsi que sur une durée de fixation plus longue (Raab & Johnson, 2007; Williams, Davids, & Williams, 1999). Par exemple, Raab et Johnson (2007) ont révélé dans leur étude qu'une population d'experts regardait 11% d'information en moins que les novices, mais restaient 15% de temps en plus sur ces informations. Dans leur protocole, les auteurs avaient demandé aux participants, à partir d'une vidéo de 10 secondes représentant une situation offensive, de générer les options possibles de ce qui allait se passer dans la suite de l'action. Les résultats signifiaient donc que **les experts ciblent plus vite les informations pertinentes à prélever** pour décider, ce qui leur permettait d'y passer plus de temps et de prendre en compte davantage l'évolution de cette action. Également, la loi de Hick (Hick, 1952) a montré que **le temps de réponse dépendait du nombre de choix possibles (voir figure 14)**. Plus le participant a de choix, plus il va mettre du temps à répondre à la situation. On peut donc interpréter que les novices, qui ont des difficultés à trouver les bonnes informations, envisageaient des possibilités non pertinentes, provoquant ainsi une augmentation de la durée de réponse. Les experts quant à eux étaient en mesure de prendre en compte uniquement les possibilités pertinentes. Par conséquent, comme le suggèrent nos travaux, les joueurs élite réduisaient leur temps de réponse et leur temps de réaction car ils prélevaient moins d'information mais de manière plus pertinente (Proctor & Schneider, 2017). En complément, le nombre et la durée de fixations du regard sont considérés par les chercheurs comme représentatifs du process de recherche d'information d'un sujet. La durée représente particulièrement

le degré d'importance et de complexité d'une tâche (Williams et al., 1999). Donc nous pouvons supposer que les joueurs élite **focalisaient davantage leur attention** sur les éléments pertinents, leur permettant ainsi **d'augmenter leur efficacité et leur vitesse de décision** (Voss et al., 2010). Sur cet aspect, nous encourageons les entraîneurs de handball à préciser à leurs joueurs les informations les plus pertinentes à prendre en compte. L'apport de repères tactiques peut être un vrai plus pour améliorer les capacités perceptivo-décisionnelles des joueurs de handball.

**Figure 14.** Loi de Hick (Hick, 1952)



Deuxièmement, nous pouvons faire l'hypothèse que les joueurs de handball de haut niveau ont réellement besoin d'être réactifs afin de supporter la vitesse de jeu et de déplacement du ballon. En effet, plus le niveau d'expertise est élevé, et plus **le ballon circule vite**, comme le montre l'étude de Laffaye et collaborateurs sur le tir (+16% de vitesse de tir, 2012). Cette donnée nous amène à penser que le jeu dans sa globalité est accéléré chez un public élite en comparaison d'un public non-élite. Ceci signifierait que les joueurs ont besoin d'adapter leurs comportements pour agir en peu de temps. Et cela passe forcément par une plus grande efficacité dans la prise d'information, et par un développement des compétences décisionnelles. Finalement, l'un des résultats qui émerge de nos travaux est la nécessité pour les joueurs de **savoir prélever avec efficacité** des informations dans un environnement changeant, complexe et dynamique.

Troisièmement, dans cet environnement complexe et dynamique, les joueurs élite apparaissent davantage capables de **modifier rapidement leur attention** en fonction des situations. Se focaliser par moment sur les consignes de l'entraîneur, puis sur les indices donnés par le jeu et sur les informations transmises par les partenaires, tout ça demande d'être capable de changer rapidement les points d'attention. Les joueurs doivent également être capables d'utiliser leur vision périphérique avec efficacité pour prendre en compte un champ plus vaste d'information (Afonso et al., 2012; Williams et al., 1999). Ces différents résultats permettent de mieux comprendre comment les joueurs élite démontrent de plus grandes capacités perceptivo-décisionnelles, et ainsi identifier des modalités d'entraînement de ces capacités pour les entraîneurs.

### **Structures cognitives dans les situations spécifiques**

La supériorité réactive des joueurs élite peut être due à une plus grande expérience et à leur capacité

à utiliser leur mémoire avec plus d'efficacité que les joueurs non-élite. En effet, l'expérience de pratique accumulée dans la carrière des joueurs élite leur permet de retrouver plus efficacement les informations tirées des situations vécues, et ainsi **reconnaître les situations typiques** liées à la spécificité du sport pratiqué (Macquet, 2009; Williams et al., 1999). En revanche, lorsque la situation vécue ne correspond pas aux éléments ancrés dans la mémoire, le joueur doit augmenter le niveau d'attention pour générer des options permettant de prendre la meilleure décision. Là aussi les experts apparaissent meilleurs dans leur capacité à **générer la meilleure option en premier** (Kermarrec & Bossard, 2014). Cette donnée possède des implications importantes pour les entraîneurs pour développer des entraînements les plus proches de la réalité et ainsi automatiser les comportements dans les situations typiques.

D'autre part, les résultats de notre étude suggèrent que l'expertise pourrait être fortement associée à une organisation cognitive plus élaborée. Une bonne **organisation cognitive** permet de faire le lien plus rapidement entre la situation en cours et les expériences vécues. Plusieurs études ont montré que les experts possédaient une organisation cognitive plus efficace dans différentes activités, que ce soit aux échecs (Chase & Simon, 1973; Connors et al., 2011), au football (Garland & Barry, 1991b), ou au basketball (Garland & Barry, 1991b). Les auteurs de ces études ont mis en avant que les experts étaient plus efficaces que les novices dans des tâches décisionnelles **lorsque les situations proposées étaient structurées et organisées**. Au contraire, lorsque la situation était hasardeuse, et ne correspondait pas à la logique de l'activité, il n'y avait pas de différence entre les experts et les novices. Cela signifie que l'expérience développée dans une activité permet de mieux identifier les situations typiques et spécifiques de cette activité.

Enfin, nos résultats sont consistants avec notre hypothèse autour de la spécificité des tests utilisés. Comme l'ont montré plusieurs études, plus les tests sont spécifiques aux tâches habituelles des experts, et plus les experts sont efficaces (Afonso et al., 2012; Memmert & Roth, 2007; Williams, Ford, Eccles, & Ward, 2011). L'analyse statistique de l'étude n°3 a révélé une différence significative entre le groupe ELITE et le groupe NON-ELITE sur la tâche réactionnelle spécifique, cette différence étant plus importante que pour la tâche de réaction simple. Les joueurs ont donc tendance à être **plus performants dans les tâches spécifiques**, et donc lorsque celles-ci sont connues. D'ailleurs, plusieurs études ont montré que les capacités cognitives telles que l'attention, la mémoire ou la créativité apparaissaient davantage mobilisées dans les contextes spécifiques (Afonso et al., 2012; Memmert & Roth, 2007; Williams et al., 2011). Une possible explication pour cela pourrait être le nombre d'heures accumulées par les joueurs élite à l'entraînement et dans leur pratique. La combinaison de ces différentes données suggère que les joueurs élite sont experts de leur domaine (Baker et al., 2003) parce qu'ils sont capables de **reconnaître les situations** qui y correspondent (Macquet, 2009). Autrement dit, plus le joueur est expert, plus il est capable d'identifier ce qui est commun entre la situation réelle et ce qu'il a vécu auparavant. Par conséquent, nous encourageons les entraîneurs à proposer des situations d'entraînement les plus proches possibles de ce que le joueur vit en situation compétitive. Expérimenter des situations les plus réalistes possibles permet au joueur de construire ses

capacités cognitives autour de situations typiques, et ainsi améliorer son processus décisionnel associé.

### **Évolution de la capacité de reconnaissance avec l'âge**

Aucune différence significative ne fut montrée dans l'étude n°4 pour le temps de réaction chez des adolescents lors de la tâche spécifique (décider face à une situation handball illustrée en photo). En revanche, **les adultes ELITE se sont montrés plus performants** que les adultes NON-ELITE dans cette même tâche spécifique. Une première explication possible à ces résultats consisterait à dire que la **capacité de reconnaissance progresse** ou se développe **avec l'âge**. Nous pourrions penser d'abord que les adultes ont appris à devenir plus réactifs et à reconnaître avec plus d'efficacité les situations, notamment grâce une pratique régulière ou un entraînement. C'est-à-dire que la capacité de réaction dans la prise de décision s'apprendrait. Garcia-Gonzales et collaborateurs (2013) ont montré par exemple que des adolescents au tennis avaient progressé dans leurs connaissances tactiques et leur capacité de prise de décision après un entraînement basé sur l'analyse vidéo. Néanmoins, il nous apparaît également pertinent de dire que la progression dans cette capacité de réaction serait liée à une **maturation des systèmes psychomoteurs**. La psychomotricité est d'ailleurs considérée par certains auteurs comme une expression de la maturation des fonctions motrices et mentales (Ganciu, 2013). Plus particulièrement, plusieurs travaux ont mis en évidence que le lobe préfrontal, dont le rôle est majeur dans les fonctions exécutives, devient mature qu'à partir de l'âge adulte (Eslinger & Biddle, 2010; Fuster, 2002). La pratique intensive d'un sport d'interaction permettrait la maturation de ces systèmes et pourrait contribuer à une amélioration de la réactivité avec l'âge. Les résultats des études n° 3 et 4 ont montré que les adolescents ELITE possédaient un temps de réaction simple (SRT) et un temps de réaction spécifique (HBRT) plus long que les adultes NON-ELITE en moyenne (1303ms vs 1298 ms pour le HBRT, et 285ms vs 258 ms pour le SRT). De manière similaire, Benguigui et Ripoll (1998) avaient révélé que la pratique intensive du tennis avait permis une accélération dans le développement des process perceptivo-moteurs impliqués dans les tâches d'interception. En revanche, l'expertise se manifesterait davantage dans la capacité d'adaptation à différentes vitesses de mouvement, et donc à la lecture de trajectoire (Le Runigo et al., 2005).

Une deuxième explication possible serait de dire que le sport de haut niveau pratiqué pendant plusieurs années favoriserait le développement d'aptitudes mentales, comme la détermination à faire du mieux possible (Williams & Krane, 2015). Cette **supériorité mentale** pourrait contribuer à une supériorité dans les tâches psychomotrices. Cependant, les joueurs non-élite les plus performants dans les tâches spécifiques possèdent des performances plus élevées que plusieurs membres des groupes élite. Cela pourrait signifier que **le temps de réaction**, mesuré à travers ce type de tâches, **ne serait pas nécessairement un facteur essentiel** pour performer au handball.

### **Limites et conclusion**

Les résultats de nos quatre premiers travaux expérimentaux présentent quelques limites. Premièrement, tous les tests n'ont pas été utilisés dans un contexte réel de compétition. En effet, **peu d'éléments contextuels**, comme le score, ont été fournis, et ils apparaissent pourtant essentiels dans la prise de décision (Fruchart et al., 2010). Ensuite, la supériorité des joueurs élite doit être interprétée avec précaution car nous n'avons pas pu complètement contrôler le niveau d'éveil et de fatigue des participants en amont de la réalisation des tests. Ces deux éléments sont **pourtant des facteurs d'influence des performances cognitives** (Macmahon et al., 2014). De plus, nous n'avons pas évalué si les résultats de cette étude étaient liés à des capacités psychomotrices et cognitives innées ou acquises (Ericsson et al., 1993). Par conséquent, **il serait intéressant** d'examiner les capacités psychomotrices associées à la prise de décision sur une **étude longitudinale** démarrant dès l'enfance, afin d'évaluer comment évoluent ces capacités avec l'entraînement et l'expertise. Cela permettrait de mieux comprendre la place des capacités innées dans la prise de décision.

En conclusion, **davantage de recherche** est nécessaire concernant la relation entre **les fonctions exécutives** et les joueurs de handball, alors que les **tests de réaction** apparaissent **encourageants** pour mesurer la performance cognitive et les capacités décisionnelles. De futurs travaux pourraient être menés pour évaluer si les tests spécifiques avec reconnaissance de situations typiques peuvent contribuer à la **détection de jeunes talents**, et aussi comprendre comment la prise de décision est influencée par les divers événements d'une situation compétitive.



## Résumé

Les quatre premières études de ce travail doctoral ont comparé les capacités décisionnelles entre une population élite et une population non-élite au handball. Ces capacités décisionnelles étaient représentées par les fonctions exécutives (étude n°1), le temps de réponse et l'efficacité à travers des tests non-spécifiques et spécifiques (études n°2, 3, 4). Aucune différence n'a été trouvée entre les deux populations dans l'étude n°1 pour les fonctions exécutives investiguées (inhibition et flexibilité cognitives), ce qui pourrait laisser penser que les tests utilisés ne reflètent pas l'expertise décisionnelle en sport collectif. Cependant, plusieurs études menées avec des footballeurs ont montré des résultats inconsistants. Il apparaît donc nécessaire de mener de nouvelles investigations pour comprendre le rôle des fonctions exécutives dans la prise de décision en sport collectif. De plus, l'étude n°1 n'a pas investigué des fonctions exécutives telle que la mémoire de travail, qui mériterait d'être examinée dans de futurs travaux en lien avec l'expertise.

Les résultats des études n°2 et 3 ont montré un effet de l'expertise. En effet, les joueurs adultes ELITE possédaient un meilleur temps de réponse et un meilleur temps de réaction que les joueurs adultes NON-ELITE. Un effet d'interaction a été montré entre l'expertise (ELITE vs NON-ELITE) et le type de tâche (non-spécifique vs spécifique) sur le temps de réponse. Cet effet d'interaction démontre que la différence entre les deux populations était d'autant plus significative lorsque le test était spécifique et proche de la situation compétitive. Ainsi, la discrimination du niveau d'expertise est beaucoup plus identifiable grâce à des tests mettant les participants dans une situation contextualisée. D'autre part, les analyses effectuées dans l'étude n°4 n'ont pas révélé de différences significatives chez les adolescents. Si l'adolescent ELITE ne présente pas de plus grandes capacités à réagir que l'adolescent NON-ELITE, alors que c'est le cas à l'âge adulte, cela pourrait signifier que la capacité à réagir vite dans une situation spécifique peut progresser. Les adultes ELITE ont pu acquérir cette compétence grâce à l'entraînement, l'accumulation d'expérience, le développement des capacités attentionnelles et perceptives, ou encore grâce à la maturation des systèmes psychomoteurs. Il apparaît donc pertinent de poursuivre les recherches dans ce domaine, notamment pour mieux comprendre ce qui constitue les processus décisionnels chez l'adulte et chez l'adolescent. Des études longitudinales pourraient permettre également de déterminer les facteurs qui contribuent à la détection de jeunes talents dans le domaine de la prise de décision.

### 3. Influence de la fatigue sur la prise de décision

#### 3.1. But et objectifs

Une deuxième série d'études a été réalisée, toujours avec des joueurs de handball. Ces deux études ont pour but de d'évaluer les performances cognitives et décisionnelles avant et après un exercice ou enchaînement d'exercices intenses. D'une part, nous avons étudié chez les adultes la capacité de réaction dans une tâche spécifique après un exercice court et très intense. D'autre part, nous avons examiné la capacité de réaction chez les adolescents dans la même tâche spécifique après un enchaînement de six séances d'entraînement sur deux jours et demi. L'objectif de ces premières études était donc d'étudier la véracité des hypothèse n°5 et 6, qui considéraient que l'exercice intense ou l'enchaînement de séances d'entraînement détériore la capacité de réaction.

Les joueurs de sport collectif ont souvent peu de temps pour décider et agir, mais doivent pour autant prendre en compte beaucoup d'éléments contextuels pour être efficaces (Almonroeder et al., 2018). Les contraintes temporelles et physiques entraînent de la fatigue chez les joueurs, mais peu d'éléments dans la littérature permettent aujourd'hui de déterminer le lien entre prise de décision, performance, et fatigue. C'est dans ce cadre que se placent les deux prochaines études.

## 3.2. Étude N°5 : évaluation du temps de réaction spécifique après un exercice intense chez des adultes

### Participants

37 joueurs masculins de handball ont participé à cette expérience. Ils avaient entre 18 et 48 ans (âge moyen =  $25.2 \pm 6.19$ ans), et bénéficient d'une expérience dans la pratique handball de 4 à 20 ans (durée moyenne =  $14.0 \pm 6.21$ ans). Ces 37 joueurs évoluaient au niveau régional (6<sup>ème</sup> ou 7<sup>ème</sup> division française).

### Protocole expérimental

Tous les participants, majeurs au moment des tests, ont rempli un formulaire de consentement en accord avec la déclaration d'Helsinki. Les participants devaient être en bonne santé, et ne pas avoir consommé de drogue ou d'alcool dans les 24 heures précédant le test. Les tests ont été réalisés avant une session d'entraînement spécifique ou durant une journée de repos, toujours en soirée. Les analyses statistiques ont été réalisées avec la version 13.0 de Statistica, avec un seuil significatif à  $p < .05$ .

### Déroulé

L'ensemble du protocole a été réalisé en sept étapes, décrites sur la **figure 18**.

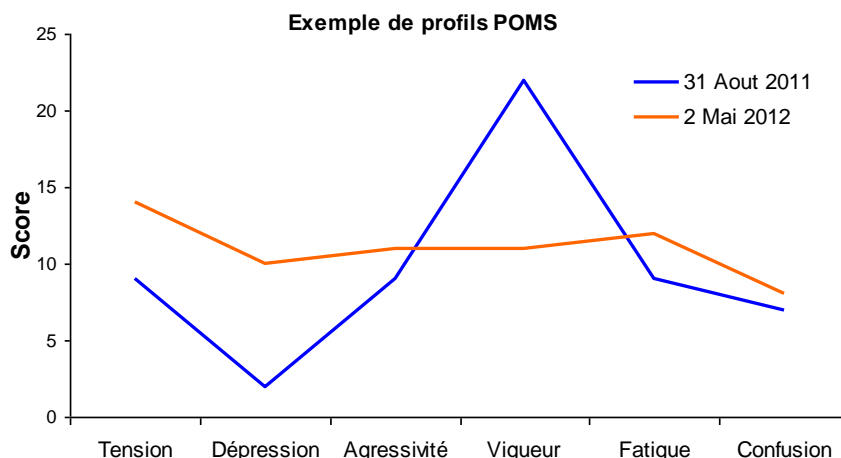
**(1) Présentation.** Les participants, une fois en tenue de sport, étaient tout d'abord informés du déroulé du protocole.

**(2) POMS.** Ensuite, ils étaient amenés à remplir un questionnaire permettant de déterminer leur profil d'état d'humeur (Profil Of Mood State, POMS, McNair et al., 1971). La démarche était de vérifier que les sujets étaient dans un état émotionnel suffisant pour exprimer les capacités décisionnelles. Ce questionnaire est composé de 65 items représentant six états d'humeur : Tension, Dépression, Agressivité, Vigueur, Fatigue et Confusion. Pour chaque item, le participant devait indiquer à quel niveau son ressenti était en accord avec cet item, et ce au moment du test. Les scores possibles étaient compris entre 0 (pas du tout), et 4 (extrêmement) (voir annexe n°2). Un total des scores est effectué (TMD : Total Mood Disturbance), évaluant un état global d'humeur, et combinant les scores obtenus en Tension, Dépression, Agressivité, Fatigue et Confusion, minoré par le score de la Vigueur. On considère qu'un TMD dépassant le score de 50 témoigne d'une perturbation des états d'humeur. Un profil graphique est également établi. Celui-ci doit ressembler chez les athlètes de haut niveau à un profil « iceberg » (courbe avec un pic, **figure 15**), avec un score en Vigueur plus élevé que les autres. On considère qu'il y a perturbation lorsque ce profil s'affaisse, et se creuse (courbe aplatie, **figure 15**). L'index de forme (POMS-IF) est également un témoin de perturbation des états d'humeur, et correspond score en Fatigue soustrait au score en Vigueur. Les trois sujets qui ont présenté un score TMD supérieur à 50, et un index de forme inférieur à 5 (profil affaissé) ont été supprimés de l'étude.

**Variables mesurées** : Score en Tension (POMS-T), Dépression (POMS-D), Agressivité (POMS-A), Fatigue (POMS-F), Vigueur (POMS-V), Confusion (POMS-C) + TMD (POMS-TMD) + Index de Forme =

Score en Vigueur – Score en Fatigue (POMS-IF)

**Figure 15. Exemple de profil POMS**



**(3) Pré-test décisionnel.** Dans un troisième temps, chaque participant était soumis à un pré-test décisionnel, permettant de mesurer leur temps de réaction à partir d'images représentant des situations de handball. Ce test était effectué à l'aide d'un ordinateur (voir plus loin).

**Variables mesurées :** Temps de réaction (ms) (SRT<sub>pré</sub>, CRT<sub>pré</sub>, HBRT<sub>pré</sub>), Efficacité (Score de 0 à 10, CSC<sub>pré</sub>, HBSC<sub>pré</sub>).

**(4) Échauffement.** Huit minutes de gammes athlétiques étaient réalisées pour échauffer toutes les parties du corps sollicitées lors de l'exercice qui suivait. Le choix des gammes athlétiques était libre, mais l'intensité devait être modérée. Après ces gammes athlétiques, 10 pompes et 10 squats devaient être réalisées, et quelques corrections étaient apportées pour s'assurer de leur bonne exécution. La durée totale de l'échauffement était de 10'.

**(5) Exercice.** Le temps de récupérer, une ceinture cardio et une montre (Géonaute ONmove 700) étaient installées, et les consignes étaient données au participant. L'exercice durait quatre minutes. L'exercice consistait en une série de huit séquences de 20 secondes de burpees (**figure 16**) avec 10 secondes de repos entre chaque séquence (méthode Tabata). Le participant devait réaliser le plus de répétitions à chaque séquence. Une vigilance particulière était apportée sur l'exécution du mouvement : maintien de la posture notamment au sol (dos droit), mains à la hauteur du buste (pompe), décolllement des pieds par rapport au sol en dernière phase (saut). Une tolérance était accordée en cas de mouvement incomplet de pompe. Si le mouvement ne pouvait plus être réalisé

correctement, la séquence s'arrêtait, même si les 20 secondes n'étaient pas terminées. Si une répétition n'était pas entière à la fin des 20 secondes, elle n'était pas comptabilisée. Les données de la montre étaient prélevées et analysées grâce au logiciel Geonaute Software version 1.5.0.

**Variables mesurées** : Performance (nombre de répétitions total de Burpees, PERF), Fréquence Cardiaque max et moyenne (FCmax et FCmoy).

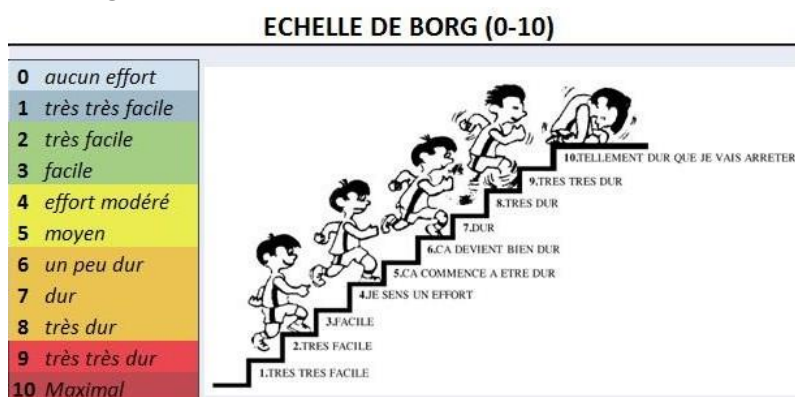
**Figure 16. Description des burpees**



**(6) Intensité de l'effort.** Une échelle de ressenti de l'intensité de l'effort était présentée aux participants dès la fin de l'exercice. Il s'agissait de la version simplifiée de l'échelle de Borg, CR10 (Borg & Borg, 2001) (**figure 17**). La question posée au participant était « Quel est le niveau de difficulté de l'exercice » ?

**Variables mesurées** : Intensité de l'effort de 0 à 10 (CR10).

**Figure 17. Échelle de Borg simplifiée**

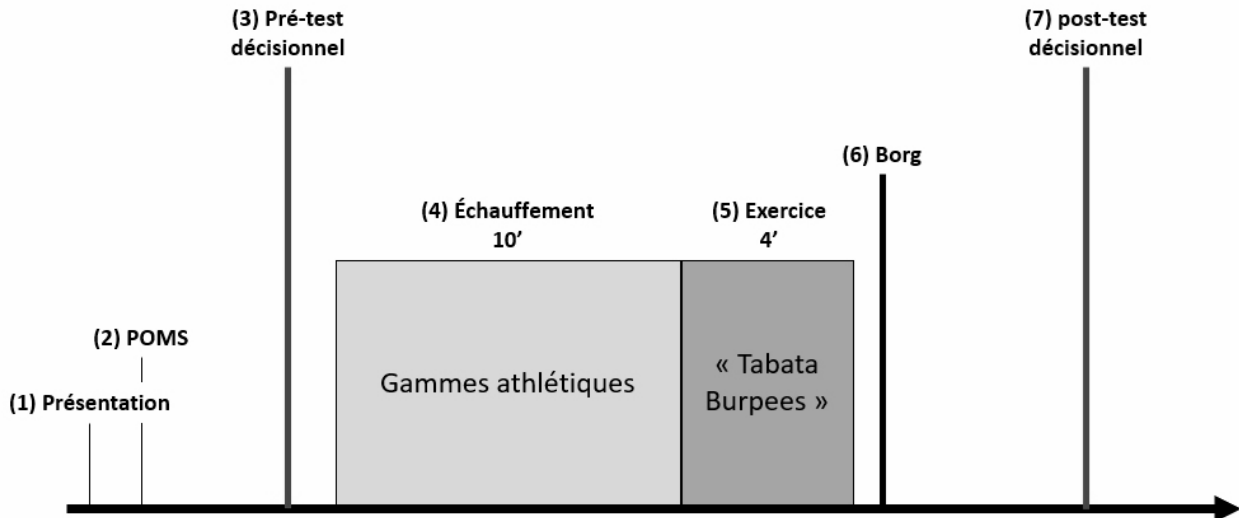


**(7) post-test décisionnel.** En fin de protocole, les participants devaient refaire le test décisionnel effectué en phase 3, avec des images différentes, et ce sans temps de repos.

**Variables mesurées** : Temps de réaction (ms) (SRTpost, CRTpost, HBRTpost), Efficacité (Score de 0 à

10, CSCpost, HBSCpost).

**Figure 18. Déroulé du protocole**



### **Description du test décisionnel**

Le test a été réalisé à l'aide du logiciel OpenSesame version 3.1.

Une première diapositive d'informations était présentée au participant, avec le déroulé, les prérequis, ainsi que les objectifs. Ces informations étaient doublées à l'oral. Le test était composé de trois parties distinctes. Pour chaque partie, le participant devait lancer lui-même le test après validation orale de sa compréhension.

(1) Après un décompte de trois secondes, une croix blanche (sur fond noir) apparaissait au milieu de l'écran pour obliger le participant à fixer l'écran. Après un délai de 500 à 1500ms, la croix blanche laissait sa place à une image prenant 50% de l'écran. Dès l'apparition de l'image, le participant devait appuyer sur la touche P du clavier, le doigt étant situé juste au-dessus de cette touche dès le début du test. La même image apparaissait 12 fois de suite. Le temps de réaction était mesuré en ms, en conservant toutes les performances sauf les deux extrêmes (SRT<sub>pré</sub> et SRT<sub>post</sub>).



(2) De la même manière, cette même image était présentée soit à gauche, soit à droite de l'écran, sur un fond particulier (gymnase). Si l'image apparaissait à gauche de l'écran, le participant devait appuyer sur la touche A du clavier (AZERTY).



Si l'image apparaissait à droite de l'écran, il fallait appuyer sur la touche P du clavier. Un doigt de chaque main était placé juste

au dessus des touches A et P (index gauche et index droit respectivement). Les délais d'apparition étaient toujours de 500 à 1500ms, et le nombre d'occurrences était de 10. Toutes les valeurs étaient conservées, sauf en cas de valeur supérieure à 500ms. Cette 2<sup>ème</sup> partie de test permettait de se familiariser au fonctionnement droite/gauche (CRTpré, CRTpost, CSCpré, CSCpost).

(3) Enfin, la 3<sup>ème</sup> partie correspondait au test spécifique. Une image représentant une situation spécifique de l'activité handball apparaissait sur tout l'écran, avec toujours le même délai (1sec). L'image a été prélevée à partir d'une vidéo enregistrée avec une caméra Go Pro Haute Définition. La caméra était placée sur la tête d'un joueur, et une situation



était prélevée lorsque l'image représentait une situation offensive dans laquelle le porteur de la caméra était porteur de balle. La prise de vue était donc à la première personne. L'ensemble de ces situations a été extrait des images utilisées pour les études n°3 et 4. Ces situations ont donc toutes été validées par un comité de six experts. Les 10 situations qui présentaient le plus fort pourcentage de réussite dans l'étude n°3 ont été conservées pour cette étude n°5. Toutes les données enregistrées dans cette 3<sup>ème</sup> partie de test ont été conservées. Une première image était présentée au moment des consignes pour aider le participant à se familiariser avec la tâche. Aucun participant de cette étude n'avait participé aux études précédentes. Pour chaque situation le temps de réaction et l'efficacité était mesuré (HBRTpré, HBRTpost, HBSCpré, HBSCpost)

### **Analyses statistiques**

Une série de tests T-Student a été réalisée pour évaluer l'effet de l'exercice sur la performance décisionnelle. Lorsque ces tests étaient significatifs, la taille de l'effet était calculée avec le d de Cohen. La taille de l'effet a été définie comme grande ( $> 0,80$ ), modérée ( $> 0,50$ ) et petite ( $> 0,20$ ) (Cohen, 1988). Une série de coefficients de corrélation de Pearson a été réalisée pour évaluer le lien entre d'une part Perf, CR10, FCmax, et d'autre part SRTpré, SRTpost, CRTpré, CRTpost, CSCpré, CSCpost, HBRTpré, HBRTpost, HBSCpré, HBSCpost.

### **Résultats**

Aucune différence significative n'a été trouvée pour le temps de réaction simple ( $p=.08$ ) et l'efficacité sur la tâche droite/gauche ( $p = .56$ ). En revanche, le T-Student a révélé un effet significatif de grande taille pour le temps de réaction sur la tâche droite/gauche, ainsi que pour l'efficacité sur la tâche décisionnelle handball (**Figures 19 et 20**). Lors de la tâche droite/gauche, les participants ont réagi 14% plus vite après l'effort en comparaison des valeurs pré-effort ( $t = -2.96$ ,  $p = .004$ ,  $d = 0.85$ ). Lors de la tâche décisionnelle handball, les participants ont été plus efficaces de 14% après l'effort ( $t = -5.7$ ,  $p = .000$ ,  $d = 0.99$ ). Le T-Student a révélé également un effet significatif de taille modérée pour le temps de réaction sur la tâche décisionnelle handball. Les participants ont pris leurs décisions 18% plus vite après qu'avant l'effort ( $t = 2.05$ ,  $p = .04$ ,  $d = 0.55$ ). **Voir Tableau 10**

**Tableau 10. Comparaison pré et post-effort sur le test décisionnel pour une population adulte de niveau régional.**

| N=34                    | Pré-effort           |                      | Post-effort         |                      | T-Test<br>(ddl = 33) | P-valeur    | Cohen's<br><i>d</i> |
|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------|---------------------|
|                         | M ±SD                | LOA<br>(-95% ; +95%) | M ±SD               | LOA<br>(-95% ; +95%) |                      |             |                     |
| <b>SRT (ms)</b>         | <b>250.0 ±42.4</b>   | 235.2 ; 264.8        | <b>234.7 ±26.3</b>  | 225.5 ; 243.9        | 1.79                 | <b>.08</b>  |                     |
| <b>CRT (ms) *</b>       | <b>363.8 ±81.6</b>   | 335.3 ; 392.3        | <b>318.8 ±34.2</b>  | 306.9 ; 330.7        | 2.96                 | <b>.004</b> | 0.85                |
| <b>CSC (sur 10)</b>     | <b>9.7 ±0.5</b>      | 9.5 ; 9.9            | <b>9.6 ±0.7</b>     | 9.3 ; 9.8            | 0.56                 | <b>.56</b>  |                     |
| <b>HBRT (ms) *</b>      | <b>1045.0 ±455.4</b> | 886.1 ; 1203.9       | <b>853.3 ±299.7</b> | 748.7 ; 957.8        | 2.05                 | <b>.04</b>  | 0.55                |
| <b>HBSC (sur 10) **</b> | <b>7.7 ±0.8</b>      | 7.4 ; 8.0            | <b>9.0 ±1.1</b>     | 8.6 ; 9.4            | -5.7                 | <b>.000</b> | 0.99                |

*Note.* SRT = tâche de réaction simple. HBRT = temps de réaction dans une tâche spécifique handball. HBSC = score dans cette même tâche. CRT = temps de réaction dans la tâche de choix droite/gauche. CSC = score dans cette même tâche. \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ , \*\* valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$ .

Plusieurs corrélations ont été trouvées (**voir tableau 11**). L'âge est corrélé positivement avec le SRTpré ( $r = .56$ ,  $p = .006$ ), le SRTpost ( $r = .45$ ,  $p = .03$ ), le CRTpost ( $r = .49$ ,  $p = .02$ ), le HBRTpost ( $r = .46$ ,  $p = .028$ ), et négativement avec le HBSCpost ( $r = -.42$ ,  $p = .048$ ). Les années de pratique sont corrélées positivement avec le SRTpré ( $r = .58$ ,  $p = .003$ ), le CRTpost ( $r = .44$ ,  $p = .034$ ) et négativement avec le HBSCpost ( $r = -.45$ ,  $p = .03$ ).

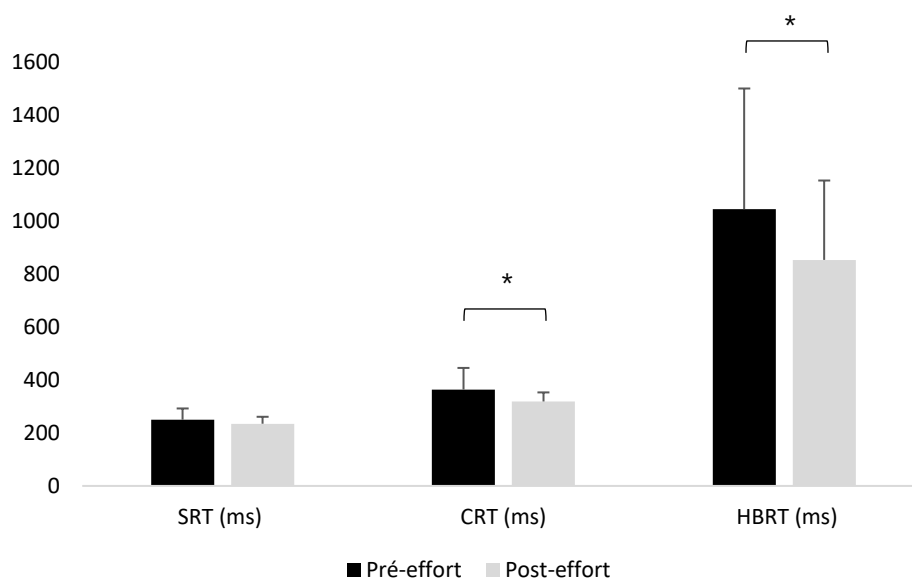


**Tableau 11. Analyse des corrélations entre les variables.**

|                 | SRT<br>Pré                     | SRT<br>post                   | CRT<br>pré             | CRT<br>post                   | CSC<br>pré             | CSC<br>post            | HBRT<br>pré            | HBRT<br>post                  | HBSC<br>pré            | HBSC<br>post                    |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| <b>Age</b>      | <b>,56</b><br><i>p</i> = ,006* | <b>,45</b><br><i>p</i> = ,03* | ,29<br><i>p</i> = ,18  | <b>,49</b><br><i>p</i> = ,02* | ,01<br><i>p</i> = ,95  | -,13<br><i>p</i> = ,55 | ,37<br><i>p</i> = ,08  | <b>,46</b><br><i>P</i> = ,03* | -,02<br><i>p</i> = ,94 | <b>-,42</b><br><i>p</i> = ,048* |
| <b>Pratique</b> | <b>,58</b><br><i>p</i> = ,003* | ,30<br><i>p</i> = ,16         | ,32<br><i>p</i> = ,14  | <b>,45</b><br><i>p</i> = ,03* | -,05<br><i>p</i> = ,82 | ,06<br><i>p</i> = ,77  | ,33<br><i>p</i> = ,12  | ,39<br><i>p</i> = ,07         | ,15<br><i>p</i> = ,51  | <b>-,45</b><br><i>p</i> = ,03*  |
| <b>Perf</b>     | -,39<br><i>p</i> = ,07         | -,27<br><i>p</i> = ,22        | -,06<br><i>p</i> = ,77 | -,29<br><i>p</i> = ,18        | -,38<br><i>p</i> = ,07 | -,29<br><i>p</i> = ,18 | ,24<br><i>p</i> = ,27  | ,12<br><i>p</i> = ,59         | ,02<br><i>p</i> = ,894 | ,38<br><i>p</i> = ,07           |
| <b>CR10</b>     | -,26<br><i>p</i> = ,23         | -,01<br><i>p</i> = ,97        | -,33<br><i>p</i> = ,13 | ,04<br><i>p</i> = ,85         | ,32<br><i>p</i> = ,13  | ,30<br><i>p</i> = ,16  | -,07<br><i>p</i> = ,75 | -,15<br><i>p</i> = ,49        | -,13<br><i>p</i> = ,57 | -,06<br><i>p</i> = ,78          |
| <b>Fcmax</b>    | -,23<br><i>p</i> = ,30         | -,35<br><i>p</i> = ,11        | -,08<br><i>p</i> = ,72 | -,41<br><i>p</i> = ,05        | -,08<br><i>p</i> = ,70 | -,14<br><i>p</i> = ,53 | ,10<br><i>p</i> = ,65  | -,06<br><i>p</i> = ,77        | -,11<br><i>p</i> = ,62 | ,23<br><i>p</i> = ,29           |

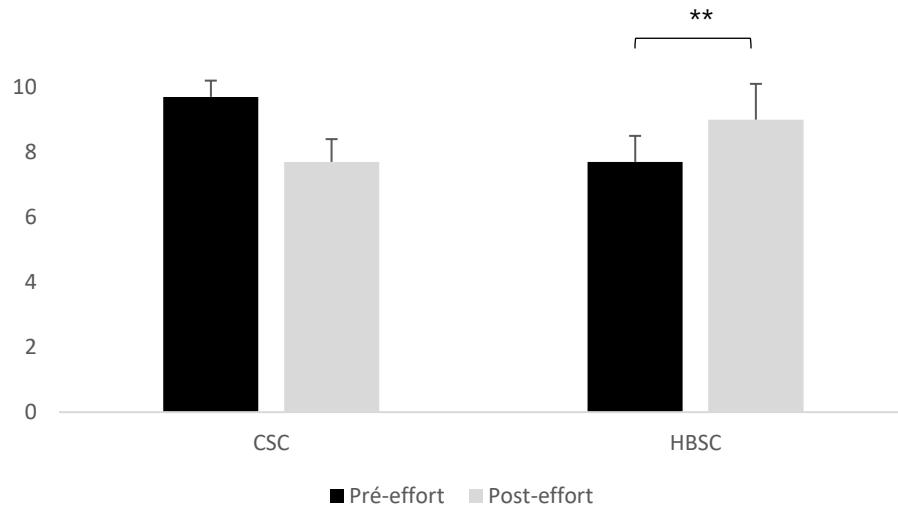
*Note.* Perf = performance réalisée (nombre de burpees). CFmax = Fréquence Cardiaque maximale. Pratique = nombre d'années de pratique des sujets. CR10 = l'intensité de l'effort ressentie par les sujets après le stage. VolH = volume horaire d'entraînement Durant le stage. SRT = tâche de réaction simple. HBRT = temps de réaction dans une tâche spécifique handball. HBSC = score dans cette même tâche. CRT = temps de réaction dans la tâche de choix droite/gauche. CSC = score dans cette même tâche. \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ .

**Figure 19. Comparaison du temps de réaction sur les trois tâches entre les tests pré-effort et post-effort.**



*Note.* SRT = la tâche de réaction simple. HBRT = tâche spécifique handball. CRT = tâche de choix droite/gauche. Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ , \*\* valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$ .

**Figure 20. Comparaison du score pour la tâche droite/gauche et la tâche spécifique handball entre les tests pré-effort et post-effort.**



*Note. CSC = score sur la tâche de choix droite/gauche. HBSC = score sur la tâche spécifique handball, \*\* valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$ .*

## Discussion – étude 5

L'objectif de cette cinquième étude était de comparer les performances décisionnelles de joueurs de handball avant et après un exercice intense. L'hypothèse n°5 considérait que l'exercice pouvait détériorer la capacité de réaction dans une tâche spécifique après un exercice court et intense.

Les résultats de notre étude ont montré que la performance décisionnelle était **améliorée** après un exercice intense de quatre minutes (voir **Figures 19 et 20**). Ils vont donc à l'encontre de l'hypothèse n°5. Ces résultats surprenants se traduisent aussi bien sur l'**efficacité** que sur la **rapidité** des prises de décision. Nous avons montré que le temps de réaction était de 14 à 18% plus court après effort sur la tâche droite/gauche ainsi que sur la tâche spécifique handball, respectivement. Également, l'efficacité était nettement améliorée après effort sur la tâche décisionnelle spécifique handball. Au contraire, nous n'avons pas révélé d'évolution significative pour le temps de réaction simple et pour l'efficacité droite/gauche.

### Effet positif de l'exercice sur les capacités cognitives

La plus grande efficacité et réactivité après un effort intense pourrait s'expliquer de différentes manières. Un premier axe d'analyse nous conduit à interpréter l'absence de détérioration de la performance avec la fatigue contraire à notre hypothèse. Nous pouvons suggérer que les **processus de reconnaissance** ne **seraient pas impactés** par l'effort court et intense. Le temps de réaction face à une situation spécifique exprime la capacité du sujet à reconnaître la situation et à décider (Kiss & Balogh, 2019; Schaefer, 2014). Puisque la réactivité n'a pas été détériorée après l'effort court et intense, nous pouvons donc penser que la fatigue engendrée par cet effort n'a pas eu d'influence sur la capacité à reconnaître rapidement et avec efficacité la situation. Lorst et collaborateurs (2002) ont montré que les fonctions cognitives et la motricité étaient liées. Cela signifierait que la **fatigue** engendrée par l'exercice intense aurait plutôt tendance à influencer la **phase d'exécution motrice**. En effet, plusieurs études ont montré que les éléments techniques étaient détériorés en état de fatigue (Almonroeder et al., 2018; Chiu et al., 2017; Royal et al., 2006). Le contrôle moteur est d'ailleurs considéré par certains auteurs comme un bon prédicteur de la fatigue (Tseng & Kluding, 2009).

Un deuxième axe d'analyse nous amène à discuter l'amélioration des performances avec la fatigue. Premièrement, les populations choisies pour ces tests sont composées de **participants entraînés**, et donc susceptibles de répondre plus aisément aux **défis dans la difficulté** (Kitsantas & Zimmerman, 2002; McMorris & Graydon, 1996; Royal et al., 2006). Deuxièmement, ces mêmes athlètes entraînés pourraient être davantage capables de conserver de la **concentration** dans les efforts épuisants (McMorris & Graydon, 1996; Royal et al., 2006). L'expérience et l'**expertise** accumulées pourraient aussi avoir augmenté les aptitudes de recherche et de traitement des informations les plus pertinentes dans l'environnement, sans perdre de l'énergie sur des informations non pertinentes lorsque l'effort est intense (McMorris & Graydon, 1997, 2000). Cela rejoint nos conclusions de la section précédente. Royal et collaborateurs (2006) d'une part, et Mc Morris et collaborateurs (2000) d'autre part, ont proposé

l'idée que l'athlète était capable d'augmenter ses performances cognitives en **augmentant le nombre de ressources** allouées à la tâche, ce qui serait un effet de l'expertise. Cette capacité, associée à des stratégies mentales efficaces, permettraient alors de **maintenir le niveau de performance cognitive malgré la fatigue** (Brisswalter et al., 2002). Enfin, il est possible que l'exercice en lui-même ait provoqué une **augmentation de la sensibilité cognitive**, et ainsi éveillé les capacités décisionnelles afférentes sur la tâche en cours (Davranche, 2005). Davranche et Pichon (2005) avaient d'ailleurs précisé que l'augmentation des performances pouvait être provoquée par un éveil cortical, sans pour autant qu'il y ait un effet libérateur de l'exercice sur la réponse cognitive.

Nous avons évalué **l'intensité de l'effort** grâce aux indicateurs liés à l'échelle de Borg (CR10) et la fréquence cardiaque maximale (FCmax), ainsi que sur la diminution de performance au fur et à mesure des séries de burpees. Tous les participants ont vu leur nombre de répétitions baisser dès la deuxième ou troisième série sur les huit, et continuer à diminuer jusqu'à la dernière série. Les participants ont qualifié l'effort de très dur sur l'échelle de Borg CR10, avec une moyenne de 8.1 (valeurs comprises entre six et dix). Enfin, la moyenne de FCmax était de 183.5 battements/minute, ce qui représentait 94% du FCmax théorique calculé avec la formule de Haskell et Fox (1970, 220-âge), pour chacun des participants. Ces différents éléments témoignent de la **haute intensité de l'exercice** accompli par les différents participants. Plusieurs études ont d'ailleurs montré que ces indicateurs étaient aussi liés à une **détérioration de l'exécution technique** en sport collectif (Almonroeder et al., 2018; Nuño et al., 2016; Royal et al., 2006). La vitesse et l'efficacité du tir au handball peuvent également être affaiblies dans ces cas-là (Nuño et al., 2016).

### **Inconsistance des résultats dans la littérature**

Plusieurs études ont montré des **résultats similaires, notamment en sport collectif** avec un maintien ou une amélioration de la perf après ou pendant l'effort (Collins et al., 2016; Davranche & Pichon, 2005; Khalid et al., 2015; McMorris & Beazeley, 1996; McMorris & Graydon, 1997, 2000; Royal et al., 2006; Whyte et al., 2017). Ces différentes études ont utilisé une **grande diversité de méthodes** (populations, protocoles, spécificité de la tâche, exercices). Pourtant, des résultats cohérents avec l'hypothèse n°5 avaient été montrés avec une détérioration des performances cognitives à l'effort ou après l'effort (Covassin et al., 2007; Konishi et al., 2017; Lo Bue-Estes et al., 2008; Moore et al., 2012; Thomson et al., 2009). Les auteurs de ces études ont montré que l'exercice intense avait provoqué un **allongement du temps de réaction** et une **augmentation du nombre d'erreurs**. Les détériorations se font davantage ressentir dans les tâches perceptives (Moore et al., 2012), ou dans les tâches faisant appel à la mémoire (Covassin et al., 2007). Néanmoins, **l'inconsistance des résultats** entre ces différentes études nous amène à penser que les protocoles de fatigue choisis n'étaient peut-être pas adaptés pour évaluer l'influence de l'exercice intense sur la prise de décision. Plusieurs auteurs s'accordent pour dire que les protocoles de fatigue sont parfois éloignés de l'activité réelle du sujet en situation compétitive pour représenter la fatigue provoquée par l'activité. La fatigue provoquée dans

notre étude par les burpees ne représente pas non plus celle engendrée par les actions d'un handballeur, malgré le fait que les muscles sollicités soient identiques. Et c'est vrai notamment parce que la **contrainte temporelle** est **différente**. Plusieurs études ont donc spécifié que l'effort pouvait engendrer une détérioration des processus décisionnels et cognitifs s'il était spécifique et que l'exercice était mené jusqu'à l'épuisement (Almonroeder et al., 2018; Moore et al., 2012; Royal et al., 2006). La **durée de l'effort** peut également être un paramètre méthodologique important puisque plusieurs études en sport collectif ont révélé un effet négatif de la fatigue sur la cognition après un effort long et épuisant (Moore et al., 2012; Thomson et al., 2009). Brisswalter et collaborateurs (2002) avaient précisé que les symptômes de la fatigue comme la déshydratation et l'hypoglycémie pouvaient apparaître seulement à partir d'une heure d'exercice, même chez des sujets entraînés.

### **Corrélations positives entre le temps de réaction et les caractéristiques des sujets**

Les résultats de notre étude ont également montré des **corrélations positives** entre l'âge et le temps de réaction simple (pré et post), ainsi que le temps de réaction post-effort sur la tâche droite/gauche et la tâche spécifique handball. Également, des corrélations positives ont été révélées entre le nombre d'années de pratique et le temps de réaction simple pré-exercice (SRT<sub>pré</sub>) ainsi que le temps de réaction sur la tâche droite/gauche post-exercice (CRT<sub>post</sub>). Autrement dit, **plus le sujet est âgé, et plus le temps de réaction augmente, notamment à l'effort**. Ces résultats sont consistants avec ceux de plusieurs travaux (Deary & Der, 2005; Fozard et al., 1994) et apparaissent cohérents avec les réalités de terrain. D'autre part, l'âge et le nombre d'années de pratique sont corrélés négativement avec le HBSC<sub>post</sub>. Ce qui signifierait que l'efficacité en situation de fatigue (post-effort) sur une tâche spécifique diminuerait avec l'âge. Ce résultat est cohérent avec la baisse de la condition physique et des fonctions cognitives chez l'adulte au fur et à mesure que les années passent (Berryman et al., 2013; Libon et al., 1994; West & Alain, 2003).

### **Limites**

Plusieurs biais sont toutefois à prendre en compte dans notre étude. Tout d'abord, nous n'avons pas pu contrôler complètement l'**échauffement** et son intensité. Les sujets étaient-ils tous au même niveau d'échauffement ? Pourtant, ce paramètre peut influencer la performance lors d'un exercice (Brooks, 2008). Également, le niveau d'entraînement des sujets n'était pas contrôlé. Certains sujets n'étaient peut-être pas suffisamment entraînés pour assumer la répétition des efforts musculaires, les empêchant de solliciter suffisamment l'organisme d'un point de vue cardiovasculaire. **La difficulté à rentrer dans un effort exhaustif** les a peut-être aidés à rester lucide et performant dans les tâches cognitives. Le niveau de condition physique et les qualités athlétiques jouent un rôle important dans la capacité à réagir dans des situations de fatigue (Brisswalter et al., 1997; Edman et al., 1983; Lage et al., 2011; Luque-Casado et al., 2013). Ces deux paramètres sont fortement liés au coût énergétique de la tâche et peuvent expliquer des différences de performance (Fernandes et al., 2006; Millet et al., 2000).

Nous ne pouvons pas non plus écarter l'idée que les sujets aient pu **s'améliorer dans la tâche** spécifique entre le pré-test et le post-test, grâce à un apprentissage de la tâche. Cet apprentissage pourrait leur avoir permis d'augmenter leur niveau de performance. C'est un élément qui démontre qu'un **groupe contrôle** aurait été **utile** (pas d'exercice entre les deux tests) dans ce type d'étude. Cela aurait permis de vérifier si le simple fait de refaire le test 30 minutes après modifie les résultats ou non. Également, il pourrait être intéressant de mener ce type d'étude en examinant la lactatémie et le niveau de condition physique des sujets en amont des mesures pour vérifier la cohérence des résultats. Enfin, il nous paraît intéressant **d'ajouter un groupe fatigué avec une autre modalité** pour vérifier l'effet du type d'effort sur les performances décisionnelles.

Ces différents résultats nous ont conduit à mener **une sixième expérience** pour interroger les points suivants : Pourquoi les études montrent parfois une influence positive de l'exercice sur la prise de décision, et parfois non ? Pourquoi un exercice épuisant provoquerait davantage de baisse de la performance cognitive qu'un exercice intense ? Est-ce qu'une fatigue engendrée par un effort plus long (plusieurs jours) influencerait de la même manière la performance cognitive ? Quel est le rôle de la fatigue centrale ?

### 3.3. Étude N°6 : évaluation du temps de réaction spécifique après un stage de 2 jours chez l'adolescent

#### Participants

34 joueurs masculins de handball ont participé à cette étude. Ils avaient entre 14 et 15 ans ( $M_{\text{âge}} = 14.7 \pm 0.3$ ans), et bénéficiaient d'une expérience dans la pratique handball de 3 à 11 ans ( $M = 6,2 \pm 1.9$ ans). Ces 34 joueurs évoluaient au niveau régional et étaient sélectionnés avec la région de leur club, plus haut niveau possible à leur âge.

#### Protocole expérimental

Tous les participants, après accord écrit du responsable de structure, ont rempli un formulaire de consentement en accord avec la déclaration d'Helsinki. Les participants devaient être en bonne santé, et ne pas avoir consommé de drogue ou d'alcool dans les 24 heures précédant le test. Les tests ont été réalisés avant une session d'entraînement spécifique.

#### Déroulé

L'ensemble du protocole a été réalisé en sept étapes, décrites sur la **figure 21**.

**(1) Présentation.** Les participants, une fois en tenue de sport, étaient tout d'abord informés du déroulé du protocole.

**(2) Pré-test décisionnel.** Chaque participant était soumis à un pré-test décisionnel, identique à celui utilisé dans l'étude n°5 (conditions, contenu, quantités de stimuli).

**Variabes mesurées** : Temps de réaction (ms) (SRT<sub>pré</sub> = temps de réaction simple pré-stage, CRT<sub>pré</sub> = temps de réaction sur la tâche droite/gauche pré-stage, HBRT<sub>pré</sub> = temps de réaction sur la tâche spécifique pré-stage), Efficacité (Score de 0 à 10, CSC<sub>pré</sub> = score sur la tâche droite/gauche pré-stage, HBSC<sub>pré</sub> = score sur la tâche spécifique pré-stage).

**(3) Stage.** Tous les joueurs participaient à un stage composé de sept séances d'entraînement et d'un match. Les mesures cognitives ont été effectuées au tout début du stage (14h à 15h), et avant la 7<sup>ème</sup> séance (9h-10h) (voir **figure 20**). Nous avons mesuré le volume horaire d'entraînement pour chacun des joueurs.

**Variable prise en compte** : Volume horaire d'entraînement (VolH)

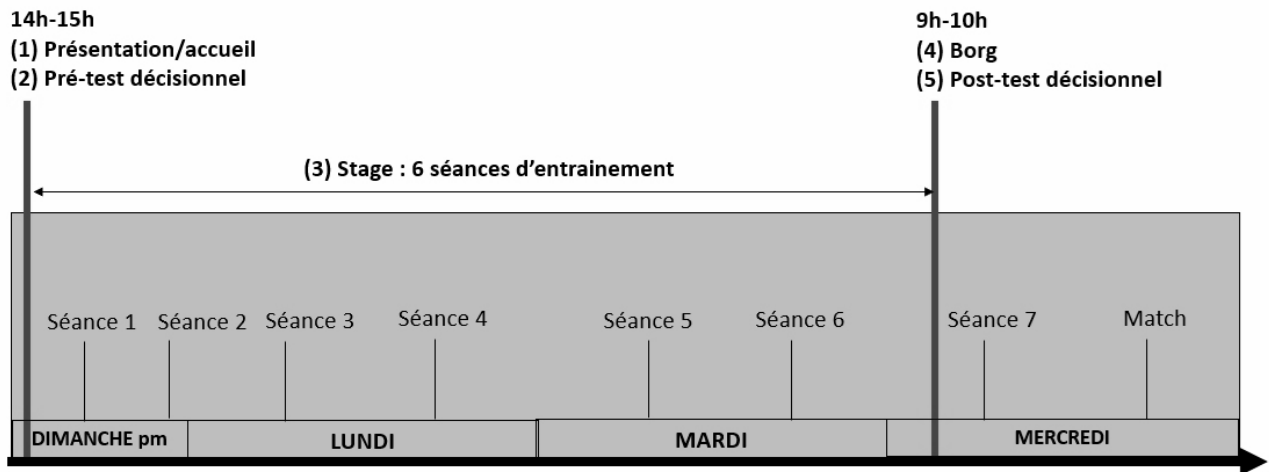
**(4) Intensité de l'effort.** Une échelle de ressenti de l'intensité de l'effort était présentée aux participants dès la fin du stage. Il s'agissait de la version simplifiée de l'échelle de Borg, CR10 (Borg & Borg, 2001). La question posée au participant était « Quel est le niveau de difficulté du stage d'un point de vue de la fatigue ? Si tu sens épuisé à la fin du stage, c'est que le niveau de difficulté était de niveau maximal. »

**Variabes mesurées** : Intensité de l'effort de 0 à 10 (CR10).

**(5) post-test décisionnel.** En fin de protocole, les participants devaient refaire le test décisionnel effectué en phase 2, avec des images différentes.

**Variabes mesurées** : Temps de réaction (ms) (SRTpost, CRTpost, HBRTpost), Efficacité (Score de 0 à 10, CSCpost, HBSCpost).

**Figure 21. Déroulé du protocole**



### **Analyses statistiques**

Les analyses statistiques ont été réalisées avec la version 13.0 de Statistica, avec un seuil significatif à  $p < .05$ . Une série de tests T-Student a été réalisée pour évaluer l'effet de l'exercice sur la performance décisionnelle. Lorsque les résultats étaient significatifs, la taille de l'effet était calculée avec le d de Cohen. La taille de l'effet a été définie comme grande ( $> 0,80$ ), modérée ( $> 0,50$ ) et petite ( $> 0,20$ ) (Cohen, 1988). Une série de coefficients de corrélation de Pearson a été réalisée pour évaluer le lien entre d'une part le CR10 et le VolH, et d'autre part SRTpré, SRTpost, CRTpré, CRTpost, CSCpré, CSCpost, HBRTpré, HBRTpost, HBSCpré, HBSCpost

### **Résultats**

Le score spécifique handball (HBSC) mesuré à la sortie du stage était meilleur de 19% que celui mesuré à l'entrée du stage. Les joueurs ont donc amélioré leur performance entre le test pré et le test post-stage, qui représentait entre 7 et 11h d'entraînement spécifique ( $M=9.5 \pm 1.1$  heures). Aucune différence significative n'a été trouvée pour le temps de réaction simple (SRT), le temps de réaction sur la tâche droite/gauche (CRT), le score sur la tâche droite/gauche (CSC) et le temps de réaction sur la tâche spécifique handball (HBRT) (**voir figures 22 et 23, et tableau 12**).



**Tableau 12. Comparaison pré et post-stage sur le test décisionnel pour une population adolescente de niveau régional.**

| N=34                    | Pré-stage            |                      | Post-stage           |                      | T-Test<br>(ddl = 33) | P-valeur    | Cohen's<br><i>d</i> |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|---------------------|
|                         | M ±SD                | LOA<br>(-95% ; +95%) | M ±SD                | LOA<br>(-95% ; +95%) |                      |             |                     |
| <b>SRT (ms)</b>         | <b>246.2 ±47.1</b>   | 229.8 ; 262.7        | <b>237.2 ±23.5</b>   | 229.1 ; 245.4        | 1.00                 | <b>.32</b>  |                     |
| <b>CRT (ms)</b>         | <b>368.1 ±105.8</b>  | 331.2 ; 405.1        | <b>356.1 ±35.6</b>   | 343.7 ; 368.5        | 0.63                 | <b>.53</b>  |                     |
| <b>CSC (sur 10)</b>     | <b>9.4 ±0.7</b>      | 9.2 ; 9.7            | <b>9.6 ±0.5</b>      | 9.5 ; 9.8            | -1.35                | <b>.18</b>  |                     |
| <b>HBRT (ms)</b>        | <b>1160.3 ±595.1</b> | 952.6 ; 1368.0       | <b>1067.2 ±402.5</b> | 926.8 ; 1207.6       | 0.76                 | <b>.45</b>  |                     |
| <b>HBSC (sur 10) **</b> | <b>7.4 ±1.1</b>      | 7.0 ; 7.8            | <b>8.8 ±0.9</b>      | 8.5 ; 9.1            | -5.67                | <b>.000</b> | 0.99                |

Note. SRT = temps de réaction sur la tâche de réaction simple. HBRT = temps de réaction dans une tâche spécifique handball. HBSC = score dans cette même tâche. CRT = temps de réaction dans la tâche de choix droite/gauche. CSC = score dans cette même tâche. \*\* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$ .

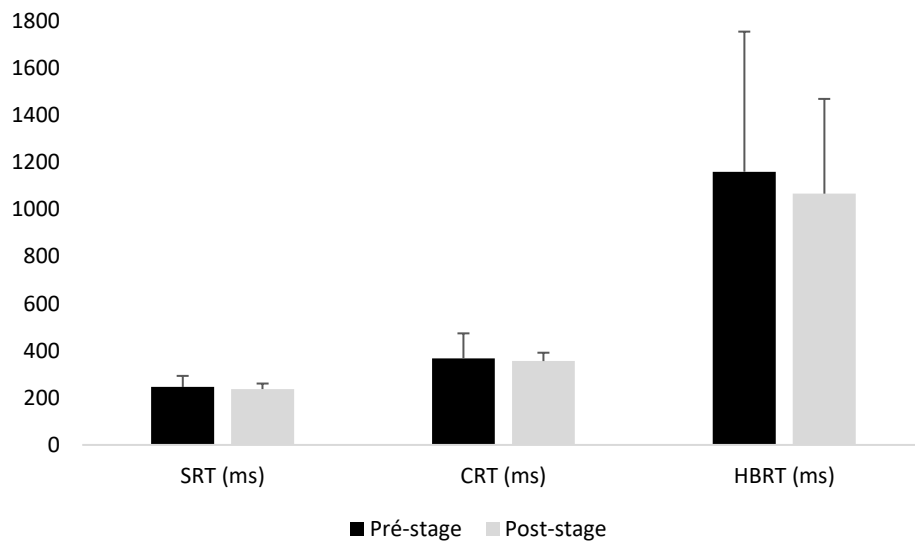
Aucune corrélation n'a été révélée (voir tableau 13).

**Tableau 13. Analyse de corrélation entre les variables**

|             | SRT<br>pré        | SRT<br>post       | CRT<br>pré       | CRT<br>post       | CSC<br>pré        | CSC<br>post       | HBRT<br>pré      | HBR<br>post      | HBSC<br>pré       | HBSC<br>post      |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| <b>CR10</b> | -,20<br>$p = ,26$ | -,15<br>$p = ,41$ | ,12<br>$p = ,49$ | -,07<br>$p = ,70$ | ,13<br>$p = ,48$  | -,01<br>$p = ,97$ | ,14<br>$p = ,42$ | ,15<br>$p = ,40$ | -,20<br>$p = ,25$ | -,08<br>$p = ,66$ |
| <b>VolH</b> | -,06<br>$p = ,72$ | -,00<br>$p = ,99$ | ,16<br>$p = ,37$ | ,06<br>$p = ,74$  | -,23<br>$p = ,19$ | ,04<br>$p = ,82$  | ,10<br>$p = ,57$ | ,05<br>$p = ,80$ | -,22<br>$p = ,21$ | ,04<br>$p = ,83$  |

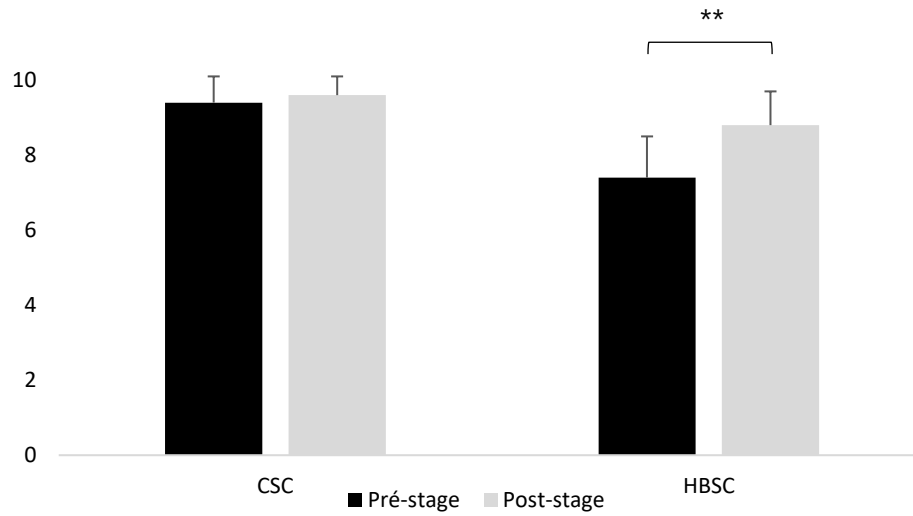
Note. Pratique = nombre d'années de pratique des sujets. CR10 = intensité de l'effort ressentie par les sujets après le stage. VolH = volume horaire d'entraînement durant le stage. SRT = tâche de réaction simple. HBRT = temps de réaction dans une tâche spécifique handball. HBSC = score dans cette même tâche. CRT = temps de réaction dans la tâche de choix droite/gauche. CSC = score dans cette même tâche. \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ .

**Figure 22. Comparaison du temps de réaction sur les trois tâches entre les tests pré-stage et post-stage.**



*Note. SRT = la tâche de réaction simple. HBRT = tâche spécifique handball. CRT = tâche de choix droite/gauche.*

**Figure 23. Comparaison du score pour la tâche droite/gauche et la tâche spécifique handball entre les tests pré-stage et post-stage.**



*Note. CSC = score sur la tâche de choix droite/gauche. HBSC = score sur la tâche spécifique handball. \*\* valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$ .*

## Discussion – étude 6

L'objectif de cette sixième étude était de mesurer l'effet d'un stage d'entraînement composé de six séances sur la capacité à réagir dans des situations spécifiques chez des adolescents. L'hypothèse n°6 considérait que cet enchaînement de séance pouvait détériorer cette capacité à réagir. Les résultats ont révélé une **amélioration de l'efficacité** sur la tâche spécifique **handball** après le stage chez les adolescents. C'est la **seule différence significative** révélée par l'analyse statistique qui a comparé les valeurs pré et post-stage (voir **figures 22 et 23**).

### Amélioration de l'efficacité après le stage

Nous pourrions expliquer ce résultat significatif par plusieurs éléments. Premièrement, les participants ont pu progresser dans la tâche, grâce à un **apprentissage** spécifique. Même si le nombre de répétitions était faible, nous ne pouvons pas écarter cette possibilité puisque nous n'avons pas fait de test d'appropriation. Deuxièmement, les images utilisées entre le test pré et le test post stage étaient différentes. Les meilleurs résultats post stage peuvent s'expliquer par des **images plus faciles** à analyser. Dans la mesure où nous avons trouvé les mêmes résultats chez les adultes et sur la même série d'images, il est probable que les participants aient eu plus de facilité à reconnaître les situations et à décider par rapport à ce qu'ils ont l'habitude de rencontrer sur le terrain. Ce point aurait pu être vérifié en comparant les résultats avec ceux d'un groupe contrôle, qui n'aurait pas fait d'exercice entre les deux tests. Troisièmement, les pré-tests ont été effectués en début d'après-midi, et donc juste après le repas, et les post-tests le matin. Les meilleures performances sont susceptibles d'être **réalisées le matin** plutôt que l'après-midi, puisque la vigilance et la capacité de recherche visuelle peuvent être plus optimales le matin que l'après-midi (Natale et al., 2003).

### Absence d'effet du stage sur le temps de réaction

Les résultats nous ont montré que le **temps de réaction** n'avait **pas été impacté** par l'enchaînement de six séances d'entraînements sur deux jours et demi. Nous avons supposé que le stage aurait détérioré la performance décisionnelle. Knicker et collaborateurs (2011) avaient d'ailleurs suggéré que la performance globale et les capacités neuromusculaires pouvaient être détériorées après ce type d'efforts. Mais de la même manière que pour l'étude n°5, une première interprétation possible serait de dire que la performance décisionnelle n'a pas été détériorée par l'enchaînement d'efforts car elle n'a pas mis en jeu d'exécution motrice. Les processus de reconnaissance ne seraient pas impactés par la fatigue engendrée par cet enchaînement d'efforts. Ce seraient plutôt les aspects physiques et moteurs qui seraient impactés par la fatigue, souvent observable à l'œil nu (Knicker et al., 2011).

Malgré tout, plusieurs éléments peuvent expliquer cette absence d'évolution significative de la performance décisionnelle. Tout d'abord, les moyens de **recupérer** dans le cadre d'un stage sont multiples (sommeil, repos, froid, massage), ce qui limite potentiellement l'impact sur les capacités de réactivité de seulement deux jours et demi d'efforts, et entre 7 et 11 heures d'entraînement. Également,

les **dépenses énergétiques** d'un joueur de handball se situent essentiellement sur les membres inférieurs, la sangle abdominale et la ceinture scapulaire, **secteurs du corps peu utilisés** lors d'un test de réactivité avec uniquement deux doigts. Autrement dit, **il est possible que le stage n'ait pas provoqué de fatigue périphérique** sur les zones utilisées pour ce type de test. Ensuite, le niveau de **difficulté** du stage a été évalué à **5,9** (un peu dur) sur l'échelle de Borg (CR10) par les joueurs, les valeurs étant étalées entre 4 et 7. Almonroeder et collaborateurs (2018) avaient révélé que les performances cognitives pouvaient être impactées par l'effort surtout si l'effort menait à épuisement. Et c'est loin d'être le cas à priori sur ce stage. Enfin, une interprétation possible de nos résultats (l'absence d'effet sur le temps de réaction) correspond au manque de pertinence du temps de réaction pour évaluer la prise de décision chez les adolescents. En effet, l'étude n°4 n'a montré aucune différence significative entre des joueurs élite et non-élite pour **le temps de réaction** sur une tâche de réaction simple et une tâche spécifique handball (identique à l'étude n°6). Nous avons évoqué plusieurs explications possibles, notamment le fait que ce type de tâche en laboratoire **ne soit pas un facteur discriminant de l'expertise** chez un public **adolescent**. Cela pourrait expliquer également les résultats de l'étude n°6, et le fait que l'enchaînement de six séances d'entraînement en deux jours et demi n'ait eu aucun impact sur le temps de réaction. La pratique spécifique est forcément moindre que chez les adultes, et les qualités physiques sont en cours de développement puisque les adolescents sont en pleine croissance. Les niveaux sont très variables à ces âges, ce qui peut impacter le niveau de la performance en général (Girard & Millet, 2009).

### Limites et perspectives

**Plusieurs biais** sont à prendre en compte dans cette sixième étude. Tout d'abord, nous n'avons pas pu mesurer les **paramètres de la récupération** chez les adolescents. L'hydratation, le sommeil et les massages sont des outils importants pour favoriser la récupération et la performance chez des sportifs et nous n'avons pas relevé d'information à ce sujet (Copenhaver & Diamond, 2017; Hauswirth & Mujika, 2010). D'autre part, nous avons mesuré les données pour **seulement 34 sujets**, ce qui reste faible pour ce type d'étude et questionne la puissance du test. Également, comme nous l'avons déjà évoqué, le **moment de la journée** apparaît être un biais important dans notre étude (Natale et al., 2003). Enfin, nous n'avons pas évalué si le simple fait de refaire ce test au bout de deux jours, même avec des images différentes, entraînait des modifications de résultats. Il aurait pu être utile de créer un groupe contrôle, avec les mêmes profils de participants, qui aurait réalisé le test deux fois, avec une période de repos de deux jours entre les deux.

Pour conclure, l'influence d'un stage (composé de six séances d'entraînement) sur les performances cognitives et décisionnelles méritent d'être davantage explorées à la fois chez les adultes et les adolescents. D'une part, pour mieux identifier les facteurs qui sont en jeu dans la prise de décision en sport collectif. D'autre part, parce que ces facteurs apparaissent différents selon l'âge. Également, davantage de recherche est nécessaire pour identifier si une **fatigue centrale** pourrait influencer la

performance décisionnelle au cours d'un enchaînement d'efforts de type stage ou tournoi. La variabilité de la fréquence cardiaque montre des signes encourageants pour mesurer le **rôle du système nerveux central sur la cognition** (Halson, 2014; Luft et al., 2009). Enfin, l'analyse statistique des performances nous apparaît être un autre facteur pertinent à explorer. La performance en sport collectif, dans des environnements changeants, incertains et concurrentiels, se mesure à travers plusieurs paramètres. Selon nous, le temps de réaction et l'efficacité face à des situations figées et en laboratoire ne paraissent pas représenter suffisamment ce contexte. Nous encourageons les chercheurs à explorer des **tests plus spécifiques et in situ** pour répondre à cette problématique.

## Résumé

L'objectif des études n°5 et 6 était d'évaluer les performances cognitives et décisionnelles avant et après un exercice ou un enchaînement d'exercices intenses. Les tests utilisés lors de l'étude n°4 ont été réutilisés pour ces deux études. Le temps de réaction et l'efficacité décisionnelle ont donc été mesurés à travers trois tâches : une tâche de réaction simple (appuyer sur une touche au signal visuel), une tâche de réaction droite/gauche non spécifique (appuyer sur une touche droite ou gauche en fonction de la position du signal visuel), et une tâche droite/gauche spécifique handball réalisée à partir d'images figées (appuyer sur une touche droite ou gauche en fonction de la situation de handball proposée).

L'étude n°5 a été réalisée avec 37 joueurs de handball adultes, qui ont participé au test avant et après un effort intense de quatre minutes. Cet effort avait pour objectif était de réaliser un maximum de burpees sur huit séries de 20 secondes, afin d'engendrer une fatigue d'ordre périphérique. Le temps de réaction a été amélioré par l'effort intense à la fois sur la tâche non spécifique droite/gauche, mais aussi sur la tâche spécifique handball. L'efficacité a été également améliorée après l'effort sur la tâche spécifique. Des résultats similaires ont déjà été montrés dans certaines études, alors qu'une détérioration avait déjà été montrée par d'autres études. Plusieurs explications ont été proposées pour les résultats de cette étude n°5. Tout d'abord, la fatigue engendrée par un effort intense pourrait ne pas avoir d'impact sur la capacité de reconnaissance. Elle pourrait en revanche avoir un effet sur l'exécution motrice. Ensuite, il est possible qu'il y ait, chez un public entraîné, une meilleure sensibilité cognitive, c'est-à-dire une capacité à mobiliser davantage de ressources attentionnelles dans les situations avec contraintes. Enfin, les participants ont pu progresser dans la tâche, ce que nous n'avons pas pu vérifier puisqu'aucun groupe contrôle n'a été mobilisé.

L'étude n°6 a été réalisée avec 34 joueurs de handball adolescents, qui ont participé au test avant et après un stage de deux jours et demi. Ce stage, composé de six séances spécifiques pour un volume compris entre 7 à 11 heures pour chaque joueur, avait pour but d'engendrer une fatigue d'ordre central. Le temps de réaction n'a pas évolué significativement entre le test pré et le test post-stage. En revanche, l'efficacité sur la tâche décisionnelle a été améliorée de 19% après le stage. D'une part, nous pouvons envisager que les processus de reconnaissance engagés dans les tâches n'ont pas été impactés par la fatigue. D'autre part, il est possible que les sujets se soient améliorés dans la tâche, sans que cela n'ait pu être vérifié puisqu'il n'y avait pas de groupe contrôle. Enfin, les tests pré et post stage ont été effectués à un moment différent de la journée (après-midi vs matin), ce qui peut expliquer la différence d'efficacité.

D'autres travaux méritent d'être menés pour étudier l'influence de différentes durées et intensités d'effort sur les capacités décisionnelles, à la fois chez les adultes et les adolescents. Le rôle de l'apprentissage à la tâche, mais aussi celui de la fatigue centrale lors d'efforts répétés méritent d'être explorés.

## Partie 3 **Discussion générale**

### **Présentation de la partie 3**

L'objectif de cette troisième et dernière partie est de discuter l'ensemble des résultats et données apportées par les études, mais aussi par le cadre théorique. Dans un premier temps, nous revenons sur les différentes hypothèses émises à travers l'évaluation de la prise de décision et la relation entre prise de décision et fatigue. Nous apportons ici des précisions sur les avantages et limites de la démarche utilisée, mais aussi les axes de recherche qui méritent d'être développés dans chacun des secteurs. Dans un deuxième temps, nous suggérons plusieurs implications pratiques en lien avec les capacités sportives associées à la prise de décision. Enfin, nous proposons une conclusion et des perspectives de recherche.

- 1 **Évaluation de la prise de décision**
- 2 **Relation entre la prise de décision et la fatigue**
- 3 **Généralisation des résultats**
- 4 **Implications théoriques dans l'étude de la prise de décision et de l'expertise**
- 5 **Prise de décision et capacités sportives : Implications pratiques**
- 6 **Conclusion et perspectives**





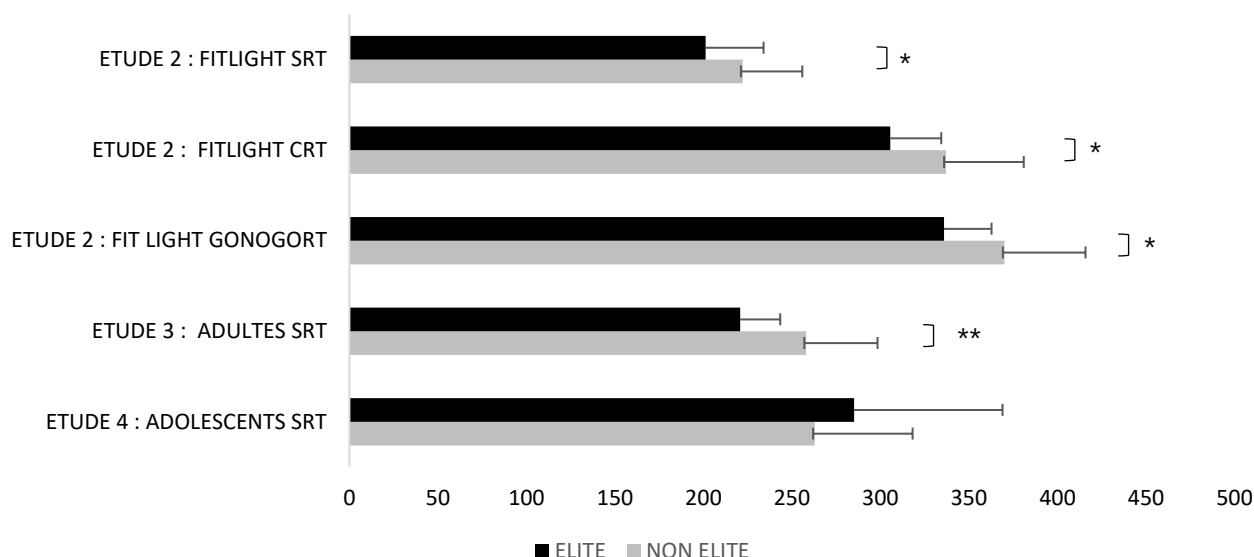
# 1. Evaluation de la prise de décision

## 1.1. Les différences entre les populations élite et non-élite en matière de prise de décision

Les quatre premières études se sont appuyées sur trois principales hypothèses. Ces hypothèses considéraient une **supériorité des populations élite** dans les fonctions exécutives, la réactivité dans des tâches non spécifiques, et la réactivité dans une tâche spécifique. L'étude n°1 n'a pas révélé de différences significatives dans les fonctions exécutives, contrairement à plusieurs études en sport collectif (Scharfen & Memmert, 2019a; Verburgh et al., 2014). Il subsiste plusieurs résultats inconsistants entre la littérature et nos travaux. C'est donc un axe de recherche qui mérite d'être développé. Les fonctions exécutives sont fortement sollicitées dans les tâches de réflexion, d'analyse, de perception, de raisonnement ou de mobilisation de la mémoire (Cristofori et al., 2019). **Leur rôle dans la prise de décision** dans un environnement dynamique et complexe est encore peu clair et **mérite donc d'être développé**.

Nos différents résultats (**Figures 24 et 25**) ont en revanche montré que les populations ELITE adultes réagissaient plus vite de 10% environ que les populations NON-ELITE, à la fois sur les tâches non spécifiques et les tâches spécifiques. L'efficacité dans ces différentes tâches ne présentait cependant aucune différence. Nous pouvons en déduire que la **capacité de réaction** est un **paramètre important de la performance décisionnelle** en sport collectif. Mais surtout, cette capacité traduit les compétences de reconnaissance d'une situation (Bossard et al., 2010; Correia, Araújo, et al., 2012; Voss et al., 2010; Williams & Jackson, 2019). Nous pouvons supposer d'ailleurs que c'est en lien avec la plus grande significativité des résultats dans les tâches spécifiques. Plus le sujet est plongé dans un environnement qu'il connaît, et plus il sera à même de **reconnaitre les situations** qu'il maîtrise et ainsi réagir (et agir) vite. Le temps de réaction présente également l'intérêt de rentrer dans les facteurs de prévention des blessures (Almonroeder et al., 2018). Dans les sports collectifs, le jeu va de plus en plus vite et les **contraintes temporelles** y sont **fortes** (Almonroeder et al., 2018). Il apparaît donc essentiel de prélever les bonnes informations rapidement. Les modalités pour faire progresser ces compétences de reconnaissance nous apparaissent représenter un axe de recherche très pertinent.

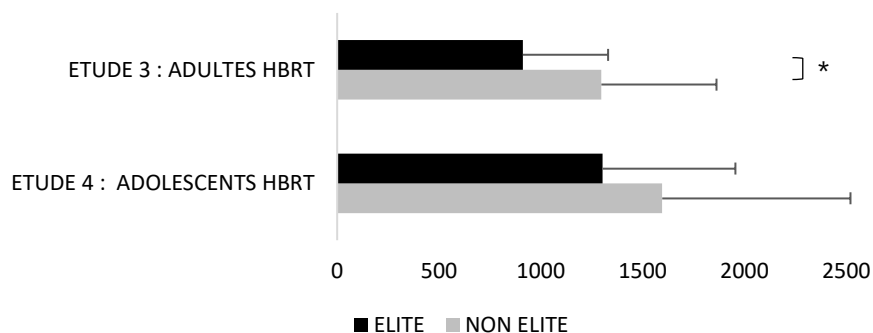
**Figure 24. Principaux résultats de nos études sur l'influence de l'expertise sur le temps de réaction non spécifique (en ms)**



*Note. SRT = temps de réaction sur la tâche de réaction simple. CRT = temps de réaction dans la tâche de choix droite/gauche. GONOGORT = temps de réaction mesuré lors d'une tâche GoNoGo. FITLIGHT = tâches réalisées à partir de disques lumineux. \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ , \*\* valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .001$ .*

**Figure 25. Principaux résultats de nos études sur l'influence de l'expertise sur le temps de réaction spécifique (test avec images handball), temps en ms**

*Note. HBRT = Temps de réaction mesuré sur la tâche spécifique, réalisée à partir d'images handball. \* Valeurs moyennes avec différences significatives  $p < .05$ .*



Enfin, nos résultats nous amènent à constater que les experts ne sont pas experts parce qu'ils décident avec plus d'efficacité dans ce type de tâches, mais bien parce qu'ils décident plus vite. Ceci signifie que dans les situations à forte contrainte temporelle, les joueurs experts **prennent la bonne décision dans un délai plus court** (Bossard et al., 2010; Campo et al., 2012).

## 1.2. La pertinence des tests utilisés

Les quatre premières études ont permis d'évaluer la pertinence de différents tests pour discriminer l'expertise chez des joueurs de handball. Le test de Stroop (SCWT) et le Trail Making Test (TMT) n'ont pas permis ici de discriminer l'expertise. Malgré tout, plusieurs études avaient montré des résultats encourageants avec ces tests en sport collectif (Huijgen et al., 2015; Vestberg et al., 2017). Cela mérite que la recherche en sport collectif s'y intéresse davantage. **D'autres tests** existent pour évaluer les fonctions exécutives, comme par exemple le Design Fluency Test ou le Stop Signal, et ont déjà été utilisés en cognition appliquée au sport (Huijgen et al., 2015; Vestberg et al., 2017). Il serait intéressant de **vérifier si** ces tests permettraient de **discriminer l'expertise au handball**, comme ces études l'ont montré pour le football. Ceci étant, les tests de réactivité que nous avons mis en place dans l'étude n°2 mobilisaient aussi les fonctions exécutives, notamment l'inhibition cognitive. Il apparaît donc pertinent d'explorer à travers des **tests plus spécifiques** le rôle des fonctions exécutives dans la prise de décision. Par exemple, on pourrait imaginer un protocole expérimental dans lequel le participant, immergé dans une situation réelle, devrait choisir de faire une passe ou non en fonction de la position d'un défenseur.

Par ailleurs, les tests de réactivité utilisés dans les études n°2 et 3 se sont montrés pertinents puisqu'ils ont permis de discriminer l'expertise. Cela fut davantage le cas dans les tâches qui se rapprochaient des actions de terrain d'un joueur. Il apparaît donc pertinent de privilégier les tests qui mettent en jeu le contexte de l'activité concernée, ou en tout cas, de **rendre plus spécifique** la décision et son contexte (Araújo et al., 2019). Suite à ces résultats, nous avons fait le choix d'utiliser le test le plus spécifique pour étudier l'influence d'un effort sur la prise de décision. Cependant, la pertinence de ces tests n'a été montrée que chez les adultes. Par conséquent, ces tests nous paraissent pertinents avant tout chez l'adulte plus que l'adolescent à ce stade. Davantage de recherche est nécessaire pour identifier si la **capacité de réaction** peut-être utilisée pour évaluer les **compétences décisionnelles** d'un joueur de sport collectif.

Enfin, nous retrouvons encore une fois le besoin de plus spécificité dans les tests et les tâches effectués à travers les résultats de l'étude n°5. En effet, la littérature annonce que la fatigue engendrée par un exercice intense n'est révélée que dans le cas d'un exercice spécifique, en lien avec l'activité étudiée (Almonroeder et al., 2018). Cette donnée conforte l'idée que l'expert est expert avant tout dans les **tâches habituelles** (Mann et al., 2007). Les protocoles de fatigue que nous avons mis en place nous paraissent pertinents, mais mériteraient d'être associés à l'étude de la performance sur le terrain. En effet, une analyse statistique des **données de jeu** pourraient nous renseigner davantage sur le **rôle** que joue la fatigue dans l'**efficacité décisionnelle**. En interrogeant les entraîneurs en sport collectif, nous pourrions recenser les indicateurs de performance dans le champ cognitif et ainsi les associer avec les données prises en laboratoire. Cet axe de recherche nous paraît d'autant plus pertinent qu'il s'appuierait sur des cadres théoriques complémentaires, en utilisant à la fois l'approche cognitive et l'approche naturaliste (Furley & Memmert, 2013; Lenzen et al., 2009; Macquet, 2009)

### 1.3. La différence entre adultes et adolescents

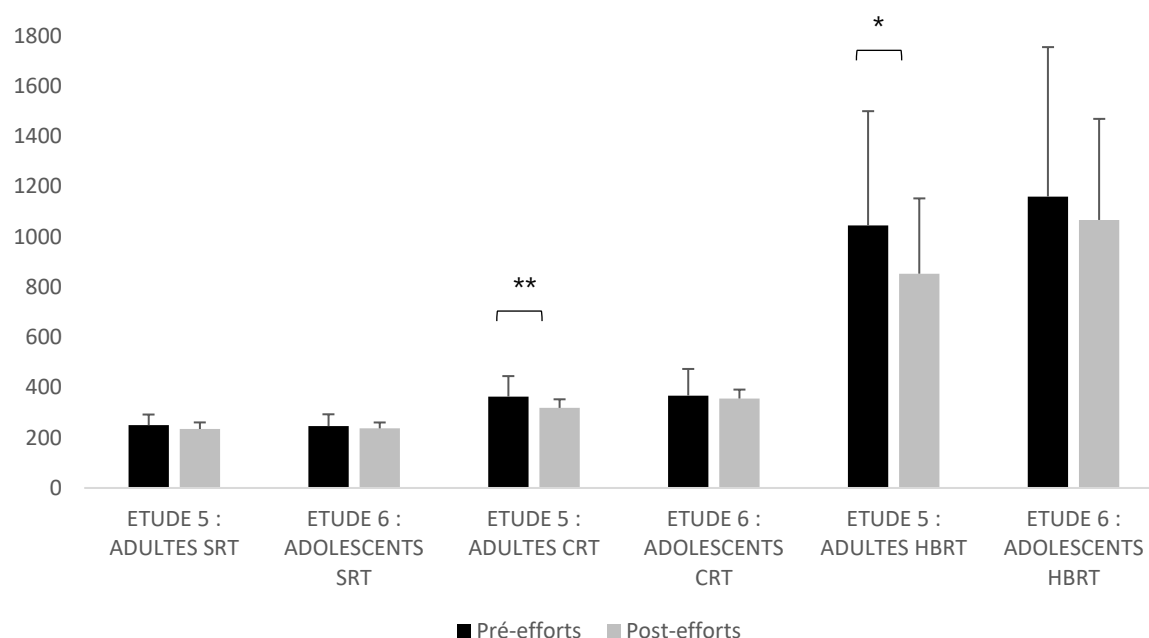
Le sportif développe ses capacités tout au long de sa vie mais l'adolescence est une **période cruciale** pour le développement de la motricité et de la cognition (Larsen & Beatriz, 2018; Mas et al., 2018). L'étude n°4 n'a pas montré d'effet significatif de l'expertise sur la prise de décision. Au contraire, nous avons trouvé des différences significatives pour les mêmes tâches chez l'adulte. Ceci peut signifier que les joueurs adultes élite s'améliorent en vieillissant dans ce domaine et notamment en termes de réactivité. **Ce n'est donc pas inné**. Mais sur quoi s'appuient-ils pour être meilleurs ? Comment ont-ils progressé ? Si la capacité de réactivité peut faire partie des compétences décisionnelles chez l'adulte, ça ne paraît pas être le cas chez l'adolescent. Il apparaît en tout cas que cette capacité peut évoluer avec l'âge grâce à une maturation des systèmes psychomoteurs. Un champ de recherche s'ouvre alors pour comparer les adolescents et les adultes dans des tâches décisionnelles, mais aussi pour étudier de **manière longitudinale** un athlète qui vieillit.

Seulement quelques éléments nous permettent aujourd'hui de comprendre ce qui doit être mis en jeu pour permettre aux plus jeunes d'apprendre à prendre les bonnes décisions. L'approche naturaliste peut s'avérer très pertinente dans ce registre en **interrogeant les entraîneurs experts** des catégories jeunes dans différents sports collectifs, afin d'identifier les ingrédients utilisés pour accompagner les jeunes vers un haut niveau cognitif. Également, les entretiens avec ces mêmes experts pourraient nous renseigner sur ce qui permet de **détecter** et différencier les joueurs avec des **compétences décisionnelles plus importantes** dès le plus jeune âge. Un adolescent en difficulté pour prendre des bonnes décisions sur le terrain peut-il progresser pour devenir un bon décideur ? Peut-il malgré tout devenir professionnel s'il ne progresse pas dans ce registre ? Nous invitons les chercheurs en psychologie cognitive et sportive à étudier davantage l'évolution des compétences décisionnelles dans des environnements complexes et dynamiques.

## 2. Relation entre la prise de décision et la fatigue

Nous avons émis deux hypothèses qui considéraient que la performance décisionnelle serait détériorée après un effort intensif ou après plusieurs séances d'entraînement. **Aucune de ces deux hypothèses n'a été vérifiée** dans nos études (**Figure 26**).

**Figure 26. Principaux résultats de nos études sur l'influence de la fatigue sur le temps de réaction**



*Note. SRT = tâche de réaction simple. HBRT = tâche spécifique handball. CRT = tâche de choix droite/gauche.  
\* Valeurs significatives pour  $p < .05$ . \*\* Valeurs significatives pour  $p < .001$ .*

L'effort intensif a entraîné une amélioration de la performance chez les adultes, se traduisant par un **temps de réaction plus court** et **plus d'efficacité** dans la tâche de réactivité spécifique. C'est un résultat qui nous a paru au départ surprenant. Mais il témoigne en réalité de mécanismes cognitifs très intéressants à explorer. Tout d'abord, nous pensons que les processus de reconnaissance mobilisés dans la prise de décision ne seraient pas impactés par la fatigue engendrée par un exercice court et intense. Ce serait davantage la baisse d'efficacité des systèmes psychomoteurs qui entrainerait une baisse de la performance dans les prises de décisions. D'autres travaux méritent d'être menés pour confirmer cette interprétation, notamment en incluant une mesure de l'efficacité motrice/technique dans le protocole expérimental. Également, nous pensons, comme l'ont suggéré plusieurs auteurs (Brisswalter et al., 2002; McMorris & Graydon, 2000; Royal et al., 2006), que les athlètes entraînés ont la capacité à augmenter leur niveau de concentration, et donc à **focaliser leur attention sur la tâche allouée** lorsque les contraintes sont plus importantes. En l'occurrence, les participants de l'étude n°5

ont dû faire face à une fatigue aigüe et ponctuelle se manifestant principalement par une ventilation et une fréquence cardiaque élevées. Cette capacité à allouer toutes les ressources nécessaires à la tâche qu'ils sont en train d'effectuer représente un des **paramètres de l'expertise** (Abreu, 2014; Farrow & Abernethy, 2003; Williams & Ford, 2008). Il serait intéressant de vérifier si des joueurs élite auraient des résultats similaires voire meilleurs que les joueurs de niveau régional dans ce type de test. Également, la tâche effectuée sur ordinateur permet de se concentrer uniquement sur le choix à effectuer. Mais un joueur sur le terrain doit **mobiliser des ressources plus diversifiées** (s'équilibrer, se déplacer, écouter, coordonner ses chaînes musculaires...). Observerait-on la même capacité à mobiliser autant de ressources pour la prise de décision ? C'est en tout cas un axe de recherche intéressant. D'autre part, nous n'avons pas comparé nos résultats avec un groupe contrôle, qui n'aurait pas subi le même exercice. C'est pourtant un élément qui aurait permis de vérifier l'influence concrète de l'exercice sur la performance décisionnelle, et un potentiel apprentissage lié à la tâche. D'autre part, l'amélioration de la performance cognitive post-effort nécessite-t-elle un **niveau de condition physique** minimum ? Il existe un lien entre la fatigue, la condition physique et la performance cognitive (Brisswalter et al., 1997; Luque-Casado et al., 2013). Mais il est difficile de savoir si les mêmes effets auraient été observés chez des personnes novices, et non sportifs. Même si un exercice intermittent sur quatre minutes risquerait d'être trop difficile pour un public non sportif, il nous paraîtrait intéressant de vérifier si la capacité de mobilisation des ressources cognitives est liée à la condition d'entraînement.

Dans l'étude n°5, nous avons constaté un biais fort lié au manque de spécificité de l'effort. En effet, la répétition de burpees n'est pas un effort typique de l'activité handball (Karcher & Buchheit, 2014), ce qui représente un biais méthodologique pour étudier le lien entre fatigue et prise de décision (Moore et al., 2012). Nous suggérons donc qu'un **protocole de fatigue mettant en jeu les actions propres du joueur sur le terrain** serait **plus approprié** pour évaluer l'influence de la fatigue aigüe sur la performance décisionnelle. Les conseils d'un préparateur physique spécialisé apparaissent donc nécessaires pour répondre à ce besoin.

L'étude n°6 nous a montré que l'enchaînement de six séances sur deux jours et demi n'avait **pas eu d'influence sur la performance décisionnelle** (liée à la tâche choisie), chez des adolescents. Plusieurs biais ont été présentés dans le chapitre précédent. Malgré tout, un axe majeur de recherche nous paraît pertinent à explorer : **le rôle du système nerveux central** pour réguler les fonctions cognitives en cas de fatigue (Halson, 2014; Luft et al., 2009; Luque-Casado et al., 2013). La littérature a déjà montré chez des athlètes surmenés que l'activité parasympathique augmentait pour freiner l'effort physique. Ce frein physiologique avait tout simplement comme conséquence une baisse de la performance (Le Meur et al., 2013). Plusieurs études ont montré que **l'effort cognitif** entraînait une **fatigue physique et une fatigue mentale**, ayant pour conséquence une baisse de performance (Borotikar et al., 2008; Mizuno et al., 2011). Mais trop peu d'études existent en sport aujourd'hui pour évaluer comment le système

nerveux central régule l'activité des fonctions cognitives. C'est donc un **terrain de recherche prometteur** pour mieux comprendre ce qu'il se passe chez un joueur de sport collectif en méforme physique durant sa saison.





### 3. Généralisation des résultats

Les aspects théorique présentés dans ce document ont permis de montrer la diversité des champs d'étude de la prise de décision. Pour autant, il apparaît utile de préciser dans quelle mesure les méthodes utilisées dans nos études et les résultats conséquents sont applicables à ces différents champs d'application.

#### 3.1. Les méthodes

Les différents travaux présentés **ont étudié** principalement **la réactivité et l'efficacité** d'une prise de décision avec pour participants des joueurs masculins de handball. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un matériel peu coûteux (PC et FIT LIGHT) voire gratuit (Logiciel OPEN SESAME). C'est de ce point de vue que les tests sont **facilement réutilisables dans d'autres champs d'application**, qu'ils soient sportifs ou non. Les tests réalisés à partir d'images figées illustrant des situations de jeu au handball sont par définition utilisables que pour des personnes pratiquant l'activité handball, ou au moins des pratiquants de sport collectif. L'expertise s'est d'ailleurs révélée, à travers nos différents travaux, dans des tâches des plus spécifiques. Le principe de ces tests est réutilisable uniquement si les images incluses correspondent à l'objet de recherche. Cependant, les sports collectifs ne sont pas les seuls sports pour lesquels ce type de travaux apparaît pertinent. **Tous les sports qui présentent une dimension tactique et décisionnelle importante et les sports dits d'interception** pourraient réinvestir ce type de tests. Par exemple, les **sports de raquette** présentent en ce sens de réelles similitudes avec les sports collectifs. En effet, plusieurs études en badminton ou en tennis ont montré que les experts présentaient de meilleures capacités d'anticipation et de perception (Alder et al., 2014; Jin et al., 2011; Koçak & Emre, 2010; Triolet et al., 2013). Par exemple, il nous paraîtrait intéressant d'étudier les **stratégies de prise d'information du joueur de badminton** pour anticiper le prochain coup. Les sports collectifs avec frappe de balle (cricket et baseball) représentent également des terrains de recherche pertinents (Fadde & Zaichkowsky, 2018; French et al., 1995). Néanmoins, **la complexité de l'environnement diffère** entre ces activités et les sports collectifs plus classiques dans la mesure où d'une part, l'opposition est particulière (cricket, baseball) ou avec obstacle (tennis, badminton), et d'autre part, le rôle du partenaire est limité (quand il y en a un).

La **transversalité de l'expertise** apparaît donc plutôt **limitée**, puisque l'athlète élite est avant tout **expert** de sa pratique et donc **dans un contexte spécifique**. La pratique de sports avec une dimension décisionnelle contribuent à l'expertise dans un sport en particulier (Baker et al., 2003), mais l'expertise dans un sport particulier n'est pas nécessairement associée à l'expertise dans les sports à dominante décisionnelle. En matière de prise de décision, est-ce qu'un handballeur élite pourrait être plus à l'aise qu'un footballeur non-élite dans des situations de football ? Même si, à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à cette question, l'hypothèse serait plutôt négative. **L'expertise** se manifeste

notamment **lorsque les situations sont spécifiques et structurées** (Mann et al., 2007; Scharfen & Memmert, 2019a; A. J. Woods et al., 2015). L'expertise apparaît donc davantage **liée au contexte** (spécificité de l'environnement) qu'à la typologie de la tâche. Néanmoins, il nous paraît intéressant d'explorer cette question en comparant les performances de plusieurs sportifs de différents sports collectifs, ayant des niveaux de pratique différents, dans des tâches cognitives spécifiques ou non.

En ce qui concerne les études n°5 et n°6, qui ont mis en jeu un protocole de fatigue, le principe est applicable à d'autres disciplines. C'est à dire qu'il est possible d'étudier la capacité de prise de décision en état de fatigue en utilisant un protocole avec un effort court ou un enchaînement d'efforts sur plusieurs jours. Cependant, il apparaît que l'effort inclus dans **le protocole influence** l'état de forme surtout **lorsque cet effort est spécifique**. De prochains travaux pourraient adapter ces protocoles de fatigue, en incluant un **exercice épuisant** à la place de l'exercice intense, tout en prenant en compte que cet exercice doit être directement **lié aux actions récurrentes** des sportifs étudiés.

### 3.2. Les paramètres de la prise de décision

Dans nos études, nous nous sommes appuyés essentiellement sur l'approche cognitive. Comme c'est évoqué dans le cadre théorique, cette approche permet en général d'évaluer trois principaux éléments.

1) **Les stratégies de collecte d'information** dans l'environnement. Il s'agit de **l'apport principal** de nos travaux, en mesurant notamment le temps que prend la décision, et ce qui influence son efficacité. En revanche, nous n'avons pas évalué le type d'informations le plus pertinent, ou la manière dont sont priorisées ces informations dans un environnement complexe et dynamique. Il s'agit pourtant de paramètres importants de l'expertise en sport collectif (Johnson & Raab, 2003).

2) **L'organisation des connaissances**. Nous n'avons pas évalué ce paramètre.

3) **Les systèmes mnémoniques impliqués**. Nous n'avons pas évalué ce paramètre.

L'approche naturaliste permet quant à elle d'évaluer les processus perceptifs, cognitifs et relationnels, ainsi que la manière dont les sujets perçoivent l'action en cours. Nous ne nous sommes pas appuyés sur cette approche dans nos travaux. Pour autant, les **tests utilisés** pourraient être **étouffés avec des entretiens d'explicitation**, dans lesquels les sujets seraient amenés à préciser ce qui est associé à telle ou telle décision. En relevant **les indices perçus**, le **vocabulaire** utilisé, les **relations** avec les coéquipiers, l'étude de la prise de décision pourrait s'appuyer alors sur la **complémentarité des approches cognitive et naturaliste**.

En résumé, les travaux exposés se montrent encourageants pour étudier les paramètres de la prise de décision, notamment la stratégie de prise d'information visuelle. Compléter les méthodes utilisées par des entretiens d'explicitation sur les situations observées permettraient d'apporter un regard

différent et ainsi étudier la prise de décision **de manière plus globale**.

### 3.3. Les résultats

Nos résultats ont montré une **supériorité des joueurs adultes élite** dans la capacité de réaction, à la fois dans des tâches non spécifiques et dans des tâches spécifiques. Cette différence était d'autant plus marquée lorsque la tâche était spécifique. Cependant les tâches effectuées par les sujets dans les différentes études n'ont pas été réalisées dans un contexte spécifique ou dans le cours du jeu. Ceci interroge **le lien** entre les **performances** mesurées **lors des tests et les performances sur le terrain**. La performance au handball est dépendante de multiples facteurs, dont les aspects cognitifs et décisionnels (Wagner et al., 2014). Van Maarseveen et collaborateurs (2018) ont étudié au football ce lien et ont révélé qu'il n'existait pas de corrélation entre les performances lors des tests cognitifs et les performances sur le terrain. Il apparaît donc que les résultats obtenus dans un contexte non spécifique prennent peu de sens au regard de la performance globale d'un pratiquant. La nécessité **d'évaluer la prise de décision dans un contexte le plus spécifique** possible prend là aussi tout son sens. Un des objectifs de cette thèse était de déterminer dans quelle mesure la prise de décision pouvait être détectée chez les jeunes. Pour y répondre avec plus d'efficacité, il apparaît essentiel de proposer des tests qui soient mis en jeu dans un contexte spécifique. Également, les situations qui visent à **améliorer** les compétences décisionnelles devraient être basées sur les actions à réaliser lors d'une compétition afin d'améliorer la performance décisionnelle (Broadbent et al., 2015). Enfin, des protocoles de fatigue qui reproduisent les demandes physiologiques et cognitives du joueur en compétition devraient apporter des réponses plus précises sur le rôle que joue la fatigue dans l'évolution de la performance décisionnelle au cours d'un match ou d'une saison (Casanova et al., 2013).

En résumé, nos travaux ont permis de **confirmer le rôle de l'expertise** dans la prise de décision, et notamment la capacité à **reconnaitre** rapidement des éléments pertinents dans l'environnement. Cependant, ils n'ont pas permis de déterminer si cet aspect jouait un rôle majeur dans la performance sur le terrain.



## 4. Implications théoriques dans l'étude de la prise de décision et de l'expertise

### 4.1. Réflexion autour des approches théoriques de la prise de décision

#### **Complémentarité des approches cognitiviste et naturaliste**

Selon Berthoz (2003), la prise de décision associe le raisonnement et l'action, ce qui se traduit par un **choix** fait parmi plusieurs possibilités. Ce choix conduit à un acte ou à une inhibition de cet acte. La part de raisonnement et de perception **diffère selon l'individu**, en fonction des contraintes subies dans le contexte dans lequel il doit percevoir et agir. L'utilisation d'une approche théorique demeure, par rapport à cette singularité dans la décision, difficile à appliquer en toute circonstance. Néanmoins, chaque pratiquant de sport collectif doit **gérer la complexité** de la situation pour gagner du temps et diminuer l'incertitude. La décision tactique est alors, dans sa démarche, identique à tout individu. Grâce aux deux principales approches théoriques citées dans cette thèse, **plusieurs dimensions** ont été associées à la prise de décision : 1) le temps, il faut décider sous contrainte temporelle, 2) la prédiction, il faut anticiper ce qui pourrait se passer, 3) la perception : il faut repérer et reconnaître ce qui permet de prédire, 4) le choix, il faut décider en fonction de son expérience et de ses connaissances.

Ces quatre éléments peuvent être étudiés à la fois selon l'approche cognitiviste et l'approche naturaliste. Les résultats émergent malgré tout de manière différente. D'un côté, **l'approche cognitiviste** réalise des **mesures décontextualisées** pour comprendre les aptitudes mobilisées (**vision séquentielle** de la prise de décision). Nos études ont permis de confirmer que le temps et le choix tenaient une place importante dans la performance décisionnelle chez les athlètes élite. D'un autre côté, **l'approche naturaliste** permet des **mesures contextualisées** et plus englobantes, donnant de la valeur au contexte spécifique (**vision intégrée** de la prise de décision). Nos études ont confirmé que la spécificité du contexte tenait une place essentielle pour mettre en avant l'importance de l'expérience dans les processus décisionnels, y compris dans les situations avec d'importantes contraintes. Un modèle théorique tel que le modèle RPD présente donc un réel intérêt pour discriminer l'expertise dans les prises de décisions chez les adultes. De plus, les approches cognitiviste et naturaliste apparaissent **complémentaires** pour étudier la prise de décision et les processus de reconnaissance.

#### **Une alternative à ces deux approches : l'approche éthologique**

##### **Intérêt de l'approche éthologique pour étudier la prise de décision**

Aucune étude en sport, à notre connaissance, n'a cherché à associer une vision séquentielle et une vision intégrée dans leur démarche méthodologique. C'est là l'intérêt d'une approche dite éthologique (Furley & Memmert, 2013; Kingstone et al., 2008), qui cherche à associer les comportements en situation réelle et les mesures en laboratoire. Elle a pour objectif, tout comme les approches cognitiviste

et naturaliste, de **prédire et expliquer les comportements humains** d'un point de vue cognitif (Kingstone et al., 2008). Elle met en avant le fait que les **comportements** des individus **ne sont pas stables** et dépendent de la situation, même si les contraintes subies par le sujet sont identiques (Smilek et al., 2006). Elle défend cependant l'idée que, malgré la nécessité de s'adapter à la situation courante, les individus possèdent des comportements communs aux différentes situations. Ces comportements peuvent être caractérisés par des **mécanismes cognitifs centraux**. L'approche éthologique cherche à expliquer les processus cognitifs tels qu'ils sont **exprimés en réel** (Kingstone et al., 2008). Son intérêt principal est de considérer l'environnement et l'humain au même niveau d'importance dans l'étude de la cognition.

Les méthodes utilisées par l'approche éthologique consistent à **associer** les comportements en **situation réelle** et les **mesures en laboratoire** chez les mêmes sujets. Deux étapes se succèdent : 1- les comportements des sujets sont évalués dans une situation naturelle, 2) les hypothèses générées par les observations en situation naturelle sont vérifiées en laboratoire grâce à des tests plus précis (Kingstone et al., 2008). L'**attention** est un des paramètres de la cognition souvent étudiés dans cette approche (Smilek et al., 2006). La méthode la plus utilisée analyse les mouvements oculaires et les actions effectuées sur un objet dans une situation donnée. Une situation qui illustre bien cette méthode a été initiée par Land et Lee (1994), qui ont examiné les processus cognitifs associés à la conduite en voiture. Ils ont installé un dispositif pour évaluer les mouvements des yeux, de la tête, du volant et la vitesse du véhicule sur une route sinueuse. Ils ont remarqué après analyse que les sujets cherchaient dans tous les virages un point tangent, et qu'ils anticipaient cette recherche de point tangent. Le comportement n'était donc pas aléatoire ou uniquement dépendant du virage et du trafic. Mais il répondait à même logique peu importe les conditions.

### **Apports et limites**

L'approche éthologique cherche à comprendre ce qui est observé par un sujet, pourquoi certaines informations sont utilisées plus que d'autres, et sur quel comportement ça découle. Son principal intérêt réside dans le fait que les observations menées dans une situation naturelle pourraient être approfondies en laboratoire grâce à une analyse plus précise des éléments observés. L'approche éthologique met en avant **la complémentarité** des études en laboratoire et des études en situation écologique (Kingstone et al., 2008; Smilek et al., 2006). Plusieurs travaux s'appuyant sur l'approche éthologique ont montré qu'il existait des **mécanismes cognitifs centraux** et des points de divergence pour des tâches réalisées **dans des contextes différents** (Kingstone et al., 2008; Risko et al., 2012; Smilek et al., 2006). En sport, Furley et Memmert (2013) ont suggéré également que l'approche éthologique pourrait permettre de mieux comprendre **le lien entre attention, mémoire et mécanismes cognitifs** impliqués.

La principale limite autour de cette approche est liée au **manque d'études dans le champ de la psychologie du sport**. Les études s'appuyant sur l'approche éthologique sont principalement utilisées

dans les domaines de la vie réelle et de la vie quotidienne. Smilek et collaborateurs (2006) préconisent d'ailleurs que les situations qui se répètent dans la vie de tous les jours des sujets se prêtent très bien à l'utilisation de l'approche éthologique. Les sports collectifs ne sont quotidiens que pour les professionnels, et l'adversité change constamment. Il est donc difficile d'identifier une **transversalité entre les actions et comportements des joueurs**. Néanmoins, il serait intéressant d'examiner si les experts utilisent des comportements et mécanismes cognitifs transversaux dans toutes les situations offensives ou défensives pour réussir. Également, le **matériel** qui évalue les mouvements oculaires et d'objets apparaît fragile aujourd'hui pour être utilisé dans des situations naturelles de sport collectif. Son utilisation apparaît risquée, notamment dans les sports collectifs avec contact comme le handball ou le rugby.

### **Perspectives méthodologiques**

Dans ce travail doctoral, nous avons montré que l'expertise se traduisait par une meilleure capacité à gérer les contraintes présentes dans les sports collectifs. Cela démontre que **l'expert est capable de diminuer les incertitudes**, notamment grâce à une meilleure capacité à s'attarder uniquement sur les indices pertinents et à une meilleure analyse des possibles. C'est finalement dans les **situations** qui apparaissent les plus **dynamiques et complexes** que **l'expertise s'exprime le mieux**.

Nos résultats nous amènent à suggérer de quantifier davantage les performances cognitives et décisionnelles d'un individu intégré au contexte dans lequel il est expert. En effet, un individu se montre **expert** dans un **environnement connu, structuré**, et présentant des caractéristiques dynamiques et complexes habituelles. Nous avons montré que les fonctions exécutives n'étaient pas plus efficaces chez les athlètes élite lorsque la tâche n'était pas spécifique et hors contexte. L'athlète élite est donc expert davantage parcequ'il "maîtrise" l'environnement dans lequel il évolue que parcequ'il possède des fonctions cognitives de base plus efficaces. Un autre angle de vue pourrait dire que les fonctions cognitives de base s'expriment avec **plus d'efficacité** dans un contexte où l'individu a construit une **expérience** solide à partir de connaissances et capacités perceptives accrues. Il apparaît donc pertinent d'explorer les méthodes utilisées par l'approche éthologique. Par exemple, il serait intéressant d'analyser les paramètres de fixation du regard d'un joueur en situation réelle grâce à des lunettes adaptées (eye tracking). Van Maarseveen et collaborateurs ont utilisé ce type de matériel pour examiner le lien entre prise de décision et regard (Van Maarseveen, Oudejans, et al., 2018; Van Maarseveen, Savelsbergh, et al., 2018). Ils ont notamment révélé que la vision périphérique jouait un rôle important dans la prise de décision. Ces résultats montrent l'intérêt d'associer des mesures in-situ et des mesures en laboratoire avec les mêmes sujets pour contribuer aux recherches autour de la prise de décision.

D'autre part, les travaux qui ont mobilisé les approches naturaliste et cognitiviste ont montré que les experts s'appuyaient sur une plus grande capacité à relever les indices pertinents, leur permettant de prédire avec plus d'efficacité les évolutions de la situation (Lenzen et al., 2009; Macquet, 2009; A. Mark



Williams & Jackson, 2019).

La possibilité de vérifier le lien entre expertise et prise de décision grâce à l'approche éthologique nous paraît intéressante car cela permettrait, par exemple, de **lier le contenu de la prise d'information** d'un joueur de sport collectif **avec son efficacité**. L'étude de la prise de décision pourrait alors s'envisager selon **trois modalités** :

- L'analyse du regard en situation de compétition permettrait d'identifier les éléments observés par le joueur pour décider. Puis les paramètres de la prise de décision identifiés par cette première phase seraient mesurés en laboratoire de manière plus standardisée pour les comparer à des novices ou dans des situations avec contraintes temporelles.
- Les paramètres de la prise de décision pourraient être évalués de manière standardisée dans des situations compétitives reconstituées. Par exemple, l'utilisation de vidéos avec une vue à la première personne apparaît pertinente pour favoriser la contextualisation de la décision.
- Les décisions prises face à une situation figée (photo) pourraient être commentées et verbalisées par les sujets pour identifier les indices pris en compte.

#### 4.2. Rôle de la métacognition dans l'étude de l'expertise en sport

Nous avons cherché dans nos travaux à identifier les paramètres de l'expertise en matière de prise de décision. Les résultats nous ont montré que les experts s'appuyaient sur une meilleure capacité de reconnaissance des situations, leur permettant ainsi de gagner du temps dans leurs décisions. Nous avons également suggéré qu'ils étaient susceptibles de posséder de hautes capacités de concentration pour optimiser l'efficacité de ces décisions. Plusieurs études avaient révélé que les experts possédaient également des **mécanismes cognitifs** qui favorisaient parfois **l'intuition ou l'automatisation des décisions**. (Abreu, 2014; Raab & Laborde, 2011). Ces mécanismes cognitifs ont été récemment **questionnés** dans leur lien avec l'expertise. L'expertise d'un athlète est-elle forcément associée au meilleur niveau dans un sport ? Qu'est-ce qui permet aux champions d'être meilleurs que les autres ? Sur quels mécanismes cognitifs s'appuient-ils pour être performants ? Deux revues de littérature illustrent pleinement ces questionnements, en proposant un **regard métacognitif sur les performances des experts** (MacIntyre et al., 2014; Moran et al., 2019). La métacognition, c'est la capacité à comprendre les phénomènes cognitifs, c'est à dire **prendre du recul** sur la performance cognitive elle-même. La revue de MacIntyre et collaborateurs (2014) expose même le fait que la métacognition est souvent négligée dans l'analyse de **l'expertise**, alors qu'elle joue un **rôle majeur** dans la genèse de celle-ci (méta-attention, méta-imagerie, méta-mémoire). Le titre de cette revue "A new pathway to understanding social and cognitive aspects of expertise in sport" révèle d'ailleurs un point de vue engagé des auteurs, avec pour idée qu'il s'agit d'une approche innovante. Leurs arguments sont les suivants :

- La performance peut être mesurée objectivement en compétition. Mais la **haute performance** en

sport est **dynamique** car les athlètes sont sous **contraintes permanentes**.

- La capacité à se **représenter** la performance **mentalement** est souvent présente chez les athlètes élités, car ils sont experts en planification, réflexion et stratégie. Ils savent quand et comment **mobiliser une compétence** en fonction de la situation et de son enjeu.

- La métacognition fait appel à la mémoire de travail et à la motivation, qui sont deux **paramètres majeurs de la performance en sport**.

- La représentation mentale permet de faire du **lien entre les sensations et la performance**.

Ces différents arguments appuient finalement le fait que l'athlète expert est en mesure de **mobiliser suffisamment de ressources cognitives** dans les situations qui le demandent, avec un niveau de concentration très élevé. Moran et collaborateurs (2019) ont d'ailleurs, à travers une revue systématique, mis en avant trois éléments dans le lien entre métacognition et expertise en sport : **l'imagerie motrice** (état mental qui permet une représentation du geste moteur), **l'état de "flow"** (état psychologique optimal associé à une concentration très élevée pour une performance exceptionnelle), et l'"oeil tranquille" ou **"quiet eye"** (méthode de fixation du regard sur un point avant et pendant l'exécution d'un geste technique). Ces trois éléments s'appuient sur le fait que l'expertise est associée à la fois à la spécificité de la tâche et à des processus cognitifs universels. Globalement, les auteurs mettent en avant l'imagerie mentale pour se représenter la performance. Ils la définissent comme un **processus de simulation cognitive multimodale**, permettant de se représenter le futur. C'est donc un outil très pertinent pour les athlètes ayant besoin de prédire des situations comme en sport collectif. Les auteurs évoquent également que les représentations mentales sont **corrélées avec les demandes fonctionnelles** d'une compétence ou d'un mouvement. Et plus un athlète s'y entraîne, plus il est capable de modifier le lien entre sensations et réalité ! Autrement dit, se représenter un geste à produire contribue à **améliorer le geste en lui-même**. Nous pouvons donc nous interroger si l'athlète élite n'est pas expert parcequ'il possède de plus grandes capacités à faire évoluer ses représentations mentales de la performance. En tout cas, l'expert possède une meilleure activation corticale (sensori-motrice), et une **plus grande plasticité cérébrale**, lui permettant ainsi de modifier ses schémas neuronaux plus facilement.

En plus de la représentation mentale, l'expertise se caractérise selon Moran et collaborateurs (2019) par l'état de "flow", qui permet aux athlètes élite de **mobiliser les ressources attentionnelles essentielles** pour réaliser de très grandes performances sous pression. En fait, l'athlète élite est capable de faire preuve d'une grande flexibilité dans la mobilisation de ses ressources attentionnelles. Il est donc capable de monter à des niveaux de concentration très élevés lors que c'est nécessaire, ce qui lui donne une impression de contrôle et de confiance optimum (Swann et al., 2017). L'"oeil tranquille" traduit complètement cet état, en créant un **état attentionnel et émotionnel pleinement centré sur l'objectif à atteindre**. L'athlète ne se laisse pas dispersé par les éléments parasites. Il est capable de

mobiliser toute l'énergie nécessaire à **sa réussite**. L'expert possède pour cela des modes réflexifs et pré-réflexifs lui permettant **d'être conscient** de ce qu'il fait, ce qu'il vit, et donc ce qui lui permet d'être performant (Swann et al., 2017). Il donne du sens aux sensations kinesthésiques pour les réutiliser dans les situations similaires. Dans ce sens, la performance optimale se traduit d'un point de vue cognitif par l'utilisation de procédures automatiques et de savoir métacognitifs, qui favorisent un **meilleur contrôle moteur** (MacIntyre et al., 2014; Moran et al., 2019; Swann et al., 2017). Au delà de l'automatisation, c'est avant tout la **conscience maximale** qui est recherchée. Araújo et collaborateurs (2019) précisait que la conscientisation de l'action jouait un rôle dans la **détection et l'utilisation des informations**. Se forcer à prendre conscience des informations disponibles autour de soi permet d'améliorer l'intégration, la spécification et l'interprétation des informations, favorisant ainsi dans le mouvement son contrôle et sa capacité à s'adapter. Pour autant, l'expert est parfois capable de laisser la réussite venir à lui, lorsqu'il pense maîtriser suffisamment ce qu'il fait. L'expression « Letting it happen, or making it happen », illustre bien le fait que la concentration est importante pour parvenir à l'objectif, mais parfois il est nécessaire de prendre du recul pour que la victoire arrive (Swann et al., 2016). C'est là que la capacité à être conscient de sa performance prend tout son sens.

En résumé, les deux études évoquées ici suggèrent que l'expertise peut être envisagée selon plusieurs points de vue. **D'un point de vue micro**, il est possible d'étudier les mécanismes cognitifs associés à l'expertise, mais aussi la structuration des savoirs et méthodes utilisés par les athlètes. D'un **point de vue macro**, il est possible d'identifier comment ces mécanismes sont utilisés, et transférés à la motricité pour la réalisation physique. Pour n'importe quel individu, expert ou non, les mécanismes cognitifs apparaissent universels (utilisation de la perception, de la mémoire, des savoirs, et des fonctions cognitives de base pour décider). Pourtant, les athlètes élite sont capables de se distinguer, notamment pour prédire à la fois les actions des adversaires mais aussi les **conséquences de leurs propres actions**. Ils utilisent pour cela l'imagerie motrice et la représentation mentale pour prédire les conséquences sensorielles en lien avec la performance. Est-ce inné ou acquis ? Un athlète élite a-t-il appris la représentation mentale, l'oeil tranquille ou l'état de flow ? Ou seraient-ce des éléments liés au talent qu'il faut chercher à détecter très tôt ? Ce champ de recherche mérite d'être exploré davantage. En tout cas les auteurs cités ici s'accordent pour dire que le pratiquant, pour devenir expert de sa discipline, doit être plongé dans le contexte spécifique et sous contraintes pour développer ses capacités cognitives en lien avec la performance.

## 5. Prise de décision et capacités sportives : implications pratiques

C'est en pratiquant que l'on apprend. Voilà le premier conseil d'ordre pratique que nous pouvons donner pour améliorer la prise de décision chez le sportif. Plusieurs études ont montré depuis plusieurs années que la **pratique sportive** permettait de développer à la fois les capacités physiques, mentales et cognitives (Côté et al., 2007; Mas et al., 2018). C'est un axe important pour **devenir expert** dans les sports collectifs, les sports de balle et tous les sports avec contrainte temporelle. S'opposer, coopérer, observer. Tout ce qui permet à un individu de mettre en lien le corps et le cerveau. Les prochains paragraphes ont pour but d'apporter des suggestions pratiques, à destination des entraîneurs souhaitant **améliorer la prise de décision**. Pour cela, il est possible de jouer sur plusieurs capacités : la psychomotricité, la perception, le mental.

**1<sup>ère</sup> suggestion pratique** : Pratiquer dès le plus jeune âge des sports de coopération et d'opposition, impliquant des interactions permanentes et des choix sous contrainte.

### 5.1. Les capacités psychomotrices

Les capacités psychomotrices peuvent se définir comme les capacités qui permettent d'utiliser le corps, d'agir avec et de créer du mouvement (Mas Parera & Castellá, 2016). Elles correspondent donc aux moyens qui mettent en adéquation le corps et la pensée. Elles font le lien entre le cerveau, les yeux et le mouvement. Améliorer les **capacités psychomotrices** favorise à la fois le développement de la motricité et de la **coordination** (Făgăraș et al., 2014), mais aussi les **capacités cognitives** dans leur ensemble (Mas et al., 2018; Mas Parera & Castellá, 2016). Un travail spécifique de psychomotricité peut contribuer à la préparation d'athlètes adolescents pour une compétition de basketball (Moldovan & Enoiu, 2011). Il apparaît donc important de permettre, voire même inciter les enfants dès le plus jeune âge, à se déplacer et à agir sur l'environnement pour percevoir ce qu'il se passe. Le principe d'affordance nous rappelle également que l'on voit essentiellement les éléments sur lesquels nous pouvons agir (Araújo et al., 2019). **Agir** contribue à faire évoluer l'environnement, et donc peut aider à **percevoir** (Mas et al., 2015).

**2<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Intégrer les joueurs dans une situation dans laquelle ils vont pouvoir agir, pour créer des interactions entre leur action et l'environnement. L'action contribue à l'expérience.

La psychomotricité associe donc l'action et la perception, autour desquels l'athlète va multiplier les mouvements. On parle alors de **technique** pour évoquer l'enchaînement de mouvements spécifiques (Lees, 2002). La dimension technique prend donc tout son sens dans l'étude de la prise de décision puisqu'elle apparaît pour certains indissociable de la **dimension tactique** (Esposito, 2013; Schaefer, 2014). Cet aspect apparaît primordial pour le développement de l'athlète puisque les experts

démontrent plus de faculté à conserver de la réussite dans les actions mobilisant à la fois les compétences techniques et les compétences tactiques (Schaefer, 2014).

**3<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Privilégier les situations dans lesquelles les joueurs doivent résoudre un problème avec leurs moyens techniques. Le niveau de difficulté doit alors être adapté : ni trop facile, ni trop difficile.

Enfin, il apparaît utile d'améliorer les capacités psychomotrices pour contribuer à la **prévention des blessures**. La psychomotricité met en jeu forcément les capacités cognitives telles que la perception ou l'attention. Hors la littérature a récemment montré que les athlètes possédant des processus cognitifs plus rapides **diminuaient les charges** appliquées à l'articulation du genou lors d'atterrissages et de freinages (Almonroeder et al., 2018). Autrement dit, s'entraîner à **réagir vite** c'est **mieux contrôler ses mouvements** pour prévenir une blessure telle qu'une rupture du ligament croisé antérieur. Cela signifie aussi que les informations visuelles doivent être traduites rapidement en réponses motrices.

**4<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Habituer les athlètes à répondre d'un point de vue moteur à des signaux visuels pour solliciter pleinement les capacités psychomotrices.

## 5.2. Les capacités de perception

Prendre une décision nécessite une **prise d'informations perpétuelle et efficace**, ce qui s'avère complexe dans un environnement dynamique. La mobilisation des **fonctions cognitives** dans l'action est d'autant plus forte lorsque celle-ci est **sous contraintes** (Araújo et al., 2019). Dans ces situations, l'**expert** se montre supérieur aux novices parce qu'il est capable **d'anticiper plus vite**, de lire plus vite (Bossard & Kermarrec, 2011). Percevoir n'est pas difficile en soi, c'est percevoir vite qui représente un enjeu majeur de la performance sportive (Almonroeder et al., 2018).

**5<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Donner des **contraintes temporelles et spatiales** régulièrement dans les situations pour habituer les athlètes à **agir sous contrainte temporelle**.

Cette capacité à percevoir rapidement se traduit également par une meilleure capacité à **reconnaître les indices les plus pertinents** dans l'environnement pour y agir rapidement (Abreu, 2014; Gréhaigne et al., 2011). C'est ce qui permet aux experts de gagner du temps, notamment lorsque des contraintes sont exercées par un adversaire (Correia, Araújo, et al., 2012; Gréhaigne & Godbout, 1998). La contrainte temporelle entraîne souvent une **baisse d'efficacité et de rapidité** sur l'anticipation et la prise de décision (Belling et al., 2015b; Bossard et al., 2010). Plus la contrainte est forte, plus l'athlète va simplifier sa recherche d'informations pour s'orienter vers l'**option la plus évidente**. Ceci lui permet de **simplifier et automatiser** ses processus de reconnaissance dans les situations complexes. C'est

également le cas dans une situation de fatigue importante.

**6<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Aider les joueurs à identifier les indices pertinents dans chaque situation pour leur permettre de décider plus rapidement. Obliger les joueurs à décider en situation de fatigue peut les aider à **se focaliser sur les éléments essentiels**. Également, la **vidéo** est un outil majeur pour faire progresser les fonctions cognitives associées à la perception, car elle favorise l'ancrage de situations typiques dans la mémoire.

### 5.3. Les capacités mentales et facteurs psychologiques

Les **émotions** tiennent un place importante dans les processus décisionnels (Laborde et al., 2015). Elles influent donc sur la performance d'un athlète en sport collectif. L'expert est en l'occurrence plus performant parce qu'il **régule mieux ses émotions** dans les situations à fortes contraintes (Lane et al., 2012). La **confiance en soi** est un des facteurs psychologiques qui y contribuent. Les athlètes les plus en réussite dans leur discipline sont souvent dotés d'une forte confiance en soi. Le **rôle de l'entraîneur** dans ce registre est donc important pour **optimiser l'efficacité d'un athlète dans ses prises de décisions**, même ponctuellement. Plus le joueur a confiance en ses capacités, et plus il osera. Plus le joueur sent que l'entraîneur lui fait confiance, et plus il osera. Pour autant, il faut envisager que le joueur qui prend une décision est en recherche de satisfaction personnelle ou de **résultat satisfaisant à court terme** (Kokkoris et al., 2019; Yates & Tschirhart, 2006). Les joueurs ont besoin parfois de répondre à cette recherche de satisfaction à court terme, que l'entraîneur doit accompagner pour conserver de la confiance. Également, l'athlète a besoin de **gagner en confiance** dans ses performances, et dans les situations à forte incertitudes (Garbarino et al., 2001).

**7<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Les entraîneurs d'une équipe ont tout intérêt à **valoriser les actions positives** d'un joueur pour l'aider à prendre des décisions efficaces et pour **l'inciter à prendre des risques**. C'est d'autant plus vrai dans des situations nouvelles, ou face à des contraintes inhabituelles, pour lesquelles l'athlète va chercher à **diminuer les incertitudes**. L'entraîneur a tout intérêt à **diversifier les environnements** de pratique pour contribuer à la prise de confiance des joueurs.

La confiance en soi est également liée au résultat de la compétition. Les calendriers en sports collectifs sont relativement denses, et les matchs s'enchaînent. **Les joueurs qui gagnent** ont tendance à **se relâcher sur le plan cognitif** dans les moments qui suivent la compétition. Une place majeure doit donc être donnée aux correctifs apportés lors des entraînements pour conserver un éveil cognitif suffisant.

**8<sup>ème</sup> suggestion pratique** : **À la suite de victoires**, le **niveau d'exigence** doit rester **élevé**, voire augmenter, pour continuellement mobiliser les fonctions cognitives dans les processus décisionnels. **Ne pas accepter les mauvaises décisions dans des situations simples** est un axe intéressant dans ces contextes pour consolider les capacités décisionnelles des joueurs, notamment chez les jeunes.

Le contexte dynamique et complexe des sports collectifs influence fortement et perpétuellement les prises de décision de ses acteurs. Ces décisions dépendent de **facteurs statiques et dynamiques** (Levi & Jackson, 2018). Les facteurs statiques correspondent à tout ce qui est fixé avant le début de la rencontre, comme par exemple l'enjeu de la compétition, les enjeux personnels, ou la manière dont a été préparée la compétition. Les facteurs dynamiques correspondent quant à eux aux évolutions de la compétition, comme le score, les réussites et échecs, l'emprise sur le jeu ou encore les interactions avec les adversaires et le coach. Là aussi **la capacité à gérer ses émotions est primordiale** pour prendre en compte ces différents facteurs statiques et dynamiques influençant la prise de décision. Une attention toute particulière doit être accordée à la gestion des émotions dans le courant de la compétition, sachant que l'entraînement est le meilleur moment pour s'y préparer.

**9<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Chaque entraîneur doit veiller à **ajuster ses interventions en fonction des événements** de la compétition, pour augmenter le niveau de confiance de ses joueurs. **Si le score est défavorable**, guider les joueurs grâce à des **consignes simples** et accessibles. **Si les joueurs sont en difficulté**, privilégier **les choses simples** qu'ils pensent maîtriser. Surtout, **agir dès l'entraînement** sur les facteurs statiques et dynamiques pour préparer les joueurs à gérer leurs émotions.

L'entraînement et la **préparation de la compétition** sont donc **essentiels** pour mieux décider en contexte dynamique et complexe. La **représentation mentale** de la performance et des décisions à prendre peut permettre aux joueurs de se préparer à ces contextes stressants (Moran et al., 2019). **Les connaissances de base** y jouent un rôle important pour aider l'athlète à prendre du recul et à **automatiser les décisions les plus évidentes**. Ces éléments font appel à la notion de **contrôle métacognitif**, mobilisée par les **experts** pour **ajuster la quantité de ressources attentionnelles** en fonction du niveau de complexité de la situation rencontrée (MacIntyre et al., 2014).

**10<sup>ème</sup> suggestion pratique** : Les joueurs ont besoin de prendre de la hauteur sur ce qu'ils font. Les inviter à **regarder, analyser** leurs propres actions et celles des autres leur permet de **développer** leur **capacité de représentation mentale**, notamment dans les processus décisionnels. Habituer les joueurs à **mobiliser un maximum de ressources attentionnelles** apparaît nécessaire à l'apprentissage cognitif et à l'amélioration de la concentration. Également, il apparaît très pertinent de **visualiser mentalement** les potentielles actions importantes et facilitantes en amont d'une compétition, dans un but de **prise de confiance** dans les situations à enjeu.

## 6. Conclusion et perspectives

La conclusion s'attache à recontextualiser la prise de décision dans le champ du sport et de la recherche pour émettre quelques perspectives. Cinq objectifs avaient été fixés en introduction.

### 1) **Recenser les approches et modèles théoriques permettant d'étudier la prise de décision.**

Trois approches ont été recensées et décrites. La plus ancienne, appelée cognitive, a permis de déterminer, entre autres, les facteurs impliqués dans la prise de décision. Une approche plus récente, appelée naturaliste, a permis de mieux comprendre les enjeux d'une prise de décision dans un contexte réel et plus englobant. Une approche alternative a également été proposée, l'approche éthologique, pour bénéficier de la complémentarité d'une vision séquentielle et d'une vision intégrée.

### 2) **Contribuer à une meilleure compréhension des processus décisionnels impliqués dans des environnements complexes et dynamiques (comme en sport collectif).**

Nous avons confirmé que l'athlète élite possédait des capacités cognitives supérieures aux athlètes novices ou non élites. Cette supériorité permet de gagner du temps, d'agir plus vite et plus précisément. Elle se traduit par une capacité de reconnaissance des situations, et s'exprime davantage dans le contexte spécifique.

### 3) **Identifier des approches méthodologiques permettant d'évaluer la prise de décision en sport collectif.**

L'évaluation du temps de réaction et de l'efficacité face à des situations spécifiques s'avère pertinente pour faire le lien avec l'expertise. Néanmoins, les méthodes utilisées ici paraissent éloignées des contraintes associées à la compétition. L'expertise décisionnelle se manifeste surtout dans les situations spécifiques et contextualisées. Il apparaît donc nécessaire de poursuivre ce type de travaux pour explorer des approches méthodologiques permettant d'intégrer davantage le sujet dans un contexte spécifique. D'autre part, il serait pertinent d'associer l'évaluation de fonctions cognitives de base (attention, perception...) avec l'analyse d'explicitations, le tout face dans une situation spécifique.

### 4) **Identifier les paramètres d'une prise de décision chez l'expert adulte et adolescent en sport collectif.**

Nous avons confirmé que la prise de décision était associée aux capacités perceptives et réactionnelles chez l'expert. La capacité à reconnaître rapidement la situation et à agir en fonction reste primordiale. Elle permet d'être performant dans des environnements complexes et dynamiques, et donc dans des situations soumises à de fortes contraintes.

### 5) **Mesurer l'effet de la fatigue sur les performances décisionnelles.**

La fatigue possède des effets encore imprécis sur la prise de décision. Nous avons montré que les processus de reconnaissance ne semblaient pas impactés par la fatigue aigue. Également, nous avons montré que l'effort intense pouvait améliorer les performances cognitives, grâce à une potentielle augmentation du niveau de concentration. D'autres études avaient montré que la fatigue pouvait au contraire diminuer les performances. Le rôle de la fatigue, qu'elle soit périphérique ou centrale, reste



encore à préciser.

A travers ces différents objectifs, tout comme le reste du manuscrit, nous avons beaucoup insisté sur la nécessité de contextualiser la décision pour évaluer son lien avec l'expertise. Araújo et collaborateurs (2019) considèrent que la performance naît de **l'interaction entre l'individu et l'environnement**, signifiant que l'environnement joue un rôle dans la performance et dans la structuration de l'action. Les auteurs ajoutent que la compréhension des facteurs de performance cognitive chez l'expert passe par l'analyse de la **structure de l'action** elle-même dans laquelle l'athlète interagit avec l'environnement. Cela suggère que l'étude de la prise de décision doit être associée au principe d'affordance : l'athlète perçoit les **opportunités** autour de lui en fonction de ce qu'il pense de ses propres capacités (Gibson, 1977). Ce principe prend en compte finalement la combinaison des contraintes ressenties par l'athlète avec les propriétés de l'environnement. L'athlète, pour être capable **d'adapter son mode d'action** à l'environnement, doit être conscient des éléments qui l'entourent et de ses propres aptitudes. Plus il est conscient, plus il peut **manipuler l'environnement** pour agir et **être en réussite**. Un point de vue macro permet d'étudier la conscientisation de l'athlète, ce qui laisse une place forte à la métacognition. Comme nous l'avons démontré plus haut, l'athlète élite est expert parce qu'il est meilleur dans un contexte spécifique. Il est moins certain que l'athlète élite soit expert de la cognition et de la décision en général. Pour reconnaître plus rapidement et plus efficacement ce qui va favoriser sa réussite, l'athlète a besoin de maîtriser l'environnement, qui doit donc être suffisamment structuré.

La prise de décision peut être améliorée par l'entraînement. Plus cet entraînement est spécifique, plus l'athlète va **développer sa capacité à comprendre le contexte** dans lequel il doit décider. Araujo et collaborateurs (2009) ont suggéré également que l'athlète, pour progresser, devait s'habituer à verbaliser et à **se représenter** mentalement **la performance**. L'entraîneur joue bien évidemment un rôle majeur pour guider l'athlète dans l'apprentissage, et l'aider à percevoir, agir comme un expert. Malgré tout, est-ce que ces qualités d'expert se manifestent tôt ? Dans quelle mesure les athlètes peuvent être évalués sur leurs capacités décisionnelles ? Les résultats de nos travaux n'ont pas permis de dire si l'adolescent élite possédait des capacités cognitives supérieures aux athlètes non-élite. Alors que les sports collectifs ont tendance à prioriser la détection des capacités physiques chez les jeunes (Sarmiento et al., 2018; Spamer, 2009), nous préconisons, tout comme Scharfen & Memmert (2019a), d'intégrer des **tests cognitifs comme outils de détection**.

Enfin, il nous paraissait difficile de conclure cette thèse sans évoquer des pistes de recherche complémentaires. Voici donc huit axes de recherche encourageants qui permettraient de poursuivre les travaux engagés.

- 1) Les athlètes qui sont à l'aise sur les plans techniques et moteurs sont susceptibles d'être plus

efficaces dans les tâches décisionnelles (Schaefer, 2014). Être plus à l'aise permet d'avoir plus de temps pour percevoir, et donc augmenter les affordances (Araújo et al., 2019; Scharfen & Memmert, 2019a). Nous encourageons donc les études qui cherchent à **mettre en relation les capacités cognitives et décisionnelles avec les capacités techniques**.

- 2) L'expertise se manifeste dans la capacité à être performant malgré les contraintes. Dans ces situations, l'athlète élite est capable de rapidement trouver une solution simple et efficace. Il nous paraît donc intéressant d'évaluer la prise de décision dans un contexte où le joueur de sport collectif est amené à prendre des décisions en situation de fatigue, avec des contraintes temporelles fortes. **Le jeu réduit**, dit "small sides games", mérite d'être exploité davantage pour évaluer et détecter les jeunes talents en matière de décision (Davids et al., 2013; Gréhaigne, 1999; Gréhaigne et al., 2001; Kermarrec & Roure, 2016; Raab, 2003a)
- 3) Les processus de reconnaissance liés à la prise de décision semblent pouvoir progresser avec l'âge et l'entraînement. Nous avons suggéré que cette progression était principalement due à une **maturation des systèmes psychomoteurs** (Benguigui & Ripoll, 1998; García-González et al., 2013). Il serait pertinent de mener d'autres travaux pour vérifier cette hypothèse. Des études longitudinales pourraient être adaptées pour examiner **l'évolution des capacités décisionnelles** avec l'âge. Également, pourraient être menées des études qui permettent de recueillir les **explicitations** orales de joueurs et entraîneurs en lien avec des **mesures en laboratoire**.
- 4) Il n'existe pas ou peu aujourd'hui, d'outil permettant **d'évaluer statistiquement** la prise de décision en sport collectif. Du fait de la complexité de l'environnement en sport collectif, il est difficile de mesurer quantitativement l'efficacité d'un athlète en matière de décision. Néanmoins, plusieurs travaux ont montré des signes encourageants pour mesurer un index tactique, en quantifiant le nombre de passes et la possession de balle (Gantois et al., 2019; Kempe et al., 2014).
- 5) L'athlète élite possède une plus grande capacité à mobiliser toutes les ressources attentionnelles nécessaires à sa réussite dans des contextes sous contraintes. **La métacognition** est un axe de recherche qui mérite d'être développé pour mieux comprendre comment l'athlète interagit avec son environnement, et ainsi **optimise son fonctionnement attentionnel** (MacIntyre et al., 2014; Moran et al., 2019).
- 6) La performance mesurée lors de tests cognitifs n'est pas toujours révélatrice des performances sur le terrain (Van Maarseveen, Oudejans, et al., 2018). Il nous paraît donc pertinent de penser les protocoles d'étude de la prise de décision en **combinant des mesures in situ et des mesures plus analytiques**.
- 7) La fatigue engendrée par un exercice aigu semble impacter davantage les processus moteurs que les processus de reconnaissance d'une situation (Almonroeder et al., 2018; Chiu et al., 2017; Royal et al., 2006). Il serait pertinent de mener des travaux pour vérifier cette hypothèse et comprendre **l'effet de différents types de fatigue sur la prise de décision**.
- 8) En sport collectif, les équipes les plus performantes s'appuient sur leur capacité à exploiter

l'expertise de ses membres, et à manager le fonctionnement interne (Araújo et al., 2015). Plusieurs éléments apparaissent être facteurs de performance et méritent d'être étudiés dans un angle décisionnel. C'est ce qu'on appelle **la cognition d'équipe** (Bourbousson et al., 2011), qui comprend la coordination des décisions individuelles pour atteindre un but commun, la vitesse pour répondre un problème tactique, ou encore l'adaptabilité à des situations nouvelles et imprévues.

## Bibliographie (420)

- Abreu, A. M. (2014). Action anticipation in sports: A particular case of expert decision-making. *Trends in Sport Sciences*, 21(1), 5–11.
- Afonso, J., Garganta, J., & Mesquita, I. (2012). A tomada de decisão no desporto: o papel da atenção, da antecipação e da memória. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(5), 592–601.
- Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., & Urgesi, C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature Neuroscience*, 11(9), 1109–1116.
- Alder, D., Ford, P. R., Causer, J., & Williams, M. A. (2014). The coupling between gaze behavior and opponent kinematics during anticipation of badminton shots. *Human Movement Science*, 37, 167–179.
- Almonroeder, T. G., Tighe, S. M., Miller, T. M., Lanning, C. R., Gus, T., Tighe, S. M., & Miller, T. M. (2018). The influence of fatigue on decision-making in athletes: a systematic review. *Sports Biomechanics*, 3141, 1–14.
- Alves, H., Voss, M. W., Boot, W. R., Deslandes, A., Cossich, V., Salles, J. I., & Kramer, A. F. (2013). Perceptual-cognitive expertise in elite volleyball players. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–9.
- Amado, D., Maestre, M., Montero-Carretero, C., Sánchez-Miguel, P. A., & Cervelló, E. (2019). Associations between self-determined motivation, team potency, and self-talk in team sports. *Journal of Human Kinetics*, 70(1), 245–259.
- Anderson, N. H. (2008). *Unified social cognition*. Psychology Press.
- Anshel, M. H., & Kaissidis, A. N. (1997). Coping style and situational appraisals as predictors of coping strategies following stressful events in sport as a function of gender and skill level. *British Journal of Psychology*, 88(2), 263–276.
- Araújo, D., Davids, K., & Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653–676.
- Araujo, D., Davids, K., Jia Yi, C., Passos, P., & Raab, M. (2009). The development of decision making skill in sport: an ecological dynamics perspective. In M. Raab, D. Araujo, & H. Ripoll (Eds.), *Perspectives on cognition and action in sport* (pp. 157–169). Nova Science Publishers.
- Araújo, D., Hristovski, R., Seifert, L., Carvalho, J., & Davids, K. (2019). Ecological cognition: expert decision-making behaviour in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 12, 1–25.
- Araújo, D., Silva, P., & Davids, K. (2015). Capturing group tactical behaviors in expert team players. In J. Baker & D. Farrow (Ed.), *Routledge Handbook of Sport Expertise* (pp. 209–220). London:Routledge.
- Badin, O. O., Smith, M. R., Conte, D., & Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue impairs technical performance in small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 100–1105.
- Baker, J., Cobley, S., & Schorer, J. (2012). Talent identification and development in sport: International perspectives. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 7(1), 177–180.
- Baker, J., Cote, J., & Abernethy, B. (2003). Sport-Specific Practice and the Development of Expert Decision-Making in Team Ball Sports. *Journal of Applied Sport Psychology*, 15(1), 12–25.
- Baker, J., & Young, B. (2014). 20 Years Later: Deliberate Practice and the Development of Expertise in Sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 7(1), 135–157.

- Ballester, R., Huertas, F., Molina, E., & Sanabria, D. (2018). Sport participation and vigilance in children: Influence of different sport expertise. *Journal of Sport and Health Science*, 7(4), 497–504.
- Bandura, A. (1994). Self-efficacy. In V. S. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of human behavior* (4th ed., pp. 71–81). Academic Press.
- Bar-Eli, M., Plessner, H., & Raab, M. (2011). *Judgement, decision making and success in sport*. Wiley-Blackwell.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121, 65–94.
- Bedny, G., & Karwowski, W. (2001). The principle of unity of cognition and behavior: implications of activity theory for the study of human work. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 5(4), 401–420.
- Belling, P. K., Suss, J., & Ward, P. (2015a). Advancing theory and application of cognitive research in sport: using representative tasks to explain and predict skilld anticipation, decision-making, and option-generation behavior. *Psychology of Sport & Exercise*, 16(1), 45–59.
- Belling, P. K., Suss, J., & Ward, P. (2015b). The effect of time constraint on anticipation, decision making, and option generation in complex and dynamic environments. *Cognition, Technology and Work*, 17(3), 355–366.
- Benguigui, N., & Ripoll, H. (1998). Effects on tennis practice on the coincidence timing accuracy of adults and children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 43, 1–9.
- Bennett, S. J., Baures, R., Hecht, H., & Benguigui, N. (2010). Eye movements influence estimation of time-to-contact in prediction motion. *Experimental Brain Research*, 206(4), 399–407.
- Berezowska, A., Fischer, A. R. H., & Trijp, H. C. M. va. (2017). The moderating effect of motivation on health-related decision-making. *Psychology and Health*, 32(6), 665–685.
- Bernstein, D., Penner, L. A., Clarke-Stewart, A., & Roy, E. (2011). *Psychology (PSY 113 General Psychology)* (9th ed.). Wadsworth Publishing.
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., & Bobeuf, F. (2013). Executive functions , physical fitness and mobility in well-functioning older adults. *Experimental Gerontology*, 48, 1402–1409.
- Berthoz, A. (2003). *La décision*. Odile Jacob.
- Bideau, B., Kulpa, R., Vignais, N., Brault, S., Multon, F., & Craig, C. (2010). Using virtual reality to analyze sports performance. *IEEE Computer Society*, 30(2), 14–21.
- Bidzan-Bluma, I., & Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 1–13.
- Bilge, M. (2012). Game analysis of Olympic, world and European championships in men's handball. *Journal of Human Kinetics*, 35, 109–118.
- Birrer, D., Röthlin, P., & Morgan, G. (2012). Mindfulness to enhance athletic performance: theoretical considerations and possible impact mechanisms. *Mindfulness*, 3(3), 235–246.
- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention : an ERP study. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 107–116.
- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Mental fatigue, motivation and action monitoring. *Biology Psychology*, 72(2), 123–132.
- Borg, G., & Borg, E. (2001). A new generation of scaling methods: Level-anchored ratio-scaling. *Psychologica*, 28, 15–45.
- Borotikar, B. S., Newcomer, R., Koppes, R., & McLean, S. G. (2008). Combined effects of fatigue and

- decision making on female lower limb landing postures: Central and peripheral contributions to ACL injury risk. *Clinical Biomechanics*, 23(1), 81–92.
- Bossard, C. (2008). *L'activité décisionnelle en situation dynamique et collaborative : application à la contre-attaque au football*. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale.
- Bossard, C., De Keukelaere, C., Cormier, J., Pasco, D., & Kermarrec, G. (2010). L'activité décisionnelle en phase de contre-attaque en Hockey sur glace [Decision-making during the counter-attack phase in ice hockey]. *Activités*, 7, 41–61.
- Bossard, C., & Kermarrec, G. (2011). La prise de décision des joueurs de sports collectifs [Decision-making for team sports players]. *Science & Motricité*, 73, 3–22.
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., & Sève, C. (2008). Caractérisation des modes de coordination interpersonnelle au sein d'une équipe de basket-ball [Characterization of interpersonal coordination modes within a basketball team]. *Activités*, 1, 21–39.
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., & Sève, C. (2011). Cognition collective : partage de préoccupations entre les joueurs d'une équipe de basket-ball au cours d'un match [Team cognition : shared concerns within a basketball team during a match]. *Le Travail Humain [Human Working]*, 74(1), 59.
- Bourbousson, J., R'Kiouak, M., & Eccles, D. W. (2015). The dynamics of team coordination: A social network analysis as a window to shared awareness. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 24(5), 742–760.
- Brault, S., Bideau, B., Kulpa, R., & Craig, C. (2012). Detecting deception in movement. The case of the side-step in rugby. *PLoS ONE*, 7(6), e37494.
- Brault, S., Kulpa, R., Duliscouët, L., Marin, A., & Bideau, B. (2015). Virtual kicker vs real goalkeeper in soccer : a way to explore goalkeeper's performance. *Movement & Sport Sciences*, 89(3), 79–88.
- Brisswalter, J., Arcelin, R., Audiffren, M., & Delignières, D. (1997). Influence of physical exercise on simple reaction time: effect of physical fitness. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 1019–1027.
- Brisswalter, J., Collardeau, M., & Arcelin, R. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine*, 32(9), 555–566.
- Broadbent, D. P., Causer, J., Ford, P. R., & Williams, A. M. (2015). Contextual interference effect on perceptual-cognitive skills training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(6), 1243–1250.
- Broadbent, D. P., Causer, J., Williams, A. M., & Ford, P. R. (2015). Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: Future research directions. *European Journal of Sport Science*, 15(4), 322–331.
- Brooks, J. H. M. (2008). Warm-up programmes in sport. *British Medical Journal*, 337, a2381.
- Bunker, D., & Thorpe, R. T. (1982). A model for the teaching of games in the secondary school. *Bulletin of Physical Education*, 10, 9–16.
- Calpe Gomez, V., Guzman Lujan, J. F., & Gribaljo Santamaria, C. (2013). Relationship between score and coaches' verbal behaviour. *Journal of Human Sports and Exercise*, 8, 728–737.
- Campbell, M. J., Toth, A. J., Moran, A. P., Kowal, M., & Exton, C. (2018). eSports: A new window on neurocognitive expertise? *Progress in Brain Research*, 240, 161–174.
- Campo, M., Champely, S., Lane, A. M., Rosnet, E., Ferrand, C., & Louvet, B. (2019). Emotions and performance in rugby. *Journal of Sport and Health Science*, 8(6), 595–600.
- Campo, M., Laborde, S., & Weckemann, S. (2015). Emotional intelligence training : Implications for performance and health complimentary contributor copy. In A. M. Columbus (Ed.), *Advances in Psychology Research* (Vol. 101, pp. 75–92). Nova Science Publishers.

- Campo, M., Mellalieu, S., Ferrand, C., Martinet, G., & Rosnet, E. (2012). Emotions in team contact sports: A systematic review. *Sport Psychologist, 26*(1), 62–97.
- Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Converse, S. A. (1993). Shared mental models in expert team decision making. In N. J. Castellan Jr. (Ed.), *Individual and group decision making: Current issues* (pp. 221–246). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Pruitt, J. S. (1996). Establishing the boundaries of a paradigm for decision-making research. *Human Factors, 38*(2), 193–205.
- Carpentier, J., & Mageau, G. A. (2016). Predicting sport experience during training: the role of change-oriented feedback in athletes' motivation, self-confidence and needs satisfaction fluctuations. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 38*(1), 45–58.
- Casanova, F., Garganta, J., Silva, G., Alves, A., Oliveira, J., & Williams, A. M. (2013). Effects of prolonged intermittent exercise on perceptual-cognitive processes. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 45*(8), 1610–1617.
- Causser, J., & Ford, P. R. (2014). "Decisions, decisions, decisions": Transfer and specificity of decision-making skill between sports. *Cognitive Processing, 15*(3), 385–389.
- Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology, 4*(1), 55–81.
- Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J.-P., & Benoît, L. (2013). Human and organisational factors in maritime accidents : analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis & Prevention, 59*, 26–37.
- Chiu, C. N., Chen, C. Y., & Muggleton, N. G. (2017). Sport, time pressure, and cognitive performance. *Progress in Brain Research, 234*, 85–99.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum associates.
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2018). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study—revisited. *Perspectives on Psychological Science, 13*(2), 213–217.
- Collins, J. D., Almonroeder, T. G., Ebersole, K. T., & O'Connor, K. M. (2016). The effects of fatigue and anticipation on the mechanics of the knee during cutting in female athletes. *Clinical Biomechanics, 35*, 62–67.
- Connors, M. H., Burns, B. D., & Campitelli, G. (2011). Expertise in complex decision making: The role of search in chess 70 years after de Groot. *Cognitive Science, 35*(8), 1567–1579.
- Copenhaver, E. A., & Diamond, A. B. (2017). The value of sleep on athletic performance, injury, and recovery in the young athlete. *Pediatric Annals, 46*(3), e106–e111.
- Corcostegui, I. (2013). *Faut-il être fou et maso pour devenir gardien de but de handball ?* Le Nouvel Obs.
- Correia, V., Araujo, D., Cummins, A., & Craig, C. (2012). Perceiving and acting upon spaces in a vr rugby task. Expertise effects in affordance detection and task achievement. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 34*(3), 305–321.
- Correia, V., Araújo, D., Duarte, R., Travassos, B., Passos, P., & Davids, K. (2012). Changes in practice task constraints shape decision-making behaviours of team games players. *Journal of Science and Medicine in Sport, 15*(3), 244–249.
- Corrigan, J. D., & Hinkeldey, N. S. (1987). Relationships between parts A and B of the Trail Making Test. *Journal of Clinical Psychology, 43*(4), 402–409.
- Côté, J., Baker, J., & Abernethy, B. (2007). Practice and play in the development of sport expertise. In G. Tenenbaum & R. C. Eklund (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (3rd ed., pp. 184–202). John

Wiley & Sons. Inc.

- Coutinho, D., Gonçalves, B., Travassos, B., Wong, D. P., Coutts, A. J., & Sampaio, J. E. (2017). Mental fatigue and spatial references impair soccer players' physical and tactical performances. *Frontiers in Psychology, 8*, 1645.
- Coutinho, D., Gonçalves, B., Wong, D. P., Travassos, B., Coutts, A. J., & Sampaio, J. (2018). Exploring the effects of mental and muscular fatigue in soccer players' performance. *Human Movement Science, 58*, 287–296.
- Covassin, T., Weiss, L., Powell, J., & Womack, C. (2007). Effects of a maximal exercise test on neurocognitive function. *British Journal of Sports Medicine, 41*(6), 370–374.
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term and working memory? *Progress in Brain Research, 169*, 323–338.
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Executive functions. *Handbook of Clinical Neurology, 163*, 197–219.
- Crivelli, D., Fronda, G., & Balconi, M. (2019). Neurocognitive enhancement effects of combined mindfulness–neurofeedback training in sport. *Neuroscience, 412*, 83–93.
- D'Urso, V., Petrosso, A., & Robazza, C. (2002). Emotions, perceived qualities and performance of rugby players. *The Sport Psychologist, 16*, 173–199.
- Dane, S., & Erzurumluoglu, A. (2003). Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal Neuroscience, 113*, 923–929.
- Davids, K., Araújo, D., Correia, V., & Vilar, L. (2013). How small-sided and conditioned games enhance acquisition of movement and decision-making skills. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 41*(3), 154–161.
- Davranche, K., & Audiffren, M. (2004). Facilitating effects of exercise on information processing. *Journal of Sports Sciences, 22*(5), 419–428.
- Davranche, K., & McMorris, T. (2009). Specific effects of acute moderate exercise on cognitive control. *Brain and Cognition, 69*(3), 565–570.
- Davranche, K., & Pichon, A. (2005). Critical flicker frequency threshold increment after an exhausting exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 27*(4), 515–520.
- De Keukelaere, C., Kermarrec, G., Bossard, C., & De Loor, P. (2014). Évolution et partage du sentiment de performance collective au cours d'un match de handball [The dynamics and sharedness of perceived collective performance in a high-level sports team]. *Activités, 11*, 47–64.
- De Keukelaere, C., Kermarrec, G., Bossard, C., Pasco, D., & Deloor, P. (2013). Formes, contenus et évolution du partage au sein d'une équipe de sport de haut niveau [Sharedness forms, contents and dynamics among expert sport team]. *Le Travail Humain, 76*(3), 227–255.
- Deary, I. J., & Der, G. (2005). Reaction time, age, and cognitive ability: Longitudinal findings from age 16 to 63 years in representative population samples. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 12*(2), 187–215.
- Debanne, T. (2003). Activité perceptive et décisionnelle du gardien de but de handball lors de la parade : les savoirs d'experts [Perceptive and decisional activity of goalkeeper during his parade's action : experts skills]. *Revue STAPS, 63*, 43–58.
- Debanne, T. (2014). *Prise de décisions de cadres confrontés à un environnement dynamique, coopératif et compétitif. Une approche en ergonomie cognitive : application à l'entraînement professionnel de handball en match*. Thèse de doctorat, Université Paris-Sud.
- Debanne, T., Angel, V., & Fontayne, P. (2014). Decision-making during games by professional handball



- coaches using regulatory focus theory. *Journal of Applied Sport Psychology*, *26*, 111–124.
- Debanne, T., & Chauvin, C. (2014). Modes of cognitive control in official game handball coaching. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, *8*, 283–298.
- Debanne, T., Fontayne, P., & Bourbousson, J. (2014). Professional handball coaches management of players situated understanding during official games. *Psychology of Sport and Exercise*, *15*, 596–604.
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2017). Effects of game location, quality of opposition, number of foreign players and anthropometric factors in elite HB. *Kinesiology*, *49*, 1–8.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum.
- Decorte, N., Lafaix, P. A., Millet, G. Y., Wuyam, B., & Verges, S. (2010). Central and peripheral fatigue kinetics during exhaustive constant-load cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *22*(3), 381–391.
- Del Campo, D. G. D., Villora, S. G., Lopez, L. M. G., & Mitchell, S. (2011). Differences in decision-making development between expert and novice invasion game players. *Perceptual and Motor Skills*, *112*(3), 871–888.
- Del Villar, F., Iglesias, D., Moreno, M. P., Fuentes, J. P., & Cervelló, E. M. (2004). An investigation into procedural knowledge and decision-making: spanish experienced-inexperienced basketball players' differences. *Journal of Human Movement Studies*, *46*, 407–420.
- Den Hartigh, R. J. R., Van Der Steen, S., Hakvoort, B., Frencken, W. G. P., & Lemmink, K. A. P. M. (2018). Differences in game reading between selected and non-selected youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *36*(4), 422–428.
- Desfontaines, P. (2020). La cage aux idées folles. *Sport et Vie N°179*, 34–41.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135–168.
- Dishon, N., Oldmeadow, J. A., & Kaufman, J. (2018). Trait self-awareness predicts perceptions of choice meaningfulness in a decision-making task. *BMC Research Notes*, *11*(1), 1–5.
- Eccles, D. W., & Tenenbaum, G. (2004). Why an expert team is more than a team of experts : a social-cognitive conceptualization of team coordination and communication in sport. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *26*, 542–560.
- Edman, G., Schalling, D., & Levander, S. E. (1983). Impulsivity and speed and errors in a reaction time task: a contribution to the construct validity of the concept of impulsivity. *Acta Psychologica*, *53*(1), 1–8.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems . *Human Factors Journal*, *37*, 32–64.
- Endsley, M. R., & Jones, M. (2001). A model of inter- and intrateam situation awareness: Implications for design, training and measurement. In M. Mc Neese, M. Salas, E., Endsley (Ed.), *New trends in cooperative activities* (pp. 46–47). Human Factors and Ergonomics Society.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, *100*(3), 363–406.
- Ericsson, K. A., & Smith, J. (1991). Prospects and limits of the empirical study of expertise: an introduction. In K. A. E. & J. Smith (Ed.), *Toward a general theory of expertise : prospects and limits* (pp. 1–38). University Press.
- Eslinger, P. J., & Biddle, K. R. (2010). Prefrontal cortex and the maturation of executive functions, cognitive expertise, and social adaptation. In V. Anderson, R. Jacobs, & P. J. Anderson (Eds.), *Executive functions and thre frontal lobes: A lifespan perspective* (pp. 299–316). Routledge.

- Espina-Agulló, J. J., Pérez-Turpin, J. A., Jiménez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomás, A., & Pueo, B. (2016). Effectiveness of Male Handball Goalkeepers: A historical overview 1982-2012. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *16*, 143–156.
- Espósito, M. (2013). *La formation de joueurs de handball - ou la conquête de la complexité*. EPS et Société. <http://epsetsociete.fr/La-formation-de-joueurs-de>
- Estriga, M. L., Carvalho, J., Carvalho, E., & Velhote, M. (2013). The mechanism behind the handball goalkeeper's decision process during a seven-meter throw.pdf. *European Handball Federation Scientific Conference 2013, Vienna, Austria, 22-23 November*, 210–213.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. S. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, *52*(1), 119–130.
- Fadde, P. J., & Zaichkowsky, L. (2018). Training perceptual-cognitive skills in sports using technology. *Journal of Sport Psychology in Action*, *9*(4), 239–248.
- Făgăraș, P. S., Rus, C. M., & Vanvu, G. (2014). The importance of psychomotricity in developing of perceptual – motor structures. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *149*, 317–320.
- Farahani, J. J., Javadi, A. H., O'Neill, B. V., & Walsh, V. (2017). Effectiveness of above real-time training on decision-making in elite football: A dose–response investigation. *Progress in Brain Research*, *234*, 101–116.
- Farrow, D., & Abernethy, B. (2003). Do expertise and the degree of perception - action coupling affect natural anticipatory performance? *Perception*, *32*(9), 1127–1139.
- Farrow, D., & Fournier, J. (2005). Training perceptual skill in basketball: does it benefit the highly skilled? *11th World Congress of International Society of Sport Psychology*, 15–19.
- Farrow, D., & Raab, M. (2008). The recipe for expert decision making. In D. Farrow (Ed.), *Expertise*. AIS.
- Faure, C., Limballe, A., Bideau, B., & Kulpa, R. (2020). Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review. *Journal of Sports Sciences*, *38*(2), 192–205.
- Feltz, D. L. (1988). Self-confidence and sports performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *16*(1), 423–457.
- Fernandes, R. J., Billat, V. L., Cruz, A. C., Colaço, P. J., Cardoso, C. S., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Does not energy cost of swimming affect time to exhaustion at the individual's maximal oxygen consumption velocity? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *46*, 373–380.
- Finsterer, J. (2012). Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *13*, 1–13.
- Fiore, S. M., & Salas, E. (2006). A commentary on " team cognition and expert teams: emerging insights into performance for exceptional teams ." *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *4*, 369–375.
- Fischer, L., Rienhoff, R., Tirp, J., Baker, J., Strauss, B., & Schorer, J. (2015). Retention of quiet eye in older skilled basketball players. *Journal of Motor Behavior*, *47*(5), 407–414.
- Fischer, M. V., Stone, J., Hawkes, T. D., Eveland, E., & Strang, A. J. (2015). Integrative physical and cognitive training development to better meet airmen mission requirements. *Procedia Manufacturing*, *3*, 1580–1586.
- Fontana, F. E. (2007). *The effects of expertise intensity on decision making performance of experienced and inexperienced soccer players*. Doctoral thesis, University of Pittsburgh.
- Fox, J. L., Stanton, R., O'Grady, C. J., & Scanlan, A. T. (2019). The impact of contextual factors on game demands in starting, semiprofessional, male basketball players. *International Journal of Sports*

*Physiology and Performance*, 10, 1–7.

- Fozard, J. L., Verduyssen, M., Reynolds, S. L., Hancock, P. A., & Quilter, R. E. (1994). Age differences and changes in reaction time: The Baltimore longitudinal study of aging. *Journals of Gerontology*, 49(4).
- French, K. E., Spurgeon, J. H., & Nevett, M. E. (1995). Expert-novice differences in cognitive and skill execution components of youth baseball performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66(3), 194–201.
- Fruchart, E., Pâques, P., & Mullet, E. (2010). Decision-making in basketball and handball games: A developmental perspective. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 60, 27–34.
- Fuertes, X. P., Lago-Penas, C., & Casais-Martinez, L. (2010). The influence of the goalkeeper efficiency in handball teams performance. *Educación Física y Deportes*, 99, 72–81.
- Furley, P., & Memmert, D. (2013). "Whom should I pass to?" the more options the more attentional guidance from working memory. *PLoS ONE*, 8, e62278.
- Fuster, J. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373–385.
- Gamble, Katherine R., Vettel, J. M., Patton, D. J., Eddy, M. D., Davis, F. C., Garcia, J. O., Spangler, D. P., Thayer, J. F., & Brooks, J. R. (2018). Different profiles of decision making and physiology under varying levels of stress in trained military personnel. *International Journal of Psychophysiology*, 131, 73–80.
- Ganciu, M. (2013). Psychomotricity-a complex function to control human behavior. *International Journal of Education and Research*, 1(11), 1–10.
- Gantois, P., Caputo Ferreira, M. E., de Lima-Junior, D., Nakamura, F. Y., Batista, G. R., Fonseca, F. S., & de Sousa Fortes, L. (2019). Effects of mental fatigue on passing decision-making performance in professional soccer athletes. *European Journal of Sport Science*, 20(4), 534–543.
- Garbarino, J.-M., Esposito, M., & Billi, E. (2001). L'orientation de l'action chez les joueurs de football experts: une approche par les verbalisations. *Revue STAPS*, 55(2), 49–60.
- García-González, L., Moreno, M. P., Moreno, A., Gil, A., & Del Villar, F. (2013). Effectiveness of a video-feedback and questioning programme to develop cognitive expertise in sport. *PLoS ONE*, 8(12), 1–12.
- García López, L. M., Gutiérrez Díaz del Campo, D., Abellán Hernández, J., González, S., & Webb, L. A. (2010). Expert-novice differences in procedural knowledge in young soccer players from local to international level. *Journal of Human Sport and Exercise*, 5(3), 444–452.
- Garland, D. J., & Barry, J. R. (1991a). Cognitive advantage in sport: The nature of the perceptual structures. *The American Journal of Sport Psychology*, 104(2), 211–228.
- Garland, D. J., & Barry, J. R. (1991b). Cognitive advantage in sport: the nature of perceptual structures. *The American Journal of Psychology*, 104(2), 211–228.
- Gawron, V. J., French, J., & Funke, D. (2001). An overview of fatigue. In P. A. Hancock & P. A. Desmond (Eds.), *Human factors in transportation. Stress, workload and fatigue*. (pp. 581–595). Lawrence Erlbaum Associates.
- Gibson, J. . (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Eds.), *Perceiving, acting and knowing: toward an ecological psychology* (pp. 67–82). Lawrence Erlbaum Associates.
- Gil-Arias, A., Moreno, M. P., García-Mas, A., Moreno, A., García-González, L., & Del Villar, F. (2016). Reasoning and action: implementation of a decision-making program in sport. *Spanish Journal of Psychology*, 19, 1–9.
- Gil, A., Moreno, M. P., García-González, L., Moreno, A., & del Villar, F. (2012). Analysis of declarative and

- procedural knowledge in volleyball according to the level of practice and players' age. *Perceptual and Motor Skills*, 115(2), 632–644.
- Girard, O., & Millet, G. P. (2009). Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1867–1872.
- Glockner, A., Heinen, T., Johnson, J. G., & Raab, M. (2011). Network approaches for expert decisions in sports. *Human Movement Science*, 31, 318–333.
- Gollan, S., Bellenger, C., & Norton, K. (2020). Contextual factors impact styles of play in the English premier league. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(1), 78–83.
- Gómez, M. A., Lorenzo, A., Ibañez, S. J., & Sampaio, J. (2013). Ball possession effectiveness in men's and women's elite basketball according to situational variables in different game periods. *Journal of Sports Sciences*, 31(14), 1578–1587.
- Gomez, M. A., Pollard, R., & Luis-Pascual, S. L. (2011). Comparison of the home advantage in nine different professional team sports in Spain. *Perceptual and Motor Skills*, 0–11.
- Gréhaigne, J.-F. (1999). The foundations of tactics and strategy in team sports. *Journal of Teaching in Physical Education*, 18(2), 159–174.
- Gréhaigne, J.-F., & Godbout, P. (1998). Formative assessment in team sports in a tactical approach context. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 69(1), 46–51.
- Gréhaigne, J.-F., Godbout, P., & Bouthier, D. (2001). The teaching and learning of decision making in team sports. *Quest*, 53(1), 59–76.
- Gréhaigne, J.-F., Godbout, P., & Zerai, Z. (2011). How the "rapport de forces" evolves in a soccer match: The dynamics of collective decisions in a complex system. *Revista de Psicologia Del Deporte*, 20(2), 747–765.
- Gréhaigne, J.-F., & Wallian, N. (2007). Response to Thinck SMART - some elements of perception/decision/action in team sports. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 12(1), 1–22.
- Gréhaigne, J.-F., Wallian, N., & Godbout, P. (2005). Tactical-decision learning model and students' practices. *Physical Education & Sport Pedagogy*, 10(3), 255–269.
- Guerra, G. (2014). Contexte et consultation dans la prise de décision. *Connexions*, 101, 105–114.
- Gutwin, C., & Greenberg, S. (2005). The importance of awareness for team cognition in distributed collaboration. In E. Salas & S. M. Fiore (Eds.), *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance*. (pp. 177–201). APA.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44, 139–147.
- Hauswirth, C., & Mujika, I. (2010). *Recovery for performance in sport*. Human Kinetics.
- Hepler, T. J., & Chase, M. A. (2008). Relationship between decision-making self-efficacy, task self-efficacy, and the performance of a sport skill. *Journal of Sports Sciences*, 26(6), 603–610.
- Hepler, T. J., & Feltz, D. L. (2012). Take the first heuristic, self-efficacy, and decision-making in sport. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(2), 154–161.
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1), 11–26.
- Hoc, J.-M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 509–540.
- Hogervorst, E., Riedel, W., Jeukendrup, A. E., & Jolles, J. (1996). Cognitive performance after strenuous physical exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 83(2), 479–788.
- Hohmann, T., Raab, M., Schlapkohl, N., & Obeloer, H. (2016). Does training with 3D videos improve

- decision-making in team invasion sports? *Journal of Sport Sciences*, 34(8), 746–755.
- Huijgen, B. C. H., Leemhuis, S., Kok, N. M., & Verburch, L. (2015). Cognitive functions in elite and sub-elite youth soccer players aged 13 to 17 years. *PLoS ONE*, 10, e0144580.
- International Handball Federation. (2016). *Olympic Games Rio 2016*. [Www.Archive.Ihf.Info/Competitions](http://www.archive.ihf.info/competitions).
- Jin, H., Xu, G., Zhang, J. X., Gao, H., Ye, Z., Wang, P., Lin, H., Mp, L., & Lin, C.-D. (2011). Event-related potential effects of superior action anticipation in professional badminton players. *NeuroScience Letters*, 492, 139–144.
- Johnson, J. G. (2006). Cognitive modeling of decision making in sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 631–652.
- Johnson, J. G., & Raab, M. (2003). Take The First: Option-generation and resulting choices. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 91, 215–229.
- Jones, M. V., Bray, S. R., & Olivier, S. (2005). Game location and aggression in rugby league. *Journal of Sports Sciences*, 23, 387–393.
- Kacharem, A., Trabelsi, K., Engel, F., Sperlich, B., & Kalyuga, S. (2020). The effects of temporal contiguity and expertise on acquisition of tactical movements. *Frontiers in Psychology*, 11, 413.
- Karadenizli, Z. I. (2015). The effects of plyometric education trainings on balance and some psychomotor characteristics of school handball team. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2015(10), 612–618.
- Karcher, C., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2014). Body dimensions of elite handball players with respect to laterality, playing positions and playing standard. *Journal of Athletes Enhancement*, 3(4), 1–4.
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44, 797–814.
- Kempe, M., Vogelbein, M., Memmert, D., & Nopp, S. (2014). Possession vs. direct play: evaluating tactical behavior in elite soccer. *International Journal of Sports Science*, 4(6), 35–41.
- Kermarrec, G. (2015). Enhancing Tactical Skills in Soccer: Advances from the Naturalistic Decision Making Approach. *Procedia Manufacturing*, 3, 1148–1156.
- Kermarrec, G., & Bossard, C. (2014). Defensive Soccer Players' Decision Making. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 8(2), 187–199.
- Kermarrec, G., & Roure. (2016). L'entraînement et l'enseignement de la prise de décision tactique dans les sports collectifs. *Ejournal de La Recherche Sur l'intervention En Éducation Physique et Sport - EJRIEPS*, 37(1), 58–79.
- Khalid, A. J., Harris, S. I., Michael, L., Joseph, H., & Qu, X. (2015). Effects of neuromuscular fatigue on perceptual-cognitive skills between genders in the contribution to the knee joint loading during side-stepping tasks. *Journal of Sports Sciences*, 33, 1322–1331.
- Kingstone, A., Smilek, D., & Eastwood, J. D. (2008). Cognitive Ethology: A new approach for studying human cognition. *British Journal of Psychology*, 99(3), 317–340.
- Kiss, B., & Balogh, L. (2019). A study of key cognitive skills in handball using the Vienna test system. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(1), 733–741.
- Kitsantas, A., & Zimmerman, B. J. (2002). Comparing self-regulatory processes among novice, non-expert, and expert volleyball players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14, 91–105.
- Kittel, A., Elsworthy, N., & Spittle, M. (2018). Incorporating perceptual decision-making training into high-intensity interval training for Australian football umpires. *Journal of Sports Sciences*, 37(1), 29–35.

- Kittel, A., Larkin, P., Elsworthy, N., & Spittle, M. (2019). Using 360° virtual reality as a decision-making assessment tool in sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(9), 1049–1053.
- Klein, D. E., Klein, H. A., & Klein, G. A. (2000). Macrocognition: Linking the cognitive psychology and cognitive ergonomics. *5th International Conference on Human Interaction with Complex Systems*, 173–177.
- Klein, G. A. (1997). The recognition-primed decision (RPD) model: Looking back, looking forward. In *Naturalistic decision making* (pp. 285–292). Lawrence Erlbaum Associates.
- Klein, G. A. (1999). *Sources of Power: How People Make Decisions* (1st ed.). The MIT Press.
- Klein, G. A., & Zsombok, C. E. (1993). *Naturalistic Decision Making*. Psychology press.
- Klein, G. A., & Zsombok, C. E. (1997). The recognition-primed decision (RPD) model: Looking back, looking forward. In G. A. Klein & C. E. Zsombok (Eds.), *Naturalistic decision making* (pp. 285–292). Lawrence Erlbaum Associates.
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R. H., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Medicine*, 41(4), 307–328.
- Kobus, D. A., Proctor, S., & Holste, S. (2001). Effects of experience and uncertainty during dynamic decision making. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28(5), 275–290.
- Koçak, S., & Emre, A. K. (2010). Coincidence-anticipation timing and reaction time in youth tennis and table tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 110(3), 879–887.
- Kokkoris, M. D., Hoelzl, E., & Alos-Ferrer, C. (2019). True to which self? Lay rationalism and decision satisfaction in self-control conflicts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 117(2), 417–447.
- Konishi, K., Kimura, T., Yuhaku, A., Toshiyuki, K., Fujimoto, M., Hamaoka, T., & Sanada, K. (2017). Effect of sustained high-intensity exercise on executive function. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 6, 111–117.
- Kröger, C., & Roth, K. (1999). *Ballschule: ein ABC für Spielanfänger (Ball School: an ABC for game beginners)*.
- Laborde, S., Dosseville, F., & Allen, M. S. (2015). Emotional intelligence in sport and exercise: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26(8), 862–874.
- Laborde, S., Dosseville, F., & Raab, M. (2013). Special issue : emotions and decision making in sports. Introduction, comprehensive approach, and vision for the future. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(2), 143–150.
- Laborde, S., & Raab, M. (2013). The tale of hearts and reason : the influence of mood on decision making. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 35, 339–357.
- Laborde, S., & Raab, M. (2016). Comment les émotions influencent-elles la prise de décision du sportif ? In Mickael Campo & B. Louvet (Eds.), *Les émotions en sport et en EPS : apprentissage, performance et santé. [Emotions in sport and physical education : learning, performance and health]* (pp. 293–305). De Boeck.
- Laffaye, G., Debanne, T., & Choukou, M. A. (2012). Is the ball velocity dependent on expertise ? A multidimensional study in handball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12, 629–642.
- Lage, G. M., Gallo, L. G., Cassiano, G. J. M., Lobo, I. L. B., Vieira, M. V., V., S. J., Fuentes, D., & Malloy-Diniz, L. F. (2011). Correlations between impulsivity and technical performance in handball female athletes. *Psychology*, 2(7), 721–726.
- Lagner, P., Kliegel, M., Phillips, L. H., Ihle, A., Hering, A., Ballhausen, N., & Schnitzspahn, K. M. (2014).

- Mood effects on memory and executive control in a real-life situation. *Cognition and Emotion*, 29(6), 1107–1116.
- Lambourne, K., Audiffren, M., & Tomporowski, P. D. (2010). Effects of acute exercise on sensory and executive processing tasks. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(7), 1396–1402.
- Lambourne, K., & Tomporowski, P. D. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance, a meta regression analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(7), 1396–1402.
- Land, M. F., & Lee, D. N. (1994). Where we look when we steer. *Nature*, 369, 742–744.
- Lane, A. M., Beedie, C. J., Jones, M. V., Uphill, M., & Devonport, T. J. (2012). The BASES expert statement on emotion regulation in sport. *Journal of Sports Sciences*, 30(11), 1189–1195.
- Larsen, B., & Beatriz, L. (2018). Adolescence as a neurobiological critical period for the development of higher-order cognition. *Neurosciences & Biobehavioural Review*, 94, 179–195.
- Lautenbach, F., Laborde, Sylvain, J. P., Putman, P., Angelidis, A., & Raab, M. (2016). Attentional distraction by negative sports words in athletes under low and high pressure conditions : evidence from the sport emotional stroop task. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 1, 1–13.
- Lazarus, R. S. (2000). How emotions influence performance in competitive sports. *The Sport Psychologist*, 14, 229–252.
- Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., Vidal, P. P., & Hauswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(11), 2061–2071.
- Le Runigo, C., Benguigui, N., & Bardy, B. G. (2005). Perception-action coupling and expertise in interceptive actions. *Human Movement Science*, 24(3), 429–445.
- Lees, A. (2002). Technique analysis in sports: A critical review. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 813–828.
- Leimkuhler, M. E., & Mesulam, M. M. (1985). Reversible go-no go deficits in a case of frontal lobe tumor. *Annals of Neurology*, 18(5), 617–619.
- Lenzen, B., Theunissen, C., & Cloes, M. (2009). Situated analysis of team handball players' decisions : an exploratory study. *Journal of Teaching in Physical Education*, 28, 54–74.
- Leplat, J. (2000). L'environnement de l'action en situation de travail. In J.-M. Barbier (Ed.), *L'analyse de la singularité de l'action* (pp. 107–132). Presses Universitaires de France.
- Levi, H. R., & Jackson, R. C. (2018). Contextual factors influencing decision making: Perceptions of professional soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 37, 19–25.
- Lex, H., Essig, K., Knoblauch, A., & Schack, T. (2015). Cognitive representations and cognitive processing of team-specific tactics in soccer. *PLoS ONE*, 10, 1–18.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (M. D. Lezak (ed.); 3rd ed.). Oxford University Press.
- Li, W. C., & Harris, D. (2005). Aeronautical decision making: instructor-pilot evaluation of five mnemonic methods. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 76(12), 1156–1161.
- Libon, D. J., Glosser, G., Malamut, B. L., Kaplan, E., Goldberg, E., Swenson, R., & Prouty Sands, L. (1994). Age, executive functions, and visuospatial functioning in healthy older adults. *Neuropsychology*, 8(1), 38–43.
- Lidor, R., Argov, E., & Daniel, S. (1998). An exploratory study of perceptual motor abilities of women, novice and skilled players of team handball. *Perceptual and Motor Skills*, 86, 279–288.
- Lo Bue-Estes, C., Willer, B., Burton, H., Leddy, J. J., Wilding, G. E., & Horvath, P. J. (2008). Whirt-terme exercise to exhaustion and its effects on cognitive function un young women. *Perceptual and*

*Motor Skills*, 107, 933–945.

- Lorist, M. M., Boksem, M. A., & Ridderinkhof, K. R. (2005). Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 199–205.
- Lorist, M. M., Kernell, D., Meijman, T. F., & Zijdevind, I. (2002). Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *The Journal of Physiology*, 545, 313–319.
- Lorist, M. M., Klein, M., Nieuwenhuis, S., Jong, R., Mulder, G., & Meijman, T. F. (2000). Mental fatigue and task control: planning and preparation. *Psychophysiology*, 37, 614–625.
- Lucas, S. J. E., Anson, J. G., Palmer, C. D., Hellemans, I. J., & Cotter, J. D. (2009). The impact of 100 hours of exercise and sleep deprivation on cognitive function and physical capacities. *Journal of Sports Sciences*, 27(7), 719–728.
- Luft, C. D. B., Takase, E., & Darby, D. (2009). Heart rate variability and cognitive function: effects of physical effort. *Biological Psychology*, 82(2), 164–168.
- Lundgren, T., Näslund, M., Högman, L., & Parling, T. (2016). Preliminary investigation of executive functions in elite ice hockey players. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 10, 324–335.
- Luque-Casado, A., Zabala, M., Morales, E., Mateo-March, M., & Sanabria, D. (2013). Cognitive performance and heart rate variability: The influence of fitness level. *PLoS ONE*, 8(2), e56935.
- Lyle, J. (2003). Stimulated Recall: A report on its use in naturalistic research. *British Educational Research Journal*, 29(6), 861–878.
- MacIntyre, T. E., Igou, E. R., Campbell, M. J., Moran, A. P., & Matthews, J. (2014). Metacognition and action: A new pathway to understanding social and cognitive aspects of expertise in sport. *Frontiers in Psychology*, 5, 1–12.
- Macmahon, C., Schiicker, L., Hagemann, N., & Strauss, B. (2014). Cognitive fatigue effects on physical performance during running. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 36, 375–381.
- Macnamara, B. N., Moreau, D., & Hambrick, D. Z. (2016). The relationship between deliberate practice and performance in dports: a meta-analysis. *Perspectives on Psychological Science*, 11(3), 333–350.
- Macquet, A.-C. (2009a). Recognition within the decision-making process: a case study of expert volleyball players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 21, 64–79.
- Macquet, A.-C. (2009b). Recognition within the decision-making process: a case study of expert volleyball players. *Journal of Applied Sport Psychology*, 21, 64–79.
- Macquet, A.-C. (2016). *De la compréhension de la situation à la distribution de l'information : la prise de décision en sport de haut niveau*. Habilité à Diriger des Recherches, Université de Bretagne Loire.
- Macquet, A.-C., & Fleurance, P. (2006). Des modèles théoriques pour étudier l'activité de l'expert en sport - [Theoretical models for studying expert activity in sport]. *Science & Motricité*, 58(2), 9–41.
- Macquet, A.-C., & Fleurance, P. (2007). Naturalistic decision-making in expert badminton players. *Ergonomics*, 50(9), 1433–1450.
- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: a meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, 457–478.
- Mas, M., Asunción, A., Almuedo, M., LLuesma, A., Rodríguez, A., & Xandri, M. (2015). Different perceptive qualities for the psychomotricity. *American Journal of Educational Research*, 3(12), 1615–1617.
- Mas, M., Jiménez, L., & Riera, C. (2018). Systematization of the psychomotor activity and cognitive development. *Revista de Los Psicólogos de La Educacion*, 24(1), 38–41.
- Mas Parera, M., & Castellá, J. (2016). Can psychomotricity improve cognitive abilities in infants? *Revista*



*de Psicologia, Ciències de l'Educació i de l'Esport*, 34, 65–70.

- Massuça, L., & Fragoso, I. (2013). A multidisciplinary approach of success in team-handball. *Apunts Medicina de l'Esport*, 48(180), 143–151.
- Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2000). The influence of shared mental models on team process and performance. *Journal of Applied Psychology*, 85, 273–283.
- McGuckian, T. B., Cole, M. H., & Pepping, G. J. (2018). A systematic review of the technology-based assessment of visual perception and exploration behaviour in association football. *Journal of Sports Sciences*, 36(8), 861–880.
- McKinney, E. H. (1993). Flight leads and crisis decision-making. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 64(5), 359–362.
- McMorris, T. (2004a). *Acquisition and performance of sports skills*. John Wiley & Sons Ltd.
- McMorris, T. (2004b). Decision-making. In T. McMorris (Ed.), *Acquisition and performance of sport skills* (pp. 64–78). John Wiley & Sons, Ltd.
- McMorris, T., & Beazeley, A. (1996). Performance of experienced and inexperienced soccer players on soccer specific tests of recall, visual search and decision making. *Journal of Human Movement Studies*, 33, 1–13.
- McMorris, T., & Graydon, J. (1996). Effect of exercise on soccer decision-making tasks of differing complexities. *Journal of Human Movement Studies*, 30, 177–193.
- McMorris, T., & Graydon, J. (1997). The effect of exercise on cognitive performance in soccer-specific tests soccer-specific c tests. *Journal of Sport Sciences*, 33, 1–13.
- McMorris, T., & Graydon, J. (2000). The effect of incremental exercise on cognitive performance. *International Journal of Sport Psychology*, 31(1), 66–81.
- McNair, D. M., Lorr, M., & Doppleman, L. F. (1971). *POMS manual for the profile of mood states*. Educational and industrial testing service.
- McPherson, S. L., & Thomas, J. R. (1989). Relation of knowledge and performance in boys' tennis: Age and expertise. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48(2), 190–211.
- McPherson, S. L., & Vickers, J. N. (2004). Cognitive control in motor expertise. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2, 274–300.
- Meeusen, R., Watson, P., Hasegawa, H., Roelands, B., & Piacentini, M. F. (2006). Central fatigue: The serotonin hypothesis and beyond. *Sports Medicine*, 36(10), 881–909.
- Meletakos, P., Vagenas, G., & Bayios, I. (2011). A multivariate assessment of offensive performance indicators in Men's Handball: Trends and differences in the World Championships. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(2), 284–294.
- Memmert, D. (2006). The effects of eye movements, age, and expertise on inattentive blindness. *Consciousness and Cognition*, 15(3), 620–627.
- Memmert, D. (2011). Creativity, expertise, and attention: exploring their development and their relationships. *Journal of Sports Sciences*, 29, 93–102.
- Memmert, D., & Furley, P. (2007). "I Spy with My Little Eye!": Breadth of Attention, Inattentive Blindness, and Tactical Decision Making in Team Sports. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(3), 365–381.
- Memmert, D., Hüttermann, S., & Orliczek, J. (2013). Decide like Lionel Messi! The impact of regulatory focus on divergent thinking in sports. *Journal of Applied Social Psychology*, 43(10), 2163–2167.
- Memmert, D., & Roth, K. (2007). The effects of non-specific and specific concepts on tactical creativity

- in team ball sports. *Journal of Sports Sciences*, 25, 1423–1432.
- Memmert, D., Simons, D. J., & Grimme, T. (2008). The relationship between visual attention and expertise in sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 10, 146–151.
- Menevse, A., & Arslan, C. (2012). Comparison of the correlation between the reaction time and in-game performance of the elite handball teams. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 11, 402–407.
- Millet, G. P., Millet, G. Y., Hofmann, M. D., & Candau, R. B. (2000). Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: Influence of performance level. *International Journal of Sports Medicine*, 21(2), 127–132.
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of working memory: mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press.
- Mizuno, K., Tanaka, M., Yamaguti, K., Kajimoto, O., Kuratsune, H., & Watanabe, Y. (2011). Mental fatigue caused by prolonged cognitive load associated with sympathetic hyperactivity. *Behavioral and Brain Functions*, 7, 1–7.
- Moering, R. G., Schinka, J. A., Mortimer, J. A., & Borenstein Graves, A. (2004). Normative data for elderly African Americans for the Stroop Color and Word Test. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19, 61–71.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Attman, D. G., & PRISMA GROUP. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses : the PRISMA Statement. *PLoS Med*, 6(7), e1000097.
- Moldovan, E., & Enoiu, R. (2011). Study regarding psychomotricity and its role in the sporting preparation process of the basketball player. *Bulletin of the Transylvania University of Brasov*, 4(53), 137–146.
- Montés-Mico, R., Bueno, I., Candel, J., & Pons, A. M. (2000). Eye-hand and eye-foot visual reaction times of young soccer players. *Optometry*, 71(12), 775–780.
- Moore, R. D., Romine, M. W., O'connor, P. J., & Tomporowski, P. D. (2012). The influence of exercise-induced fatigue on cognitive function. *Journal of Sports Sciences*, 30(9), 841–850.
- Moran, A., Campbell, M., & Toner, J. (2019). Exploring the cognitive mechanisms of expertise in sport: Progress and prospects. *Psychology of Sport and Exercise*, 42, 8–15.
- Mosley, E., & Laborde, S. (2015). Performing with all my heart : heart rate variability and its relationship with personality-trait-like-individual-differences sous presseurized performance situations. In S. Walters (Ed.), *Heart rate variability: prognostic signifiante, risk factors and clinical applications* (pp. 45–60). Nova Publishers.
- Mouchet, A. (2003). *Caractérisation de la subjectivité dans les décisions tactiques des joueurs d'élite 1 en rugby*.
- Mouchet, A. (2005). Subjectivity in the articulation between strategy and tactics in team sports : an example in rugby. *Italian Journal of Sport Sciences*, 12(1), 24–33.
- Mouchet, A. (2014). Intelligence tactique en sports collectifs. In J.-F. Gréhaigne (Ed.), *L'intelligence tactique : des perceptions aux décision tactiques en sports collectifs* (pp. 55–72). Besançon : PUFC.
- Mouchet, A., & Bouthier, D. (2006). Prendre en compte la subjectivité des joueurs de rugby pour optimiser l ' intervention. [Take into account the subjectivity of rugby players to optimize the intervention.]. *Revue STAPS*, 72, 93–106.
- Musculus, L., Raab, M., Belling, P., & Lobinger, B. (2018). Linking self-efficacy and decision-making processes in developing soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 39, 72–80.
- Nabieh, A., & Mohamed, I. (2010). Anthropometric measurements as a significant for choosing Juniors in both volleyball and handball dports (factorial analysis study ). *World Journal of Sport Sciences*,

3(4), 277–289.

- Naqvi, N., Shiv, B., & Bechara, A. (2006). The role of emotion in decision making: A cognitive neuroscience perspective. *Current Directions in Psychological Science*, 15(5), 260–264.
- Natale, V., Alzani, A., & Cicogna, P. C. (2003). Cognitive efficiency and circadian typologies: A diurnal study. *Personality and Individual Differences*, 35(5), 1089–1105.
- Neil, R., Mellalieu, S., & Hanton, S. (2006). Psychological skills usage and the competitive anxiety response as a function of skill level in rugby union. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 415–423.
- Nimmerichter, A., Weber, N., Wirth, K., & Haller, A. (2015). Effects of video-based visual training on decision-making and reactive agility in adolescent football players. *Sports*, 4(1), 1.
- Ntoumanis, N. (2001). Empirical links between achievement goal theory and self-determination theory in sport. *Journal of Sports Sciences*, 19(6), 397–409.
- Nuño, A., Chiroso, I. J., Van Den Tillaar, R., Guisado, R., Martín, I., Martínez, I., & Chiroso, L. J. (2016). Effects of fatigue on throwing performance in experienced team handball players. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 103–113.
- O'Connor, D., Larkin, P., & Williams, A. M. (2017). What learning environments help improve decision-making? *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(6), 647–660.
- Pagé, C., Bernier, P. M., & Trempe, M. (2019). Using video simulations and virtual reality to improve decision-making skills in basketball. *Journal of Sports Sciences*, 37(21), 2403–2410.
- Parkin, B. L., & Walsh, V. (2017). Gunslingers, poker players, and chickens 2: Decision-making under physical performance pressure in subelite athletes. *Progress in Brain Research*, 234, 317–338.
- Parsons, B., Magill, T., Boucher, A., Zhang, M., Zogbo, K., Bérubé, S., Scheffer, O., Beaugregard, M., & Faubert, J. (2016). Enhancing cognitive function using perceptual-cognitive training. *Clinical EEG and Neuroscience*, 47(1), 37–47.
- Patel, R. K., & Choudhary, R. (2017). Prediction of goal keeper performance on the basis of coordinative abilities. *International Journal of Physical Education and Applied Exercise Sciences*, 2(2), 16–22.
- Pharamin, F. (2016). *Université de poitiers*. Thèse de doctorat, Université de Poitiers.
- Phillips, L. H., Bull, R., Adams, E., & Fraser, L. (2002). Positive mood and executive function : evidence from stroop and fluency tasks. *Emotion*, 2(1), 12–22.
- Pic, M. (2018). Performance and home advantage in handball. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 61–71.
- Plessner, H., Betsch, C., & Betsch, T. (2008). *Intuition in judgment and decision making*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Polman, R., Nicholls, A. R., Cohen, J., & Borkoles, E. (2007). The influence of game location and outcome on behavior and mood states among rugby league players. *Journal of Sports Sciences*, 25, 1491–1500.
- Poolton, J. M., Masters, R. S. W., & Maxwell, J. P. (2007). Passing thoughts on the evolutionary stability of implicit motor behaviour: Performance retention under physiological fatigue. *Consciousness and Cognition*, 16(2), 456–468.
- Prieto, J., Gómez, M.-A., & Sampaio, J. (2016). Game-scoring coordination in handball according to situational variables using time series analysis methods. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16, 40–52.
- Prieto, J., Sampaio, J., & Gómez, M.-A. (2015). A bibliometric review of the scientific production in handball [Revisão bibliométrica da produção científica no handebol]. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 15(3), 145–154.

- Proctor, R. W., & Schneider, D. W. (2017). Hick's law for choice reaction time: a review. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *218*, 1–56.
- Przednowek, K., Sliz, M., Lenik, J., Dziadek, B., Cieszkowski, S., Lenik, P., Kopec, D., Wardak, K., & Przednowek, K. (2019). Psychomotor abilities of professional handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(11), 1909–1920.
- Raab, M. (2002). T-ECHO: Model of decision making to explain behaviour in experiments and simulations under time pressure. *Psychology of Sport and Exercise*, *3*, 151–171.
- Raab, M. (2003a). Implicit and explicit learning of decision making in sports is affected by complexity of situation. *International Journal of Sport Psychology*, *1*, 310–337.
- Raab, M. (2003b). Implicit and explicit learning of decision making in sports is effected by complexity of situation. *International Journal of Sport Psychology*, *34*(4), 277–288.
- Raab, M. (2007). Think SMART, not hard - a review of teaching decision making in sport from an ecological rationality perspective. *Physical Education & Sport Pedagogy*, *12*(1), 1–22.
- Raab, M., Bar-Eli, M., Plessner, H., & Araújo, D. (2019). The past, present and future of research on judgment and decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, *42*, 25–32.
- Raab, M., De Oliveira, R. F., & Heinen, T. (2009). How do people perceive and generate options ? How do people perceive and generate options ? *Progress in Brain Research*, *174*, 49–59.
- Raab, M., & Johnson, J. G. (2007). Expertise-based differences in search and option-generation strategies. *Journal of Experimental Psychology*, *13*, 158–170.
- Raab, M., & Laborde, S. (2011). When to blink and when to think: preference for intuitive decisions results in faster and better tactical choices. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *82*, 1–10.
- Raya-González, J., Castillo, D., Yanci, J., & Arcos, A. L. (2020). Assessing the perceived exertion in elite soccer players during official matches according to situational factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(2), 410.
- Reitan, R. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, *8*, 271–276.
- Reynolds, S. (2015). *Fire up your writing brain: how to use proven neuroscience to become a more creative, productive, and successful writer*. Writer's Digest.
- Richardson, R. M. (2020). Decision making in epilepsy surgery. *Neurosurg Clin N Am*, *31*(3), 471–479.
- Ripoll, H. (2004). L'approche cognitive de traitement de l'information. In J. La Rue & H. Ripoll (Eds.), *Manuel de Psychologie du sport* (pp. 15–28). Revue EPS.
- Risko, E. F., Laidlas, K. E., Freeth, M., Foulsham, T., & Kingstone, A. (2012). Social attention with real versus reel stimuli: Toward an empirical approach to concerns about ecological validity. *Frontiers in Human Neuroscience*, *6*, 1–11.
- Robinson, P. E. (2014). *Foundation of sports coaching* (2nd ed.). Routledge.
- Robles, M. T. A., Collado-Mateo, D., Fernández-Espínola, C., Viera, E. C., & Fuentes-Guerra, F. J. G. (2020). Effects of teaching games on decision making and skill execution: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(2), 505.
- Roca, A., Williams, A. M., & Ford, P. R. (2012). Developmental activities and the acquisition of superior anticipation and decision making in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *30*(15), 1643–1652.
- Romeas, T., Chaumillon, R., Labbé, D., & Faubert, J. (2019). Combining 3D-MOT with sport decision-making for perceptual-cognitive training in virtual reality. *Perceptual and Motor Skills*, *126*(5), 922–948.
- Ross, K. G., Shafer, J. L., & Klein, G. (2006). Professional judgments and naturalistic decision making. In

- K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp. 403–419). Cambridge University Press.
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., Bayios, I. A., & Boudolos, K. D. (2015). Self-paced and temporally constrained throwing performance by team- handball experts and novices without foreknowledge of target position. *Journal of Sports Science and Medicine, 14*, 41–46.
- Royal, K. a, Farrow, D., Mujika, I., Halson, S. L., Pyne, D., & Abernethy, B. (2006). The effects of fatigue on decision making and shooting skill performance in water polo players. *Journal of Sports Sciences, 24*(8), 807–815.
- Rulence-Pâques, P., Fruchart, E., Dru, V., & Mullet, E. (2005). Cognitive algebra in sport decision-making. *Theory and Decision, 58*, 387–406.
- Russell, S., Jenkins, D., Rynne, S., Halson, S. L., & Kelly, V. (2019). What is mental fatigue in elite sport? Perceptions from athletes and staff. *European Journal of Sport Science, 19*(10), 1367–1376.
- Russell, S., Jenkins, D., Smith, M., Halson, S., & Kelly, V. (2019). The application of mental fatigue research to elite team sport performance: new perspectives. *Journal of Science and Medicine in Sport, 22*(6), 723–728.
- Salas, Eduardo, Rosen, M. A., Burke, C. S., Goodwin, G. F., & Fiore, S. M. (2006). The making of a dream team : when expert teams do best. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. (pp. 439–453). Cambridge University Press.
- Salthouse, T. A. (2005). Relations between cognitive abilities and measures of executive functioning. *Neuropsychology, 19*, 532–545.
- Sarmiento, H., Figueiredo, A., Lago-Peñas, C., Milanovic, Z., Barbosa, A., Tadeu, P., & Bradley, P. S. (2018). Influence of tactical and situational variables on offensive sequences during elite football matches. *Journal of Strength and Conditioning Research, 32*(8), 2331–2339.
- Saury, J., Durand, M., & Theureau, J. (1997). L'action d'un entraîneur expert en voile en situation de compétition : étude de cas. Contribution à une analyse ergonomique de l'entraînement. *Science & Motricité, 31*, 21–35.
- Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., Van der Kamp, J., & Ward, P. (2010). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences, 20*(3), 279–287.
- Schack, T., & Mechsner, F. (2006). Representation of motor skills in human long-term memory. *NeuroScience Letters, 391*(1), 77–81.
- Schaefer, S. (2014). The ecological approach to cognitive-motor dual-tasking: findings on the effects of expertise and age. *Frontiers in Psychology, 5*, 1–9.
- Schapschröer, M., Baker, J., & Schorer, J. (2016a). Effects of domain-specific exercise load on speed and accuracy of a domain-specific perceptual-cognitive task. *Human Movement Science, 48*, 121–131.
- Schapschröer, M., Baker, J., & Schorer, J. (2016b). Exploring the interaction of physical exercise load and pattern recall performance in female handball players. *Experimental Brain Research, 234*, 1713–1723.
- Scharfen, H. E., & Memmert, D. (2019a). Measurement of cognitive functions in experts and elite - athletes : a meta - analytic review. *Applied Cognitive Psychology, 33*(5), 843–860.
- Scharfen, H. E., & Memmert, D. (2019b). The relationship between cognitive functions and sport-specific motor skills in elite youth soccer players. *Frontiers in Psychology, 10*, 817.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. (R. A. Schmidt (ed.); 4th ed.). Human Kinetics.

- Sève, C., Bourbousson, J., Poizat, G., & Saury, J. (2009). Cognition et performance collectives en sport [Cognition and collective performance in sport]. *Intellectica*, 52(2), 1–25.
- Smilek, D., Birmingham, E., Cameron, D., Bischof, W., & Kingstone, A. (2006). Cognitive Ethology and exploring attention in real-world scenes. *Brain Research*, 1080(1), 101–119.
- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(2), 267–276.
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., & Coutts, A. J. (2018). Mental fatigue and soccer: current knowledge and future directions. *Sports Medicine*, 48(7), 1525–1532.
- Smith, M. R., Zeuwts, L., Lenoir, M., Hens, N., De Jong, L. M. S., & Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. *Journal of Sports Sciences*, 34(14).
- Souchon, N., Cabagno, G., Traclet, A., Trouilloud, D., & Maio, G. (2009). Referees' use of heuristics : the moderating impact of standard of competition. *Journal of Sports Sciences*, 27(7), 695–700.
- Spamer, E. J. (2009). Talent identification and development in youth rugby players: A research review. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 31(2), 109–118.
- Staufenbiel, K., Lobinger, B., & Strauss, B. (2015). Home advantage in soccer – A matter of expectations, goal setting and tactical decisions of coaches? *Journal of Sports Sciences*, 33(18), 1932–1941.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662.
- Suchman, L. (1987). *Plans and situated action*. Cambridge University Press.
- Swann, C., Crust, L., & Vella, S. A. (2017). New directions in the psychology of optimal performance in sport: Flow and clutch states. *Current Opinion in Psychology*, 16, 48–53.
- Swann, C., Keegan, R. J., Crust, L., & Piggott, D. (2016). Psychological states underlying excellent performance in professional golfers: "Letting it happen" vs. "Making it happen." *Psychology of Sport and Exercise*, 23, 101–113.
- Swann, C., Moran, A., & Piggott, D. (2015). Defining elite athletes: Issues in the study of expert performance in sport psychology. *Psychology of Sport and Exercise*, 16(1), 3–14.
- Sweeting, A. J., Cormack, S. J., Morgan, S., & Aughey, R. J. (2017). When is a sprint a sprint? A review of the analysis of team-sport athlete activity profile. *Frontiers in Physiology*, 8, 1–12.
- Szczyplińska, M., & Mikicin, M. (2019). Original article does attention training induce any changes in the level of the selected cognitive processes in handball players. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(4), 1445–1452.
- Taelman, R. (2015). *Les 100 plus grands sportifs de tous les temps. De Jesse Owens à Lionel Messi [The greatest sportsmen of all time. From Jesse Owens to Lionel Messi]*. Primento.
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(12), 2533–2551.
- Temprado, J. J., & Famose, J. P. (1993). Analyse de la difficulté informationnelle et description des tâches motrices. In J. P. Famose (Ed.), *Cognition et performance* (pp. 165–182). INSEP Publications.
- Tenenbaum, G., & Bar-Eli, M. (1993). Decision making in sport: a cognitive perspective. In M. Murphey, S. N. Singer, & L. K. Tennant (Eds.), *Handbook of research on sport psychology* (pp. 171–192). Macmillan Publishing Co. Inc.
- Tenenbaum, G., Kolker, N. L., Bar-Eli, M., & Weinberg, R. (1994). Information recall of younger and older skilled athletes : The role of display complexity, attentional resources and visual exposure duration. *Journal of Sport Sciences*, 12, 529–534.

- Tenenbaum, G., Yuval, R., Elbaz, G., Bar-Eli, M., & Weinberg, R. (1993). The relationship between cognitive characteristics and decision making. *Canadian Journal of Applied Physiology, 18*, 48–62.
- Thelwell, R. C., Weston, N. J., Lane, A. M., & Greenlees, I. A. (2006). Relation of game location and experience on mood states. *Perceptual and Motor Skills, 102*(1), 157–162.
- Theureau, J. (1992). *Le cours d'action: analyse sémiologique. essai d'une anthropologie cognitive située*. Peter Lang.
- Theureau, J. (2006). *Le cours d'action: Méthode développée [Course of action: developed method]*. Octares.
- Thomson, K., Watt, A., & Liukkonen, J. (2009). Differences in ball sports athletes speed discrimination skills before and after exercise induced fatigue. *Journal of Sports Science and Medicine, 8*(2), 259–264.
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2017). Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: implications for practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 12*, 27–34.
- Tomprowski, P. D. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica, 112*(3), 297–324.
- Tomprowski, P. D., & Pesce Anzeneder, C. (2019). Exercise, sports and performance arts benefit cognition via common process. *Psychological Bulletin, 145*(9), 929–951.
- Triolet, C., Benguigui, N., Le Runigo, C., & Williams, M. (2013). Quantifying the nature of anticipation in professional tennis. *Journal of Sports Sciences, 31*(8), 820–830.
- Tseng, B. Y., & Kluding, P. (2009). The relationship between fatigue, aerobic fitness, and motor control, in people with chronic stroke. A pilot study. *Journal of Geriatric Physical Therapy, 32*(3), 91–102.
- Tzetzis, G., Votsis, E., & Kourtessis, T. (2008). The effect of different corrective feedback methods on the outcome and self confidence of young athletes. *Journal of Sports Science and Medicine, 7*(3), 371–378.
- Uttl, B., & Graf, P. (1997). Color-Word Stroop Test performance across adult life span. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 19*(3), 405–420.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Mazyn, L., & Philippaerts, R. M. (2007). The effects of task constraints on visual search behavior and decision-making skill in youth soccer players. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 29*(2), 147–169.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Mazyn, L., & Philippaerts, R. M. (2016). The effects of task constraints on visual search behavior and decision-making skill in youth soccer players. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 29*(2), 147–169.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2007). Mechanisms underpinning successful decision making in skilled youth soccer players: An analysis of visual search behaviors. *Journal of Motor Behavior, 39*(5), 395–408.
- Van der Linden, D., Frese, M., & Meijman, T. F. (2003). Mental fatigue and cognitive control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. *Acta Psychologica, 113*(1), 45–65.
- Van Maarseveen, M. J. J., Oudejans, R. R. D., Mann, D. L., & Savelsbergh, G. J. P. (2018). Perceptual-cognitive skill and the in situ performance of soccer players. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 71*(2), 455–470.
- Van Maarseveen, M. J. J., Savelsbergh, G. J. P., & Oudejans, R. R. D. (2018). In situ examination of decision-making skills and gaze behaviour of basketball players. *Human Movement Science, 57*, 205–216.

- Vänttinen, T., Blomqvist, M., Luhtanen, P., & Häkkinen, K. (2010). Effects of age and soccer expertise on general tests of perceptual and motor performance among adolescent soccer players. *Perceptual and Motor Skills, 110*(3), 675–692.
- Vázquez-Diz, J. A., Morillo-Baro, J. P., Reigal, R. E., Morales-Sánchez, V., & Hernández-Mendo, A. (2019). Contextual factors and decision-making in the behavior of finalization in the positional attack in beach handball: Differences by gender through polar coordinates analysis. *Frontiers in Psychology, 10*, 1–12.
- Verburgh, L., Scherder, E. J. A., Van Lange, P. A. M., & Oosterlaan, J. (2014). Executive functioning in highly talented soccer players. *PLoS ONE, 9*(3), e91254.
- Verburgh, L., Scherder, E. J. A., Van Lange, P. A. M., & Oosterlaan, J. (2016). Do elite and amateur soccer players outperform non-athletes on neurocognitive functioning? A study among 8-12 year old children. *PLoS ONE, 11*(12), e0165741.
- Vermersch, P. (2000). Conscience directe et conscience réfléchie. [Direct consciousness and reflexive consciousness]. *Intellectica, 31*, 2036–2042.
- Vermersch, P. (2018). *The explicitation interview*. French original ESF 1994.
- Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PLoS ONE, 7*(4), e34731.
- Vestberg, T., Reinebo, G., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PLoS ONE, 12*(2), e0170845.
- Vickers, J. N. (2002). *Entraînement à la prise de Décision : Une nouvelle approche*. (Vickers, J). Coaches Association of British Columbia.
- Vickers, J. N., Reeves, M. A., Chambers, K. L., & Martell, S. (2004). Decision training : cognitive strategies for enhancing motor performance. In M. A. Williams & N. J. Hodges (Eds.), *Skill acquisition in sport : research, theory and practice* (pp. 103–120). Routledge.
- Vignais, N., Bideau, B., Craig, C., Brault, S., Multon, F., & Kulpa, R. (2009). Virtual environments for sport analysis : perception-action coupling in handball goalkeeping. *International Journal of Virtual Reality, 8*, 43–48.
- Vignais, N., Bideau, B., Kulpa, R., & Craig, C. (2010). Virtual thrower versus real goalkeeper : the influence of different visual conditions on performance. *Presence Teleoperators & Virtual Environments, 19*, 281–290.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., Correia, V., & Esteves, P. T. (2013). Spatial-temporal constraints on decision-making during shooting performance in the team sport of futsal. *Journal of Sports Sciences, 31*(8), 840–846.
- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes "Expert" in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology, 24*, 812–826.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball : a review. *Journal of Sports Science and Medicine, 13*, 808–816.
- Ward, P., & Eccles, D. W. (2006). A commentary on "team cognition and expert teams: Emerging insights into performance for exceptional teams." *International Journal of Sport and Exercise Psychology, 4*(4), 463–483.
- Ward, P., & Williams, A. M. (2003). Perceptual and cognitive skill development in soccer: The multidimensional nature of expert performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 25*(1), 93–111.



- Weigel, P., Raab, M., & Wollny, R. (2015). Tactical Decision Making in Team Sports - A Model of Cognitive Processes. *International Journal of Sports Science, 5*(4), 128–138.
- West, R., & Alain, C. (2003). Age-related decline in inhibitory control contributes to the increased Stroop effect observed in older adults. *Psychophysiology, 37*(2), 179–189.
- Whyte, E. F., Richter, C., O'Connor, S., & Moran, K. A. (2017). The effect of high intensity exercise and anticipation on trunk and lower limb biomechanics during a crossover cutting manoeuvre. *Journal of Sports Sciences, 36*, 889–890.
- Williams, A. M., & Davids, K. (1995). Declarative knowledge in sport: a by-product of experience or a characteristic of expertise? *Journal of Sport & Exercise Psychology, 17*, 259–275.
- Williams, A. M., Davids, K., & Williams, J. G. (1999). *Visual Perception & action in Sport* (1st ed.). Routledge.
- Williams, A. M., & Ford, P. R. (2008). Expertise and expert performance in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 1*(1), 4–18.
- Williams, A. M., Ford, P. R., Eccles, D. W., & Ward, P. (2011). Perceptual-cognitive expertise in sport and its acquisition : implications for applied cognitive psychology. *Applied Cognitive Psychology, 25*, 432–442.
- Williams, A. M., & Jackson, R. C. (2019). Anticipation in sport: Fifty years on, what have we learned and what research still needs to be undertaken? *Psychology of Sport and Exercise, 42*, 16–24.
- Williams, A. M., Janelle, C. M., & Davids, K. (2004). Constraints on the search for visual information in sport. *International Journal of Sport and Exercise Psychology, 2*, 301–318.
- Williams, A. M., & Ward, P. (2007). Anticipation and decision making : exploring new horizons. In R. C. Eklund & G. Tenenbaum (Eds.), *Sport Expertise* (pp. 203–223). John Wiley & Sons.
- Williams, A. M., Ward, P., Bell-Walker, J., & Ford, P. R. (2012). Perceptual-cognitive expertise, practice history profiles and recall performance in soccer. *British Journal of Psychology, 103*(3), 393–411.
- Williams, A. M., Ward, P., Knowles, J. M., & Smeeton, N. J. (2002). Anticipation skill in a real-world task: Measurement, training, and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 8*(4), 259–270.
- Williams, J., & Krane, V. (2015). *Applied sport psychology : personal growth to peak performance* (7th ed.). Routledge.
- Woods, A. J., Kranjec, A., Lehet, M., & Chatterjee, A. (2015). Expertise and decision-making in American football. *Frontiers in Psychology, 6*, 1–8.
- Woods, C. T., Raynor, A. J., Bruce, L., & McDonald, Z. (2016). Discriminating talent-identified junior Australian football players using a video decision-making task. *Journal of Sports Sciences, 34*(4), 342–347.
- Wright, T., Blakely, D. P., & Boot, W. R. (2012). The effects of action video game play on vision and attention. In Gackenbach (Ed.), *Video Game Play and Consciousness* (pp. 65–82). Nova Science.
- Yaaron, M., Tenenbaum, G., Zakay, D., & Bar-Eli, M. (1997). The relationship between age and level of skill and decisionmaking in basketball. In R. Lidor & M. Bar-Eli (Eds.), *Innovations in sport psychology: Linking theory and practice* (pp. 768–770). Wingate Institute for Physical Education and Sport.
- Yates, J. F., & Tschirhart, M. D. (2006). Decision-making expertise. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp. 421–438). Cambridge University Press.
- Zoudji, B., Debû, B., & Thon, B. (2002). Caractéristiques fonctionnelles du système mnémorique des

- experts et des novices dans les pratiques sportives à dominante décisionnelle. *Science & Motricité*, 47, 9–39.
- Zoudji, B., Thon, B., & Debû, B. (2010). Efficiency of the mnemonic system of expert soccer players under overload of the working memory in a simulated decision-making task. *Psychology of Sport and Exercise*, 11, 18–26.
- Zurek, M., Comi, S., Cicchella, A., & Roi, G. S. (2015). Simple and complex reaction time at visual stimulation, before and after a rehabilitation after knee surgery in football players. *International Conference on Sports Rehabilitation and Traumatology*.
- Zwierko, T. (2007). Differences in peripheral perception between athletes and nonathletes. *Journal of Human Kinetics*, 19, 53–62.
- Zwierko, T., Florkiewicz, E. B., & Fogtman, D. S. (2014). The ability to maintain attention during visuomotor task performance in handball players and non-athletes. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 7(3), 99–106.



# Liste des figures

|   |     |
|---|-----|
| Figure 1. Symbolisation des deux approches théoriques. ....   | 30  |
| Figure 2. Représentation des méthodes utilisées par l'approche cognitive .....  | 31  |
| Figure 3. Le modèle RPD (adaptation de Klein, 1997) .....   | 34  |
| Figure 4. Représentation des méthodes utilisées par l'approche naturaliste .....  | 35  |
| Figure 5. Synthèse des caractéristiques de l'environnement complexe et dynamique en sport collectif. ....   | 41  |
| Figure 6. Synthèse des composantes d'une prise de décision.....   | 43  |
| Figure 7. Description schématique et simplifiée de l'influence des contraintes contextuelles sur la prise de décision chez l'expert .....                       | 48  |
| Figure 8. Description schématique des facteurs situationnels .....  | 49  |
| Figure 9. Modèle conceptuel décrivant les mécanismes de la fatigue mentale au football. Adapté de Smith et collaborateurs (2018). ....                          | 56  |
| Figure 10 : Illustration d'un essai de tâche 3D-MOT.....  | 57  |
| Figure 11. Footbonaut (à gauche) et Helix (à droite).....   | 58  |
| Figure 12. PRISMA guidelines .....  | 74  |
| Figure 13. Comparaison entre les groupes ELITE et NON-ELITE sur les tâches spécifiques.....   | 109 |
| Figure 14. Loi de Hick (Hick, 1952).....  | 116 |
| Figure 15. Exemple de profil POMS .....   | 123 |
| Figure 16. Description des burpees .....  | 124 |
| Figure 17. Échelle de Borg simplifiée .....   | 124 |
| Figure 18. Déroulé du protocole .....   | 125 |
| Figure 19. Comparaison du temps de réaction sur les trois tâches entre les tests pré-effort et post-effort. ....  | 128 |
| Figure 20. Comparaison du score pour la tâche droite/gauche et la tâche spécifique handball entre les tests pré-effort et post-effort. ....                     | 129 |
| Figure 21. Déroulé du protocole.....  | 135 |
| Figure 22. Comparaison du temps de réaction sur les trois tâches entre les tests pré-stage et post-stage. ....  | 137 |
| Figure 23. Comparaison du score pour la tâche droite/gauche et la tâche spécifique handball entre les tests pré-stage et post-stage. ....                       | 138 |
| Figure 24. Principaux résultats de nos études sur l'influence de l'expertise sur le temps de réaction non spécifique (en ms) .....                              | 146 |
| Figure 25. Principaux résultats de nos études sur l'influence de l'expertise sur le temps de réaction spécifique (test avec images handball), temps en ms ..... | 146 |
| Figure 26. Principaux résultats de nos études sur l'influence de la fatigue sur le temps de réaction .....  | 149 |

# Liste des tableaux

|  |     |
|--|-----|
| Tableau 1. D'après Swann, Moran et Piggott (2015). Synthèse des modèles trouvés dans la littérature pour classer la validité d'échantillons d'experts en sport. .... | 45  |
| Table 2. Inter-rater agreement.....  | 76  |
| Table 3. Studies based one the cognitive approach. ....  | 77  |
| Table 4. Studies based one the naturalistic approach.....  | 82  |
| Tableau 5. Comparaison entre les groupes ELITE et NON-ELITE sur les taches de Stroop (SCWT) et Trail Making Test (TMT) .....   | 101 |
| Tableau 6. Comparaison entre les joueurs ELITE et NON-ELITE sur les taches de reaction effectuées avec le Fit Light Trainer. ....                                    | 105 |
| Tableau 7. Comparaison entre les groupes ELITE et NON-ELITE sur les taches de reaction spécifiques. ....   | 108 |
| Tableau 8. Description des participants de l'étude n°4.....  | 111 |
| Tableau 9. Comparaison des joueurs adolescents ELITE et NON-ELITE lors de la tâche spécifique. ....  | 112 |
| Tableau 10. Comparaison pré et post-effort sur le test décisionnel pour une population adulte de niveau régional. ....   | 127 |
| Tableau 11. Analyse des corrélations entre les variables.....  | 128 |
| Tableau 12. Comparaison pré et post-stage sur le test décisionnel pour une population adolescente de niveau régional. ....   | 136 |
| Tableau 13. Analyse de corrélation entre les variables.....  | 136 |

# Annexes

## Annexe 1 : Questionnaire POMS

Le questionnaire du *Profile Moods Of State* est composé de 65 items évaluant sept états d'humeur passagers et fluctuant : anxiété-tension ; colère-hostilité ; confusion-perplexité ; dépression-découragement ; fatigue-inertie ; vigueur-activité ; relations interpersonnelles.

Lisez attentivement chaque mot et entourez le chiffre qui correspond le mieux à ce que vous avez éprouvé au cours de la semaine écoulée, aujourd'hui y compris. Les chiffres correspondent à l'échelle suivante : 0 pour « pas du tout », 1 pour « un peu », 2 pour modérément, 3 pour « beaucoup » et 4 pour « extrêmement ».

|    |                                |   |   |   |   |   |
|----|--------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1  | Amical                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2  | Tendu                          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3  | En colère                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4  | Lessivé                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5  | Malheureux                     | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6  | Les idées claires              | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7  | Plein de vie                   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8  | Confus                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9  | Plein de regrets               | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | Manque de confiance            | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11 | Apathique                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12 | Irrité                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13 | Attentionné vis-à-vis d'autrui | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14 | Triste                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15 | Actif                          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16 | Enervé                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 17 | Grognon                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18 | Cafardeux                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19 | Energique                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20 | Paniqué                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21 | Sans espoir                    | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 22 | Détendu                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 23 | Indigne                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 24 | Rancunier                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 25 | Compréhensif                   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 26 | Mal à l'aise                   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 27 | Agité                          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 28 | Incapable de concentration     | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 29 | Fatigué                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 30 | Aidant                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 31 | Contrarié                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 32 | Découragé                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 33 | Plein de ressentiment          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 34 | Nerveux                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 35 | Seul                           | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 36 | Minable                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 37 | La pensée embrouillée          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 38 | Joyeux                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 39 | Amer                           | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 40 | Epuisé                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 41 | Anxieux                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 42 | Combatif                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 43 | Aimable                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 44 | Lugubre                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 45 | Désespéré                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 46 | Léthargique                    | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 47 | Révolté                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 48 | Impuissant                     | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 49 | Las                            | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 50 | Perplexe                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 51 | Alerte                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 52 | Trompé                         | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 53 | Furieux                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 54 | Efficace                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 55 | Confiant                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 56 | Plein d'énergie                | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 57 | De mauvaise humeur             | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 58 | Sans valeur                    | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 59 | Négligeant                     | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 60 | Insouciant                     | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 61 | Terrifié                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 62 | Coupable                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 63 | Vigoureux                      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 64 | Hésitant                       | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 65 | Exténué                        | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

## Annexe 2 : Trail Making Test

### Trail Making Test (TMT) Parts A & B

#### Instructions:

Both parts of the Trail Making Test consist of 25 circles distributed over a sheet of paper. In Part A, the circles are numbered 1 – 25, and the patient should draw lines to connect the numbers in ascending order. In Part B, the circles include both numbers (1 – 13) and letters (A – L); as in Part A, the patient draws lines to connect the circles in an ascending pattern, but with the added task of alternating between the numbers and letters (i.e., 1-A-2-B-3-C, etc.). The patient should be instructed to connect the circles as quickly as possible, without lifting the pen or pencil from the paper. Time the patient as he or she connects the "trail." If the patient makes an error, point it out immediately and allow the patient to correct it. Errors affect the patient's score only in that the correction of errors is included in the completion time for the task. It is unnecessary to continue the test if the patient has not completed both parts after five minutes have elapsed.

Step 1: Give the patient a copy of the Trail Making Test Part A worksheet and a pen or pencil.

Step 2: Demonstrate the test to the patient using the sample sheet (Trail Making Part A – *SAMPLE*).

Step 3: Time the patient as he or she follows the "trail" made by the numbers on the test.

Step 4: Record the time.

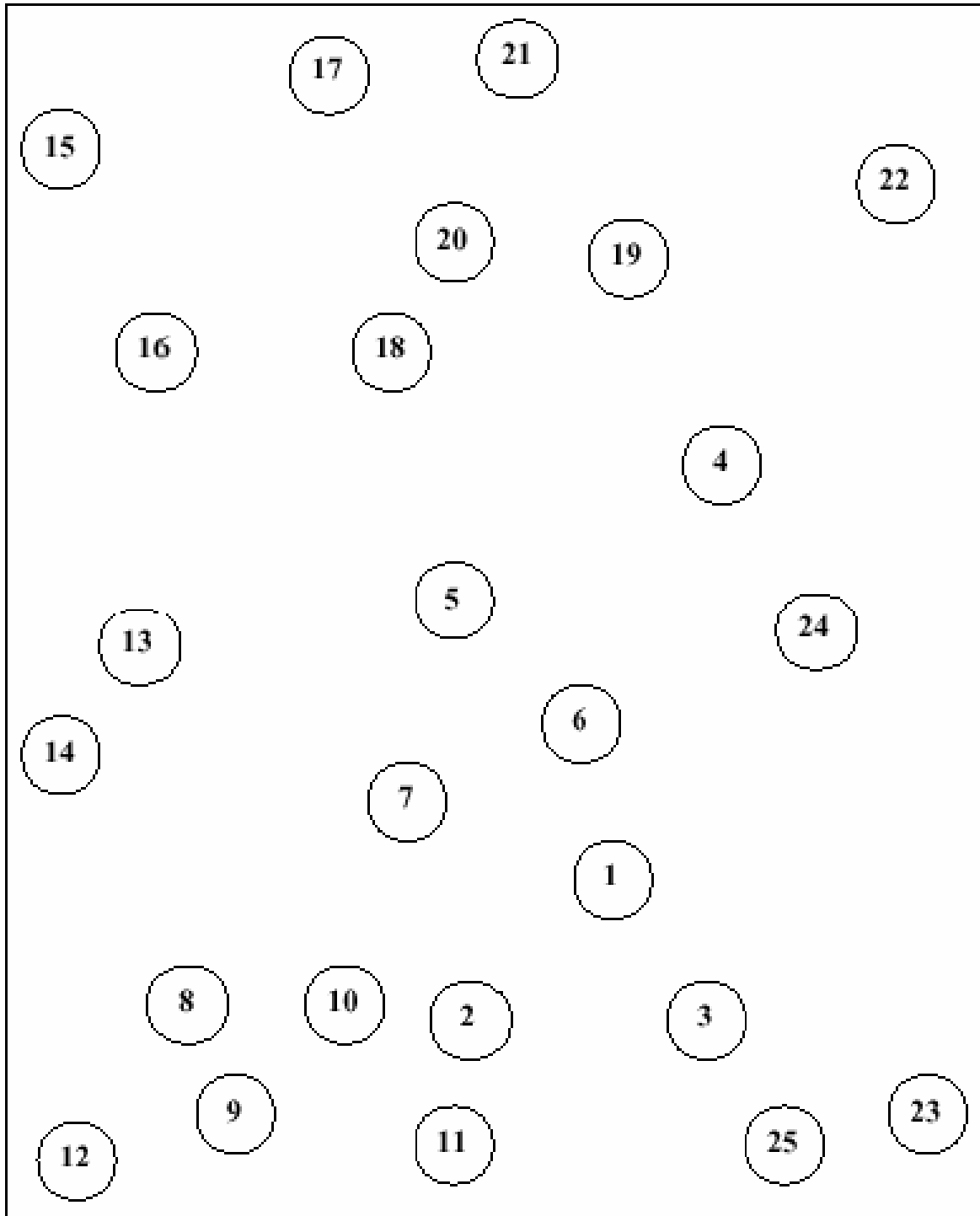
Step 5: Repeat the procedure for Trail Making Test Part B.

#### Scoring:

Results for both TMT A and B are reported as the number of seconds required to complete the task; therefore, higher scores reveal greater impairment.

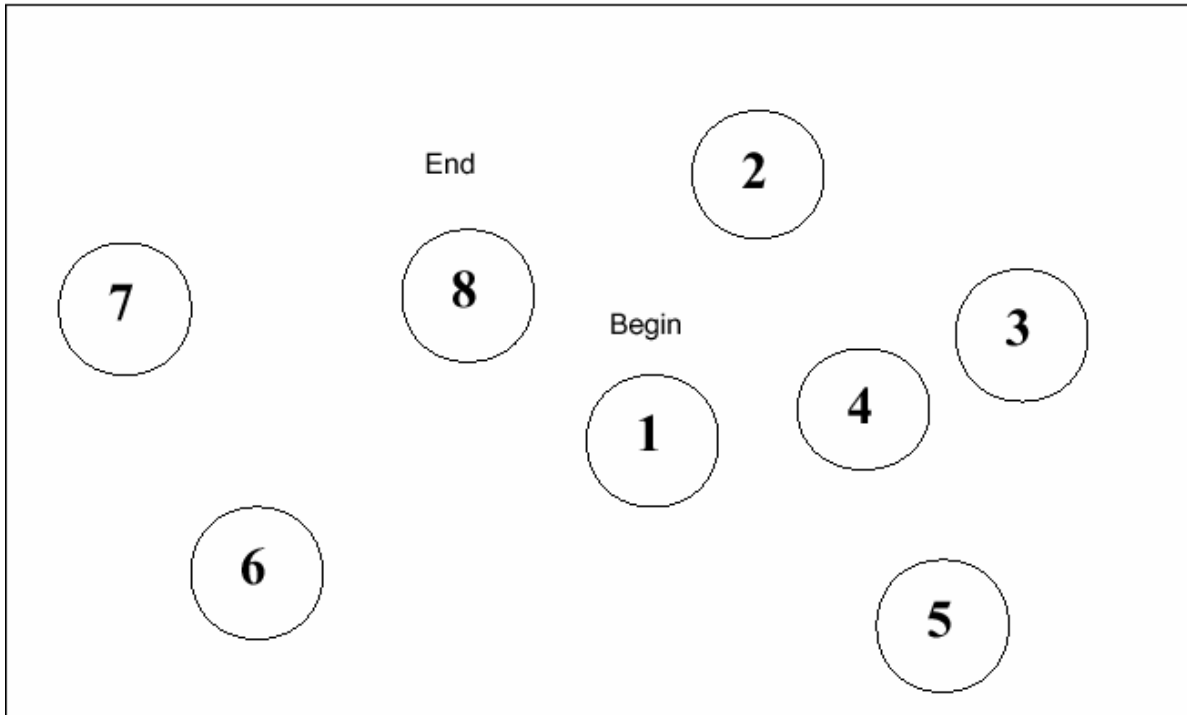
|                | <b>Average</b> | <b>Deficient</b> | <b>Rule of Thumb</b> |
|----------------|----------------|------------------|----------------------|
| <b>Trail A</b> | 29 seconds     | > 78 seconds     | Most in 90 seconds   |
| <b>Trail B</b> | 75 seconds     | > 273 seconds    | Most in 3 minutes    |

## Trail Making Test Part A

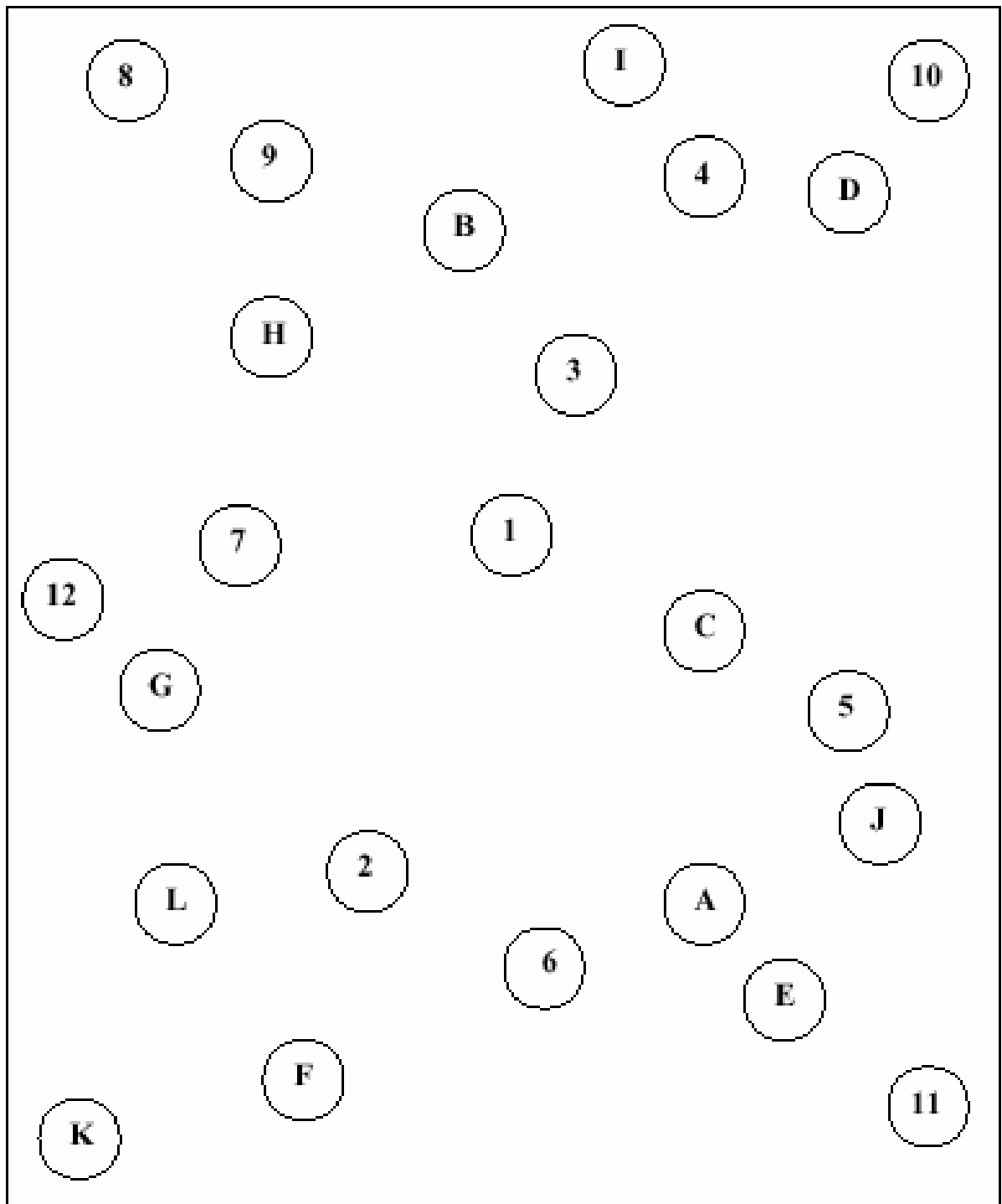




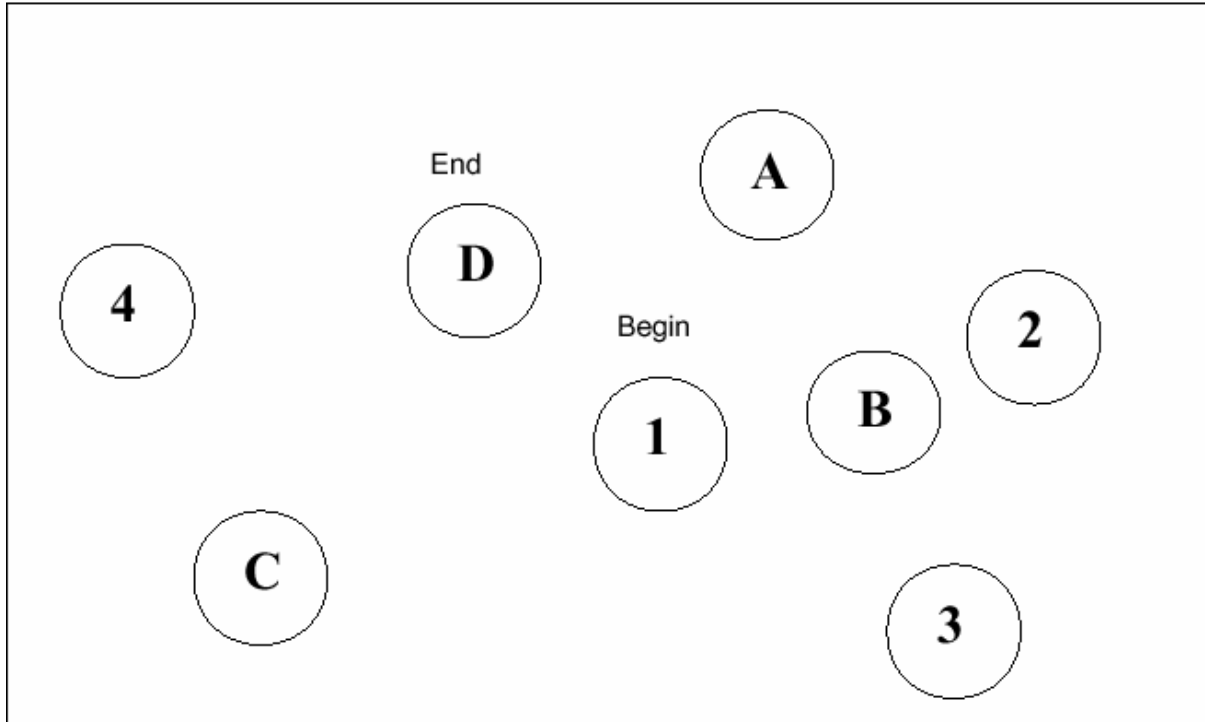
## Trail Making Test Part A – *SAMPLE*



## Trail Making Test Part B

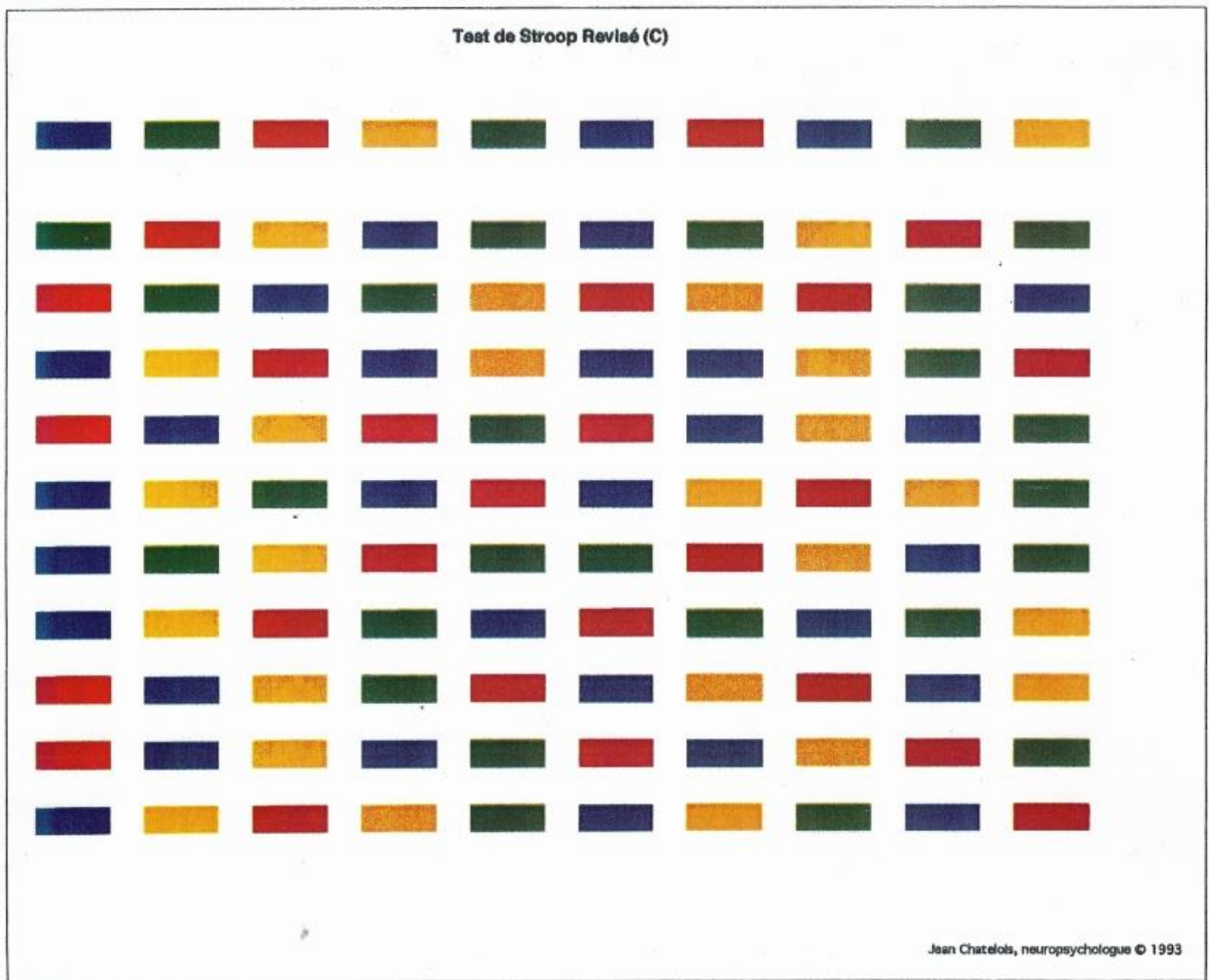


## Trail Making Test Part B – *SAMPLE*



### Annexe 3 : Stroop Color Word Test

#### Tâche de Stroop 1



## Tâche de Stroop 2

**Test de Stroop Révisé (M)**

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BLEU  | VERT  | ROUGE | JAUNE | BLEU  | VERT  | JAUNE | ROUGE | JAUNE | BLEU  |
| ROUGE | VERT  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  | ROUGE | JAUNE | BLEU  | VERT  |
| BLEU  | JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | ROUGE | VERT  | BLEU  | VERT  | JAUNE |
| ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  | ROUGE | VERT  | JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE |
| ROUGE | BLEU  | JAUNE | BLEU  | VERT  | ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | JAUNE | VERT  | BLEU  | JAUNE | VERT  | BLEU  | ROUGE |
| VERT  | ROUGE | JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | VERT  | JAUNE | ROUGE | VERT  |
| ROUGE | VERT  | BLEU  | VERT  | JAUNE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  | ROUGE |
| ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | ROUGE | BLEU  | JAUNE | BLEU  | VERT  |
| BLEU  | JAUNE | VERT  | BLEU  | ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | JAUNE | VERT  |

Jean Chatelais, neuropsychologue © 1993

### Tâche de Stroop 3

Test de Stroop Révisé (I)

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| VERT  | BLEU  | ROUGE | JAUNE | BLEU  | VERT  | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | ROUGE | ROUGE |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | BLEU  | VERT  | JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | ROUGE |
| JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | ROUGE | JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  |
| ROUGE | JAUNE | VERT  | ROUGE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  |
| JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  | ROUGE | BLEU  | JAUNE | BLEU  | VERT  |
| JAUNE | ROUGE | VERT  | ROUGE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  |
| BLEU  | JAUNE | VERT  | BLEU  | ROUGE | ROUGE | JAUNE | BLEU  | BLEU  | VERT  |
| ROUGE | JAUNE | BLEU  | JAUNE | VERT  | JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | ROUGE |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  | ROUGE | JAUNE | VERT  | ROUGE | ROUGE |
| ROUGE | JAUNE | BLEU  | BLEU  | VERT  | JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  |

Jean Chatelais, neuropsychologue © 1993

# Tâche de Stroop 4

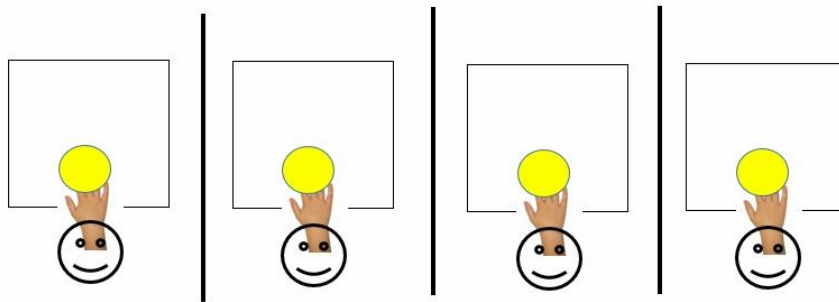
Test de Stroop Revisé (F)

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| VERT  | BLEU  | ROUGE | JAUNE | BLEU  | VERT  | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | ROUGE | ROUGE |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | BLEU  | VERT  | JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | ROUGE |
| JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | ROUGE | JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  |
| ROUGE | JAUNE | VERT  | ROUGE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  |
| JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  | ROUGE | BLEU  | JAUNE | BLEU  | VERT  |
| JAUNE | ROUGE | VERT  | ROUGE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  |
| BLEU  | JAUNE | VERT  | BLEU  | ROUGE | ROUGE | JAUNE | BLEU  | BLEU  | VERT  |
| ROUGE | JAUNE | BLEU  | JAUNE | VERT  | JAUNE | BLEU  | VERT  | BLEU  | ROUGE |
| BLEU  | JAUNE | ROUGE | VERT  | BLEU  | ROUGE | JAUNE | VERT  | ROUGE | ROUGE |
| ROUGE | JAUNE | BLEU  | BLEU  | VERT  | JAUNE | ROUGE | BLEU  | JAUNE | VERT  |

Jean Chatelais, neuropsychologue © 1993

## Annexe 4 : Protocole pour les test FIT LIGHT

### 1) Test simple de réactivité



#### Organisation

Sujet assis. 1 Boitier. Main dominante, l'autre posée sur sa jambe.

4 sujets en même temps

Le boitier N°1 est placé juste devant chaque sujet sur une table.

Les sujets ne doivent pas se voir, et ne pas être sur la même table (pour éviter les vibrations qui influent sur un autre boitier).

Le boitier N°1 s'allume avec un délai aléatoire (entre 0 et 2s). Il faut taper sur le boitier pour l'éteindre.

On indique au sujet que le délai peut aller jusqu'à 5s pour ne pas qu'il anticipe son mouvement.

Il y a 30 lumières à éteindre.

#### Test

6 allumages, avec comme délais 1.5 / 0.6 / 1 / 0.5 / 0.4 / 1.2 sec.

#### Séquence

Délais =>

Bloc N°1 = 0.5/1.2/1.4/0.8/2-0.4/1.5/1.2/1.8/0.5-0.9/1.4/1.7/0.3/1

Bloc N°2 = 1.6/0.7/0.7/1/0.2-0.9/1.3/1.7/2/0.5-0.9/0.8/1.2/1.4/1.8

#### Consignes

Vous avez un seul boitier devant vous. Vous gardez la main au-dessus du boitier constamment.

Dès que la lumière jaune s'allume, il faut taper sur le boitier pour l'éteindre le plus vite possible. Le délai est variable.

Il y a 30 fois la lumière à éteindre.

On va faire un échauffement sur 6 allumages. Etes-vous prêts ? Attention, Top !

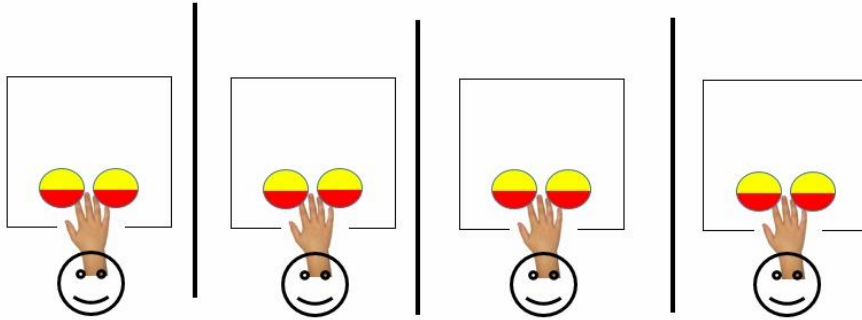
On est partis sur les 30 allumages. Attention, top !

#### Faire attention à

- Risques de vibrations sur une table
- Position équivalente et confortable pour tous



## 2) Test de réactivité avec choix



### Organisation

Sujet assis. 2 Boitiers. Main dominante, l'autre posée sur sa jambe.

Les 2 boitiers s'allument en même temps, il faut taper sur le boitier qui s'allume en jaune.

Le délai entre chaque allumage est variable.

Il y a 30 lumières jaunes à éteindre.

### Test

Eteindre 6 fois le boitier allumé en jaune (G=Gauche ; D=Droite)

G/D/G/G/D/D

1.5/1.4/0.8/1.4/1.6/0.4

### Séquence

Bloc N°1 = G/D/G/G/D-G/G/G/D/G-D/D/G/D/D

1.5/0.7/1/1.8/0.6-1/2/1.4/0.6/0.9-1.4/0.7/1.8/1.1/1.6

Bloc N°2 = G/D/G/D/D-G/G/G/G/D-D/G/D/D/D

0.5/0.2/1.7/1.1/1.4-1/2/1.5/0.4/0.9-1.2/0.4/1.5/0.6/1.3

### Consignes

On passe au 2<sup>ème</sup> test. Vous avez 2 boitiers devant vous.

Vous placez votre main entre les 2 boitiers, sans bouger les boitiers.

Les 2 boitiers s'allument en même temps, l'un s'allume en jaune, l'autre en bleu. Vous devez éteindre uniquement le boitier qui s'allume en jaune, toujours le plus vite possible, et toujours en tapant sur le boitier.

Il y a 30 fois la lumière jaune à éteindre.

Si vous vous trompez de lumière, vous passez quand même à la suite. Mais il faut être capable de donner le nombre d'erreurs à la fin.

On va faire un échauffement sur 6 allumages. Etes-vous prêts ? Attention, Top !

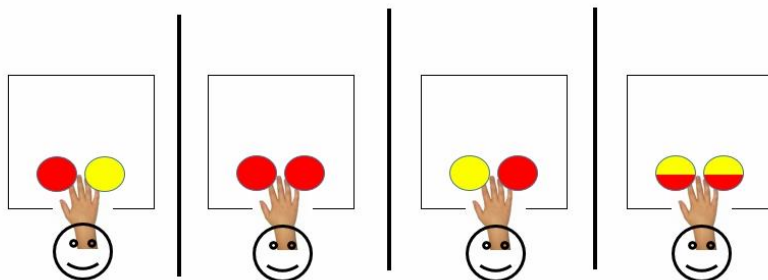
On est partis sur les 30 allumages. Attention, top !

### Faire attention à

Risques de vibrations sur une table

Position équivalente et confortable pour tous

### 3) Test de réactivité avec choix + GONOGO



#### Organisation

Sujet assis. 2 Boitiers. Main dominante, l'autre posée sur sa jambe. Les 2 boitiers s'allument en même temps, il faut taper uniquement sur le boitier qui s'allume en jaune.

3 possibilités : Le boitier de gauche en jaune, le droit en rouge / l'inverse / les 2 en rouges.

Ne pas taper lorsque les 2 boitiers s'allument rouge. Le délai entre chaque allumage est variable. Il y a 30 lumières jaunes à éteindre, pour un total de 45 allumages.

#### Test

Eteindre 6 fois le boitier qui s'allume en jaune, sur 8 passages.

G/§/G/D/§/D/G/D - 1.5/1/1/1.4/0.9/1.7/1.4/0.5

#### Séquence

30 lumières à éteindre + 15 rouges

Bloc N°1 = D/§/G/§/G-G/§/D/G/§-D/§/D/D/G (5G, 5D, 5§)

1.5/0.8/1.2/1.6/1.4-0.5/0.8/0.6/0.8/1-1.1/0.4/0.8/1.4/1.2

Bloc N°2 = G/G/D/§/G-D/§/D/§/G-§/D/G/§/D (5G, 5D, 5§)

1.5/0.3/1.4/1/1-1.1/1.2/0.7/0.6/1.3-0.5/0.7/1.5/1.2/1.6

Bloc N°3 = §/G/D/§/G-G/D/§/G/D-§/G/§/D/D (5G, 5D, 5§)

2 /0.3/1.8/1.5/1.1-1.6/1.4/0.5/1.4/0.8-1/1/1.3/1.5/0.7

#### Consignes

On passe au 3<sup>ème</sup> test. Vous avez 2 boitiers devant vous.

Vous placez votre main entre les 2 boitiers, sans bouger les boitiers.

Les 2 boitiers s'allument en même temps, mais peuvent s'allumer en jaune ou en rouge.

Lorsque l'un des 2 boitiers s'allume en jaune, il faut taper dessus pour l'éteindre. Si les 2 boitiers s'allument rouge, il ne faut en éteindre aucun. Les 2 boitiers ne peuvent pas s'allumer en jaune en même temps.

Il y a 30 fois la lumière jaune à éteindre.

Si vous vous trompez en tapant sur le rouge, vous passez quand même à la suite. Mais il faut être capable de donner le nombre d'erreurs à la fin.

On va faire un échauffement sur 6 allumages. Etes-vous prêts ? Attention, Top !

On est partis sur les 30 allumages. Attention, top !

#### Faire attention à

Risques de vibrations sur une table

Position équivalente et confortable pour tous





**Titre :** Évaluation de la prise de décision dans un environnement complexe et dynamique : effets de l'expertise et de la fatigue au handball.

**Mots clés :** cognition, perception, attention, sports collectifs, fonctions exécutives, fatigue

**Résumé :** Notre travail de recherche s'inscrit dans la branche Psychologie du sport et Cognition. La prise de décision, dans un contexte dynamique et complexe, met en jeu des paramètres tels que la perception, la mémoire, le savoir, ou l'expérience. Les athlètes élite sont meilleurs que les novices dans leur capacité à percevoir les indices pertinents et agir en fonction pour s'adapter à l'environnement. Trois de nos études ont montré que cette supériorité des experts se traduisait, pour les adultes, dans la capacité à réagir à un signal, notamment lorsque la tâche était spécifique.

En revanche, la quatrième étude a révélé que ces différences ne se manifestaient pas chez les adolescents. Les deux dernières études ont cherché à évaluer l'influence d'un exercice intense chez l'adulte, et d'un enchaînement d'efforts chez l'adolescent, toujours sur la capacité à réagir face à une situation spécifique. Nous avons montré d'une part que la performance post-effort avait été améliorée chez l'adulte, et d'autre part que cette performance n'avait pas évolué chez l'adolescent après deux jours et demi de stage. Nous avons discuté l'importance d'étudier la prise de décision dans un contexte spécifique pour tenter de comprendre le lien entre la performance lors de tests cognitifs et la performance sur le terrain.

**Title :** Assessment of decision-making in an complex and dynamic environment : effects of expertise and fatigue in handball.

**Keywords :** cognition, perception, attention, team sports, executive functions, fatigue

**Abstract :** Our research work is included in Sport psychology and Cognition. Decision-making, in a dynamic and complex context, involves parameters such as perception, memory, knowledge or experience. Elite athletes are better than novices in their ability to perceive relevant cues and act on them to adapt to the environment. Three of our studies have shown that this expert superiority is reflected, for adults, in the ability to react to a signal, especially when the task was specific.

However, the fourth study revealed that these differences did not exist for adolescents. The last two studies sought to assess the influence of intense exercise in adults, and of a serie of training in adolescents, always on the ability to react to a specific situation. We showed on the one hand that post-exercise performance had been improved in adults, and on the other hand that this performance had not changed in adolescents after two days and half of training. We discussed the importance of studying decision making in a specific context in an attempt to understand the connection between performance on cognitive tests and performance on the field.