



BU bibliothèque Lyon 1

<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

ANNÉE 2018

N°133

***ETUDE DE L'ACTIVITE ET DE LA FATIGUE DES ARBITRES
CENTRAUX DU CHAMPIONNAT DE RUGBY PROFESSIONNEL
FRANCAIS (TOP 14) ; IMPACT SUR LEUR PERFORMANCE
COGNITIVE***

***ETUDE OBSERVATIONNELLE AU COURS DE 11 MATCHS DE
RUGBY PROFESSIONNEL DU CHAMPIONNAT DE TOP 14
LORS DE LA SAISON 2015-2016***

THESE D'EXERCICE EN MEDECINE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
Et soutenue publiquement le 12 juin 2018
En vue d'obtenir le titre de Docteur en Médecine

Par

DE L'ISLE Rémi
Né le 2 novembre 1988
A Villeneuve Saint Georges

Sous la direction du Docteur Jean-Philippe HAGER

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD – LYON 1

Président	Frédéric FLEURY
Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales	Pierre COCHAT
Directrice Générale des Services	Dominique MARCHAND
<u>Secteur Santé</u>	
UFR de Médecine Lyon Est	Doyen : Gilles RODE
UFR de Médecine Lyon Sud- Charles Mérieux	Doyen : Carole BURILLON
Institut des Sciences Pharmaceutiques Et Biologiques (ISPB)	Directrice : Christine VINCIGUERRA
UFR d'Odontologie	Directeur : Denis BOURGEOIS
Institut des Sciences et Techniques De Réadaptation (ISTR)	Directeur : Xavier PERROT
Département de Biologie Humaine	Directrice : Anne-Marie SCHOTT
<u>Secteur Sciences et Technologie</u>	
UFR de Sciences et Technologies	Directeur : Fabien de MARCHI
UFR de Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	Directeur : Yannick VANPOULLE
Polytech Lyon	Directeur : Emmanuel PERRIN
I.U.T.	Directeur : Christophe VITON
Institut des Sciences Financières Et Assurances (ISFA)	Directeur : Nicolas LEBOISNE
Observatoire de Lyon	Directrice : Isabelle DANIEL
Ecole Supérieure du Professorat Et de l'Education (ESPE)	Directeur : Alain MOUGNIOTTE

Faculté de Médecine Lyon Est Liste des enseignants 2016/2017

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Classe exceptionnelle Echelon 2

Blay	Jean-Yves	Cancérologie ; radiothérapie
Cochat	Pierre	Pédiatrie
Cordier	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
Etienne	Jérôme	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Gouillat	Christian	Chirurgie digestive
Guérin	Jean-François	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Mornex	Jean-François	Pneumologie ; addictologie
Ninet	Jacques	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
Philip	Thierry	Cancérologie ; radiothérapie
Ponchon	Thierry	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Revel	Didier	Radiologie et imagerie médicale
Rivoire	Michel	Cancérologie ; radiothérapie
Rudigoz	René-Charles	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Thivolet-Bejui	Françoise	Anatomie et cytologie pathologiques
Vandenesch	François	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Classe exceptionnelle Echelon 1

Borson-Chazot	Françoise	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Chassard	Dominique	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Claris	Olivier	Pédiatrie
D'Amato	Thierry	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
Delahaye	François	Cardiologie
Denis	Philippe	Ophthalmologie
Disant	François	Oto-rhino-laryngologie
Douek	Philippe	Radiologie et imagerie médicale
Ducerf	Christian	Chirurgie digestive
Finet	Gérard	Cardiologie
Gaucherand	Pascal	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Guérin	Claude	Réanimation ; médecine d'urgence
Herzberg	Guillaume	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Honorat	Jérôme	Neurologie
Lachaux	Alain	Pédiatrie
Lehot	Jean-Jacques	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Lermusiaux	Patrick	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Lina	Bruno	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Martin	Xavier	Urologie
Mellier	Georges	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Mertens	Patrick	Anatomie
Michallet	Mauricette	Hématologie ; transfusion
Miossec	Pierre	Immunologie
Morel	Yves	Biochimie et biologie moléculaire

Moulin	Philippe	Nutrition
Négrier	Sylvie	Cancérologie ; radiothérapie
Neyret	Philippe	Chirurgie orthopédique et traumatologique
Nighoghossian	Norbert	Neurologie
Ninet	Jean	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Obadia	Jean-François	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Ovize	Michel	Physiologie
Rode	Gilles	Médecine physique et de réadaptation
Terra	Jean-Louis	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
Zoulim	Fabien	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers

Première classe

André-Fouet	Xavier	Cardiologie
Argaud	Laurent	Réanimation ; médecine d'urgence
Badet	Lionel	Urologie
Barth	Xavier	Chirurgie générale
Bessereau	Jean-Louis	Biologie cellulaire
Berthezene	Yves	Radiologie et imagerie médicale
Bertrand	Yves	Pédiatrie
Boillot	Olivier	Chirurgie digestive
Braye	Fabienne	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
Breton	Pierre	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Chevalier	Philippe	Cardiologie
Colin	Cyrille	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Colombel	Marc	Urologie
Cottin	Vincent	Pneumologie ; addictologie
Devouassoux	Mojgan	Anatomie et cytologie pathologiques
Di Fillipo	Sylvie	Cardiologie
Dumontet	Charles	Hématologie ; transfusion
Durieu	Isabelle	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
Ederly	Charles Patrick	Génétique
Fauvel	Jean-Pierre	Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie
Guenot	Marc	Neurochirurgie
Gueyffier	François	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
Guibaud	Laurent	Radiologie et imagerie médicale
Javouhey	Etienne	Pédiatrie
Juillard	Laurent	Néphrologie
Jullien	Denis	Dermato-vénéréologie
Kodjikian	Laurent	Ophtalmologie
Krolak Salmon	Pierre	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie
Lejeune	Hervé	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Mabrut	Jean-Yves	Chirurgie générale
Merle	Philippe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Mion	François	Physiologie
Morelon	Emmanuel	Néphrologie
Mure	Pierre-Yves	Chirurgie infantile
Négrier	Claude	Hématologie ; transfusion
Nicolino	Marc	Pédiatrie
Picot	Stéphane	Parasitologie et mycologie

Rouvière	Olivier	Radiologie et imagerie médicale
Roy	Pascal	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Rymlin	Philippe	Neurologie
Saoud	Mohamed	Psychiatrie d'adultes
Schaeffer	Laurent	Biologie cellulaire
Scheiber	Christian	Biophysique et médecine nucléaire
Schott-Pethelaz	Anne-Marie	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Tilikete	Caroline	Physiologie
Truy	Eric	Oto-rhino-laryngologie
Turjman	Francis	Radiologie et imagerie médicale
Vallée	Bernard	Anatomie
Vanhems	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Vukusic	Sandra	Neurologie

Professeurs des Universités – Praticiens Hospitaliers Seconde Classe

Ader	Florence	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
Aubrun	Frédéric	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Boussel	Loïc	Radiologie et imagerie médicale
Calender	Alain	Génétique
Chapurlat	Roland	Rhumatologie
Charbotel	Barbara	Médecine et santé au travail
Chêne	Gautier	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Cotton	François	Radiologie et imagerie médicale
Crouzet	Sébastien	Urologie
Dargaud	Yesim	Hématologie ; transfusion
David	Jean-Stéphane	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Di Rocco	Federico	Neurochirurgie
Dubernard	Gil	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Ducray	François	Neurologie
Dumortier	Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Fanton	Laurent	Médecine légale
Fellahi	Jean-Luc	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Ferry	Tristan	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
Fourneret	Pierre	Pédopsychiatrie ; addictologie
Gillet	Yves	Pédiatrie
Girard	Nicolas	Pneumologie
Gleizal	Arnaud	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Henaine	Roland	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
Hot	Arnaud	Médecine interne
Huissoud	Cyril	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
Jacquín-Courtois	Sophie	Médecine physique et de réadaptation
Janier	Marc	Biophysique et médecine nucléaire
Lesurtel	Mickaël	Chirurgie générale
Michel	Philippe	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Million	Antoine	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
Monneuse	Olivier	Chirurgie générale
Nataf	Serge	Cytologie et histologie
Peretti	Noël	Nutrition
Pignat	Jean-Christian	Oto-rhino-laryngologie
Poncet	Gilles	Chirurgie générale
Raverot	Gérald	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale
Ray-Coquard	Isabelle	Cancérologie ; radiothérapie

Rheims	Sylvain	Neurologie
Richard	Jean-Christophe	Réanimation ; médecine d'urgence
Robert	Maud	Chirurgie digestive
Rossetti	Yves	Physiologie
Souquet	Jean-Christophe	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Thaunat	Olivier	Néphrologie
Thibault	Hélène	Physiologie
Wattel	Eric	Hématologie ; transfusion

Professeur des Universités - Médecine Générale

Flori	Marie
Letrilliart	Laurent
Moreau	Alain
Zerbib	Yves

Professeurs associés de Médecine Générale

Lainé	Xavier
-------	--------

Professeurs émérites

Baulieux	Jacques	Cardiologie
Beziat	Jean-Luc	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
Chayvialle	Jean-Alain	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Daligand	Liliane	Médecine légale et droit de la santé
Droz	Jean-Pierre	Cancérologie ; radiothérapie
Floret	Daniel	Pédiatrie
Gharib	Claude	Physiologie
Mauguière	François	Neurologie
Neidhardt	Jean-Pierre	Anatomie
Petit	Paul	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Sindou	Marc	Neurochirurgie
Touraine	Jean-Louis	Néphrologie
Trepo	Christian	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
Trouillas	Jacqueline	Cytologie et histologie
Viale	Jean-Paul	Réanimation ; médecine d'urgence

Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers Hors classe

Benchabib	Mehdi	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
Bringuier	Pierre-Paul	Cytologie et histologie
Dubourg	Laurence	Physiologie
Germain	Michèle	Physiologie
Jarraud	Sophie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Le Bars	Didier	Biophysique et médecine nucléaire
Normand	Jean-Claude	Médecine et santé au travail
Persat	Florence	Parasitologie et mycologie
Piaton	Eric	Cytologie et histologie

Sappey-Marinier	Dominique	Biophysique et médecine nucléaire
Streichenberger	Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
Timour-Chah	Quadiri	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
Voiglio	Eric	Anatomie

Maîtres de Conférence – Praticiens Hospitaliers

Première classe

Barnoud	Raphaëlle	Anatomie et cytologie pathologiques
Bontemps	Laurence	Biophysique et médecine nucléaire
Chalabreysse	Lara	Anatomie et cytologie pathologiques
Charrière	Sybil	Nutrition
Collardeau Frachon	Sophie	Anatomie et cytologie pathologiques
Confavreux	Cyrille	Rhumatologie
Cozon	Grégoire	Immunologie
Escuret	Vanessa	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Hervieu	Valérie	Anatomie et cytologie pathologiques
Kolopp-Sarda	Marie Nathalie	Immunologie
Lesca	Gaëtan	Génétique
Lukaszewicz	Anne-Claire	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Maucort Boulch	Delphine	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Meyronet	David	Anatomie et cytologie pathologiques
Pina-Jomir	Géraldine	Biophysique et médecine nucléaire
Plotton	Ingrid	Biochimie et biologie moléculaire
Rabilloud	Muriel	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Rimmele	Thomas	Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence
Ritter	Jacques	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Roman	Sabine	Physiologie
Tardy Guidollet	Véronique	Biochimie et biologie moléculaire
Tristan	Anne	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Venet	Fabienne	Immunologie
Vlaeminck-Guillem	Virginie	Biochimie et biologie moléculaire

Maîtres de Conférences – Praticiens Hospitaliers

Seconde classe

Casalegno	Jean-Sébastien	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
Curie	Aurore	Pédiatrie
Duclos	Antoine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
Lemoine	Sandrine	Physiologie
Marignier	Romain	Neurologie
Phan	Alice	Dermato-vénéréologie
Schluth-Bolard	Caroline	Génétique
Simonet	Thomas	Biologie cellulaire
Vasiljevic	Alexandre	Anatomie et cytologie pathologiques

Maîtres de Conférences associés de Médecine Générale

Farge	Thierry
Pigache	Christophe

Le Serment d'Hippocrate

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.

Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque.

A ma femme Mélissa, et ma fille Romane...

A grand-père,

A Muriel,

Au Tonton Jacques,

A mes parents et mes sœurs,

A ma famille,

A mes amis,

REMERCIEMENTS

A mon jury de thèse

Au Professeur Yves ZERBIB : vous me faites l'honneur d'accepter de présider mon jury et je vous remercie pour cela. Je vous remercie également pour l'enseignement riche que vous avez délivré avec passion tout au long de mon cursus d'interne, lors des ateliers dédiés à l'enseignement de la Médecine Générale. Votre amour pour ce métier qui émergait de vos élocutions n'a fait que renforcer mon désir de travailler dur pour apprendre au quotidien à prendre en charge de manière humble et empathique mes futurs patients. Vous avez joué un rôle important dans ma volonté d'exercer au mieux ce métier de Médecin Généraliste. Veuillez agréer mes considérations les meilleures et soyez assuré de mon plus profond respect.

Au Professeur Yves ROSSETTI : vous me faites l'honneur d'intégrer mon jury et de juger mon travail. Votre expertise dans le domaine des neuro-sciences vous précède et c'est un immense honneur pour moi de vous soumettre avec humilité ce travail qui inclut une infime partie de ce vaste domaine scientifique. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon plus profond respect.

Au Professeur Elvire SERVIEN : vous me faites l'honneur de participer à mon jury et d'apporter vos connaissances à la critique de ce travail. Je suis très admiratif de votre expertise dans le domaine de la chirurgie orthopédique et je suis très honoré que vous ayez accepté ma demande d'intégrer mon jury. Soyez convaincue de ma plus sincère reconnaissance et de mon plus grand respect.

Au Docteur Jean Philippe HAGER : tu me fais l'honneur de suivre ce travail depuis sa conception il y a maintenant 4 ans et c'est une grande fierté pour moi de voir ta présence aujourd'hui dans mon jury pour son dénouement. Tes conseils bienveillants ont toujours été très précieux pour moi et m'ont permis d'avancer pas à pas dans cette étude mais aussi dans ma vie professionnelle. De plus, ton expérience dans la médecine du sport et plus particulièrement dans le rugby font de toi un arbitre implacable pour juger ce travail qui traite d'un acteur influant de ce sport, qui ne porte pas le même maillot mais assurément qui porte la même passion. Sois assuré de mes remerciements les plus sincères et de mon plus profond respect.

Au Professeur Jean René LACOUR : vous me faites l'honneur de participer à mon jury malgré les contrariétés administratives auxquelles nous avons pu faire face. C'est un immense honneur pour moi d'accueillir votre expertise dans le domaine de la physiologie. L'excellence de votre carrière dans ce domaine vous devance et ce n'est qu'avec une sincère humilité que je vous sou mets ce travail. Nos échanges ont été pour moi une réelle source de richesse intellectuelle qui m'a permis de puiser les concepts indispensables à l'aboutissement de ce travail. Veuillez accepter mes remerciements et soyez assuré de mon plus grand respect.

A Muriel

Comment ne pas parler de l'apport inestimable que m'a apporté Muriel BOURDIN. Je n'oublierai pas que c'est toi qui a façonné, suivi, pensé, acté de nombreux paramètres indispensables à la réalisation de cette étude. Je me souviens de ta bonne humeur et de ta rigueur qui m'ont permis d'avancer dans ce projet professionnel mais aussi dans ma vie d'homme et de papa. Je n'oublie pas non plus tous les conseils que tu a pu me donné que ce soit pour ce travail scientifique ou pour mener ma vie, épanoui. Tu es partie bien trop tôt et je te remercie de tout ce que tu as fait pour moi.

A ma famille

A Mélissa, ma femme. Tu m'apportes au quotidien ta joie de vivre. Nous avons déjà vécu de magnifiques aventures, traverser de nombreux obstacles et nous sommes toujours là. Notre passion commune m'a permis de te rencontrer et de vivre des moments uniques qui m'ont permis de terminer ma formation de médecin et qui me permettent encore aujourd'hui de devenir un homme meilleur. Tu as ta part de responsabilité dans l'aboutissement heureux de mon cursus universitaire et tu le sais. Merci également pour tout ce bonheur que tu m'apportes, merci de supporter mes défauts. Merci d'accepter que je travaille efficacement quand je suis au pied du mur et d'adapter notre vie dans ces moments critiques. Continues à être la femme que tu es, à entretenir tes qualités et travailler tes imperfections car je t'aime pour ça. Continues également à être la maman que tu es car même si quelques points nous éloignent sur l'éducation, la plupart nous rapprochent et nous font partager de formidables moments de bonheur que ce soit dans notre petit appartement ou bien à l'autre bout du monde.

A Romane, ma fille.

A mes parents, Eric et Sylvie, qui m'ont toujours tant donné depuis le début et qui m'ont transmis leur joie de vivre et leur capacité d'écouter et de considérer mon prochain. Merci pour tout ce que vous m'apportez. Merci également pour ce que vous apportez à Romane, qui réclame son papou et sa mamou et qui ne veut plus partir de chez vous quand je viens la récupérer !

A ma grande sœur, Magali. La distance nous a éloigné mais je pense toujours autant à toi et à ta petite famille qui devient une grande famille ! Je n'oublie pas que tu as toujours été présente pour moi dans les moments heureux comme dans les moments pénibles. Je suis chanceux d'avoir une sœur aussi attentionnée que toi et j'espère que nous pourrons partager plus de moments à l'avenir. A Kean qui partage ta vie, je souhaite que votre histoire soit heureuse pendant de très nombreuses années encore. A Davy et Nathan que je souhaitez voir bien plus souvent, chacun des moments passés avec vous est important pour moi.

A ma petite sœur, Camille, qui a toujours supporté mes chamailleries parfois lourdes et écrasantes. J'ai de la chance que tu veuilles encore me voir ! Je suis très heureux de pouvoir partager des moments heureux avec toi, Laurent et Olivia. J'espère que nous garderons ce lien et que nous pourrons partager toujours autant de bons moments. Merci pour votre gentillesse à Toi et Laurent, pour vos invitations et les moments partagés.

A ma grand-mère, mamie Colette. La distance nous éloigne mais je pense fort à toi. Je suis chanceux d'avoir pu passer autant de moments heureux avec toi et grand Père durant toute mon enfance. Tant de souvenirs inoubliables. Merci.

A ma grand-mère, mamie Christiane. La distance nous éloigne mais je ne t'oublie pas. Merci pour tous les bons moments que tu nous as offert à mes sœurs et moi durant notre enfance. Tous ces souvenirs pendant nos vacances passées chez toi. Merci.

A Tata Nathalie et tonton Eric : c'est un plaisir de vous avoir auprès de moi pour ce moment important de ma vie professionnelle. Merci d'être venu !

A ma marraine, Christine : c'est un plaisir et une grande fierté de t'avoir auprès de moi pour cet instant solennel de ma vie professionnelle. Merci d'être venu malgré la distance qui nous sépare !

A mon parrain, Stéphane : je suis triste que tu ne puisse pas venir mais je ne peux que te comprendre ! Merci pour ton message vocal, merci pour toutes tes attentions depuis tant d'années et merci à Laetitia et toi pour votre gentillesse à chaque fois que nous venons chez vous.

A mon tonton Cédric et Alexia : j'aurais aimé vous avoir auprès de moi pour cette journée mais je comprend tout a fait que ça fait beaucoup de route et de tracas ! A très vite j'espère !

A ma belle famille : merci de m'accueillir chez vous comme un membre de votre famille. Merci Christian, Audrey, Mathieu, Léa, Pauline, Aurore, Sève pour tous ces bons moments. Merci au « tonton Jérôme » pour ta joie de vivre. Merci à Clémence et Oscar pour leur tendresse et leurs sourires. Et un merci particulier à mon beau-père qui, en tant que grand connaisseur du rugby et fervent supporter des arbitres pourra, j'en suis certain, apprécier les données de cette étude.

A mes amis

A Kévin, ma biche. Tant d'années que l'on se connaît et je suis fier que tu sois présent pour cette journée particulière pour moi. Tant de souvenirs partagés, que des bons et seulement quelques mauvais. Merci d'être là pour moi. Merci à Sandra d'être là pour moi. Merci à vous deux pour votre gentillesse. Je vous souhaite à tous les deux une longue vie de bonheur en espérant partager avec vous encore beaucoup de moments de partage.

A guigui, ma biche. Tant d'années que nous nous connaissons et tant d'aventures à tes côtés. Je garde tellement de bons souvenirs avec toi, et avec Kévin. Je suis chanceux de t'avoir et j'espère que nous parviendrons à braver la distance qui nous sépare maintenant. Merci à Emilie et toi pour votre gentillesse et à très vite.

A Antho, tongien. Je me souviendrai toujours que le rugby nous a permis de lier une amitié forte, malgré la différence du maillot, malgré la défaite locale contre Roanne volée par l'arbitre de champ dans les dernières minutes du match ! Je me souviens de tous ces bons moments passés avec toi en toute simplicité, au stade, chez Ali ou ailleurs. Merci pour ta gentillesse et merci d'être présent pour Mélissa et moi. Nous avons beaucoup de chance de t'avoir.

A Alain FALAISE, mon père spirituel. Tant de bons souvenirs partagés comme ce goinffrage au MacDo ou le singe qui cassait la branche d'arbre ! Tu as guidé mon évolution en tant qu'arbitre mais surtout en tant qu'homme. Tes conseils sont toujours la bienvenue pour moi et je suis fier que tu puisses être présent à mes côtés pour ce jour spécial pour moi.

A Richard, Zaf. Merci pour tous ces bons moments, ces rigolades, ces bouffes, ces invitations chez toi à rire, partager, discuter. Une page professionnelle se tourne bientôt pour toi également ! Bises mon gro.

A Sophie : merci pour tous les bons moments en ta compagnie. Merci pour ta gentillesse et celles de ta famille, tes parents, Rom et Candice ! J'espère que de nombreux bons moments nous attendent encore. Merci de faire le déplacement pour venir assister à ce moment spécial dans ma vie professionnelle !

A Vévé et Marion, Ju et Zazou, Lulu, Ju et Laurie, Barbie et Chewb, Anissa et Jérôme, Fosse et Yougo, Vp, Carinne et Coco, Nadège et Carlos : merci pour tous les excellents moments en votre compagnie. J'espère qu'il y en aura des tonnes à venir !

A vovo : merci pour l'aide que tu as pu m'apporter tout au long de l'internat, les procurations de choix de stage ou autres choses qui ont beaucoup compté pour moi ! Merci pour ta gentillesse et celle de Nelly. Chaque moment passé avec vous est un excellent moment. Je suis très heureux également d'être parmi vous pour votre union au mois d'août et vous adresse tous mes vœux de bonheur ici et à l'autre bout du monde !

A Emilie BRANDAM : merci de faire le déplacement pour cette journée particulière dans ma vie professionnelle !

A John John : merci pour les heures passées sur le terrain à corriger la position de mes pieds et autres parties de mon corps ! Je ne pense pas que je suis prêt faire des compétitions de 100 mètres mais par contre j'ai pu voir les progrès que tu m'a fait réalisé au fil de notre travail et je te remercie pour cela.

A Georges et Sylvie : merci d'avoir préparé le pot de thèse avec tout votre savoir faire et les bons produits. Merci pour votre gentillesse. Merci également de faire le déplacement pour cet instant de ma vie professionnelle.

A toutes les personnes que j'ai croisé au cours de ce travail

A Daniel GILLET : merci pour tes conseils bienveillants sur ce travail. Nos discussions récurrentes m'ont permis de matérialiser mes idées un peu floues il y a 4 ans de cela pour aujourd'hui arriver à l'aboutissement sur papier de ce travail scientifique. Tu as toujours suivi avec beaucoup d'empathie ce projet ainsi que les autres aspects de ma vie personnelle et sportive. Merci également pour tous tes conseils précieux qui ont été pour moi une source pour me remettre en question, match après match, afin de progresser sans cesse dans mon activité d'arbitre et dans la construction de ma vie d'homme. L'excellence de ta carrière arbitrale et des tes qualités humaines ont toujours été un exemple pour moi et le sont encore aujourd'hui.

A mon ancien tuteur, le Docteur Emile CLOCHE. Emile, tu as été un exemple à suivre tout au long de ma formation. Ta passion pour excercer le métier de médecine généraliste avec rigueur et empathie m'a inspiré et continues de le faire. Tu es une des très belles rencontres de mon internat. Merci de tout ce que tu as fait pour moi. Merci de m'avoir remis dans le droit chemin quand cela été nécessaire.

Aux Professeurs qui dirigent avec beaucoup de sérieux le Collège Universitaire de Médecine Générale de la Faculté Lyon-Est : merci Pr FLORI et merci Pr MOREAU de m'avoir permis de continuer à vivre ma double passion.

Au Professeur Aymeric GUILLOT qui a su nous conseiller et apporter son expertise avec un grand professionnalisme tout au long de ce travail.

A Lionel YERSIN et Jonathan FLEURI : merci pour votre aide précieuse lors du début du recueil de données GPS. Merci d'avoir fait le déplacement à Grenoble pour tester et installer le matériel de recueil des données. Vos réponses ont toujours été très professionnelles et adaptées à la situation.

A Julien PISCIONE et Mathieu LACOME : merci pour l'intérêt que vous avez immédiatement porté à ce travail. Merci également pour l'aide intellectuelle et matérielle que vous avez apporté. Vos conseils ont toujours été précieux. Merci à toi Mathieu pour le boulot que tu as pu abattre lors du traitement des fichiers CSV.

A Joël DUME et Franck MACIELLO : merci pour l'aide efficace et adaptée que vous m'avez apporté en temps voulu pour faire avancer l'étude.

A Mickael SIMON, préparateur physique : ton professionnalisme et ta rigueur ont été très appréciable en ce mois de février 2016 dans le froid de Marcoussis. En espérant que ce travail puisse faire germer en toi de nouveaux protocoles d'entraînement !

A Anne Sophie SARRAZIN de la Ligue Nationale de Rugby : merci pour ta réactivité au cours de l'été 2015 qui a permis de débiter dans les meilleures conditions le recueil des données dès les mois d'août.

A Claude CHURLET du FCG Rugby : merci pour votre accueil bienveillant sur les 11 rencontres au stade des Alpes. Sans votre compréhension de l'intérêt que porte ce travail, l'issue aurait été bien plus incertaine.

Au personnel de Graphi.TY à BRON : merci pour votre professionnalisme pour imprimer mon travail et votre compréhension pour le délai d'impression !

Et à toutes les personnes que j'ai croisé sur les terrains ou sur les bancs de la Faculté qui m'ont également permis de devenir ce que je suis aujourd'hui.

A la Fédération Française de Rugby

Les dirigeants et acteurs de la Fédération Française de Rugby m'ont tout au long de ce travail apporté une aide efficace et bienveillante, sur le plan humain et matériel, indispensable à l'aboutissement de cette étude scientifique. Je les remercie pour cela.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	17
OBJECTIF DE CETTE ETUDE	19
MATERIEL ET METHODES	20
1- Sujets	20
2- Protocole expérimental	21
3- Exploration physiologique initiale des sujets	23
4- Analyse de l'activité sur les matchs et seuils choisis	24
4-1 Traitement des fichiers CSV	24
4-2 Choix dans l'exploitation des données	25
4-2-1 Vitesses	25
4-2-2 Distances	25
4-2-3 Accélérations	26
4-2-4 Sprints	26
5- Calcul de la fréquence cardiaque de réserve	26
6- Protocole de prélèvement capillaire pour lactatémie	26
7- Test cognitif	27
8- Données liées au match	28
8-1 Scores des rencontres	28
8-2 Affluences du public	28
9- Corrélations	28
10- Analyse statistique	29
RESULTATS	30
1- Distances parcourues	30
1-1 Distances totales	30
1-2 Distance par tranche de vitesse	30

1-3 Distance totale parcourue par tranche horaire du match	34
1-4 Distance parcourue à haute intensité de course par tranche horaire du match	36
2- Vitesses	38
2-1 Vitesse moyenne, vitesse relative, vitesse maximale et pourcentage de vitesse maximale	38
2-2 Vitesse par tranche horaire du match	39
3- Sprints	42
4- Accélération	45
5- Fréquences cardiaques	47
5-1 Fréquence cardiaque (FC) moyenne, FC maximale et pourcentage de FC de réserve	47
5-2 Fréquence cardiaque par tranche horaire du match	49
6- Lactatémies	51
7- Durée de la rencontre	52
8- Test cognitif	53
8- 1 Score au test de Stroop (valeur absolue)	53
8- 2 Score au test de Stroop (classe de résistance au stress)	56
9- Caractéristiques des matchs	57
9-1 Scores	57
9-2 Evaluation du public	59
10- Corrélations entre données	60
10-1 Corrélation entre les données de contrainte physiologique	60
10-2 Corrélation entre les données de vitesse et de contrainte physiologique	61
10-3 Corrélation entre les données cognitive, de vitesse et de contrainte physiologique	62
DISCUSSION	65
CONCLUSION	71
BIBLIOGRAPHIE	72
ANNEXES	74
1- Avis du Comité de Protection des Personnes du Sud Est – Septembre 2015	74
2- Formulaire d'information envoyé aux participants de l'étude	75

3- Formulaire de consentement éclairé signé par chaque participant à l'étude	77
4- Calendrier TOP 14 – Saison 2015-2016	78
5- Technologie GPS FieldWiz (Advanced Sport Instrument, Lausanne, Switzerland)	80
6- Exemple d'un rapport de données GPS / cardio	82
7- Test de Stroop effectué par chaque participant (version papier couleur)	83
8- Interprétation du test de Stroop	87
9- Exemple d'un match (42 lignes soit environ 4 secondes de la rencontre)	90
10- Définition et interprétation de l'Horizontal Dilution Of Precision (HDOP)	91
11- Nombre de satellites fixé et valeur de l'HDOP	93
12- Délai de de réalisation du test de Stroop et de prélèvement de la lactatémie	94
CONCLUSIONS SIGNEES	95

INTRODUCTION

La définition du rugby à XV est donnée par le plan de formation du joueur de rugby établi par la Direction Technique Nationale de la Fédération Française de Rugby (1). Le rugby est un sport collectif de combat qui allie l'affrontement et l'évitement. C'est la confrontation entre deux équipes qui luttent dans le respect des règles pour marquer et gagner le match. Les règles de ce jeu sont établies par World Rugby, anciennement l'International Rugby Board ou IRB (2). Dans chaque équipe il existe 8 joueurs que l'on appelle « les avants » qui participent aux phases ordonnées telles que la mêlée et la touche. Il existe en plus 7 joueurs nommés « les arrières » qui ne participent pas à ces phases ordonnées, pour au total former une équipe de 15 joueurs. De plus, chaque équipe a la possibilité de faire rentrer 8 joueurs supplémentaires nommés « les remplaçants », selon des règles qui en précisent les modalités d'entrée et de sortie du terrain. Chaque match est sous le contrôle d'un arbitre et de deux assistants qui officient le long des lignes de touche, plus ou moins d'autres assistants dont le rôle diffère en fonction des compétitions (arbitrage avec la technologie vidéo, contrôle des comportements sur le banc de touche et remplacement, gestion du chronométrage officiel de la rencontre). Les décisions prises en temps réel par l'arbitre durant le match peuvent significativement influencer sur le score de la rencontre. Des auteurs se sont intéressés à l'analyse de l'activité de l'arbitre de football notamment les travaux de Castagna et coll. (6) (2007). Ceux-ci nous démontrent qu'un arbitre de football parcourt entre 9 000 et 13 000 mètres durant un match, 4 à 18 % étant couverts à haute intensité de course. D'autres auteurs se sont focalisés sur l'analyse de l'activité de l'arbitre de rugby durant un match. Nous pouvons citer notamment les travaux de Kay et Gill (14) (15) (2003 et 2004), O'Hara et coll. (21) (2013) qui s'intéressent à la pratique du rugby à XIII que ce soit en Australie et Nouvelle-Zélande ou bien sur le territoire Européen. Ces travaux nous montrent que les arbitres parcourent une distance totale de 6700 ± 400 mètres (20) et qu'il n'existe pas de différence significative entre la distance totale parcourue pendant la première et la seconde mi-temps (29). Par ailleurs, nous avons relevé les résultats des travaux de Suarez-Arrones et coll. (24) (2013) qui cette fois s'intéressait aux arbitres sur des matchs élite de rugby à XV, dans le championnat espagnol. Celle-ci nous montre que la distance totale parcourue par l'arbitre était de 6322 ± 565 mètres et que l'essentiel du temps, à savoir 61.4 %, est passé à une vitesse de marche ou de jogging, c'est-à-dire à une vitesse inférieure à 12 km.h^{-1} (39). Ces études utilisaient la technologie GPS à la fréquence de 5 ou 10 Hz qui permet de calculer les distances et vitesses d'une balise GPS placée sur Terre

grâce au signal capté par des satellites. Par ailleurs un cardiofréquencemètre était placé sur l'arbitre pour mesurer en temps réel la fréquence cardiaque.

Pour comparer l'activité des arbitres à celle des joueurs de rugby, les travaux de Roberts et coll. (22) (2008) et de Lacombe et coll. (17) (2014) visaient à étudier la fatigue et la charge physique des joueurs de rugby lors de rencontres de rugby internationales. Ces travaux nous démontrent qu'il existe une différence d'activité sur le terrain entre les avants et les arrières. En effet lors d'une rencontre, ces derniers parcourent une distance totale de 6000 mètres environ contre 5500 pour les avants et la plupart de ces distances s'effectue à une allure de marche (33). De plus, la plupart des accélérations sont inférieures à 3 m.s^{-2} et il n'existe pas de différence dans la performance lorsque sont comparées les deux mi-temps, exceptés pour les trois joueurs de la troisième ligne (23).

Nos travaux s'intéressent pour leur part à l'étude de la fatigue, de la contrainte physiologique, de la charge physique et des distances parcourues par l'arbitre de champ, lors de matchs de rugby à XV du championnat professionnel français, le TOP 14. Nous nous sommes également intéressés à l'impact de ces paramètres sur la performance cognitive de l'arbitre. A ce titre, il nous semblait pertinent de relever les facteurs qui paraissent influencer cette performance cognitive sur le terrain, notamment l'affluence du public ou le temps de jeu effectif de la rencontre. En effet, ceux-ci pourraient impacter la charge mentale de l'arbitre pendant le match et donc avoir des conséquences sur sa prise de décision.

OBJECTIF DE CETTE ETUDE

Ce travail a pour objectif principal d'étudier la fatigue sur le terrain des arbitres de champ, la charge physique (vitesses et accélérations) ainsi que les distances parcourues et les contraintes physiologiques qui en résultent (fréquences cardiaque et lactatémies). Nous avons également cherché à mesurer l'impact de ces paramètres sur la performance cognitive de l'arbitre, pourvoyeuse de décisions arbitrales parfois contestées par les équipes étant donné l'influence d'une de ces décisions sur le score final de la rencontre.

Son originalité réside sur la population choisie. En effet à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée aux arbitres de champ lors du championnat professionnel de rugby français (TOP 14), en utilisant la technologie GPS à la fréquence de 10 Hz, couplée à l'enregistrement des données de fréquence cardiaque.

MATERIEL ET METHODES

1- Sujets

Pour mener cette étude tous les arbitres masculins officiant au plus haut niveau national ont été recrutés (14 arbitres) au cours de la saison 2015-2016. Sur ces 14 arbitres, tous volontaires, seuls 9 ont fait l'objet d'un recueil de données dont deux arbitres à deux reprises. Nous avons choisi de recueillir les données GPS et cardiaques au cours de 11 rencontres de rugby professionnel de TOP 14 sur le terrain de Grenoble. Ce choix a été dicté par intérêt géographique, Grenoble étant le club le plus proche de Lyon disputant le championnat TOP 14 lors de cette saison.

Voici les caractéristiques anthropométriques de ces 9 arbitres.

Tableau 1 : caractéristiques anthropométriques et physiologiques des arbitres (moyenne \pm écart type).

	N = 9 arbitres
Age (années)	36.2 \pm 4.4
Taille (m)	1.78 \pm 0.07
Masse corporelle (kg)	78.7 \pm 4.7
Fréquence cardiaque de repos (bpm)	54.9 \pm 8.3
Fréquence cardiaque maximale (bpm)	191.4 \pm 7.8
Vitesse maximale aérobie (km.h ⁻¹)	17.23 \pm 0.95

En ce qui concerne la mesure de la fréquence cardiaque de repos elle a été effectuée par chaque arbitre, allongé, au repos depuis plus de 5 minutes par le décompte du nombre de battements du pouls carotidien ou radial lors d'une mesure sur une minute. Elle est donc exprimée en battements par minute (bpm).

La mesure de la fréquence cardiaque maximale a été réalisée par un cardiofréquencemètre placé sur chacun des arbitres lors d'un test d'effort maximal détaillé dans le chapitre 3 du paragraphe matériels et méthodes. Elle est exprimée en bpm.

La méthode de mesure de la vitesse maximale aérobie est également détaillée dans ce chapitre 3. Pour valider le caractère observationnel de ce travail, nous avons soumis le protocole au Comité de Protection des Personnes du Sud-Est de Lyon qui a confirmé son authenticité et donc sa nature non interventionnelle. Nous avons dans le même temps envoyé à chaque participant une fiche d'information et de consentement éclairé. Chaque participant nous a renvoyé ce document daté et signé. L'étude a été menée avec l'accord et la collaboration de la Commission Centrale des Arbitres et du Département recherche de la Fédération Française de Rugby qui nous ont apporté, respectivement, une collaboration pour la désignation des arbitres sur les matchs étudiés et un soutien scientifique et logistique indispensable au bon déroulement du recueil des données. Aucun risque ni effet indésirable potentiel inhérent à cette étude n'était connu au début de celle-ci, ni à ce jour. Aucune participation financière n'était demandée aux sujets et aucune indemnisation n'était prévue. L'étude a été menée conformément aux Bonnes Pratiques Cliniques françaises et européennes et la déclaration d'Helsinki dans sa dernière version. Les sujets ont été libres d'accepter ou de refuser de participer à cette étude et ont également été libres de stopper leur participation en cours de route sans avoir à se justifier.

2- Protocole expérimental

Pour saisir les déplacements des arbitres sur le terrain, nous avons décidé d'utiliser la technologie GPS (Global Positioning system) qui consiste à mesurer le signal émis par une balise sur terre pour en connaître la position exacte. Ceci nécessite que ce signal soit réceptionné par au moins 3 satellites pour ensuite calculer la distance entre le satellite et la balise par triangulation. En accord et avec l'aide du Département Recherche de la Fédération Française de Rugby, nous avons choisi la technologie FieldWiz (Advanced Sport Instrument, Lausanne, Switzerland) qui propose un système de balise GPS fonctionnant avec une fréquence de 10 Hz. Les travaux de Varley et coll. (26) (2012) ont démontré qu'à cette fréquence de recueil des données (10 données de position sur terre de la balise pour chaque seconde), la précision de mesure des déplacements est entre 3 et 6 fois plus précise que l'utilisation d'une technologie GPS à 5 Hz. Par ailleurs les travaux d'Akenhead et coll. (3) (2014) ont pour leur part montré que la fiabilité des données GPS pour mesurer l'accélération de la balise est inversement proportionnelle à l'intensité des accélérations et, qu'au-delà de 4 m.s^{-2} , l'exactitude des données d'accélérations était compromise. Pour s'assurer de la bonne qualité des données nous avons fait rajouter en cours d'étude, dès le

troisième match, des indicateurs de la qualité du recueil de la balise GPS. Ainsi dès le troisième match, nous disposons pour chaque ligne de recueil à la fréquence de 10 Hz, du nombre de satellite fixé par la balise ainsi que de l'HDOP (Horizontal Dilution Of Precision). La signification de l'HDOP est détaillée dans l'annexe 11. Plus sa valeur est faible, plus les données sont fiables. Par ailleurs, nous avons utilisé pour recueillir les données cardiaques la technologie Zephyr (Annapolis, USA) qui était appariée au système GPS par une connexion Bluetooth. Ainsi pour chaque ligne de recueil nous avons des données de fréquence cardiaque exprimées en battements par minute, à la fréquence de 10 Hz.

La première phase de l'étude consistait à recueillir des données de vitesse et de fréquence cardiaque maximales au cours d'un test d'épreuve détaillé dans le chapitre 3 de ce paragraphe matériel et méthodes.

La deuxième phase a permis d'établir un recueil des données GPS et cardiaques lors des matchs du championnat TOP 14 pour la saison 2015-2016. En accord avec le club du FC Grenoble et la Commission Centrale des Arbitres, celles-ci étaient récoltées sur tous les arbitres officiant pour les matches se déroulant à Grenoble. Chacun d'entre eux était équipé d'une balise GPS FieldWiz et d'un Cardiofréquencemètre Zephyr tout au long du match. Le protocole prévoyait de tester systématiquement la bonne qualité des données GPS sur le terrain en amont du match (2 heures avant le coup d'envoi) et de poser la ceinture cardio avant l'échauffement de l'arbitre (1 heure avant le match). De plus, le harnais qui portait la balise GPS a été posé systématiquement quelques minutes avant le coup d'envoi, au moment où l'arbitre était équipé par l'ingénieur du son, dans le vestiaire arbitre, du système de communication avec ses arbitres assistants et du micro de la télévision. Aucun problème d'interférence entre ces systèmes de communication et notre système GPS / cardio n'a été relevé au cours de l'étude. La balise GPS a été allumée à chaque fois dans le vestiaire arbitre (sur son harnais) quelques minutes avant le coup d'envoi. Pour pallier ce délai entre l'allumage de la balise GPS et le début du match, nous avons systématiquement noté précisément l'heure du coup d'envoi ce qui nous a permis de n'obtenir les données qu'à partir du moment où la rencontre commençait. De plus, lors du traitement des fichiers CSV (comma-separated values) de données de déplacement, nous avons précisément calé le traitement de celles-ci sur la première course de l'arbitre qui correspondait au début du match. Il faut noter que l'avantage de poser la ceinture cardiaque avant l'échauffement de l'arbitre permettait de réajuster les réglages de cette ceinture juste après celui-ci, et donc en amont du début du match. Par ailleurs, il faut signaler un problème de connexion entre les systèmes GPS et cardio lors de la

première mi-temps du deuxième match rapidement corrigé dès sa deuxième mi-temps. Le problème provenait de la connexion Bluetooth entre la balise GPS et le cardiofréquencemètre qui avait été perdue de nombreuses fois au cours de la première mi-temps. La solution, très simple, a été de positionner la balise cardio dans le dos de l'arbitre ce qui a permis de mieux capter son signal Bluetooth par la balise GPS située elle-même sur le harnais dans le dos de l'arbitre. Cette correction a été appliquée pour l'ensemble des sujets après ce deuxième match et plus aucun problème de ce type n'a été relevé.

Le protocole prévoyait également d'effectuer un test cognitif validé par les travaux de Stroop (23) (1935) avant le match (H – 45 minutes en moyenne), à la mi-temps et à la fin de la rencontre. De manière systématique était noté le délai pour réaliser ce test cognitif exprimé en minutes entre le coup de sifflet de l'arbitre et le début du test. Le détail de ce test cognitif est expliqué dans le chapitre 7 de ce paragraphe et dans les annexes 7 et 8.

Par ailleurs un prélèvement de 20 microlitres de sang capillaire était réalisé au bout du doigt à la mi-temps et à la fin du match afin de doser la lactatémie, marqueur de la contrainte physiologique subie par l'arbitre sur le terrain. Nous avons choisi d'utiliser le matériel Lactate scout + fabriqué par SensLab GmbH (Leipzig, Germany). Le délai pour réaliser ce prélèvement capillaire était systématiquement noté et exprimé en minutes à partir du coup de sifflet de l'arbitre.

Un évènement mondial a perturbé notre organisation. En effet, la Coupe du Monde de Rugby a débuté au mois de septembre 2015 et 4 arbitres français y étaient convoqués pour officier sur des matchs. Ainsi, il n'a pas été possible de programmer ce qui devait être la première phase de notre étude, à savoir le test d'effort maximal à Marcoussis. Nous avons donc décidé, en accord avec la Commission Centrale des Arbitres de la FFR et son Département Recherche, de décaler cette date au mois de Janvier 2016. Cependant cela ne nous a pas empêché de débiter le recueil des données dès le début du championnat de TOP 14 (août 2015) avec, intercalée, la demi-journée de test au Centre National du Rugby au mois de février 2016.

3- Exploration physiologique initiale des sujets

Nous avons effectué une épreuve d'exercice maximal le 11 février 2016 sur le site du Centre National de Rugby (Marcoussis, Essonne, 91). Ce test adapté de celui décrit par Léger et Boucher (18) (1980) était constitué de paliers successifs de course de 3 minutes espacés d'1 minute de récupération. La vitesse a été augmentée de 2 km.h⁻¹ entre 8 et 12 km.h⁻¹ puis de 1 km.h⁻¹ à partir

de 12 km.h⁻¹. Il s'est déroulé sur une piste d'athlétisme en extérieur. Tout au long de sa durée, la fréquence cardiaque a été mesurée grâce à un cardiofréquencemètre porté par les sujets (Polar Team 2, Kempele, Finland). La vitesse maximale aérobie (VMA) a été définie comme la vitesse où l'arbitre devait interrompre sa course par épuisement, vitesse correspondant à la fréquence cardiaque maximale. Ces mesures ont été réalisées avec la collaboration du Département Recherche de la FFR et de la Commission Centrale des Arbitres. Les infrastructures humaines et matérielles du Centre National de la FFR à Marcoussis nous ont été mises à disposition pour les réaliser dans des conditions optimales. Le tableau 2 résume les données obtenues.

Tableau 2 : Caractéristiques physiologiques des sujets (moyenne ± écart type).

	N = 9 arbitres
Fréquence cardiaque maximale (bpm)	191.4 ± 7.8
Vitesse maximale aérobie (km.h ⁻¹)	17.23 ± 0.95

4- Analyse de l'activité sur les matchs et seuils choisis

L'étude de la littérature sur l'activité au cours des matchs de rugby nous a permis de fixer les seuils de vitesses et d'accélération mais aussi le type de données nécessaires à l'étude de l'activité des arbitres au cours de matchs. Le détail de cette méthode de travail et de la littérature est détaillé ci-dessous. Nous nous sommes appuyés sur l'examen systématique de la revue de la littérature effectuée par Cummins et coll. (7) (2013) qui a recensé les auteurs s'intéressant à l'activité des joueurs et arbitres de différents sports grâce à la technologie GPS. Pour fixer nos seuils de vitesse et d'accélération, nous avons choisi ceux le plus fréquemment utilisés dans la littérature spécifique au rugby (joueurs et arbitres) et nous avons exclu les études qui traitent des autres sports.

4-1 Traitement des fichiers CSV (comma-separated values)

Tout d'abord, les fichiers CSV de chaque rencontre qui contenaient chacun pas moins de 55 000 lignes (10 Hz soit 10 lignes par seconde pour les 80 minutes de match) de données de position sur le terrain, de vitesse et de fréquence cardiaque, ont été envoyés au Département de Recherche de

la Fédération Française de Rugby pour exploitation. Les données ont été traitées, minute par minute, mais également par tranche de 10 minutes et par mi-temps. Par ailleurs les vitesses mesurées pendant le match ont été ramenées au pourcentage de la VMA. De même les fréquences cardiaques mesurées durant la rencontre ont été ramenées au pourcentage de la fréquence cardiaque de réserve (voir chapitre 5 de ce même paragraphe).

Ensuite pour obtenir le traitement de la distance totale parcourue, de la distance parcourue par mi-temps, de la distance parcourue par tranche de 10 minutes, des accélérations, des sprints, nous avons contacté le fabricant de la balise GPS FieldWiz (Advanced Sport Instrument, Lausanne, Switzerland) pour retravailler les données obtenues avec nos seuils de vitesse et d'accélération. Ci-dessous nous allons détailler la méthode de choix des seuils pour les vitesses, les accélérations et les sprints.

4-2 Choix dans l'exploitation des données

4-2-1 *Vitesses*

Nous avons choisi le seuil de 0 - 6 km.h⁻¹ qui correspondait à une activité de marche, celui de 6 - 12 km.h⁻¹ à du jogging, celui de 12 - 14 km.h⁻¹ à une vitesse de course à basse intensité (vitesse de croisière ou cruising en anglais), 14 - 18 km.h⁻¹ à une course à moyenne intensité (grandes enjambées ou striding en anglais), 18 - 20 km.h⁻¹ à une course à haute intensité et le sprint était défini par une course supérieure à 20 km.h⁻¹. Ces seuils étaient ceux utilisés dans les travaux de Suárez-Arrones et coll. (39) qui portaient sur les arbitres de rugby à XV du championnat espagnol, mais aussi dans les travaux de Mc Lellan et coll. (20) (2011) qui étudiaient les joueurs de rugby dans les championnats de rugby à XIII en Nouvelle-Zélande et en Australie et également dans les travaux de Cunniffe et coll. (8) (2009) qui portaient sur les joueurs de rugby à XV des championnats britanniques (provinces galloises, irlandaises, italiennes et écossaises) et sur le championnat de rugby à XV qui rassemble les douze meilleurs clubs anglais.

4-2-2 *Distances*

Nous avons traité la distance totale parcourue par les sujets et la distance par mi-temps. De plus, nous avons étudié la distance totale parcourue par tranche de vitesse. Enfin, nous avons étudié la distance totale parcourue pour chaque tranche de 10 minutes de la rencontre ainsi que la distance parcourue à haute intensité de course (> 18 km.h⁻¹) pour chaque tranche de 10 minutes du match.

4-2-3 Accélération

Nous avons choisi de traiter les accélérations de 1 à 2 m.s⁻², de 2 à 3 m.s⁻² et nous avons rajouté celles de 3 à 4 m.s⁻² et supérieures à 4 m.s⁻². Dans les travaux Lacombe et coll. (17) (2014), qui portaient sur l'activité des joueurs de rugby du XV de France lors de 5 matchs internationaux, les seuils de 1 à 2 m.s⁻², de 2 à 3 m.s⁻² et supérieur à 3 m.s⁻² étaient étudiés.

4-2-4 Sprints

Les sprints ont, quant à eux, été traités pour en déterminer la durée (en secondes), la distance moyenne et maximale (en mètres), la vitesse maximale atteinte (en km.h⁻¹) et le temps (en secondes puis minutes) avant de répéter un prochain sprint. Cette analyse a été retrouvée dans les travaux de Suárez-Arrones et coll. (39).

5- Calcul de la fréquence cardiaque de réserve

Pour exprimer les fréquences cardiaques (FC), nous avons décidé de ne pas utiliser la formule empirique de la FC maximale prédite par (220 – âge) car il nous a semblé plus approprié d'utiliser le pourcentage de la FC de réserve afin d'évaluer la difficulté de l'effort produit par le sujet sur le terrain. En effet, les travaux de P-O Åstrand (4) (1952) ont démontré que le pourcentage de la fréquence cardiaque de réserve est un indicateur du pourcentage de VO₂max atteint. Ainsi nous avons, pour chacun des sujets, calculé sa FC de réserve définie par la formule (FC maximale – FC de repos) ; puis les données de FC ont été ramenées au pourcentage de la FC de réserve en soustrayant la FC de repos aux données mesurées sur le terrain, puis en divisant ce résultat par la FC de réserve, propre à chaque individu.

6- Protocole de prélèvement capillaire pour lactatémie

Le protocole de l'étude prévoyait un prélèvement capillaire à la mi-temps et à la fin du match pour analyse de lactatémie avec l'appareil Lactate scout +, fabriqué par SensLab GmbH (Leipzig, Germany). Les travaux de Tanner et coll. (25) (2010) ont testé la fiabilité et la reproductibilité des mesures de lactatémie avec, notamment, l'appareil Lactate scout +. Ces travaux démontrent qu'à des concentrations situées entre 0 et 4 mM, la fiabilité de mesure avec le Lactate scout + est bonne,

avec un pourcentage d'erreur de 12.5% en moyenne. Entre 4 et 8mM ce pourcentage d'erreur est de 10% en moyenne. Au-delà de 8mM, la fiabilité de cet appareil décline mais heureusement aucun prélèvement dans notre travail n'a retrouvé de telles valeurs. Nous avons tout de même préféré répéter la mesure deux fois consécutivement pour chaque prélèvement. A chaque fois la différence entre les deux mesures de lactatémie était inférieure à 15% de la première valeur mesurée.

La connaissance de la cinétique du lactate sanguin après l'exercice a été précisément décrite et analysée par les travaux de Freund et Zouloumian (11) (1981). Dans la mesure du réalisable, nous avons donc décidé de réaliser cette mesure entre 3 et 5 minutes après l'arrêt de l'activité de l'arbitre central afin de laisser le temps au lactate de sortir des cellules musculaires pour être déversés dans le sang. Le prélèvement a été effectué au bout du doigt après avoir nettoyé la pulpe avec un coton. Puis nous avons piqué le bout du doigt avec un dispositif autopiqueur à usage unique (Lancet) de type Unistik 3 Comfort, taille 28G (0.375 mm) avec une profondeur de pénétration de 1.8 mm, fabriqué par la société Owen Mumford (Oxford, England). Ensuite, nous avons déposé une goutte de sang sur un réactif Lactate Scoot Sensor, fabriqué par SensLab (Leipzig, Germany) afin d'obtenir la lactatémie. La première goutte de sang était éliminée puis la seconde était déposée sur le réactif préalablement inséré dans l'appareil Lactate Scoot +. Les résultats étaient donnés en mmol.l^{-1} . Les travaux de Goodwin et coll. (12) (2007) ont montré que la mesure de lactatémie la plus fiable est obtenue par un échantillon de sang artériel (ou à défaut un échantillon veineux), mais ceci ne semblait pas compatible avec les impératifs liés au déroulement de la mi-temps dans notre travail. Nous avons donc utilisé, à défaut, un prélèvement capillaire pour approcher la valeur du sang artériel.

7- Test cognitif

Nous nous sommes basés sur les travaux originaux de Stroop (23) (1935) pour choisir ce test afin d'évaluer les fonctions cognitives de l'arbitre de champ, mais aussi pour mettre en évidence la présence éventuelle d'une diminution ou d'une augmentation de ces fonctions lors du déroulement de la rencontre. Son avantage certain était sa rapidité de réalisation (environ 5 minutes) avant, pendant et après le match. Nous avons utilisé une version papier, en couleur, disponible dans l'annexe 7. Nous avons effectué ces trois parties qui durent chacune 90 secondes

et qui comprennent le remplissage par le sujet de lettres dans des cases qui correspondent à des couleurs. Grâce à ceci, nous avons pu calculer un score (IIIr – IIIe) qui classe l'arbitre dans une forme de résistance au stress. Le score du test (IIIr - IIIe) est une valeur absolue, négative ou positive. Plus elle est élevée et plus la résistance au stress est forte, et inversement. L'annexe 8 résume la méthode de calcul à partir des pages remplies par l'arbitre et le tableau de correspondance à la résistance au stress. Dans la mesure du possible, nous avons réalisé ce test au plus proche du coup d'envoi de la rencontre, idéalement dans la demi-heure qui précédait. Ensuite, nous avons effectué ce même test au retour de l'arbitre dans les vestiaires à la mi-temps et également à son retour une fois le match terminé. Pour ces deux derniers, nous les avons cette fois, dans la mesure du possible, réalisés le plus vite possible après que l'arbitre ait sifflé la fin. Nous pouvons noter que les travaux de Kim (16) (2015) réalisés au cours d'une activité sportive différente du rugby (Taekwondo), n'avaient pas montré de différence significative entre les valeurs précédant et succédant à l'activité physique.

8- Données liées au match

8-1 Scores des rencontres

Pour chaque rencontre nous avons relevé le score à la mi-temps ainsi qu'à la fin du match pour le garder en mémoire. Les tableaux 19 et 20 présentent ces données dans le paragraphe résultats.

8-2 Affluences du public

La Ligue Nationale de Rugby a mis à notre disposition, pour chaque rencontre, l'affluence du public mesurée en milliers de spectateurs. Ceci nous a permis d'émettre des hypothèses sur l'influence de ces données extérieures sur la performance cognitive de l'arbitre et la survenue d'erreurs d'arbitrage.

9- Corrélations

Pour étudier les corrélations entre les données, nous avons à chaque fois pris les valeurs moyennes de chaque mi-temps. Pour les deux arbitres investigués à deux reprises, nous avons effectué la moyenne de chacune de ces données. Enfin, nous avons mis bout à bout les valeurs mesurées pour

chaque mi-temps, ce qui constitue une suite de 18 valeurs dans laquelle chaque sujet est considéré comme un individu différent.

10- Analyse statistique

Les données sont exprimées en valeur moyenne \pm écart-type.

Toutes les statistiques ont été réalisées grâce au logiciel JMP (SAS, Cary, North Carolina, USA) et grâce au site BiostaTGV (<https://marne.u707.jussieu.fr/biostatgv/>) développé par l'Institut Pierre Louis d'épidémiologie et de santé publique, UMR S 1136 affiliée à l'INSERM et par l'Université Pierre et Marie Curie (anciennement UMR S 707) dont les calculs sont réalisés à l'aide du logiciel de statistique R (R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria).

Le test de Shapiro-Wilk a systématiquement été appliqué à l'ensemble des données et il a montré que, la plupart du temps, les paramètres étudiés n'étaient pas normalement distribués. Pour ceux qui l'étaient, nous avons pu observer que les variances dans les deux groupes à comparer n'étaient pas égales. C'est pourquoi nous avons décidé de tester les différences entre les groupes ainsi qu'entre la première et la deuxième mi-temps avec, respectivement, le test de Mann-Whitney-Wilcoxon pour les groupes indépendants et avec le test de Wilcoxon pour les données appariées. Les corrélations, quant à elles, ont été étudiées tout d'abord par un diagramme puis l'intensité de la celle-ci a été testée par le calcul du coefficient de Pearson. A chaque étude de corrélation, nous avons évalué l'influence des points extrêmes observés sur le diagramme et nous n'avons jamais constaté qu'ils étaient responsables d'un changement de la valeur du coefficient de Pearson. C'est pourquoi nous les avons à chaque fois conservés pour l'analyse.

Le seuil de significativité a été fixé à $p < 0.05$.

RESULTATS

1- Distances parcourues

1-1 Distances totales

Le tableau 3 ci-dessous présente les distances totales parcourues dans le match, ainsi que pour chaque mi-temps.

Tableau 3 : Distance totale parcourue exprimée en mètres (moyenne \pm écart type).

	Total du match	Première mi-temps	Deuxième mi-temps
Distance (m)	7435 \pm 464	3745 \pm 322	3690 \pm 415

Il n'existe pas de différence significative ($p = 0.58$) entre la distance totale parcourue en première mi-temps (3745 m \pm 322) et celle parcourue lors de la deuxième mi-temps (3690m \pm 415).

1-2 Distance par tranche de vitesse

Voici le détail des distances parcourues par tranches de vitesse.

- Dans le groupe marche (0 – 6 km.h⁻¹) il n'existe pas de différence significative entre les distances parcourues lors de la première et seconde mi-temps ($p = 0.37$).

- Dans le groupe jogging (6 – 12 km.h⁻¹) il n'existe pas de différence significative entre les distances parcourues lors de la première et seconde mi-temps ($p = 0.76$).

- Dans le groupe course à basse intensité (12 – 14 km.h⁻¹) il n'existe pas de différence significative entre les distances parcourues lors de la première et seconde mi-temps ($p = 0.76$).

- Il existe une différence significative entre les distances parcourues lors de la première et seconde mi-temps ($p = 0.042$) dans le groupe course à moyenne intensité (14 – 18 km.h⁻¹). Ce qui signifie que les arbitres courent moins en deuxième mi-temps (500 \pm 71 m) qu'en première (551 \pm 99) à cette vitesse.

- Dans le groupe course à haute intensité (18 – 20 km.h⁻¹) il n'existe pas de différence significative entre les distances parcourues lors de la première et seconde mi-temps ($p = 0.83$).

- Il existe une différence significative entre les distances parcourues lors de la première et seconde mi-temps ($p = 0.042$) dans le groupe sprint ($> 20 \text{ km.h}^{-1}$) ce qui signifie que les arbitres courent moins en deuxième mi-temps ($130 \pm 100 \text{ m}$) qu'en première (175 ± 97) dans cette tranche de vitesse

Le tableau 4 présente les distances parcourues en fonction de chaque tranche de vitesse et pour chaque mi-temps. Le choix des seuils de vitesses est détaillé dans le chapitre 4-1-1 du paragraphe matériel et méthodes.

La figure 1 résume la comparaison de ces données ainsi que les différences significatives ($p < 0.05$) obtenues.

Tableau 4 : Distance parcourue exprimée en mètres (moyenne \pm écart type) pour chaque tranche de vitesse.

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps	Significativité des différences (p)
0 – 6 km.h ⁻¹ (marche)	1608 \pm 210	1674 \pm 309	0.37
6 – 12 km.h ⁻¹ (jogging)	886 \pm 137	876 \pm 137	0.76
12 – 14 km.h ⁻¹ (course à basse intensité)	356 \pm 55	343 \pm 70	0.76
14 – 18 km.h ⁻¹ (course à moyenne intensité)	551 \pm 99	500 \pm 71	0.042 (*)
18 – 20 km.h ⁻¹ (course à haute intensité)	169 \pm 48	166 \pm 47	0.83
> 20 km.h ⁻¹ (sprint)	175 \pm 97	130 \pm 100	0.042 (*)

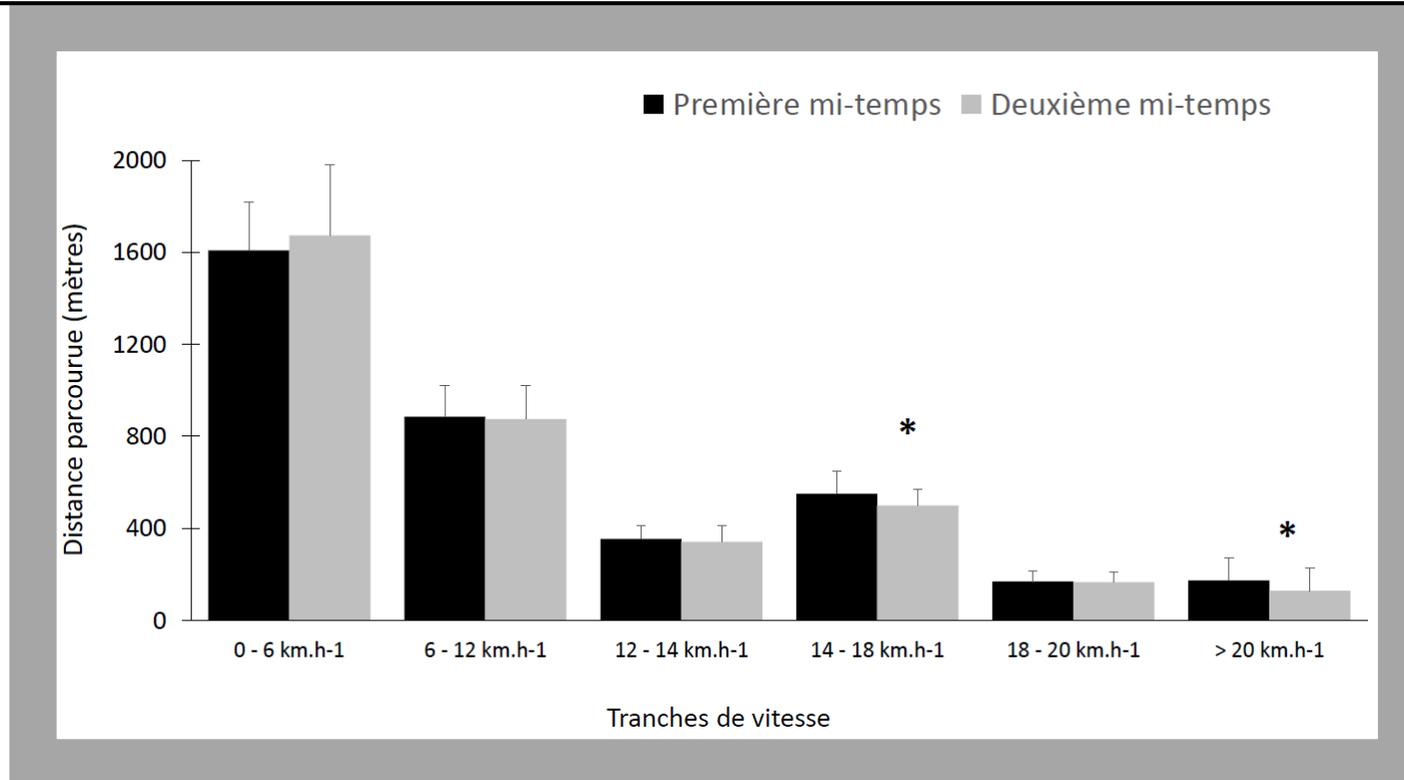


Figure 1 : Comparaison des distances parcourues (mètres) par tranche de vitesse. * signifie différence significative (p < 0.05).

Lorsque ces distances sont exprimées en pourcentage de la distance totale parcourue, voici ce que l'on obtient.

Lors de la première mi-temps, 43.1 % du temps (± 5.8) était passé à marcher, 23.7 % (± 3.2) était passé à la vitesse jogging, 9.5 % (± 1) à courir à basse intensité, 14.7 % (± 2.1) à courir à moyenne intensité, 4.5 % (± 1) à courir à haute intensité et 4.6 % (± 2.4) à sprinter.

Au cours de la deuxième mi-temps 45.4 % (± 5.7) était passé à marcher, 23.8 % (± 3) était passé à la vitesse jogging, 9.3 % (± 1.4) à courir à basse intensité, 13.7 % (± 2.2) à courir à moyenne intensité, 4.6 % (± 1.4) à courir à haute intensité et 3.4 % (± 2.4) à sprinter.

La figure 2 résume ces données.

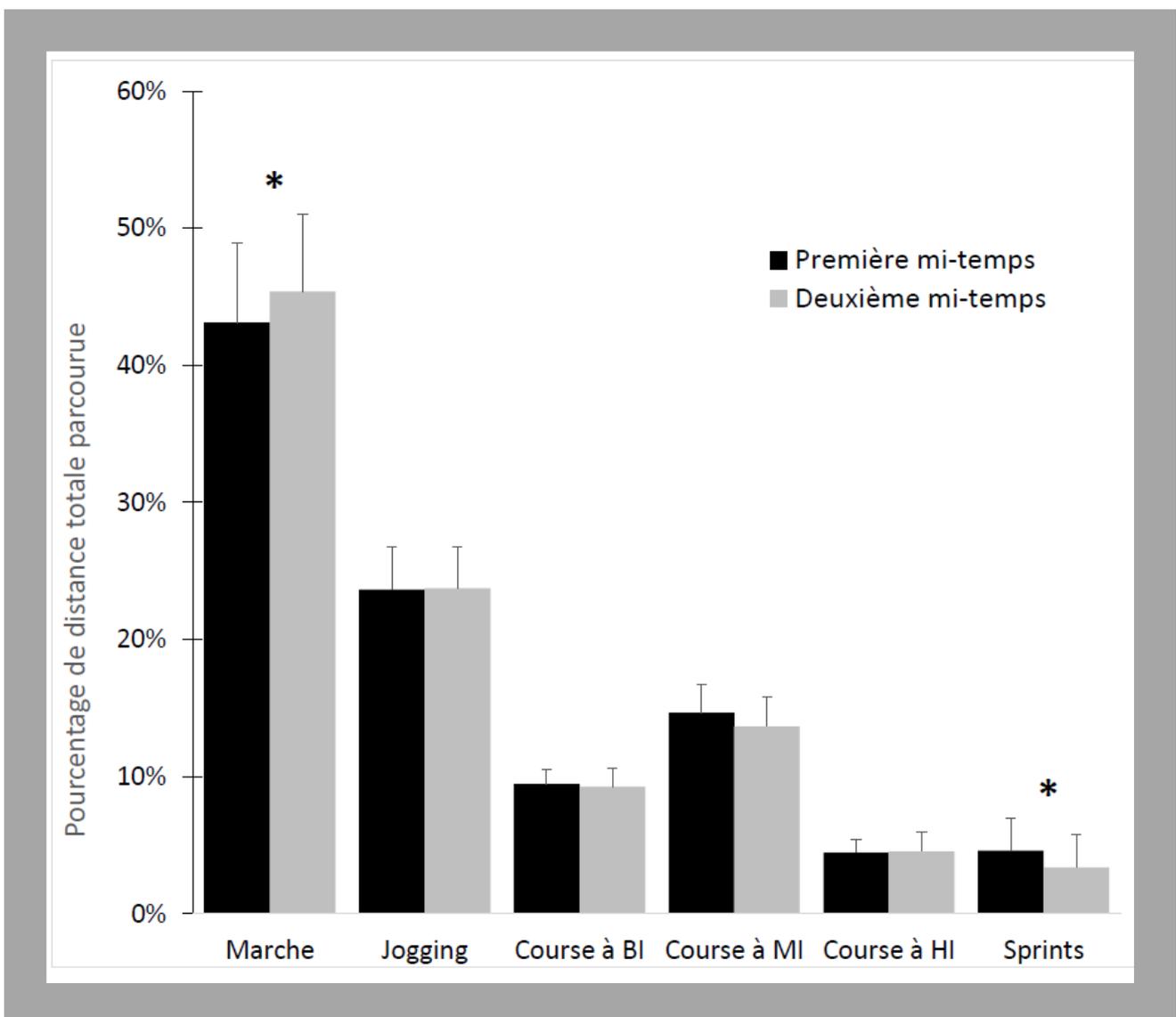


Figure 2 : Comparaison des distances parcourues (en pourcentage de la distance totale) par tranche de vitesse. BI = basse intensité. MI = moyenne intensité. HI = haute intensité. * signifie différence significative (p respectivement égal à 0.02 et 0.02).

1-3 Distance totale parcourue par tranche horaire du match

Nous avons étudié les distances totales parcourues par tranche de 10 minutes du match tout au long de la rencontre. Le tableau 5 résume ces données.

Tableau 5 : Distance totale parcourue exprimée en mètres (moyenne \pm écart type) pour chaque tranche de 10 minutes de la rencontre.

	0-10 min	10-20 min	20-30 min	30-40 min	40-46.8 min
Distance totale parcourue (m) au cours de la première mi-temps	886 \pm 132	820 \pm 71	779 \pm 124	770 \pm 134	490 \pm 144
	40-50 min	50-60 min	60-70 min	70-80 min	80-87 min
Distance totale parcourue (m) au cours de la deuxième mi-temps	866 \pm 126	826 \pm 109	724 \pm 110	784 \pm 129	490 \pm 242

Nous constatons que la distance la plus grande est parcourue au cours des 10 premières minutes de la rencontre (886 \pm 132 mètres). Il existe une différence significative si nous la comparons à la distance parcourue lors de la tranche 30-40 min et 60-70 min (p respectivement égal à 0.047 et 0.0041) alors qu'aucune différence significative n'est observée si nous la comparons aux autres tranches de 10 minutes (p respectivement égaux à 0.19 ; 0.066 ; 0.41 ; 0.33 et 0.13). Par cohérence, les tranches qui correspondent au temps supplémentaire (après 40 et après 80 min) n'ont pas été prises en compte pour cette comparaison.

Cela signifie tout d'abord que la plus grande distance parcourue l'est au cours des 10 premières minutes de la rencontre et que la distance parcourue est significativement plus faible lors de la dernière tranche de la première mi-temps (30-40 min) et lors de la tranche 60-70 min. La figure 3 résume ces distances et les calculs des différences significatives.

Ensuite lorsque nous comparons de manière appariée ces données entre chaque mi-temps, nous ne trouvons aucune différence significative (p respectivement égal à 0.41 ; 0.58 ; 0.13 et 0.76). La figure 4 résume ces données appariées. Ici également les tranches après 40 et après 80 min n'ont pas été prises en compte pour la comparaison appariée.

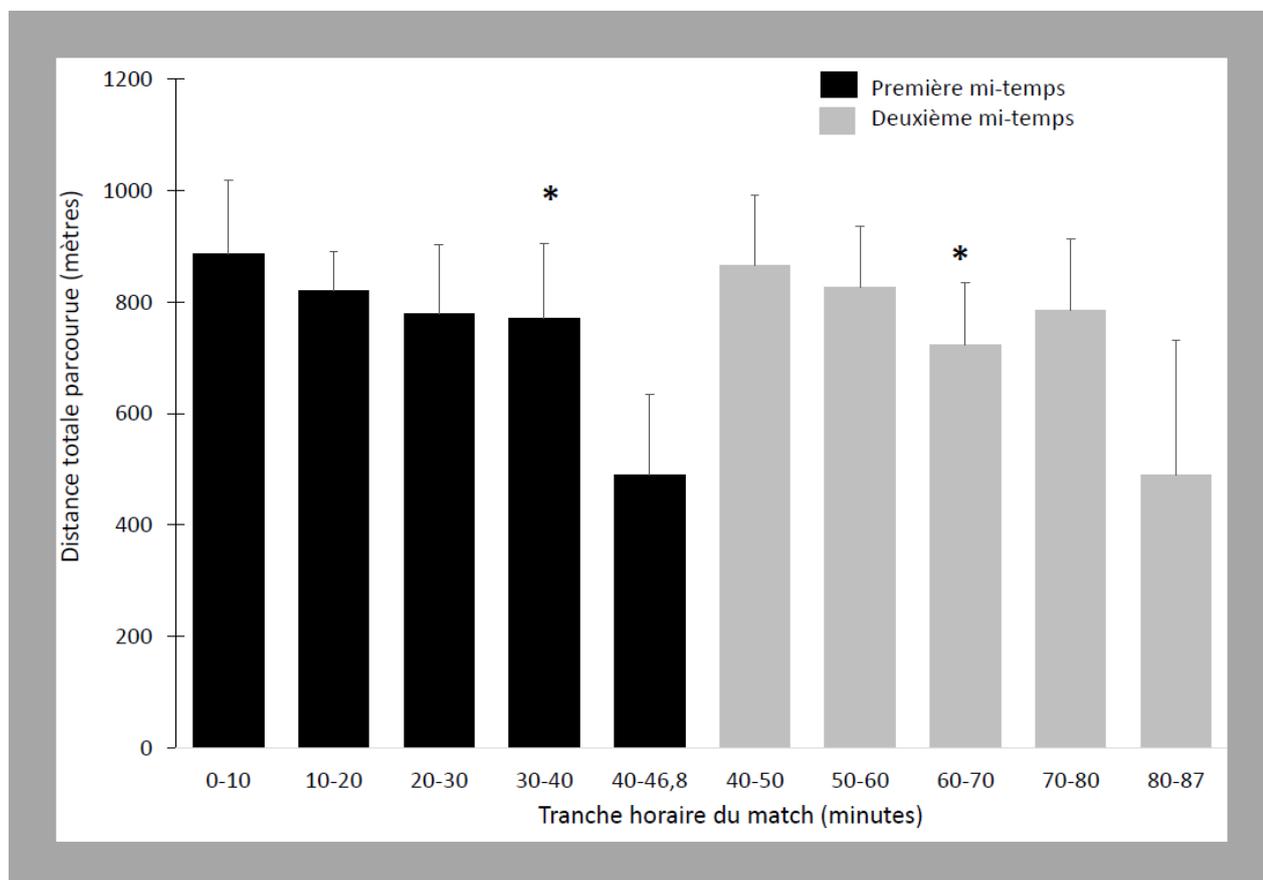


Figure 3 : Distance totale parcourue (mètres) par tranche de 10 minutes du match. * signifie différence significative avec la tranche 0 – 10 min (p respectivement égal à 0.047 et 0.0041).

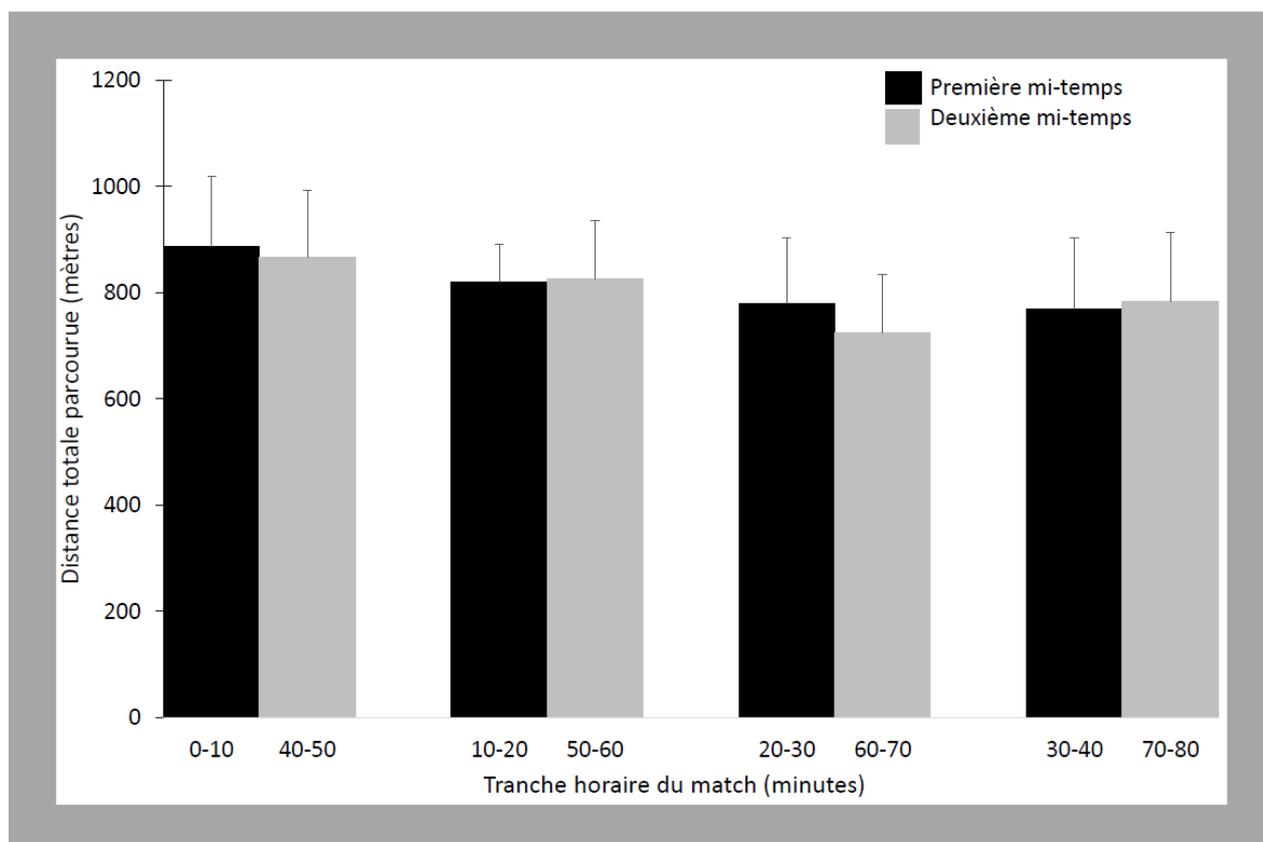


Figure 4 : Distance totale parcourue (mètres), appariée par tranche de 10 minutes du match. Aucune différence significative n'a été retrouvée.

1-4 Distance parcourue à haute intensité de course par tranche horaire du match

Nous avons étudié les distances parcourues à haute intensité de course ($\geq 18 \text{ km.h}^{-1}$) par tranche de 10 minutes du match tout au long de la rencontre. Le tableau 6 résume ces données.

Tableau 6 : Distance parcourue à haute intensité (HI) de course ($\geq 18 \text{ km.h}^{-1}$) exprimée en mètres (moyenne \pm écart type) pour chaque tranche de 10 minutes de la rencontre.

	0-10 min	10-20 min	20-30 min	30-40 min	40-46.8 min
Distance à HI parcourue (m) au cours de la première mi-temps	80 \pm 55	71 \pm 45	69 \pm 59	76 \pm 46	48 \pm 46
	40-50 min	50-60 min	60-70 min	70-80 min	80-87 min
Distance à HI parcourue (m) au cours de la deuxième mi-temps	96 \pm 46	63 \pm 39	38 \pm 31	56 \pm 39	43 \pm 31

Nous constatons que la plus grande distance parcourue 96 \pm 46 mètres l'est au cours des 10 premières minutes (tranche 40-50 min) de la deuxième mi-temps de la rencontre. Il existe une différence significative si nous la comparons à la distance parcourue lors de la tranche 60-70 min et 70-80 min (p respectivement égal à 0.0031 et 0.036) alors qu'aucune différence significative n'est observée si nous la comparons aux autres tranches de 10 minutes, p respectivement égal à 0.58 ; 0.26 ; 0.17 ; 0.31 et 0.11. Par cohérence, les tranches qui correspondent au temps supplémentaire (après 40 et après 80 min) n'ont pas été prises en compte pour cette comparaison. Cela signifie tout d'abord que la plus grande distance parcourue l'est au cours des 10 premières minutes de la deuxième mi-temps de la rencontre et que la distance parcourue est significativement plus faible lors des vingt dernières minutes du match. La figure 5 résume ces distances et les calculs des différences significatives.

Ensuite lorsque nous comparons de manière appariée ces données entre chaque mi-temps, nous ne trouvons aucune différence significative (p respectivement égal à 0.58 ; 0.86 ; 0.17 et 0.41). La figure 6 résume ces données appariées. Ici également, les tranches après 40 et après 80 min n'ont pas été prises en compte pour la comparaison appariée.

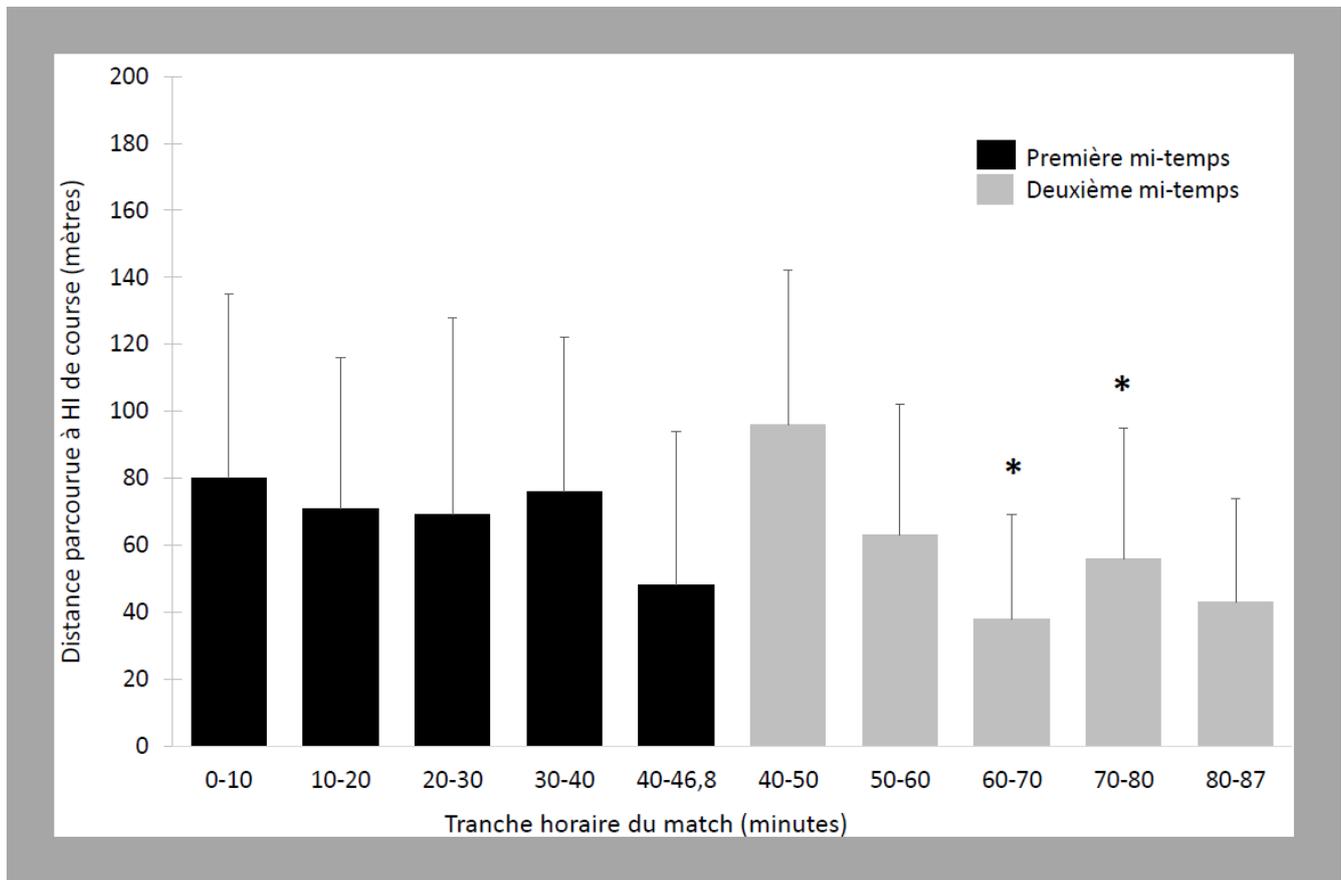


Figure 5 : Distance parcourue (mètres) à haute intensité (HI) de course ($\geq 18 \text{ km.h}^{-1}$) par tranche de 10 minutes du match. * signifie différence significative avec la tranche 40 – 50 min (p respectivement inférieurs à 0.01 et 0.05).

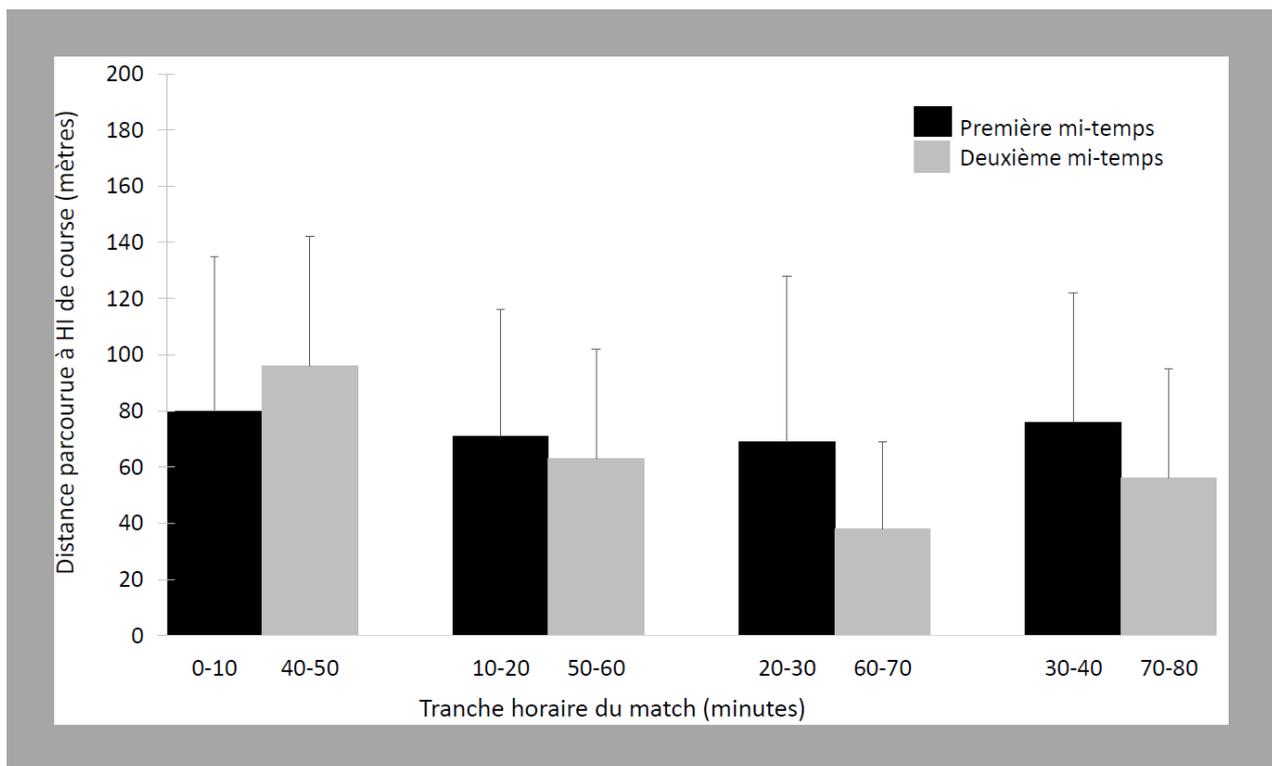


Figure 6 : Distance parcourue (mètres) à haute intensité (HI) de course ($\geq 18 \text{ km.h}^{-1}$), appariée par tranche de 10 minutes du match. Aucune différence significative n'a été retrouvée.

2- Vitesses

2-1 Vitesse moyenne, vitesse relative, vitesse maximale et pourcentage de vitesse maximale

Le tableau 7 présente la vitesse moyenne, maximale et relative pour chaque mi-temps. Les vitesses moyenne et maximale sont exprimées en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ alors que la vitesse relative est exprimée en mètre par minute de match ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$).

Tableau 7 : Vitesse moyenne, relative et maximale (moyenne \pm écart type) pour chaque mi-temps.

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps	Significativité (p)
Vitesse moyenne ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	4.49 \pm 0.38	4.37 \pm 0.50	0.83
Vitesse maximale ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	24.27 \pm 1.86	24.28 \pm 2.90	0.97
Vitesse relative ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	80.16 \pm 7.87	78.45 \pm 6.15	0.56

Il n'existe pas de différence significative ($p = 0.83$) entre les vitesses moyennes comparées entre les deux mi-temps. De même, nous ne trouvons pas de différence significative ($p = 0.97$) entre les vitesses maximales de la première et deuxième mi-temps. Enfin, il n'existe toujours pas de différence significative si nous comparons les vitesses relative obtenues au cours des deux mi-temps ($p = 0.56$).

Nous pouvons conclure, d'après ces données, qu'il n'y a pas de différence de vitesse de course entre les deux mi-temps.

Si nous exprimons ces vitesses moyennes en pourcentage de la vitesse maximale de chaque sujet, ce que nous obtenons est résumé dans le tableau 8.

Tableau 8 : Vitesses moyennes exprimées en pourcentage de la vitesse maximale (Vmax) de chaque sujet (moyenne \pm écart type) pour chaque mi-temps.

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps
Pourcentage de Vmax	26.17 % \pm 0.02	25.45 % \pm 0.03

Encore une fois aucune différence significative n'est retrouvée ($p = 0.46$).

2-2 Vitesse par tranche horaire du match

Nous avons ensuite cherché une différence entre les vitesses moyennes pour chaque tranche de 10 minutes du match. Le tableau 9 résume ces résultats. Ainsi nous avons comparé, pour chaque tranche de 10 minutes, les données obtenues en première mi-temps contre celles obtenues en deuxième mi-temps. La figure 8 montre la comparaison de ces données. A noter qu'il n'existe pas de différence significative (p respectivement égal à 0.58 ; 0.64 ; 0.054 et 0.77) entre les vitesses moyennes appariées par tranche de 10 minutes de la première mi-temps comparées à celles de la deuxième mi-temps.

Pour mémoire, la figure 7 ci-dessous montre les vitesses moyennes en fonction des tranches de 10 minutes de match.

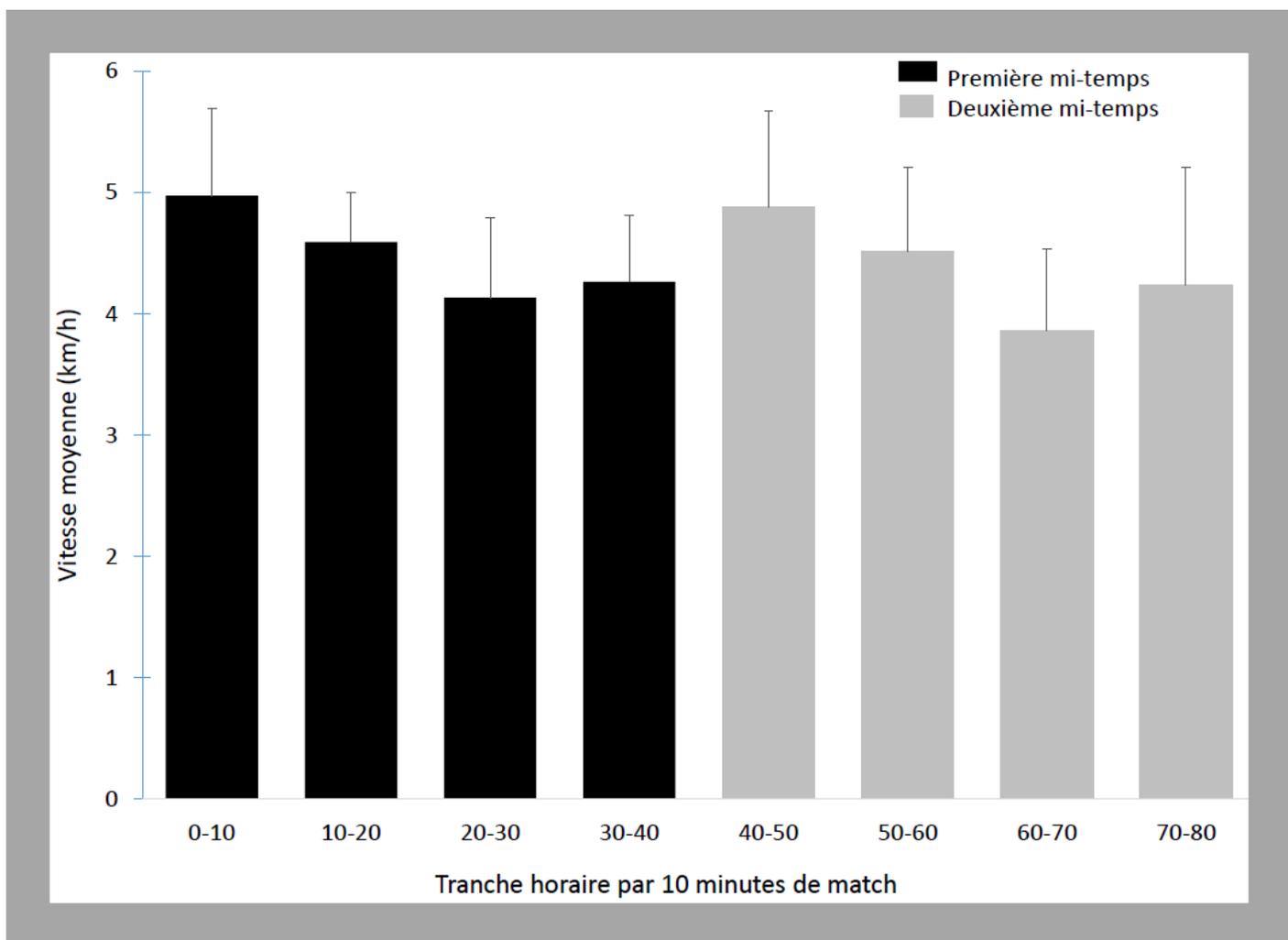


Figure 7 : Vitesse moyenne exprimée en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ pour chaque tranche de 10 minutes de match.

Tableau 9 : Vitesse moyenne (moyenne \pm écart type) pour chaque tranche de 10 minutes de match.

	0-10 / 40-50 min	10-20 / 50-60 min	20-30 / 60-70 min	30-40 / 70-80 min
Vitesse moyenne (km.h ⁻¹)	4.97 \pm 0.72 / 4.88 \pm 0.79	4.59 \pm 0.41 / 4.51 \pm 0.69	4.13 \pm 0.66 / 3.86 \pm 0.67	4.26 \pm 0.55 / 4.23 \pm 0.97

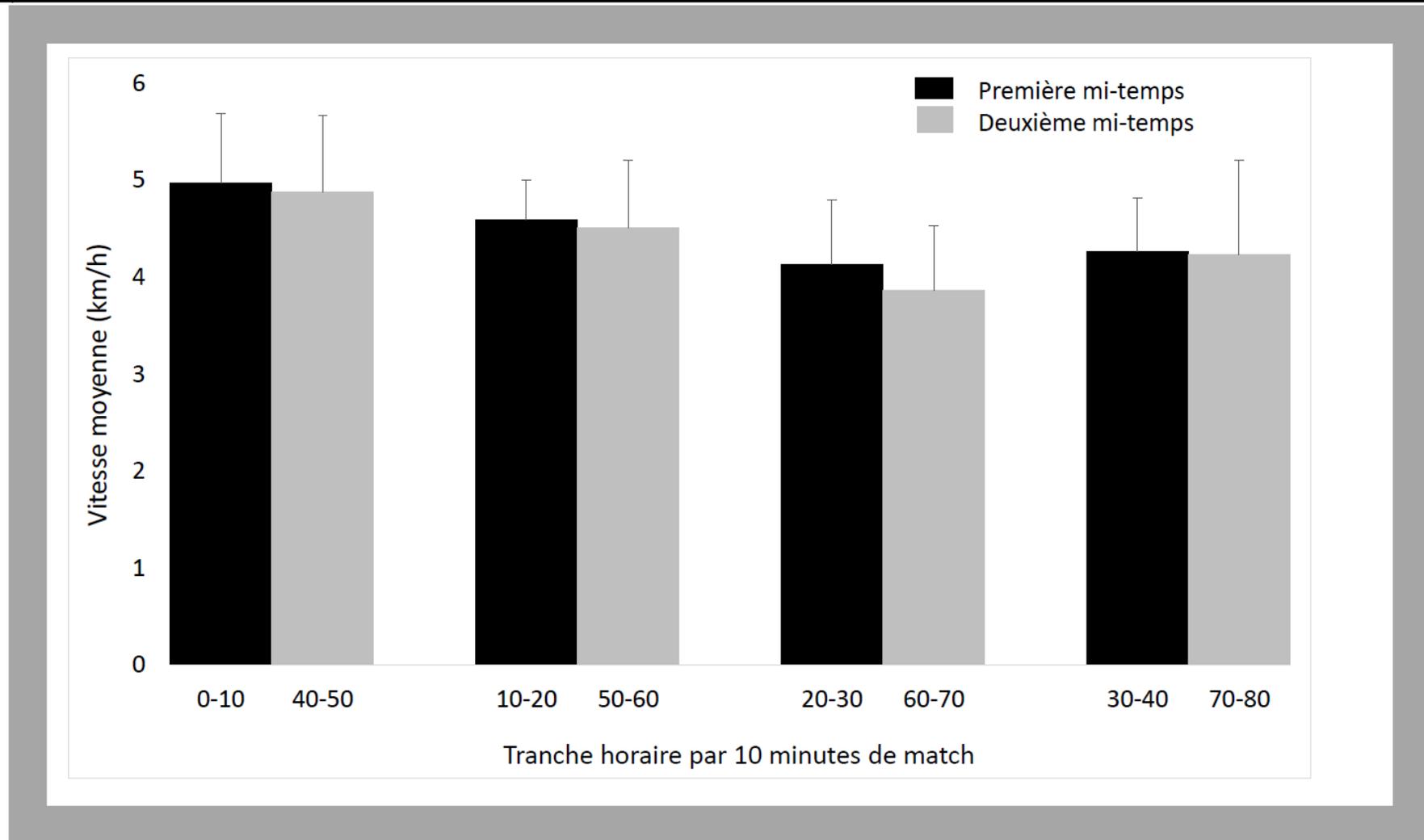


Figure 8 : Comparaison entre les vitesses moyenne (km.h⁻¹) pour chaque tranche de 10 minutes de match. Aucune différence significative n'a été retrouvée ($p > 0.05$).

3- Sprints

Voici les caractéristiques des sprints réalisés lors de notre étude, avec pour mémoire le seuil de 20 km.h⁻¹ choisi pour définir un sprint.

Tableau 10 : Caractéristiques des sprints de chaque mi-temps (moyenne ± écart-type).

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps	Significativité (p)
Nombre de sprints	12.2 ± 6.0	10.2 ± 6.6	0.36
Vitesse maximale atteinte (km.h ⁻¹)	21.8 ± 0.7	21.7 ± 0.7	0.41
Distance moyenne parcourue par sprint (mètres)	14.4 ± 4.1	12.3 ± 3.9	0.22
Distance maximale atteinte (mètres)	41.0 ± 20.0	28.6 ± 11.2	0.26
Durée moyenne d'un sprint (secondes)	1.97 ± 0.66	1.64 ± 0.56	0.22
Durée moyenne entre chaque sprint (secondes)	259.2 ± 172.6	306.1 ± 209.5	0.70
Durée moyenne entre chaque sprint (minute)	4.32 ± 2.88	5.10 ± 3.49	0.70

Aucune différence significative n'a été retrouvée lors de la comparaison de manière appariée (première mi-temps vs deuxième mi-temps) de ces données. Pour mémoire les p sont respectivement égaux à : 0.36 ; 0.41 ; 0.22 ; 0.26 ; 0.22 ; 0.70 et 0.70.

Les figures 9, 10, 11 et 12 résument ces données et l'absence de différence significative entre les deux mi-temps.

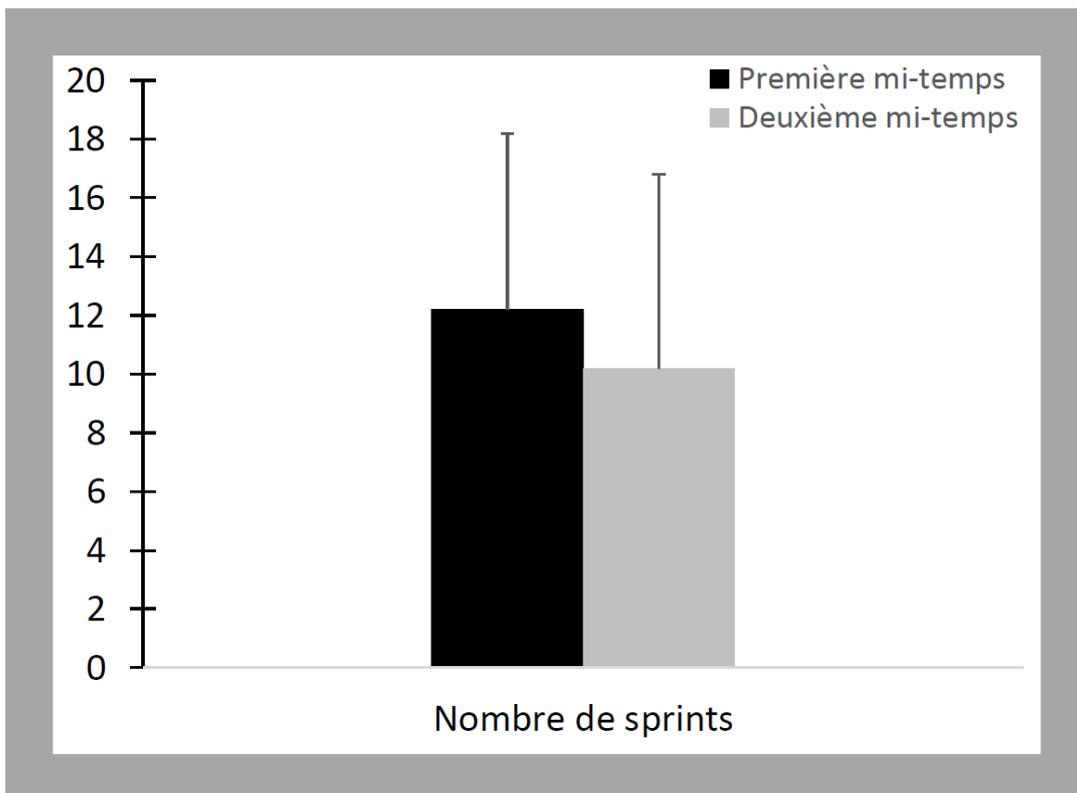


Figure 9 : Comparaison du nombre de sprints effectués par mi-temps. Pas de différence significative observée ($p = 0.25$).

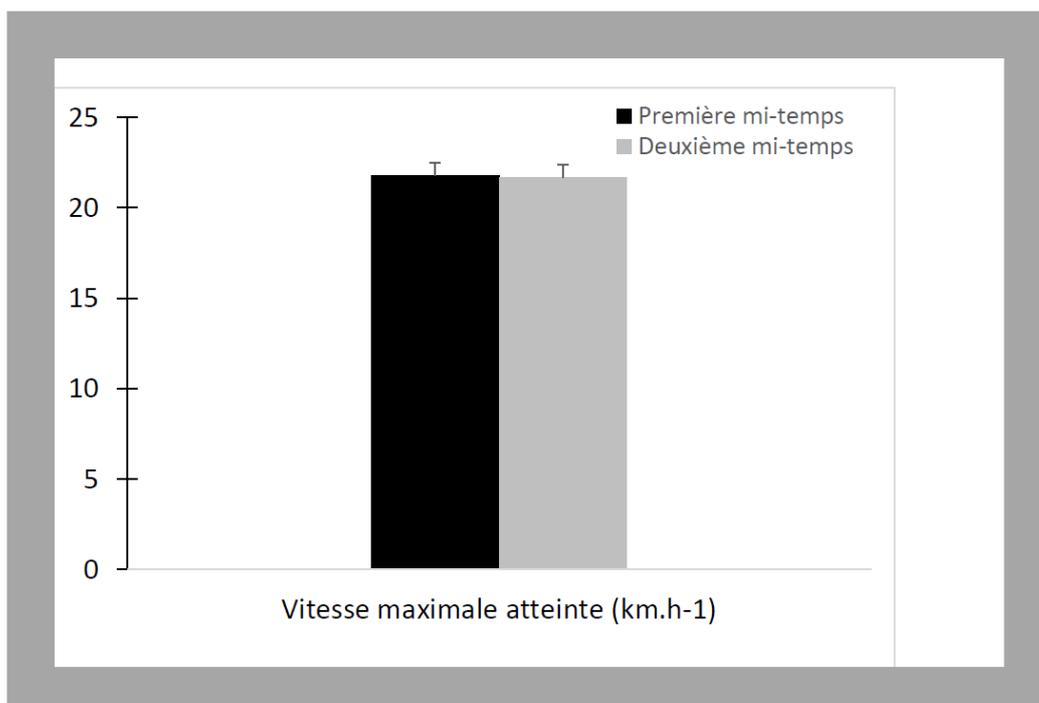


Figure 10 : Comparaison de la vitesse maximale atteinte lors d'un sprint (moyenne \pm écart-type) effectué par mi-temps. Pas de différence significative observée ($p = 0.19$).

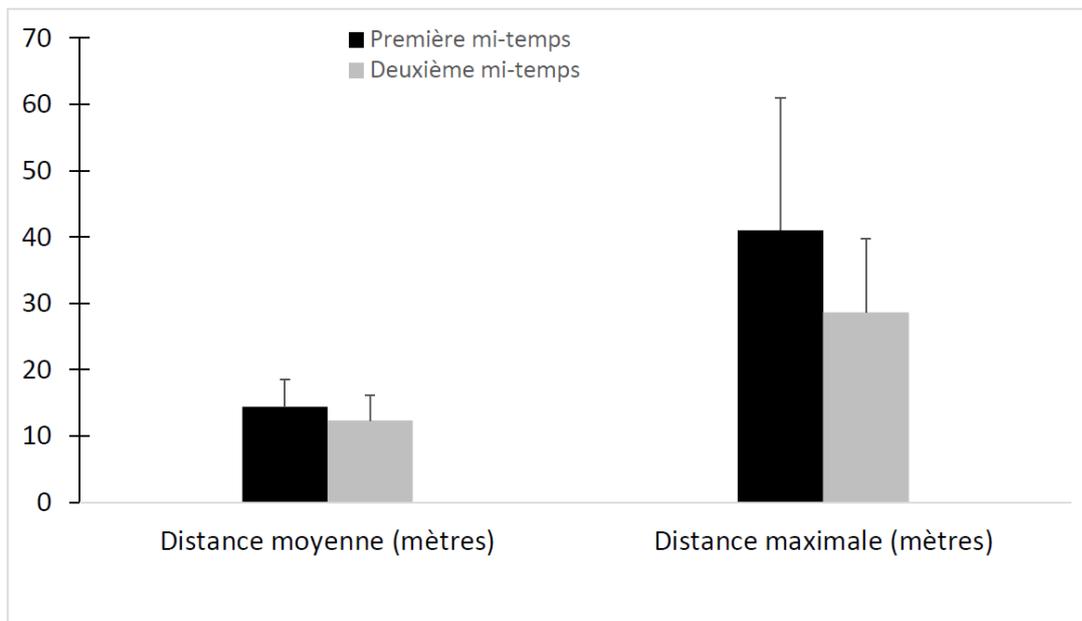


Figure 11 : Comparaison des distances moyennes et maximales atteintes lors d'un sprint par mi-temps. Pas de différence significative observée ($p = 0.16$ et 0.13).

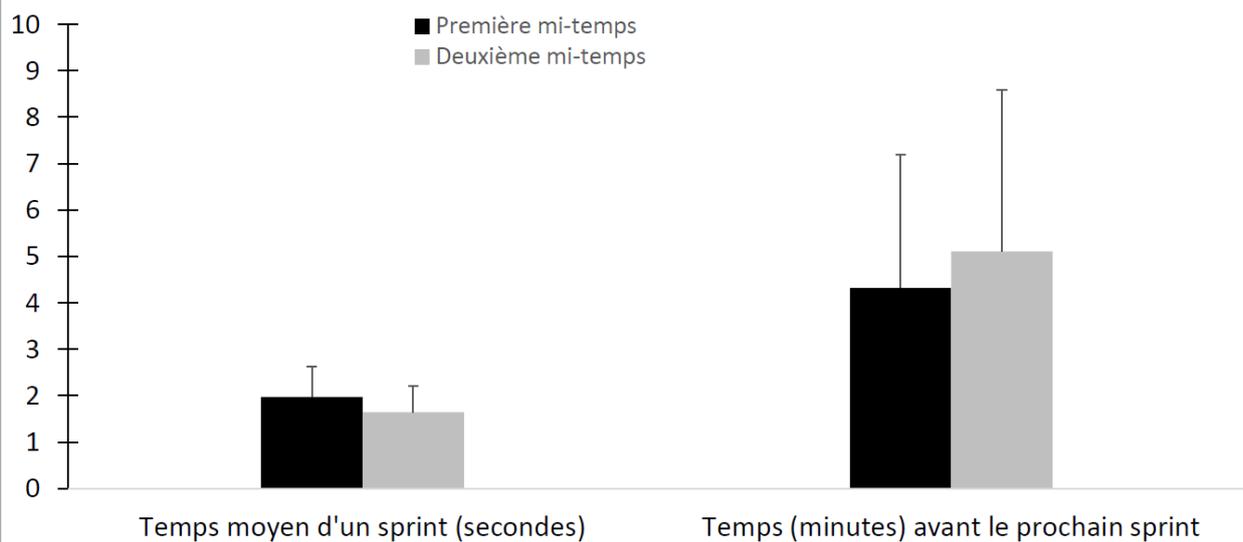


Figure 12 : Comparaison de la durée moyenne (en seconde) d'un sprint et de la durée moyenne avant le sprint suivant (en minute) par mi-temps. Pas de différence significative observée ($p = 0.16$ et 0.70).

4- Accélération

Le tableau 11 montre le nombre d'accélération réalisées par les sujets pour chacune des mi-temps, aux seuils choisis (voir chapitre 4-1-3 du paragraphe matériel et méthodes).

Lorsque nous comparons de manière appariée ces données entre les deux mi-temps, aucune différence significative n'est retrouvée, p respectivement égal à 0.64 ; 0.055 ; 0.45 et 0.56.

La figure 13 résume le nombre d'accélération et l'absence de différence significative.

Tableau 11 : Caractéristiques des accélérations en $m.s^{-2}$ de chaque mi-temps (moyenne \pm écart-type).

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps	Significativité (p)
De 1 à 2 $m.s^{-2}$	296.6 \pm 53.7	302.3 \pm 59.8	0.64
De 2 à 3 $m.s^{-2}$	78.7 \pm 21.3	74.6 \pm 18.1	0.055
De 3 à 4 $m.s^{-2}$	21.6 \pm 7.5	20.5 \pm 7.2	0.45
> 4 $m.s^{-2}$	4.1 \pm 3.6	3.6 \pm 3.6	0.56

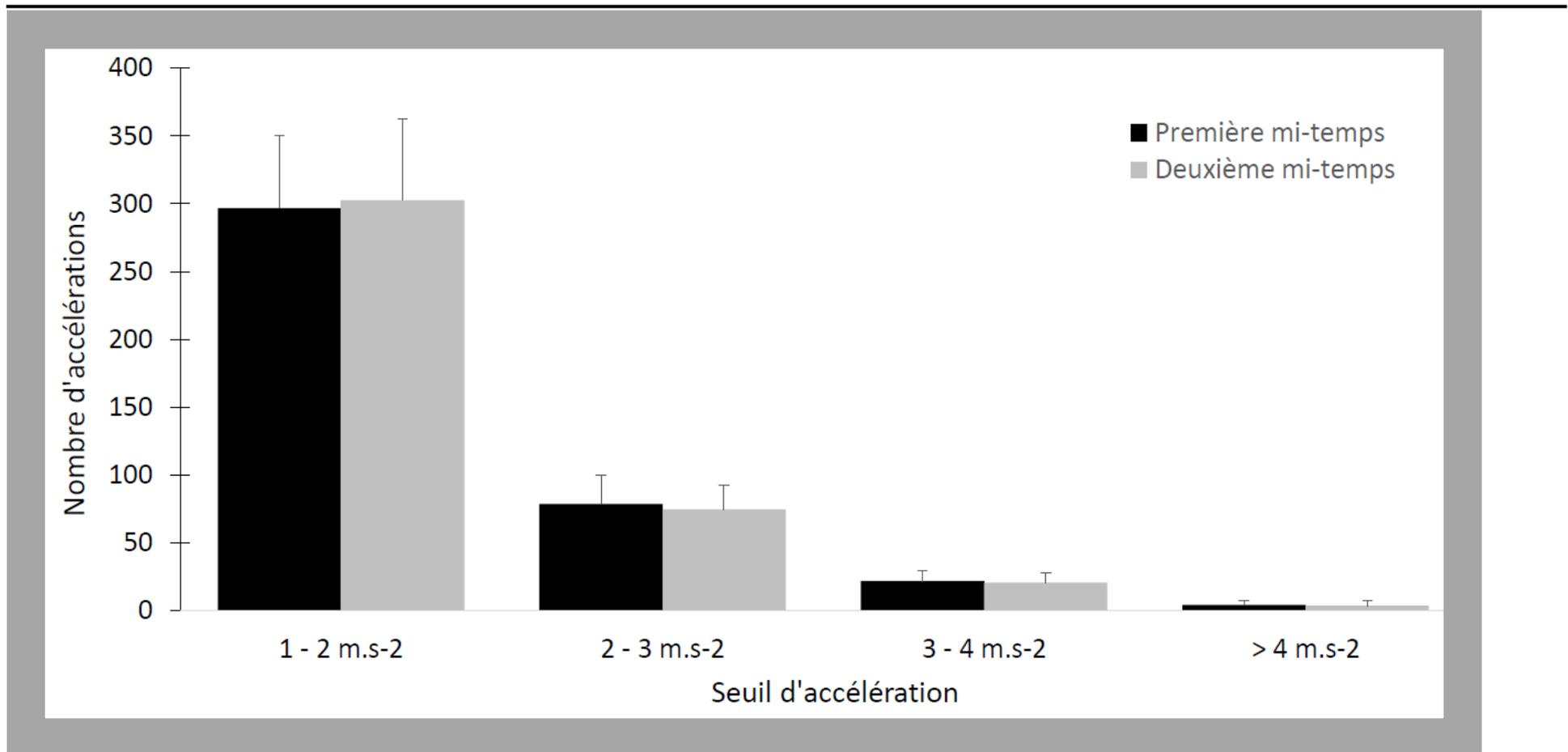


Figure 13 : Comparaison du nombre d'accélérations par seuil et par mi-temps. Aucune différence significative n'a été retrouvée ($p > 0.05$)

5- Fréquences cardiaques

5-1 Fréquence cardiaque (FC) moyenne, FC maximale, et pourcentage de FC de réserve

Le tableau 12 présente la fréquence cardiaque moyenne, le pourcentage de fréquence cardiaque de réserve et la fréquence cardiaque maximale pour chaque mi-temps. Les données sont exprimées en battements par minute (bpm) sauf pour les pourcentages de la FC de réserve (%).

Tableau 12 : Fréquence cardiaque moyenne, pourcentage de FC de réserve et FC maximale (moyenne \pm écart type) pour chaque mi-temps.

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps	Significativité (p)
FC moyenne (bpm)	152 \pm 12	148 \pm 12	0.032 (*)
Pourcentage de FC de réserve (%)	72% \pm 6	69% \pm 6	0.032 (*)
FC maximale (bpm)	180 \pm 10	181 \pm 12	0.68

Il existe une différence significative ($p = 0.032$) entre les fréquences cardiaques moyennes comparées entre les deux mi-temps. Cela signifie que la fréquence cardiaque moyenne mesurée lors de la première mi-temps (152 \pm 12) est significativement plus élevée que celle mesurée lors de la deuxième mi-temps (148 \pm 12). De plus, il existe une différence significative si nous comparons les pourcentages de fréquence cardiaque de réserve au cours des deux mi-temps ($p = 0.032$). Par contre, nous ne trouvons pas de différence significative ($p = 0.68$) entre les fréquences cardiaques maximales de la première et deuxième mi-temps.

Ces données ainsi que le calcul des différences statistiques sont résumés dans les figures 14 et 15.

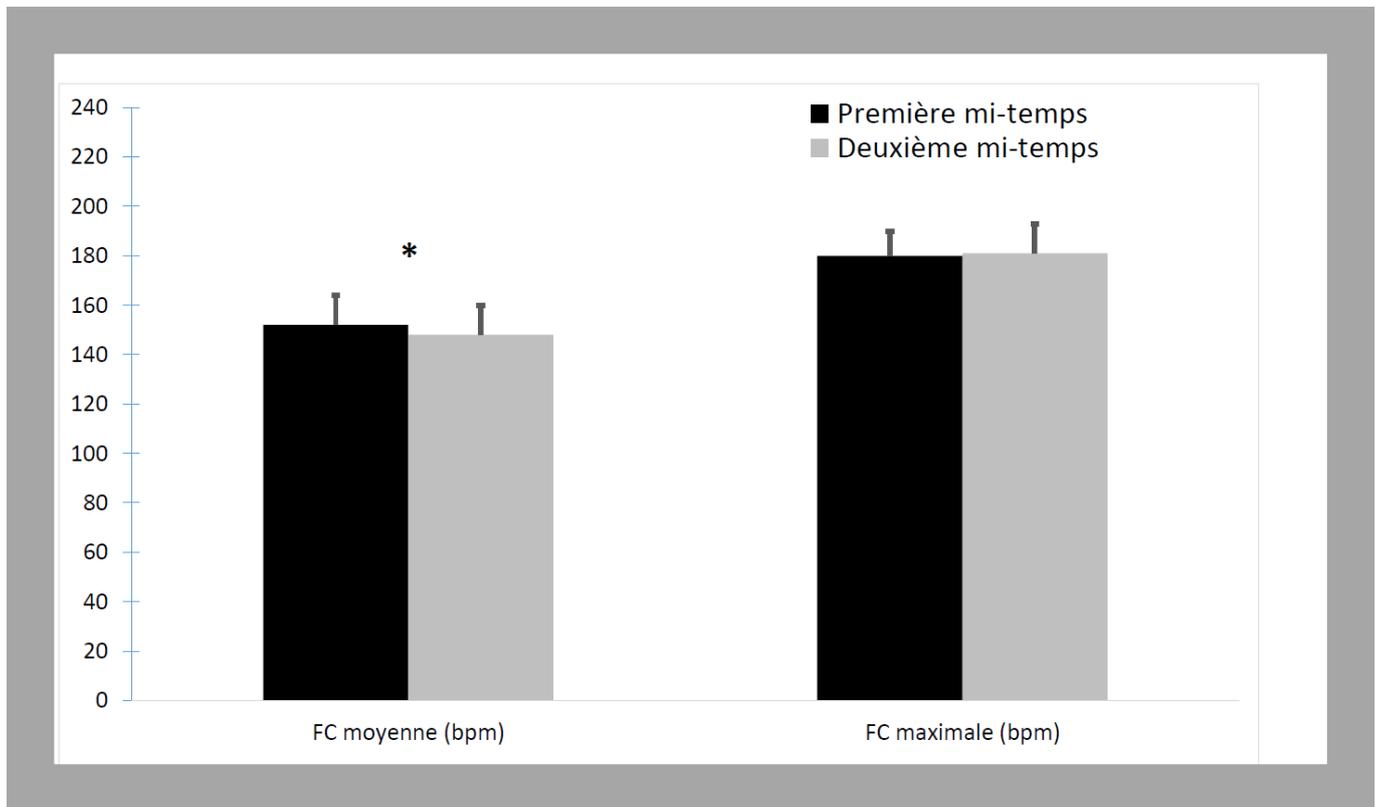


Figure 14 : Comparaison des fréquences cardiaques (FC) moyenne et maximale entre les deux mi-temps. * signifie différence significative ($p = 0.032$).

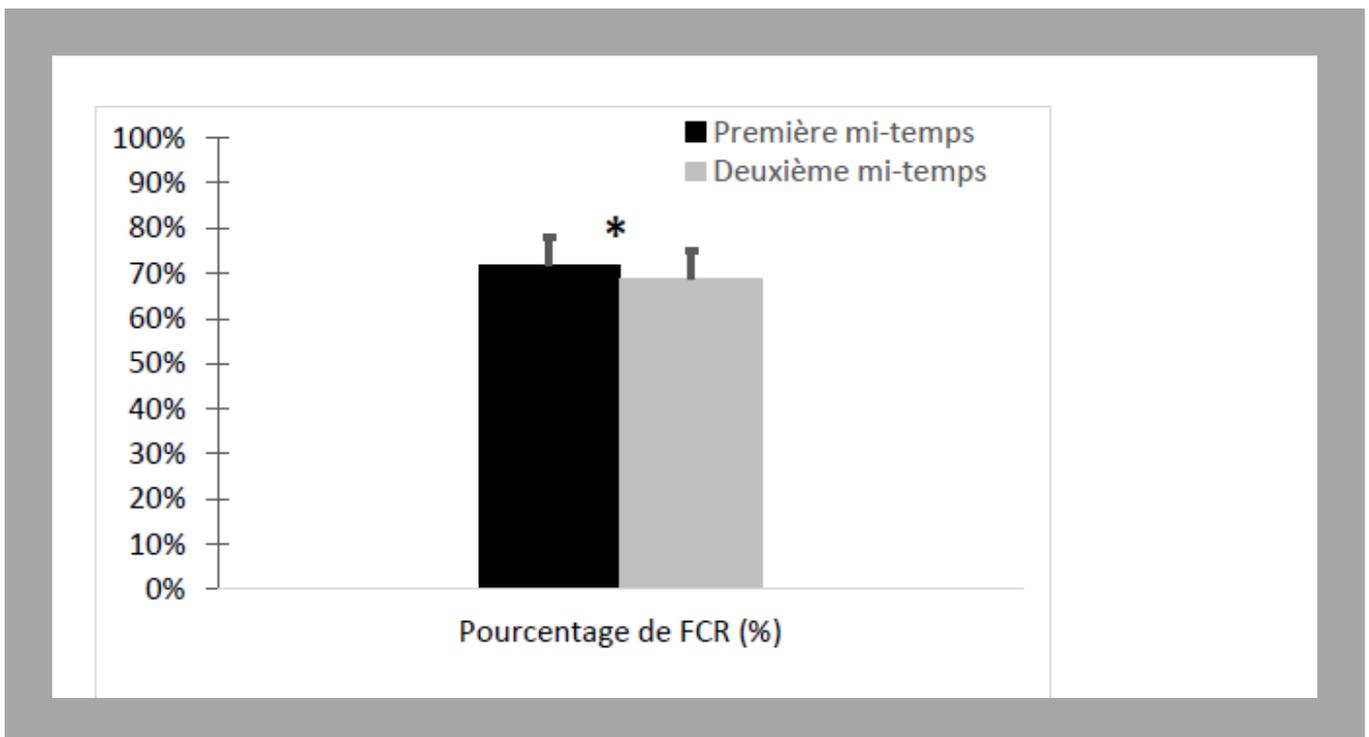


Figure 15 : Comparaison des pourcentages de fréquence cardiaque de réserve (FCR) entre les deux mi-temps. * signifie différence significative ($p = 0.032$).

5-2 Fréquence cardiaque (FC) par tranche horaire du match

Nous avons ensuite cherché une différence entre les fréquences cardiaques moyennes pour chaque tranche de 10 minutes du match. Ainsi nous avons comparé, pour chaque tranche de 10 minutes, les données obtenues en première mi-temps contre celles obtenues en deuxième mi-temps. Le tableau 13 résume ces résultats exprimés en bpm. La figure 16 montre la comparaison de ces données.

A noter qu'il existe une différence significative si on compare les FC de la tranche 0-10 min à celles de la tranche 40-50 min ($p = 0.0097$) alors qu'il n'existe aucune différence significative si on compare de manière appariée les autres tranches de match, p respectivement égal à 0.32 ; 0.083 ; 0.84.

Cela signifie que les FC moyennes sont significativement plus élevées dans les dix premières minutes de la rencontre (154 ± 11 bpm) en comparaison avec les FC moyennes des dix premières minutes de la seconde mi-temps (145 ± 12 bpm).

Tableau 13 : Fréquence cardiaque moyenne (moyenne \pm écart type) pour chaque tranche de 10 minutes de match.

	0-10 / 40-50 min	10-20 / 50-60 min	20-30 / 60-70 min	30-40 / 70-80 min
FC moyenne (bpm)	154 \pm 11 / 145 \pm 12	152 \pm 13 / 149 \pm 12	151 \pm 9 / 146 \pm 12	148 \pm 11 / 148 \pm 12

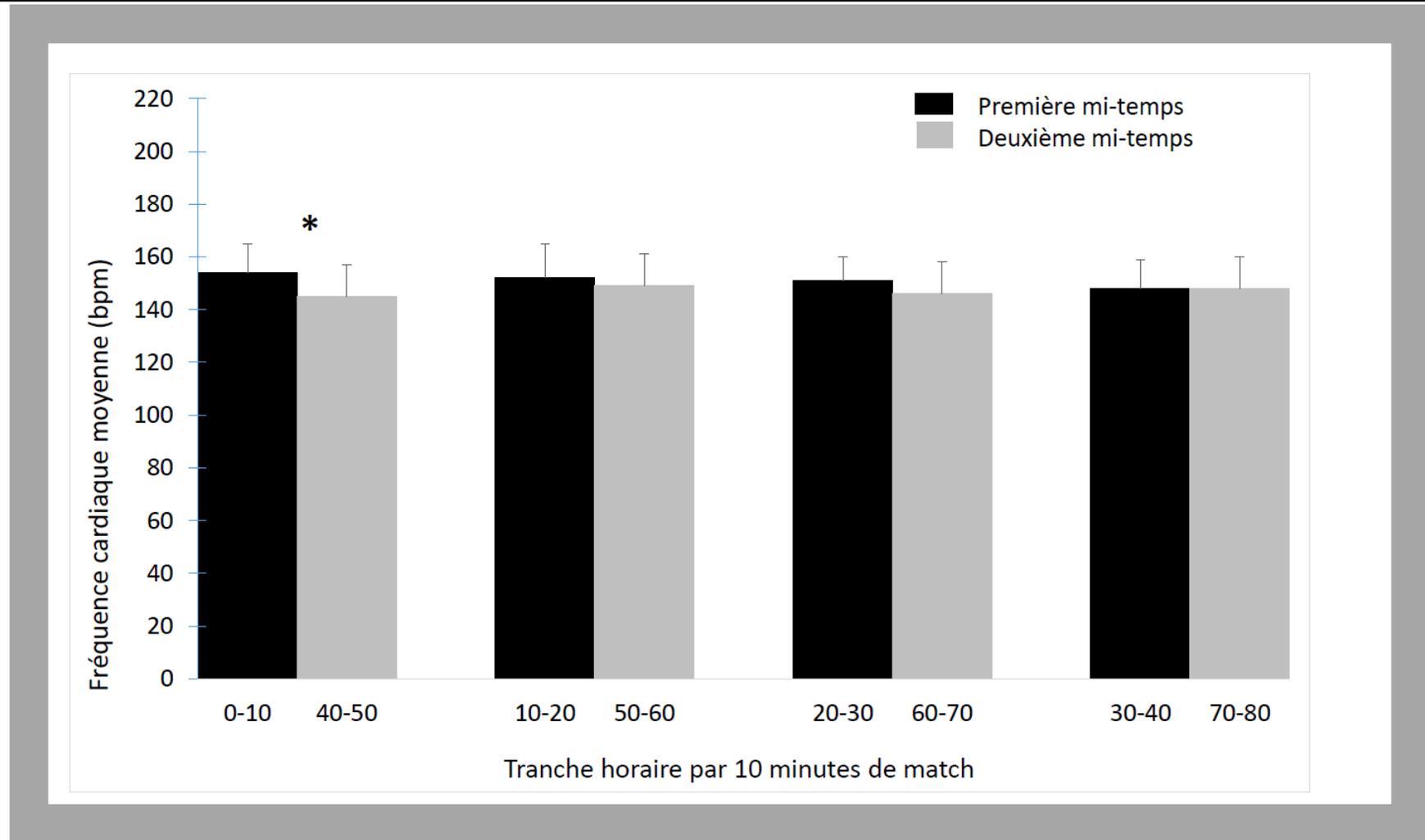


Figure 16 : Comparaison entre les fréquences cardiaques moyennes (bpm) pour chaque tranche de 10 minutes de match. * signifie différence significative ($p = 0.01$).

6- Lactatémies

À la fin de la première mi-temps, la lactatémie (moyenne \pm écart type) était de 4.0 ± 1.9 alors que celle mesurée en fin de deuxième mi-temps était de 2.9 ± 1.1 . La lactatémie est significativement plus élevée à la fin de la première en comparaison avec celle de la fin de la deuxième mi-temps ($p < 0.05$).

La figure 17 résume ces données.

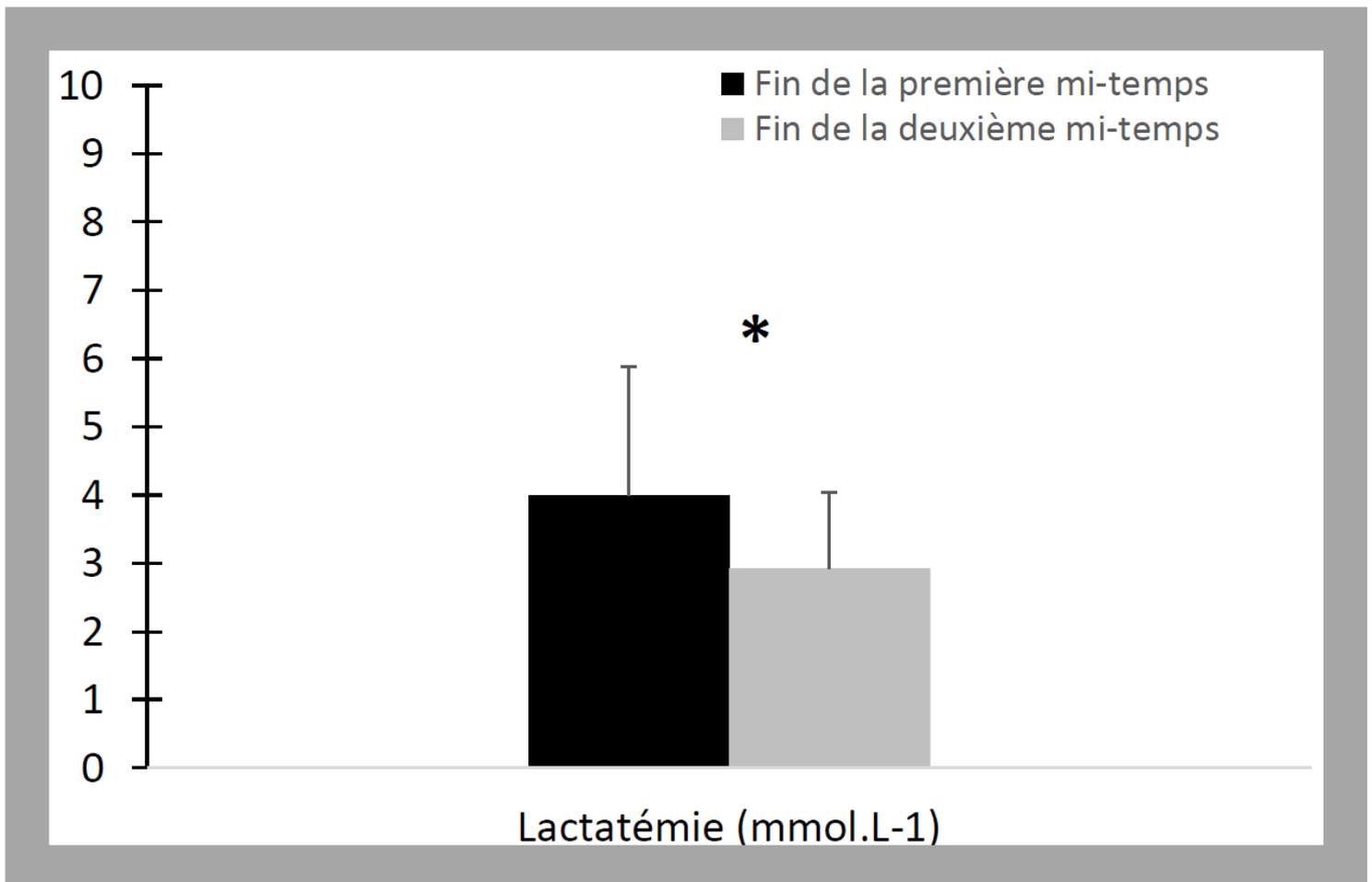


Figure 17 : Comparaison des lactatémies. * signifie différence significative ($p < 0.05$).

7- Durée de la rencontre

Le déclenchement de l'enregistrement GPS est détaillé dans la partie matériel et méthodes (4.3). Le tableau 14 ci-dessous résume les différents temps d'enregistrement de chacune des rencontres, imposés par la longueur du match et des arrêts de jeu.

Tableau 14 : Durée de la rencontre exprimée en minutes pour chaque mi-temps (moyenne \pm écart-type).

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps
Durée (minutes)	46.8 \pm 2.2	47.0 \pm 3.2

Aucune différence significative n'est retrouvée lorsque l'on compare les deux mi-temps ($p = 0.88$).

8- Test cognitif

8- 1 Score au test de Stroop (valeur absolue)

Le tableau 15 montre les résultats du test cognitif (Stroop) que nous avons fait passer à chaque arbitre avant le match, à la fin de la première mi-temps et à la fin de la deuxième mi-temps. Ce tableau exprime les scores bruts (voir chapitre 7 du paragraphe matériel et méthodes).

Tableau 15 : Scores au test cognitif de Stroop exprimés en valeur absolue (moyenne \pm écart-type).

	Score
Avant le match	4.24 \pm 11.3
Fin de la première mi-temps	1.36 \pm 14.8
Fin de la deuxième mi-temps	8.20 \pm 11.0

Lorsque nous avons comparé les résultats entre les scores d'avant match et ceux de la fin de la première mi-temps, aucune différence significative n'a été retrouvée ($p = 0.84$). Puis quand nous avons comparé les scores de la fin de la première à ceux de la fin de la deuxième mi-temps, une différence significative est notable ($p < 0.05$). Ce qui signifie que les scores sont significativement plus élevés à la fin du match comparé à ceux de la fin de la première mi-temps.

La figure 18 résume ces données.

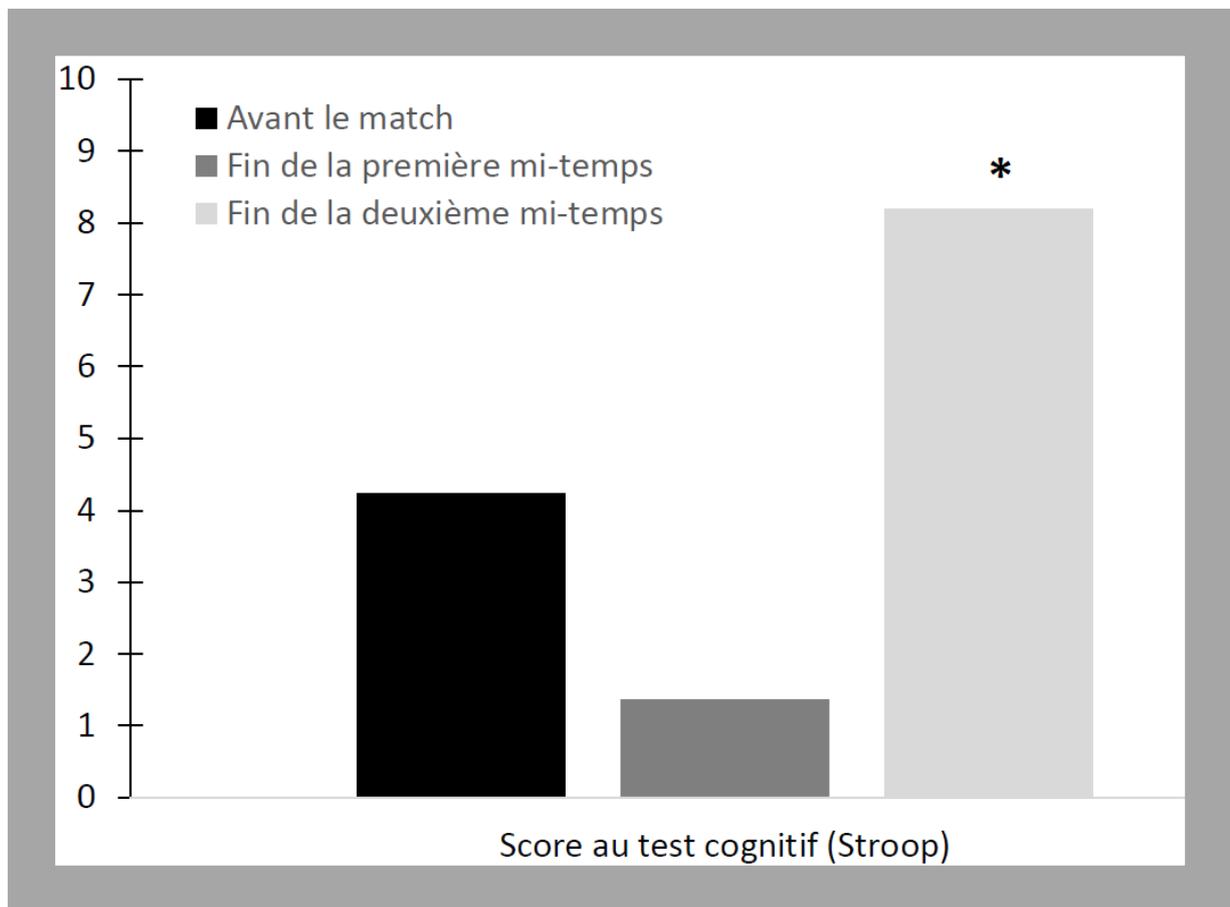


Figure 18 : Comparaison du résultat au test cognitif de Stroop (valeur absolue). Il existe une différence significative ($p < 0.05$) entre les résultats de la fin de la première et de la fin de la deuxième mi-temps.

Les écarts-type étant très étendus comme le montre le tableau 16, nous ne les avons pas inscrits sur la figure 18. Ainsi, la figure 19 montre les valeurs des scores réalisés par les 11 arbitres, avant le match, à la fin de la première et de la deuxième mi-temps.

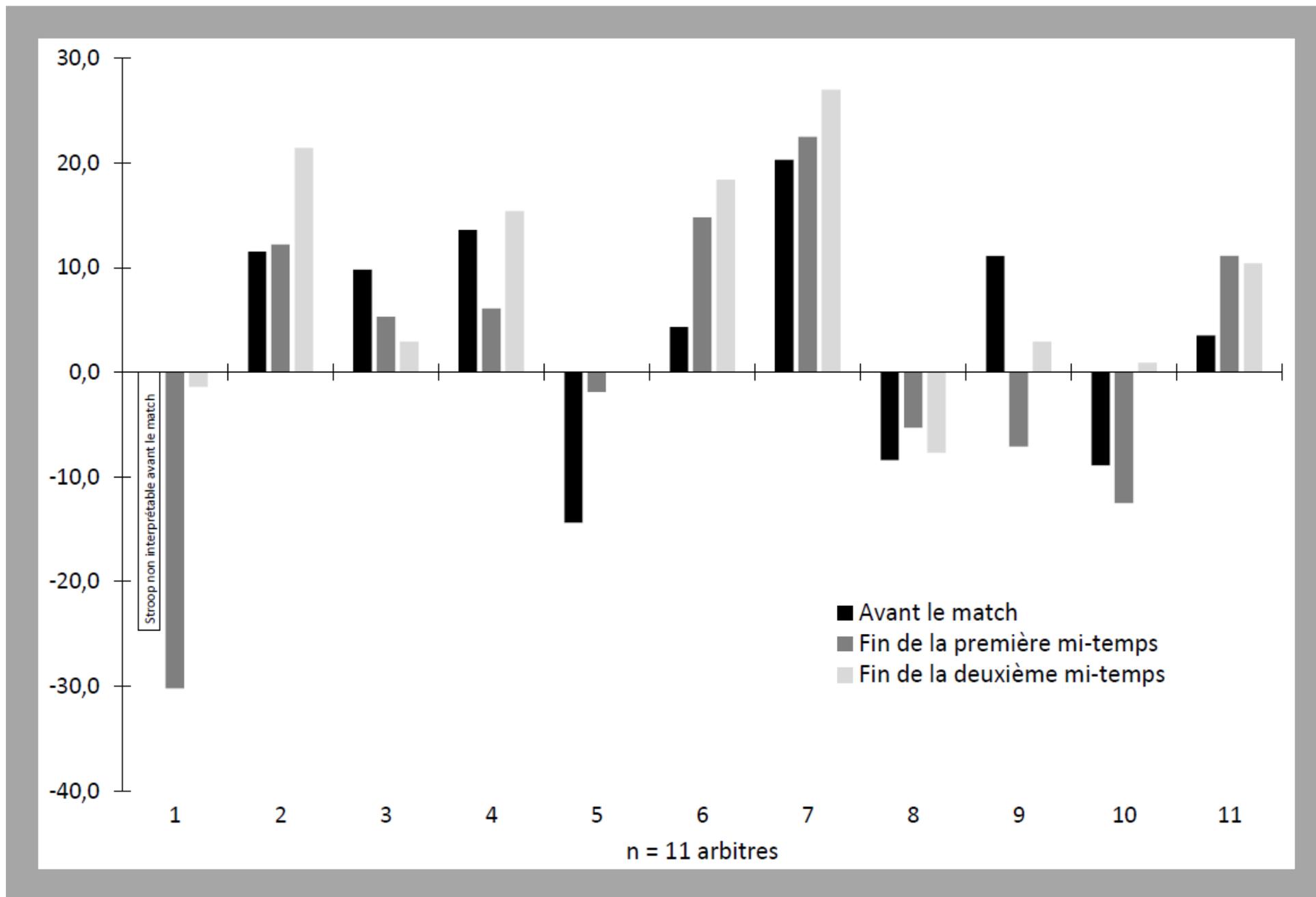


Figure 19 : Représentation des résultats au test cognitif de Stroop (IIIr – IIIe) réalisé par les n = 11 arbitres.

8- 2 Score au test de Stroop (classe de résistance au stress)

Le tableau 16 montre les correspondances des résultats du test cognitif (Stroop) en classe de résistance au stress (voir chapitre 7 du paragraphe matériel et méthodes).

Tableau 16 : Scores au test cognitif de Stroop exprimés en classe de résistance au stress (moyenne \pm écart-type).

	Score
Avant le match	6.10 \pm 2.64
Fin de la première mi-temps	5.45 \pm 3.01
Fin de la deuxième mi-temps	6.55 \pm 2.38

Lorsque nous avons comparé les résultats entre les scores d'avant match et ceux de la fin de la première mi-temps, aucune différence significative n'a été retrouvée ($p = 0.94$) tout comme quand nous avons comparé les scores de la fin de la première à ceux de la fin de la deuxième mi-temps ($p = 0.082$).

La figure 20 résume ces données.

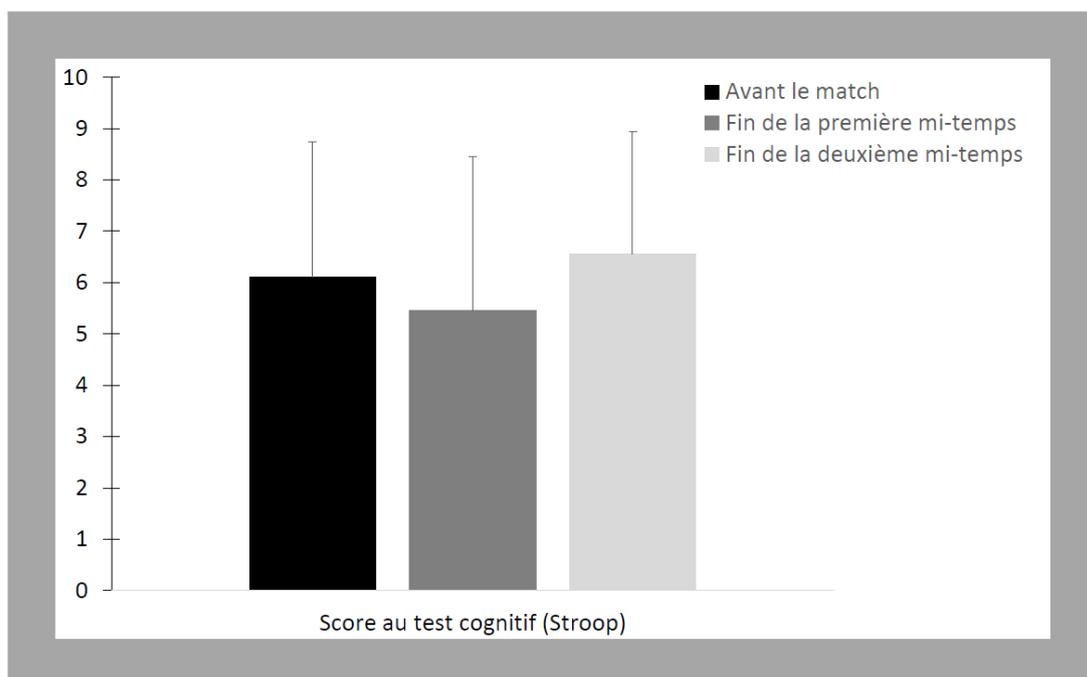


Figure 20 : Comparaison du résultat au test cognitif de Stroop (classe de résistance au stress). Aucune différence significative n'a été constatée.

9- Caractéristiques des matchs et du recueil de données

9-1 Scores

Nous avons, pour mémoire, notifié les scores de chaque rencontre. Le tableau 17 et la figure 21 montrent les scores à la fin de la première mi-temps et le tableau 18 et la figure 22 à la fin de la rencontre.

Tableau 17 : Scores à la fin de la première mi-temps exprimés en nombre de points inscrits (moyenne \pm écart-type).

Score en faveur de l'équipe locale	Score en faveur de l'équipe visiteur
14.00 \pm 7.62	14.45 \pm 8.62

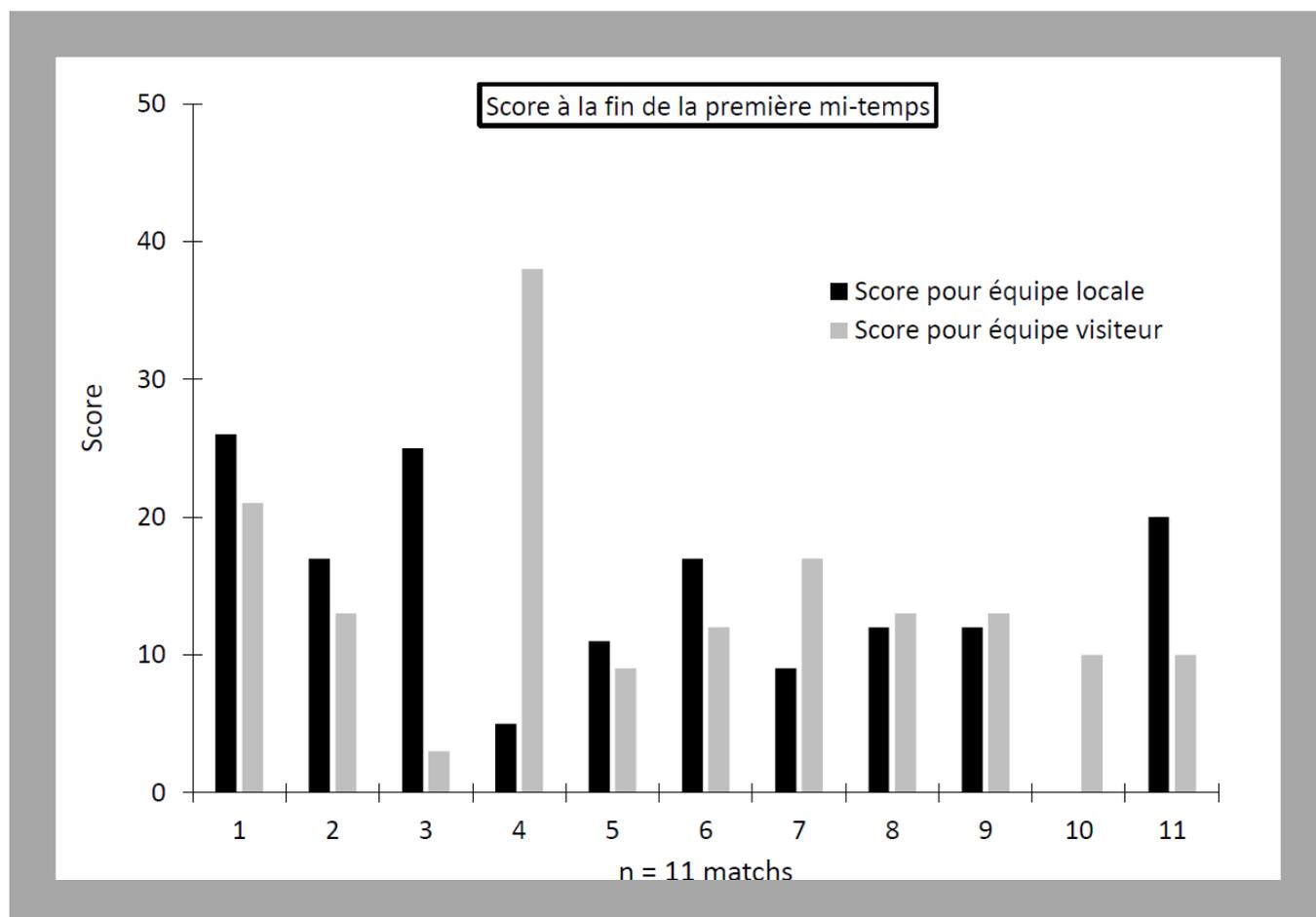


Figure 21 : Score à la fin de la première mi-temps des 11 matchs.

Tableau 18 : Scores à la fin de la deuxième mi-temps exprimés en nombre de points inscrits (moyenne \pm écart-type).

Score en faveur de l'équipe locale	Score en faveur de l'équipe visiteur
29.09 \pm 11.23	26.82 \pm 9.37

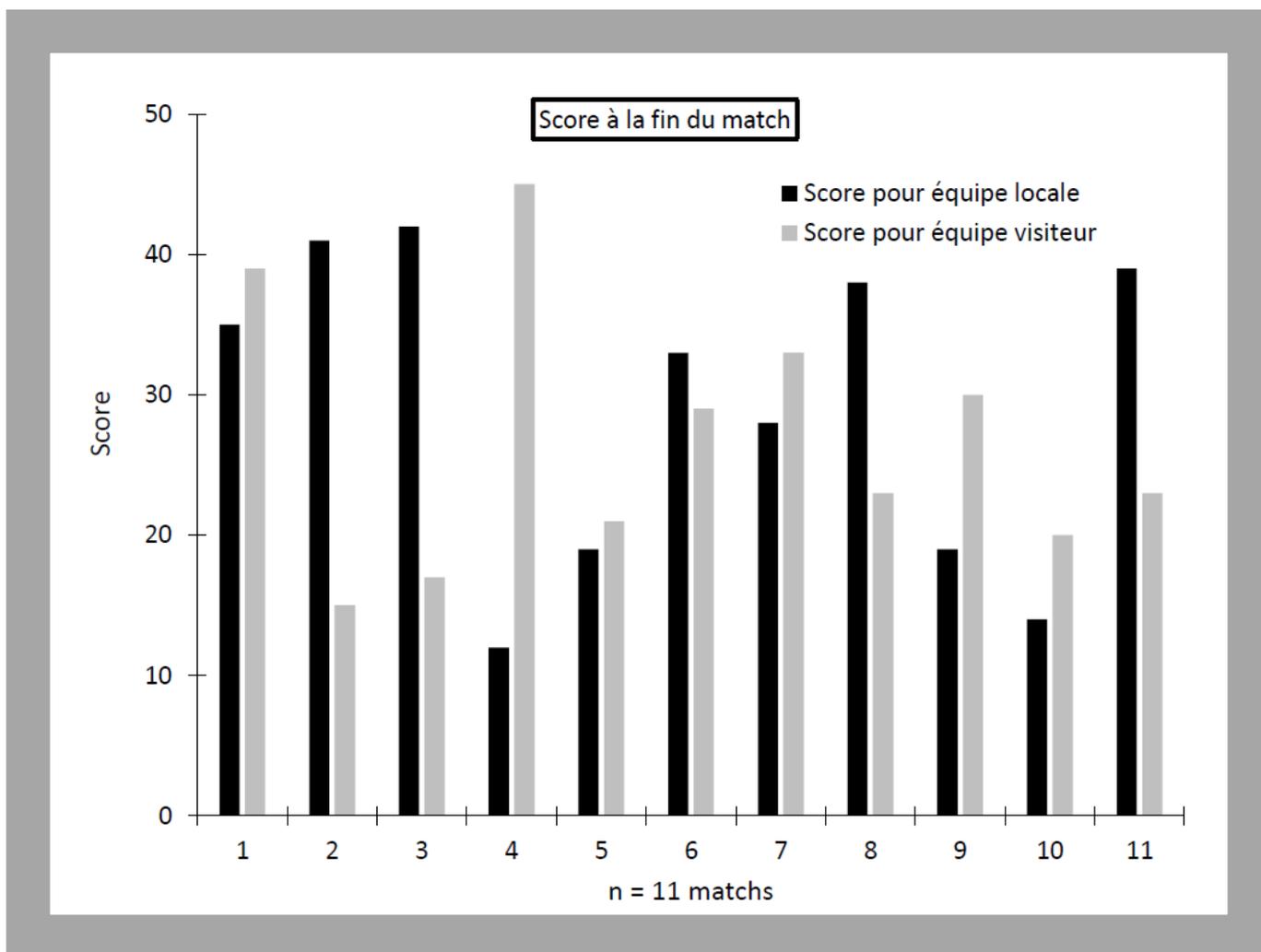


Figure 22 : Score à la fin de la deuxième mi-temps des 11 matchs.

9-2 Evaluation du public

Nous avons relevé pour chacun des 11 matchs l'affluence du public dans le stade. Le tableau 19 et la figure 23 résument ces données.

Tableau 19 : Affluence du public exprimée en nombre de spectateurs (moyenne \pm écart-type).

Nombre de spectateurs	13.157 \pm 2709
-----------------------	-------------------

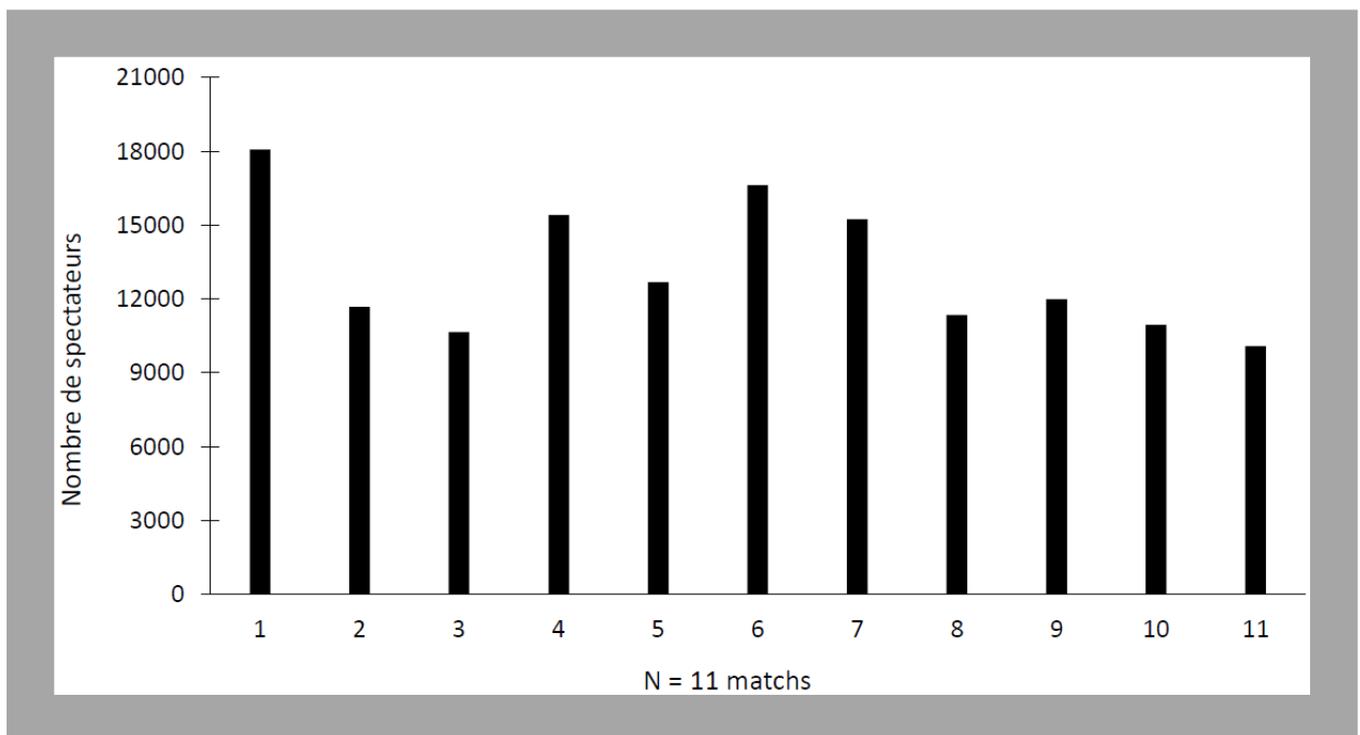


Figure 23 : Nombre de spectateurs pour les 11 matchs.

10- Corrélations entre données

10- 1 Corrélation entre les données de contrainte physiologique

Nous avons en premier lieu corrélé les données de contrainte physiologique, c'est-à-dire la fréquence cardiaque et la lactatémie. Le détail de la méthode est détaillé dans le chapitre 9 du paragraphe matériel et méthodes. Ainsi nous disposons d'une série de 18 données de pourcentage de fréquence cardiaque de réserve et de lactatémie que nous avons cherché à corréler. Il existe une bonne corrélation ($R = 0.49$; $p < 0.05$) entre la lactatémie et le pourcentage de fréquence cardiaque de réserve. Cela signifie que plus la fréquence cardiaque est élevée au cours du match plus la lactatémie le sera à la fin de la mi-temps.

La figure 24 résume les résultats.

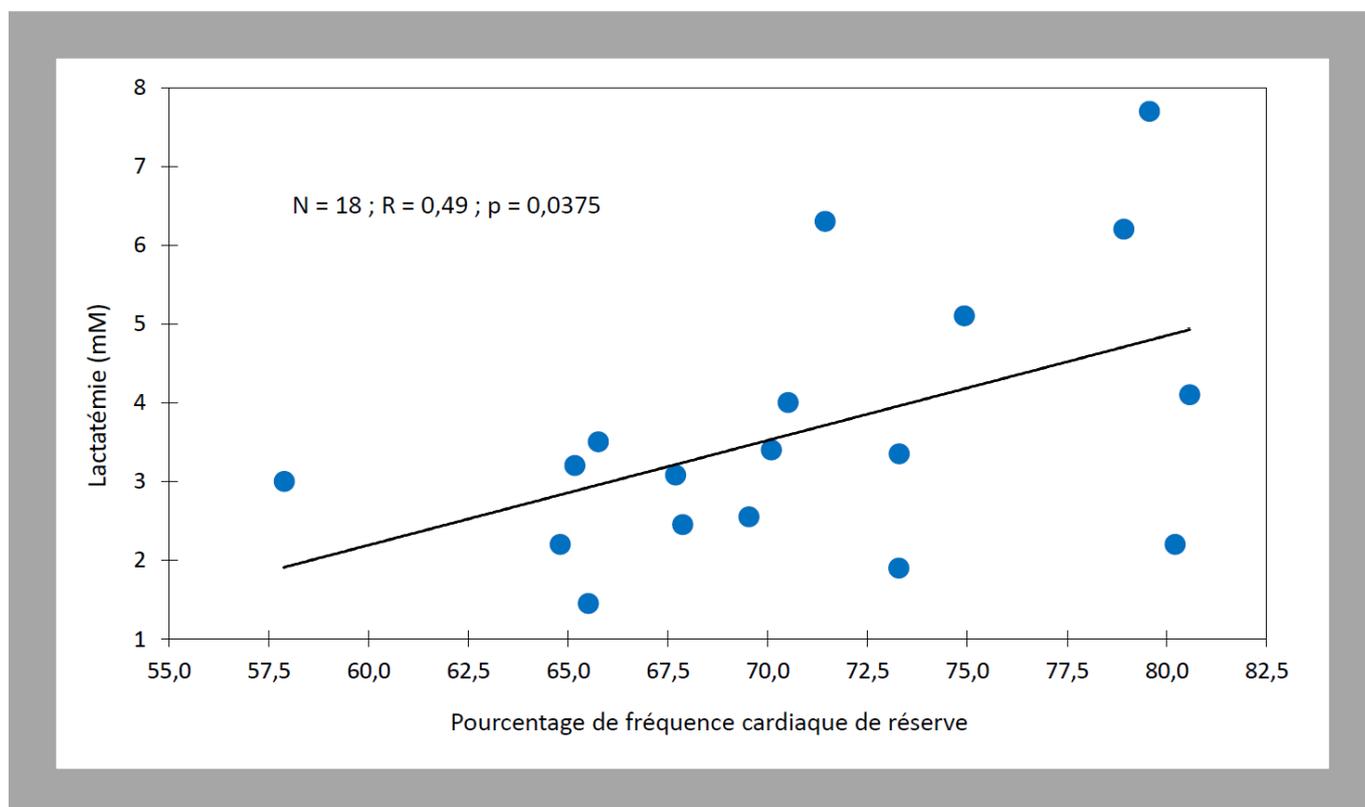


Figure 24 : Corrélation entre les données contraintes physiologiques : pourcentage de fréquence cardiaque de réserve et lactatémie.

10- 2 Corrélation entre les données de vitesse et de contrainte physiologique

Nous avons ensuite corrélé les données de vitesse avec, d'une part les données de lactatémie, d'autre part avec celles de fréquences cardiaque.

Il existe une tendance ($p = 0.65$) à la corrélation ($R = 0.44$) entre les pourcentages de vitesse maximales et les lactatémies. La figure 25 montre ces résultats.

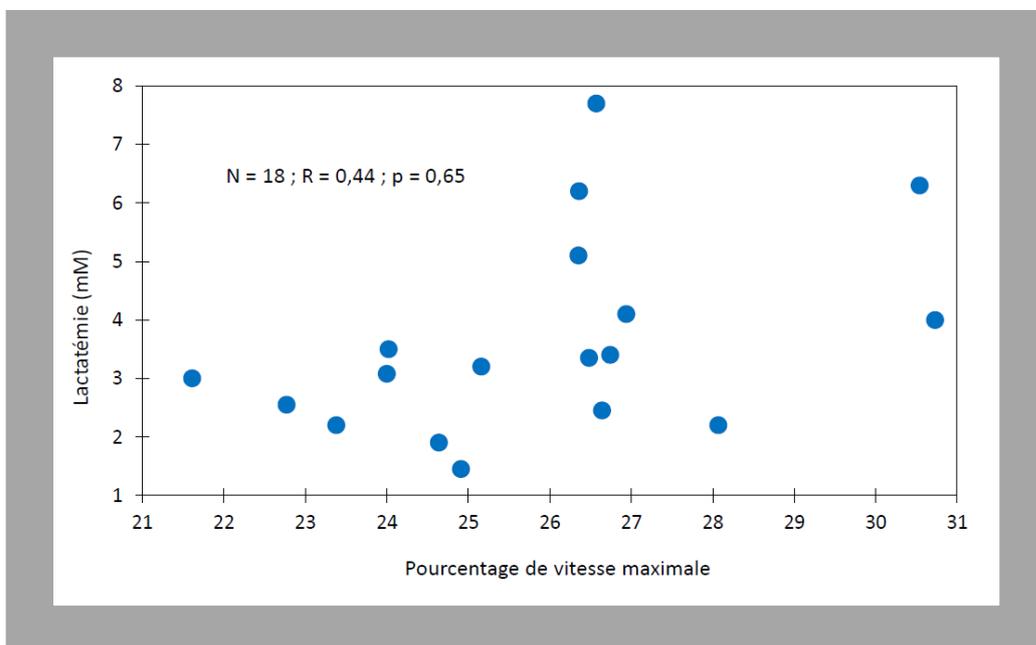


Figure 25 : Corrélation entre les données de vitesse et de lactatémie.

En revanche, il existe une bonne corrélation ($R = 0.54$; $p < 0.02$) entre les pourcentages de vitesse maximales et les pourcentages de fréquence cardiaque de réserve. La figure 26 montre ces résultats.

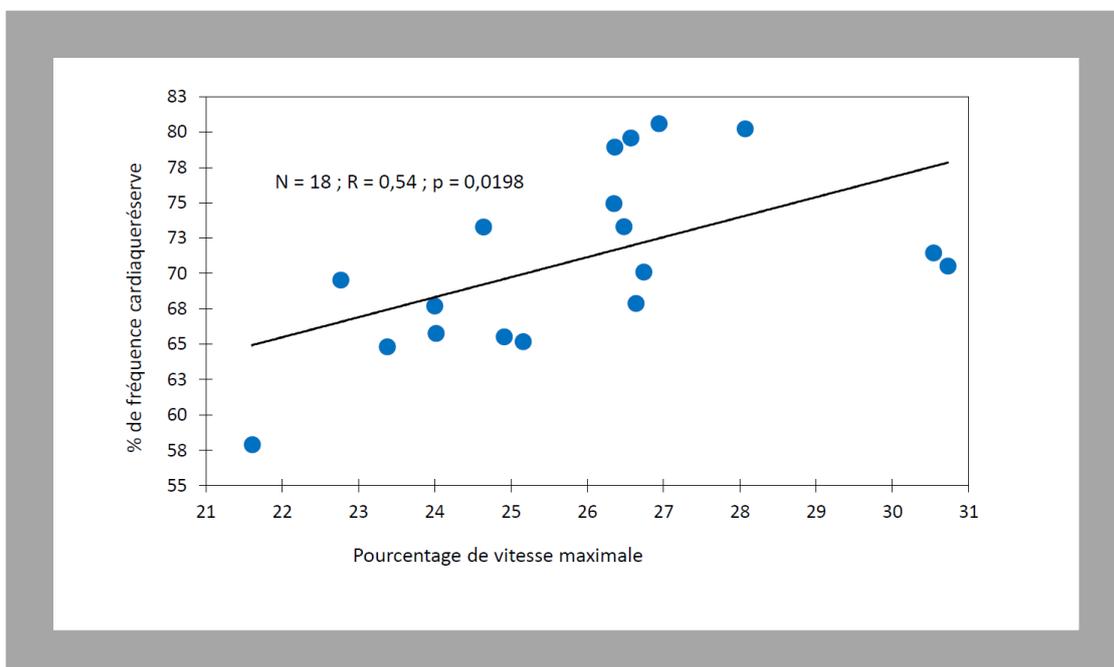


Figure 26 : Corrélation entre les données de vitesse et de fréquence cardiaque.

10- 3 Corrélation entre les données cognitives, de vitesse et de contrainte physiologique

Lorsque nous avons cherché une corrélation entre les données cognitives et les données de vitesse, de lactatémie et de fréquence cardiaque nous n'en avons pas observé, que ce soit en utilisant les résultats absolus du test de Stroop (IIIr – IIIe) ou la classe de résistance au stress de ce test cognitif.

Les figures 27, 28, 29 et 30 résument ces résultats.

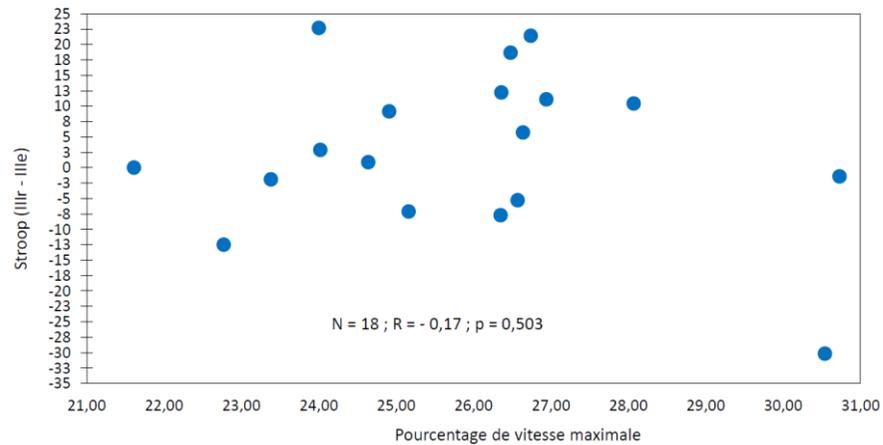


Figure 27 : Corrélation entre le test de Stroop (IIIr – IIIe) et les données de vitesse.

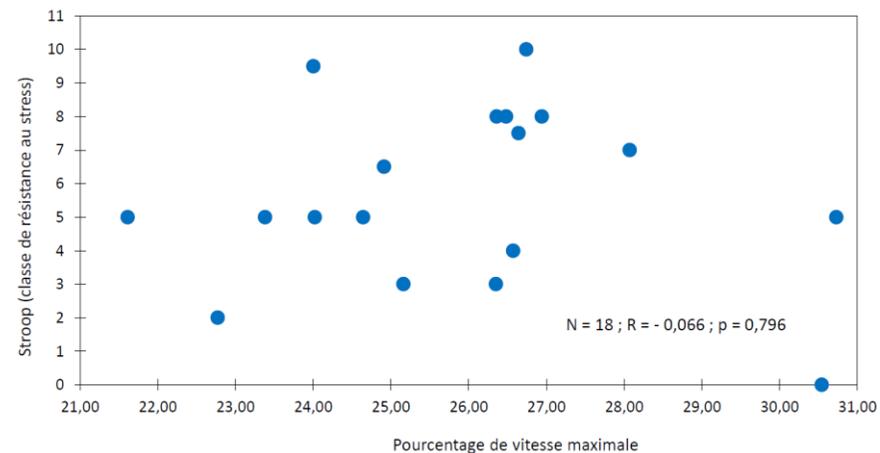


Figure 28 : Corrélation entre le test de Stroop (classe de résistance au stress) et les données de vitesse.

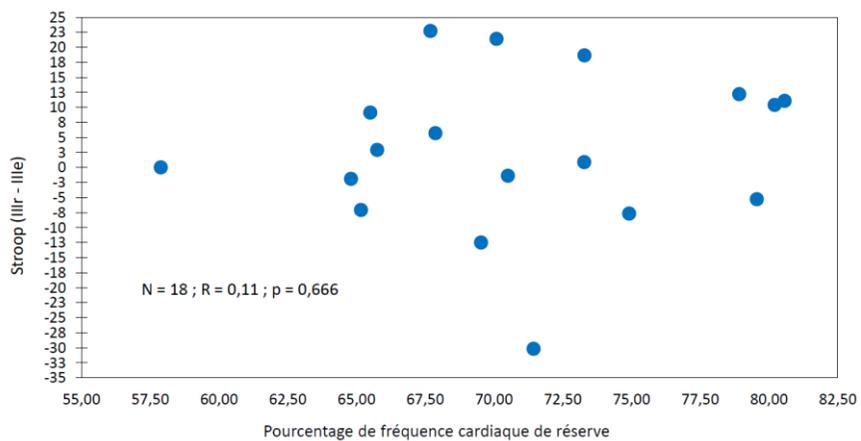


Figure 29 : Corrélation entre le test de Stroop (IIIr – IIIe) et les données de fréquence cardiaque (FC).

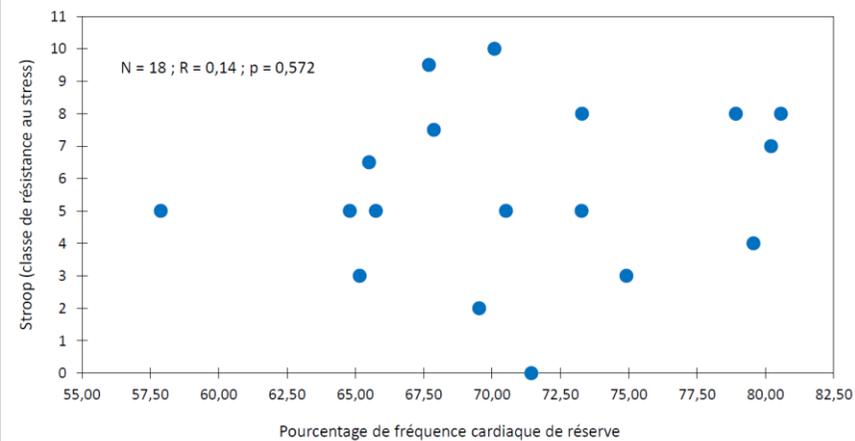


Figure 30 : Corrélation entre le test de Stroop (classe de résistance au stress) et les données de FC.

De même, il n'existe pas de corrélation entre les données du test de Stroop et les lactatémies. Les figures 31 et 32 nous le montrent.

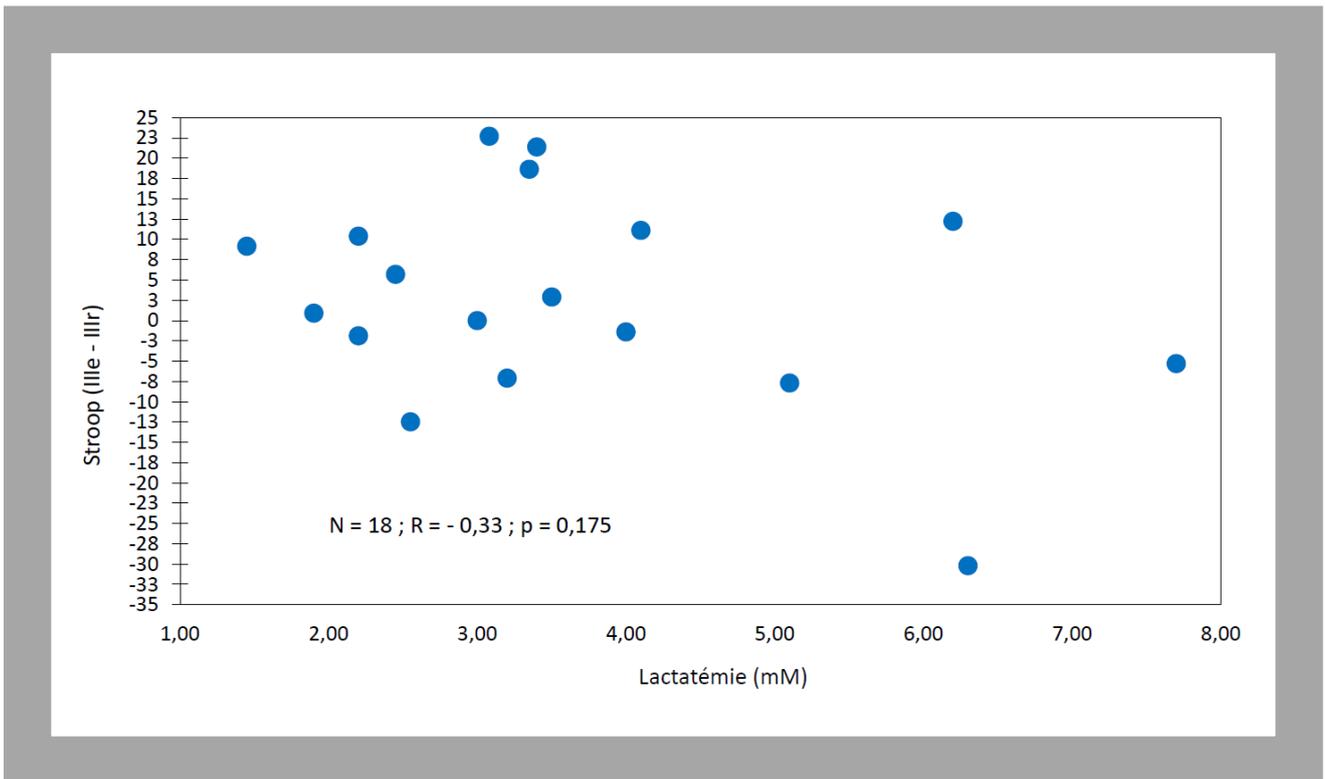


Figure 31 : Corrélation entre les données cognitives (IIir – IIIe) et de lactatémie.

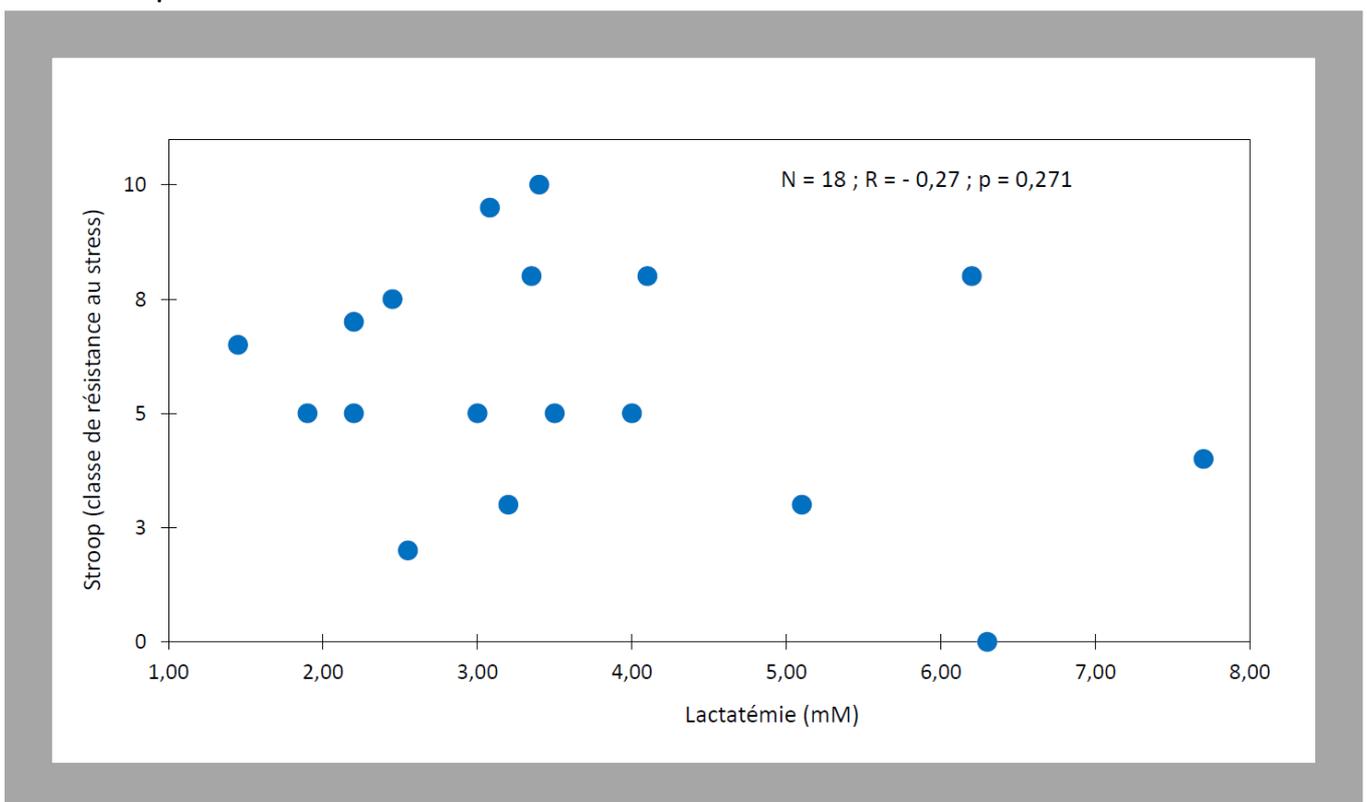


Figure 32 : Corrélation entre les données cognitives (classe de résistance au stress) et de lactatémie.

DISCUSSION

L'objectif de cette étude était d'étudier la fatigue et la charge physique (vitesses et accélérations) des arbitres sur le terrain, les contraintes physiologiques subies durant le match (fréquences cardiaques et lactatémies), les distances parcourues et leur éventuel impact sur la performance cognitive (test de Stroop). Son originalité réside dans le fait qu'elle s'intéresse aux arbitres du championnat de rugby à XV professionnel français (TOP 14) ce qui n'a jamais été réalisé, à notre connaissance, sur des arbitres de cette compétition en utilisant la technologie GPS de saisie des déplacements sur le terrain, conjuguée aux données de fréquences cardiaques mais aussi qu'elle vise à étudier les relations entre les contraintes physiologiques et les données cognitives.

Pour mesurer la fiabilité des données acquises par la balise GPS au cours de notre travail, nous disposons d'indicateurs qui sont le nombre de satellites fixés et la valeur de l'HDOP (Horizontal Dilution Of Precision), disponibles pour chaque ligne de données de vitesse et position sur le terrain, recueillie à la fréquence de 10 Hz. Les nombres moyens (\pm écart-type) de satellites fixés au cours de la première et deuxième mi-temps sont respectivement de 7.04 ± 0.36 et de 7.07 ± 0.47 . Aucune différence significative n'est retrouvée, p égal à 0.73. Par ailleurs, les valeurs moyennes (\pm écart-type) de l'HDOP au cours de la première et seconde mi-temps sont respectivement de 1.27 ± 0.07 et de 1.28 ± 0.07 . Ici encore, aucune différence significative n'est retrouvée ($p = 0.73$). Ceci est résumé dans l'annexe 12. Cela signifie, tout d'abord, que la qualité des données collectées est identique si on la compare entre les deux mi-temps et, ensuite, que le nombre de satellites fixés est bien suffisant pour calculer la distance entre le satellite et la balise par triangulation. Enfin, la valeur moyenne de l'HDOP est comprise entre 1 et 2 ce qui est excellent (voir annexe 11).

Nous avons également mesuré lors de chaque rencontre, le délai de réalisation du test de Stroop et de prélèvement de la lactatémie. Le délai moyen (\pm écart-type), exprimé en minutes, de réalisation du test est de 41.55 ± 17.01 avant le match, de 1.57 ± 0.94 à la fin de la première mi-temps et de 3.14 ± 1.74 à la fin du match. Nous retrouvons une différence significative entre le délai pour débiter ce test à la fin de la première mi-temps et celui pour le débiter à la fin de la deuxième mi-temps ($p < 0.01$). Ce qui signifie que le test a été débiter plus rapidement à la fin de la première mi-temps comparé à la fin de la deuxième. Ceci peut être expliqué par les

impondérables vécus par les arbitres qui ont régulièrement pris plus de temps à la fin du match pour venir le faire. Par ailleurs, le délai moyen (\pm écart-type), exprimé en minutes, de prélèvement de la lactatémie est de 3.05 ± 0.86 à la fin de la première mi-temps et de 3.80 ± 1.35 à la fin de la deuxième. Il existe une différence significative entre le délai de prélèvement de la lactatémie à la fin de la première mi-temps comparé à celui de la fin de la deuxième mi-temps ($p < 0.05$). Ce qui signifie que le prélèvement a été entrepris plus rapidement à la fin de la première mi-temps comparé à la fin de la deuxième mi-temps. Les mêmes raisons peuvent être avancées pour expliquer cette différence.

Nos résultats montrent que la distance totale parcourue par les arbitres dans le TOP 14 est de 7435 ± 464 mètres ce qui est légèrement supérieur à ce qui a été retrouvé dans les travaux de Suarez-Arrones et coll. (24) : 6322 ± 565 mètres. Ces travaux utilisaient la même technologie GPS, avec néanmoins une fréquence de recueil des données inférieure (1 Hz contre 10 Hz pour notre étude), sur des matchs de rugby à XV du championnat national (Espagne). Cette différence peut être expliquée par le fait que le temps de jeu effectif proposé par les joueurs du TOP 14 est probablement supérieur à celui des matchs étudiés par l'étude dans le championnat espagnol. L'étude de la distance totale parcourue par tranche de vitesse est semblable aux valeurs retrouvées dans ces travaux (24) avec une différence significative ($p = 0.042$) entre la première et la deuxième mi-temps, pour les tranches 14 - 18 km.h⁻¹ et celle supérieure à 20 km.h⁻¹. Dans notre travail, la majorité du temps était passer à marcher ($44.24 \pm 5.75\%$) ou à courir à la vitesse de jogging (inférieur à 12 km.h⁻¹) ($23.70 \pm 3.08\%$) alors que seulement $4.00 \pm 2.38\%$ du temps l'était à sprinter (supérieur à 20 km.h⁻¹). Ces données nous montrent que l'activité des arbitres sur les matchs de TOP 14 leur permet de bénéficier de nombreuses phases de récupération active qui peuvent être utilisées pour récupérer d'une course ou pour réfléchir aux données imposées par le jeu (forces en présence, nombre de pénalités accordées par exemple). De plus, la distance parcourue à haute intensité de course est la plus forte lors du début de la seconde mi-temps sur la tranche 40 à 50 min (96 ± 46 mètres) avec une différence significative sur les tranches de la fin de la rencontre (60 à 70 et 70 à 80 min), p respectivement égal à 0.0031 et 0.036. Cette tendance, également retrouvée dans les travaux de Suarez-Arrones (24), montre que les arbitres du TOP 14 sont moins aptes à performer à haute intensité de course (c'est-à-dire supérieur à 14 km.h⁻¹) sur la fin de la rencontre, en comparaison avec le début du match.

Nos résultats sur les fréquences cardiaques montrent qu'il existe une différence significative ($p = 0.032$) entre les pourcentages de la fréquence cardiaque de réserve observée en première mi-temps ($72 \pm 6\%$), comparée à la deuxième mi-temps ($69 \pm 6\%$). En ce qui concerne les données de lactatémie, il existe une différence significative ($p = 0.023$) entre la valeur mesurée à la fin de la

première mi-temps comparée à celle prélevée à la fin de la deuxième, respectivement égales à 4.0 ± 1.9 mM contre 2.9 ± 1.1 mM. Ce résultat n'a pas pu être comparé à d'autres travaux car nous n'avons pas retrouvé d'étude qui utilisait le protocole de prélèvement de la lactatémie à la fin de chaque mi-temps chez les arbitres de rugby à XV. Notre résultat est confirmé par l'existence d'une bonne corrélation ($N = 18$; $R = 0.49$; $p < 0.05$) entre ces données de lactatémie et de pourcentage de FC de réserve.

Au cours de notre travail, nous avons cherché l'existence d'une corrélation entre les résultats du test cognitif de Stroop et, d'une part les données de contrainte physiologique (FC de réserve et lactatémies), d'autre part les données de vitesse. Aucune corrélation n'a été retrouvée. Ce résultat nous a profondément interrogés sur la reproductibilité de ce test. Il s'est avéré, au final, qu'il semble peu reproductible, parce que les résultats augmentent avec le temps étant donné que les arbitres s'habituent à la tâche. L'augmentation des scores entre les deux mi-temps relève donc plus de l'expérience acquise par l'arbitre, dès le premier test de Stroop réalisé avant le match, que d'une augmentation de sa performance cognitive. Ainsi, la comparaison entre les scores de la fin de la première et de la deuxième mi-temps semble difficilement valable. Les travaux d'Emmonds et coll. (10) (2015) ont quant à eux mesuré le nombre d'erreurs d'arbitrage pour étudier la corrélation entre cette survenue d'erreur et, d'une part, la contrainte physiologique (fréquence cardiaque), d'autre part la charge physique (vitesse) subies par les arbitres sur le terrain. Les auteurs ont utilisé au cours de ce travail la technologie GPS à la fréquence de 10 Hz mais les matchs concernés étaient le rugby à XIII européen et pas le rugby à XV. Pour mémoire ces travaux ont montré, tout d'abord, qu'il existe une diminution modérée de l'exactitude dans les décisions arbitrales lors des 10 dernières minutes de la rencontre mais ont mis en évidence, ensuite, que cette diminution n'était pas en lien avec les contraintes physiologiques et la charge physique de l'arbitre sur le terrain. Même si le concept d'erreur d'arbitrage relève plus de la subjectivité que d'une mesure objective, il serait pertinent de compléter les résultats de notre étude avec des travaux qui prendraient en compte la survenue d'erreurs d'arbitrage, après avoir défini le plus précisément possible ce terme. En effet, que désigne une erreur d'arbitrage ? Est-ce le fait d'avoir signalé un en-avant alors qu'il n'y en avait pas, ou bien de ne pas l'avoir signalé alors qu'il y en avait un ? Est-ce le fait d'avoir demandé l'arbitrage vidéo alors qu'il n'y en avait pas besoin, ou de ne pas l'avoir demandé ? Est-ce le fait d'avoir accordé une pénalité à tort, ou de ne pas l'avoir accordé alors qu'elle semblait nécessaire ? Régulièrement, les arbitres sont confrontés à des situations de 50 / 50 c'est-à-dire qu'une pénalité peut être accordée ou peut ne pas l'être, alors même que les deux cas sont défendables. De temps en temps, la situation de jeu impose de

prendre une décision qui sera systématiquement la même pour tous les matchs mais ce n'est pas le plus fréquent. Souvent les faits de matchs ne sont pas absolument les mêmes et chaque situation nécessite une analyse adaptée au cas par cas. Il nous semblerait utile pour essayer de gommer ces difficultés de faire appel à des experts de l'arbitrage, pour décider erreur / ou pas erreur d'arbitrage mais il n'empêche que cela gardera une part de subjectivité.

Dans cette perspective, nous avons complété notre étude par la mesure, sur 35 matchs de rugby à XV amateur (Fédérale 3, Fédérale 2 et Fédérale 1), des erreurs survenues afin d'en dégager une tendance dans le timing de survenue de ces erreurs. Par souci de pertinence, nous avons relevé d'une part les erreurs claires et évidentes dans la prise de décision et d'autre part les erreurs discutables. Les résultats montrent que les erreurs claires et évidentes surviennent à la fin de la première mi-temps, en moyenne à 38.85 ± 7.67 minutes de jeu alors que les erreurs discutables surviennent à 30.98 ± 10 minutes de jeu. Ces données que nous interprétons avec beaucoup de modération contredisent celles des travaux d'Emmonds et coll. (17) qui relèvent des erreurs qui surviennent plus fréquemment dans les 10 dernières minutes de la rencontre. Une hypothèse peut-être avancée pour expliquer cette contradiction. En effet, ces travaux portent sur le rugby professionnel alors que nos données des 35 matchs proviennent du rugby amateur. Dans le rugby professionnel moderne, il n'est pas rare de voir se confronter deux équipes qui ont des niveaux semblables avec des matchs serrés et disputés jusqu'à la fin de la rencontre. Dans ce contexte, il paraît logique que la deuxième mi-temps (voir même les 10 dernières minutes du match) soit un moment intense où la décision finale sera créée par l'une des deux équipes. A l'inverse, dans le rugby amateur, il est fréquent de voir se confronter des équipes dont le niveau diffère avec des scores plus larges déjà entérinés à la mi-temps. Dans ce contexte, il semble logique que la fin de la première mi-temps soit le moment plus délicat à gérer où les équipes créent la différence au score. Une hypothèse est donc d'avancer, que la survenue plus fréquente d'erreurs d'arbitrage lors de la fin de la première mi-temps dans le rugby amateur soit en lien avec ces données de forces en présence alors que dans le rugby professionnel, elle semble se décaler sur la fin de la rencontre. Nous en tirons donc la conclusion que les erreurs semblent plus liées à l'enjeu du moment qu'aux contraintes physiologiques subies par l'arbitre.

Nous avons systématiquement relevé l'affluence du nombre de spectateurs assistant aux matchs ciblés dans notre étude. Celle-ci était en moyenne de $13\,157 \pm 2\,709$ spectateurs. Les travaux de Downward and Jones (9), publiés en 2007, étudiaient l'impact de l'affluence du public sur les décisions arbitrales lors de matchs de football qui se sont déroulés entre 1996 et 2002 (857 matchs inclus). Ces travaux, réalisés dans le football, avaient une tendance à montrer un impact de l'affluence du public sur la prise de décisions de l'arbitre. En ce qui nous concerne, aucun élément

ne peut venir confirmer cette tendance mais ceci n'était pas l'objectif de notre travail et demande donc à être démontré, dans de nouvelles investigations dans le rugby moderne à XV. Par ailleurs, les travaux de Mallo et coll. (19) (2012) étudiaient, quant à eux, l'impact du placement de l'arbitre et de ses assistants sur la survenue d'erreurs d'arbitrage dans le football. Les travaux de Jones et coll. (13) (2002) examinaient l'impact de la réputation agressive d'une équipe sur la prise de décision de l'arbitre, dans le football. Ces travaux qui visent à évaluer l'impact d'éléments extérieurs sur la prise de décision de l'arbitre ont été effectués dans le football et il semblerait pertinent, de mettre en évidence certains de ces facteurs dans le rugby, afin de mieux préparer les arbitres et les coaches d'arbitre pour optimiser la performance arbitrale.

Notre travail apporte des éléments pour mieux appréhender les contraintes physiologiques, la fatigue et la charge physique subies par les arbitres sur le championnat professionnel de rugby TOP 14. Il semble qu'il existe une dissociation entre l'augmentation de l'intensité de la rencontre et les déplacements des arbitres sur la fin des rencontres. Ceci pourrait être utilisé par les préparateurs physiques pour mieux préparer les arbitres à assurer des déplacements à haute intensité de course sur la fin de match, moment où l'arbitre doit être au meilleur de ses capacités pour prendre une décision, qui régulièrement s'avèrera avoir un impact sur le score final de la rencontre. Notre travail avait également pour objectif d'étudier l'impact de la fatigue, de la contrainte physiologique et de la charge physique de l'arbitre sur sa performance cognitive. A ce sujet, il semble que le choix du test cognitif n'a pas permis de conclure à des éléments pertinents pour aider les arbitres à mieux appréhender leur performance cognitive. Une étude complémentaire sur le championnat TOP 14 pourrait viser à prendre en compte la survenue d'erreur d'arbitrage, si celle-ci est définie et mesurée de la meilleure manière possible, pour chercher une corrélation entre celle-ci et la charge physique subie par l'arbitre sur le terrain.

Sur le plan médical, notre travail montre que l'arbitre de rugby peut être considéré comme un sportif à part entière et pour cela, il devrait bénéficier du dépistage cardiovasculaire recommandé pour la prise en charge des pathologies cardiaques. Ainsi chaque arbitre devrait, pour être autorisé à officier sur la saison, subir les examens préconisés par la Société Française de Cardiologie (5) (2009) qui préconise, en plus de l'interrogatoire et de l'examen physique, un électrocardiogramme (ECG) de repos à partir de l'âge de 12 ans renouvelé ensuite tous les 3 ans, puis tous les 5 ans à partir de 20 jusqu'à 35 ans. Ces examens ont pour but de dépister les pathologies cardiaques chroniques, notamment les étiologies valvulaires mais aussi les troubles de conduction, les cardiomyopathies dilatées et hypertrophiques, les coronaropathies et anomalies de l'aorte et des

gros vaisseaux. Un avis spécialisé auprès d'un cardiologue semble pertinent dès que le médecin généraliste ou le médecin du sport relève une anomalie cardiaque dans l'examen clinique ou paraclinique (ECG) (5). Après 35 ans et en fonction des facteurs de risque cardiovasculaires du patient et de ses antécédents familiaux, une épreuve d'effort pourrait être réalisée dans la visite de non contre-indication à la pratique de l'arbitrage en compétition.

CONCLUSION

A notre connaissance, ce travail est le premier à proposer une analyse de la fatigue et de la charge physique des arbitres de champ dans le championnat professionnel national français de rugby à XV (TOP 14) en utilisant la technologie GPS, à la fréquence de 10 Hz, couplée à l'enregistrement des données de fréquence cardiaque. Par ailleurs, l'analyse de la contrainte physiologique subie par les arbitres sur ces 11 matchs de TOP 14 de la saison 2015-2016 a également été complétée dans notre travail par la mesure des lactatémies, à la fin des deux mi-temps. Un test cognitif a également été réalisé avant le match et à la fin des deux mi-temps pour chercher l'existence d'une corrélation entre ces données cognitives et celles de contrainte physiologique, de vitesse et de distances parcourues. Malgré des limites méthodologiques évidentes notamment en lien avec le choix du test cognitif, cette étude a l'intérêt de mettre en avant les contraintes physiologique, de distance, et la charge physique auxquelles les arbitres du TOP 14 doivent se préparer pour optimiser leur performance sur le terrain. L'analyse des résultats démontre que les arbitres du TOP 14 bénéficient de nombreuses phases de repos durant le match qui leur permettent une récupération active pour préparer la course suivante, ou pour prendre en compte les éléments imposés par le jeu. Les résultats de notre travail démontrent également que l'aptitude des arbitres à effectuer des déplacements à haute intensité de course est réduite sur la fin de la rencontre. Ils démontrent également que la contrainte physiologique subie par l'arbitre est plus forte au cours de la première mi-temps, en comparaison avec la deuxième, objectivée par des fréquences cardiaques et lactatémies significativement plus élevées sur la première mi-temps.

Sur le plan cognitif, les résultats de cette étude pourraient faire l'objet d'explorations complémentaires qui prendraient en compte l'erreur d'arbitrage pendant les matchs, basées sur l'avis d'experts pour identifier cette erreur après analyse vidéo, malgré les difficultés exposées pour définir ce terme. Ceci dans le but, d'étudier la corrélation entre cette survenue d'erreur et les paramètres subits par l'arbitre sur le terrain : charge physique, distance parcourue, contrainte physiologique.

Des applications pratiques pourraient découler de notre travail afin d'adapter les méthodes d'entraînement. L'objectif serait de développer une meilleure capacité à effectuer ces déplacements à haute intensité lors de la fin de matchs mais aussi d'intégrer les données de distance totale, de vitesse et de contrainte physiologique pour optimiser la préparation physique des arbitres.

BIBLIOGRAPHIE

1. Fédération Française de Rugby. Direction technique Nationale. Plan de formation du joueur de Rugby. Disponible sur : <https://www.ffr.fr/Au-coeur-du-jeu/Entrainer-Encadrer/Plan-de-Formation-du-Joueur>.
2. World Rugby. Laws of the game Rugby Union. Available at : <http://laws.worldrugby.org/>. 2017.
3. Akenhead R, French D, Thompson KG, Hayes PR. The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. *J Sci Med Sport*. 2014 Sep;17(5):562–6.
4. Åstrand P-O. Experimental study of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Copenhagen. 1952.
5. Carré, F., Brion, R., Douard, H., Marcadet, D., Leenhardt, A., Marçon, F., & Lusson, J. R. Recommandations concernant le contenu du bilan cardiovasculaire de la visite de non contre indication à la pratique du sport en compétition entre 12 et 35 ans. Société Française de cardiologie. 2009.
6. Castagna C, Abt G, D’Ottavio S. Physiological aspects of soccer refereeing performance and training. *Sports Med*. 2007;37(7):625–46.
7. Cummins C, Orr R, O’Connor H, West C. Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med*. 2013 Oct;43(10):1025–42.
8. Cunniffe B, Proctor W, Baker JS, Davies B. An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using Global Positioning System tracking software. *J Strength Cond Res*. 2009 Jul;23(4):1195–203.
9. Downward P, Jones M. Effects of crowd size on referee decisions: analysis of the FA Cup. *J Sports Sci*. 2007 Dec;25(14):1541–5.
10. Emmonds S, O’Hara J, Till K, Jones B, Brightmore A, Cooke C. Physiological and Movement Demands of Rugby League Referees: Influence on Penalty Accuracy. *J Strength Cond Res*. 2015 Dec;29(12):3367–74.
11. Freund H, Zouloumian P. Lactate after exercise in man: IV. Physiological observations and model predictions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1981;46(2):161–76.
12. Goodwin ML, Harris JE, Hernández A, Gladden LB. Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. *J Diabetes Sci Technol*. 2007 Jul;1(4):558–69.
13. Jones MV, Paull GC, Erskine J. The impact of a team’s aggressive reputation on the decisions of association football referees. *J Sports Sci*. 2002 Dec;20(12):991–1000.

14. Kay B, Gill ND. Physical demands of elite Rugby League referees: Part one--time and motion analysis. *J Sci Med Sport*. 2003 Sep;6(3):339–42.
15. Kay B, Gill ND. Physical demands of elite Rugby League referees, part two: heart rate responses and implications for training and fitness testing. *J Sci Med Sport*. 2004 Jun;7(2):165–73.
16. Kim Y. The effect of regular Taekwondo exercise on Brain-derived neurotrophic factor and Stroop test in undergraduate student. *J Exerc Nutrition Biochem*. 2015 Jun;19(2):73–9.
17. Lacombe M, Piscione J, Hager J-P, Bourdin M. A new approach to quantifying physical demand in rugby union. *J Sports Sci*. 2014;32(3):290–300.
18. Léger L, Boucher R. An indirect continuous running multistage field test: the Université de Montréal track test. *Can J Appl Sport Sci*. 1980 Jun;5(2):77–84.
19. Mallo J, Frutos PG, Juárez D, Navarro E. Effect of positioning on the accuracy of decision making of association football top-class referees and assistant referees during competitive matches. *J Sports Sci*. 2012;30(13):1437–45.
20. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. Performance analysis of elite Rugby League match play using global positioning systems. *J Strength Cond Res*. 2011 Jun;25(6):1703–10.
21. O’Hara JP, Brightmore A, Till K, Mitchell I, Cummings S, Cooke CB. Evaluation of movement and physiological demands of rugby league referees using global positioning systems tracking. *Int J Sports Med*. 2013 Sep;34(9):825–31.
22. Roberts SP, Trewartha G, Higgitt RJ, El-Abd J, Stokes KA. The physical demands of elite English rugby union. *J Sports Sci*. 2008 Jun;26(8):825–33.
23. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 1935 Dec;18(6):643.
24. Suarez-Arrones L, Portillo LJ, García JM, Calvo-Lluch A, Roberts SP, Mendez-Villanueva A. Running demands and heart rate response in rugby union referees. *J Strength Cond Res*. 2013 Nov;27(11):2946–51.
25. Tanner RK, Fuller KL, Ross MLR. Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Jun;109(3):551–9.
26. Varley MC, Fairweather IH, Aughey RJ. Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci*. 2012;30(2):121–7.

ANNEXES

ANNEXE 1

Avis du CCP du Sud Est – Septembre 2015

Comité de Protection des Personnes SUD-EST IV

Centre Léon Bérard – 28 rue Laennec – 69373 LYON CEDEX 08

Président : Dr. David PEROL
Vice-président : Mme Pascale CHIFFE-COSTANZO
Secrétaire général : Dr. Daniel ESPINOUSE

N/Réf. : L15-145
Objet : Demande d'avis

Lyon, le 9 septembre 2015

Madame,

Le Comité a reçu le 22 juillet 2015 votre demande relative au projet de recherche intitulé "*Fatigue physiologique des arbitres de champ du championnat TOP 14 – Impact sur les performances cognitives*".

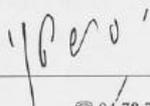
Ce projet, réalisé en collaboration avec la Commission Centrale des Arbitres et la Fédération Française de Rugby, a pour objectif d'étudier la fatigue physiologique des arbitres de champ et son éventuel impact sur la performance cognitive. Pour les 14 sujets sains adultes volontaires, qui arbitrent au niveau national français (championnat TOP14 pour la saison 2015-2016 – matches se déroulant à Grenoble), il s'agit de participer à un test d'évaluation physique (TUB 2), de répondre aux items du test de STROOP et accepter plusieurs prélèvements sanguins de 20µl au bout du doigt.

Le Comité a examiné cette demande au cours de sa séance du 8 septembre 2015. Au vu des informations fournies, il considère que cette recherche est non interventionnelle et ne nécessite pas l'avis d'un CPP pour être conduite en France.

Cet avis n'est que consultatif et n'a donc pas de valeur légale.

Membres présents à la séance : Dr. D. PEROL, Mme M. MONTANGE, Dr. P. CONY-MAKHOUL, Mme N. FALETTE, Mme R. MARAVAL-GAGET, Dr. A. BERTRAND (Cat. 1 Recherche biomédicale); Dr. M. LE GAL, Dr. A. LEPAPE (Cat. 2 Médecin généraliste); Mme N. CORDAT, Mme A.L. CLAUDEL (Cat. 3 Pharmacien hospitalier); Mr. G. DUYCK (Cat. 4 Infirmier); Mme C. KAPITZ (Cat. 5 "Ethique"); Mme P. CHIFFE-COSTANZO (Cat. 7 Psychologue); Mme M.A. EUDELIN (Cat. 8 "Juridique"); Dr. D. AZOULAY (Cat.9 Représentant d'association).

Le Président de séance,
Dr. David PEROL



Secrétariat : Odette MARITAZ

☎ 04 78 78 27 61 ☎ 04 78 78 28 58 – E-mail : odette.maritaz@lyon.unicancer.fr

ANNEXE 2

Formulaire d'information envoyé aux participants à l'étude

Formulaire d'information

Titre de la recherche : FATIGUE PHYSIOLOGIQUE DES ARBITRES DE CHAMP DU CHAMPIONNAT TOP 14 – IMPACT SUR LES PERFORMANCES COGNITIVES

Monsieur,

Nous vous proposons de participer à un projet de recherche validé par la commission centrale des arbitres et la FFR. Cette lettre d'information vous détaille cette étude. Vous pouvez prendre le temps de lire, de comprendre ces informations et de réfléchir à votre participation. Vous pourrez demander à la personne responsable de l'étude de vous expliquer ce que vous n'aurez pas compris.

But de l'étude :

L'expérimentation, menée sur 14 sujets sains volontaires, permettra d'étudier la fatigue physiologique des arbitres de champ du championnat de TOP 14 et son éventuel impact sur la performance cognitive (ie une décision d'arbitrage adaptée). A terme, cette étude a pour but de préciser les exigences physiologiques de l'arbitrage au plus haut niveau national et d'adapter et individualiser les méthodes d'entraînement.

Le protocole se déroule en deux phases :

- Une première phase durant laquelle seront recueillies des données médicales et physiologiques lors d'une demi-journée d'évaluation de l'aptitude physiologique.
- Une deuxième phase durant laquelle seront recueillies des données physiologiques et cognitives sur l'arbitre de champ lors des matchs à domicile du FCG (Grenoble) tout au long de la saison 2015-2016.

Déroulement de l'étude :

Après avoir reçu des explications concernant le but et le déroulement de chaque partie de l'étude, vous devrez confirmer votre participation. Si vous donnez votre accord, vous serez convoqué au Centre National de Rugby à Marcoussis (à une date qui vous sera communiquée dès que possible et qui sera programmée une fois la Coupe du Monde terminée) pour la réalisation de la première phase. En amont, puis jusqu'à la fin de la saison 2015-2016, vous participerez à l'étude lors des matchs que vous dirigerez sur le terrain du Stade des Alpes à Grenoble en tant qu'arbitre de Champ.

La première phase se déroulant sur le site du Centre National à Marcoussis inclut :

- Un recueil de données médicales : Tension artérielle et Electrocardiogramme de repos.
- Un test physique sur piste d'athlétisme qui comprend des paliers successifs avec 3 minutes d'effort et 1 minute de repos (test TUBII). Chaque sujet sera équipé d'un Cardiofréquencemètre pendant toute la durée du test.
- Une détermination du seuil lactique grâce au prélèvement de 20microlitres de sang au bout du doigt pendant la minute de repos.

La deuxième phase réalisée sur le terrain du Stade des Alpes à Grenoble inclut, pour l'arbitre de champ :

- Le port d'un GPS et d'un Cardiofréquencemètre durant le match.
- La réalisation d'un test de performance cognitif avant le match, à la mi-temps et après le match. Ce test sera court (entre 4 et 5 minutes). Un des responsables de l'étude sera présent pour vous faire passer ce test sur une version papier.
- Un prélèvement de 20 microlitres de sang au bout du doigt sera réalisé à la mi-temps et à la fin du match.

A chaque étape, un des responsables de l'étude sera présent. Il sera secondé par différents acteurs prévus pour l'étude. Le traitement des données respectera votre anonymat.

L'étude sera menée conformément aux Bonnes Pratiques Cliniques françaises et européennes et la déclaration d'Helsinki dans sa dernière version.

Risques potentiels :

Aucun risque ni effet indésirable connu n'est lié à cette étude. Tous les dispositifs de mesure sont sans danger. Néanmoins si vous ressentez le moindre malaise à l'issue des mesures vous pourrez joindre Rémi De L'isle au 06.15.10.20.16. Le cas échéant, appelez le SAMU au 15.

Frais médicaux :

Votre collaboration à ce protocole de recherche biomédicale n'entraînera pas de participation financière de votre part.

Dédommagement et indemnisation :

Aucune indemnisation n'est prévue pour participer à cette étude.

Si vous avez des questions pendant votre participation à cette étude, vous pourrez contacter Rémi De L'isle au 06.15.10.20.16.

Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude. Vous pouvez également décider en cours d'étude d'arrêter votre participation sans avoir à vous justifier.

Nous vous remercions d'avoir pris le temps de lire cette lettre d'information. Si vous êtes d'accord pour participer à cette recherche, nous vous invitons à signer le formulaire de consentement ci-joint.

Document établi en double exemplaire, l'un remis au volontaire, l'autre conservé par l'investigateur.

L'investigateur :

(Précédée de la date et de la mention « lu et approuvé »)

Le sujet volontaire :

ANNEXE 3

Formulaire de consentement éclairé signé par chaque participant à l'étude

Formulaire de consentement

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR LA PARTICIPATION A UNE RECHERCHE BIOMEDICALE

Titre de la recherche : FATIGUE PHYSIOLOGIQUE DES ARBITRES DE CHAMP DU CHAMPIONNAT TOP 14 – IMPACT SUR LES PERFORMANCES COGNITIVES

Je soussigné(e) :

Mr, ;(prénom et nom de l'arbitre de champ),

Adresse.....

.....
accepte de participer à l'étude.

Les objectifs et modalités de l'étude m'ont été clairement expliqués par Rémi DE L'ISLE. J'ai lu et compris la fiche d'information qui m'a été remise.

J'accepte que les données nominatives me concernant soient recueillies à l'occasion de cette étude et puissent faire l'objet d'un traitement automatisé par les responsables de l'étude. A l'exception de ces personnes, qui traiteront les informations dans le plus strict respect du secret médical, mon anonymat sera préservé.

Je pourrai exercer mon droit d'accès et de rectification auprès de Rémi DE L'ISLE, investigateur principal de l'étude.

J'ai bien compris que ma participation à l'étude est volontaire. Je suis libre d'accepter ou de refuser de participer, et je suis libre d'arrêter à tout moment ma participation en cours d'étude.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de cette étude de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Après en avoir discuté et avoir obtenu la réponse à toutes mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche qui m'est proposée.

Fait à, le

Nom et signature de l'investigateur

Signature du sujet

Document établi en double exemplaire, l'un remis au sujet volontaire, l'autre conservé par l'investigateur.

ANNEXE 4

Calendrier TOP 14 – Saison 2015-16



saison

2015/2016



LIGUE NATIONALE
DE RUGBY

PHASE RÉGULIÈRE MATCHS ALLER

J.01	samedi 22 Août 2015	J.02	samedi 28 Août 2015	J.03	samedi 5 Septembre 2015
Le Rochelle	Clermont	Clermont	Grenoble	Peris	Toulon
Bordeaux-Bègles	Castres	Racing 92	La Rochelle	La Rochelle	Brive
Toulon	Racing 92	Dyonnex	Bordeaux-Bègles	Bordeaux-Bègles	Montpellier
Toulouse	Brive	Peu	Montpellier	Toulouse	Castres
Peris	Peu	Castres	Toulon	Grenoble	Peu
Montpellier	Dyonnex	Agen	Toulouse	Agen	Racing 92
Grenoble	Agen	Brive	Peris		Clermont
J.04	samedi 12 Septembre 2015	J.05	samedi 17 Octobre 2015	J.06	samedi 24 Octobre 2015
Peu	Toulouse	Clermont	Peu	La Rochelle	Agen
Racing 92	Grenoble	Dyonnex	Racing 92	Castres	Grenoble
Toulon	La Rochelle	Grenoble	Montpellier	Racing 92	Peris
Castres	Dyonnex	Agen	Bordeaux-Bègles	Peu	Brive
Montpellier	Peris	Toulouse	La Rochelle	Bordeaux-Bègles	Toulouse
Clermont	Bordeaux-Bègles	Peris	Clermont	Toulon	Dyonnex
Brive	Agen	Peris	Castres	Montpellier	Clermont
J.07	samedi 31 Octobre 2015	J.08	samedi 7 Novembre 2015	J.09	samedi 28 Novembre 2015
Grenoble	Toulon	Peris	Clermont	Racing 92	Toulouse
Bordeaux-Bègles	La Rochelle	La Rochelle	Dyonnex	Dyonnex	Brive
Dyonnex	Peu	Toulouse	Grenoble	Montpellier	La Rochelle
Montpellier	Toulouse	Peu	Agen	Bordeaux-Bègles	Peu
Clermont	Castres	Brive	Bordeaux-Bègles	Grenoble	Peris
Agen	Peris	Toulon	Montpellier	Clermont	Toulon
Racing 92	Brive	Castres	Racing 92		
J.10	samedi 5 Décembre 2015	J.11	dimanche 27 Décembre 2015	J.12	samedi 2 Janvier 2016
Toulon	Agen	Montpellier	Agen	Racing 92	Bordeaux-Bègles
Brive	Clermont	Clermont	Racing 92	Brive	Montpellier
Peu	Racing 92	Dyonnex	Peris	Peris	Toulouse
Castres	Montpellier	Peu	La Rochelle	La Rochelle	Castres
La Rochelle	Grenoble	Castres	Brive	Agen	Clermont
Peris	Bordeaux-Bègles	Toulouse	Toulon	Toulon	Peu
Toulouse	Dyonnex	Bordeaux-Bègles	Grenoble	Grenoble	Dyonnex
J.13	samedi 9 Janvier 2016				
Clermont	Toulouse				
Dyonnex	Agen				
Montpellier	Racing 92				
Bordeaux-Bègles	Toulon				
Grenoble	Brive				
Peris	La Rochelle				
Peu	Castres				

Les journées sont positionnées le samedi dans le calendrier (à l'exception du boxing day de la J11, prévu le dimanche).
 Les jours et horaires détaillés des matchs seront fixés par la LNR.
 La Finale est d'ores et déjà programmée le vendredi 24 Juin 2016 à Barcelone.

Toute l'actualité du rugby professionnel sur lnr.fr

[facebook.com/lnr.fr](https://www.facebook.com/lnr.fr)

twitter.com/lnr_fr

: Matches concernés par l'étude (11 au total).



saïson 2015/2016



PHASE RÉGULIÈRE MATCHS RETOUR

J.14 samedi 30 Janvier 2016 Clermont Montpellier Castres Bordeaux-Bègles Toulon Paris Brive La Rochelle Toulouse Pau Racing 92 Dyonnex Agen Grenoble	J.15 samedi 20 Février 2016 Montpellier Pau Castres Clermont Bordeaux-Bègles Agen Paris Brive La Rochelle Toulouse Grenoble Racing 92	J.16 samedi 27 Février 2016 Paris Grenoble Agen La Rochelle Clermont Dyonnex Toulouse Montpellier Racing 92 Castres Pau Bordeaux-Bègles Toulon Brive
J.17 samedi 5 Mars 2016 Racing 92 Agen Brive Toulouse La Rochelle Toulon Grenoble Clermont Bordeaux-Bègles Dyonnex	J.18 samedi 12 Mars 2016 Toulouse Bordeaux-Bègles Dyonnex Montpellier Toulon Grenoble Paris Racing 92 Clermont Brive La Rochelle Pau Castres Agen	J.19 samedi 26 Mars 2016 Bordeaux-Bègles Clermont Brive Castres Grenoble La Rochelle Pau Dyonnex Agen Montpellier
J.20 samedi 2 Avril 2016 Toulon Clermont Castres Toulouse Bordeaux-Bègles Racing 92 Montpellier Brive Agen Pau Dyonnex Grenoble La Rochelle Paris	J.21 samedi 16 Avril 2016 La Rochelle Bordeaux-Bègles Toulouse Racing 92 Brive Dyonnex Grenoble Castres Paris Montpellier	J.22 samedi 30 Avril 2016 Montpellier Grenoble Toulon Toulouse Dyonnex La Rochelle Racing 92 Clermont Castres Pau Bordeaux-Bègles Paris Agen Brive
J.23 samedi 7 Mai 2016 Toulouse Agen Brive Racing 92 La Rochelle Montpellier Grenoble Bordeaux-Bègles Paris Dyonnex	J.24 samedi 21 Mai 2016 Racing 92 Pau Agen Toulon Clermont Paris Castres La Rochelle Dyonnex Toulouse Montpellier Bordeaux-Bègles Brive Grenoble	J.25 samedi 28 Mai 2016 La Rochelle Racing 92 Dyonnex Castres Montpellier Toulon Paris Agen Pau Grenoble Toulouse Clermont Bordeaux-Bègles Brive
J.26 samedi 4 Juin 2016 Grenoble Toulouse Toulon Bordeaux-Bègles Brive Pau Clermont La Rochelle Agen Dyonnex Racing 92 Montpellier Castres Paris	BARRAGES 10, 11 ou 12 Juin 2016 DEMI-FINALES 17, 18 ou 19 Juin 2016	FINALE vendredi 24 Juin 2016 au Camp Nou à Barcelone

maître graphique : 31718

 : Matches concernés par l'étude (11 au total).

ANNEXE 5
Technologie GPS FieldWiz
(Advanced Sport Instrument, Lausanne, Switzerland)

Quick Start

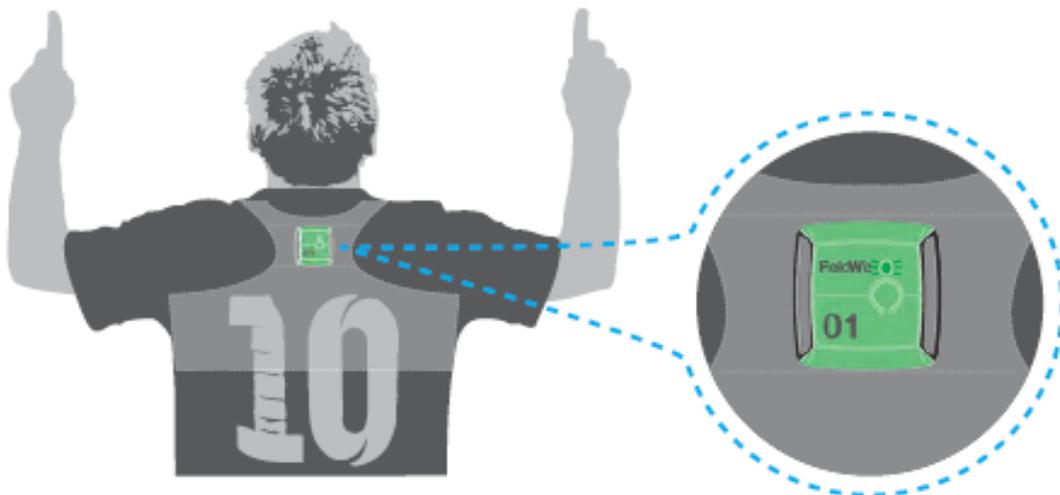


Before the game/practice

Turn on the pod by pressing the button until the green LED starts (~ 1 sec.)

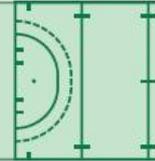


It is required for the proper functioning of the device to check the position on each player and that the LED is pulsing (In the right position you can read the number and see the LED pulsing)



Each pod has a unique number. Note which player has which number.

Web Application



- Click on Send

FieldWiz
NEW GAME

Team Name
FC ASI

Game Start
20/06/2015 16:00:00

FieldWiz Game Data File(s)
Select file(s) to upload
Select the FWT file generated by your FieldWiz Docking Station OR each FWZ files generated by your FieldWiz Devices. If you select multiple files, make sure they contain data about the same game.

DATA.FWT 6.7 MB

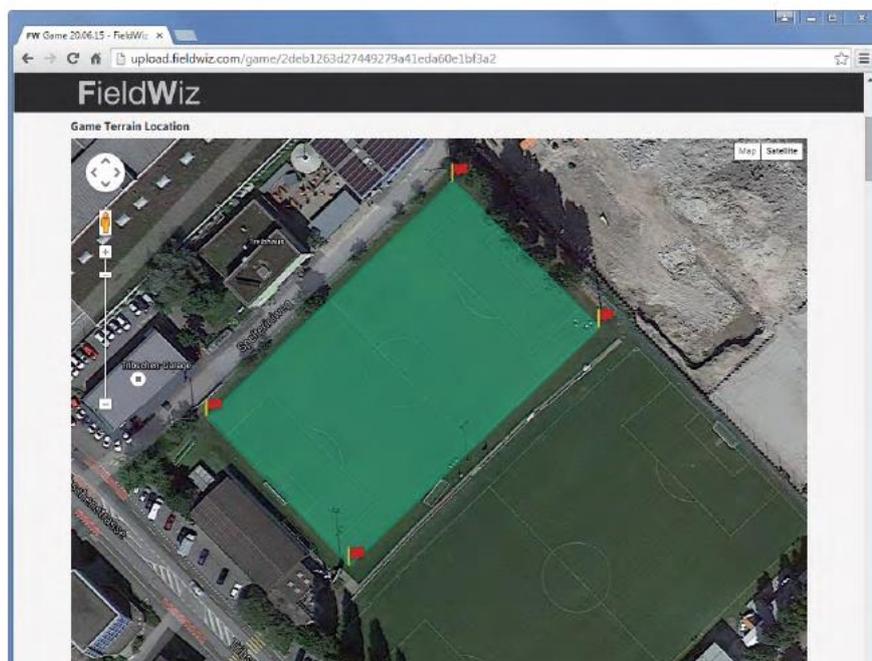
Send

© FieldWiz 2015
Icons made by Icons8, Firepill from www.flaticon.com is licensed by CC BY 3.0

Pitch Selection

Step necessary only for type "Game".

- A square is defined by default on the area where the GPS coordinates are located at the selected time and date of the game.
- Drag and drop the red flags on the corners to define the pitch.



ANNEXE 6

Exemple d'un rapport de données GPS / cardio

Table 1. Times

Begin time	20:45:00	End time	21:32:00
------------	----------	----------	----------

Table 2. Summary statistics

Pod #	Player #	Player name	Distance (km)	# Accelerations >1 m/s ²	# Accelerations >3 m/s ²	# Decelerations >1 m/s ²	# Decelerations >3 m/s ²	# Sprints >20 km/h	Max speed (km/h)	Avg speed (km/h)
10			3.751	367	15	346	10	8	23.30	4.10

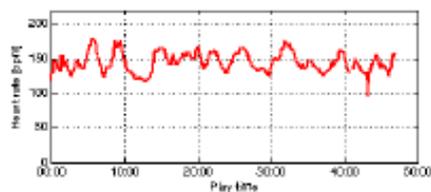
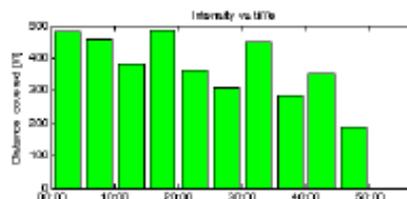
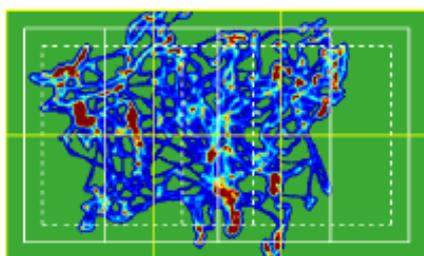


Table 3. Heart rate

Minimum Heart rate	97 bpm
Average Heart rate	145 bpm
Maximum Heart rate	178 bpm

Table 4. Distances per zones

Total distance :	3.751 km	100%
Distance covered zone A1 :	0.400 km	10.7%
Distance covered zone A2 :	0.671 km	17.9%
Distance covered zone B1 :	1.014 km	27.0%
Distance covered zone B2 :	1.122 km	29.9%
Distance covered zone C1 :	0.110 km	2.9%

Table 5. Statistics per speed ranges

	Distance	Dist. ratio	Avg HR
All speeds :	3.751 km	100%	145 bpm
0-6 km/h :	1.743 km	46.5%	144 bpm
6-12 km/h :	0.898 km	24.0%	146 bpm
12-14 km/h :	0.316 km	8.4%	145 bpm
14-18 km/h :	0.543 km	14.5%	147 bpm

1

Table 6. Distances per sprint (>20 km/h)

Time	Distance (m)	Duration	Max spd (km/h)	Time	Distance (m)	Duration	Max spd (km/h)	Time	Distance (m)	Duration	Max spd (km/h)
00:13:37	11.7 m	00:01	21.18	00:13:53	1.0 m	00:00	20.10	00:19:31	18.4 m	00:03	23.30
00:21:12	12.4 m	00:02	21.47	00:24:52	30.0 m	00:05	22.65	00:25:15	1.1 m	00:00	20.01
00:34:46	8.1 m	00:01	21.65	00:41:22	6.9 m	00:01	20.76				

ANNEXE 7

Test de Stroop effectué par chaque participant (version papier couleur)

NOM :	PRENOM :		
SEXE :	AGE :	DATE :	
PROFESSION :			

CONSIGNES GENERALES

Ce test mesure la rapidité de réaction : il comporte trois parties. Avant chacune d'elles, il y a deux exemples résolus et cinq exercices d'entraînement pour vous montrer ce que vous devez faire. Commencer chaque partie dès qu'on vous donne le signal et travaillez le plus vite et le mieux possible. Vous avez exactement 90 secondes pour chaque partie. ASSUREZ-VOUS TOUJOURS D'AVOIR BIEN COMPRIS LES CONSIGNES. SI VOUS NE COMPRENEZ PAS, DEMANDEZ A L'EXAMINATEUR. AUCUNE REPONSE NI EXPLICATION NE SERA DONNEE APRES LE SIGNAL DE DEPART.

PREMIERE PARTIE

CONSIGNES

Ecrivez la première lettre de chaque mot dans la case correspondante. Il y a deux lignes d'exemples pour vous montrer ce que vous devez faire et cinq exercices pour que vous puissiez vous assurer d'avoir bien compris. Commencez par la première ligne, en suivant l'ordre des colonnes :1, 2, 3, 4, puis faites la ligne suivante etc.

Exemple

1	2	3	4		1	2	3	4
Rouge	Bleu	Vert	Jaune		<input type="text" value="R"/>	<input type="text" value="B"/>	<input type="text" value="V"/>	<input type="text" value="J"/>
Bleu	Jaune	Rouge	Vert		<input type="text" value="B"/>	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="R"/>	<input type="text" value="V"/>

Exercice

1	2	3	4		1	2	3	4
Jaune	Rouge	Vert	Bleu		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vert	Jaune	Bleu	Rouge		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bleu	Vert	Rouge	Jaune		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Rouge	Bleu	Jaune	Vert		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Vert	Rouge	Bleu	Jaune		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Sur les deux pages suivantes, vous trouverez des exercices semblables. NE COMMENCEZ PAS AVANT LE SIGNAL DE DEPART. Quand on vous donnera le signal, vous remplirez le plus de cases possible jusqu'à ce qu'on vous dise d'arrêter. N'oubliez pas que vous devez travailler horizontalement en suivant l'ordre des colonnes (1, 2, 3, 4). Vous avez 90 secondes.

NE TOURNEZ PAS LA PAGE AVANT QU'ON VOUS LE DISE.

DEUXIEME PARTIE

CONSIGNES

Ecrivez la première lettre de la couleur de chacun des carrés dans la case correspondante. Ici encore, il y a deux lignes d'exemples et cinq lignes d'exercices pratiques. Commencez par la première ligne en suivant l'ordre des colonnes 1, 2, 3, 4, puis continuez sur la ligne suivante.

Exemple

1	2	3	4	1	2	3	4
				<input type="text" value="B"/>	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="R"/>	<input type="text" value="V"/>
				<input type="text" value="V"/>	<input type="text" value="B"/>	<input type="text" value="J"/>	<input type="text" value="R"/>

Exercice

1	2	3	4	1	2	3	4
				<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
				<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
				<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
				<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
				<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Sur les deux pages suivantes, vous trouverez des exercices semblables. NE COMMENCEZ PAS AVANT LE SIGNAL DE DEPART. Quand on vous donnera le signal, vous remplirez le plus de cases possible en travaillant horizontalement et en suivant l'ordre des colonnes (1, 2, 3, 4) jusqu'à ce qu'on vous dise d'arrêter. Vous avez 90 secondes.

NE TOURNEZ PAS LA PAGE AVANT QU'ON VOUS LE DISE.

TROISIEME PARTIE

CONSIGNES

Ecrivez la première lettre de la couleur de l'encre dans laquelle le mot est imprimé dans la case correspondante. Il y a deux lignes d'exemples pour vous montrer ce que vous devez faire et cinq exercices pour que vous puissiez vous assurer d'avoir bien compris. Commencez par la première ligne, en suivant l'ordre des colonnes :1, 2, 3, 4, puis faites la ligne suivante etc.

Exemple

1	2	3	4	1	2	3	4
Vert	Jaune	Rouge	Bleu	J	R	B	V
Rouge	Bleu	Vert	Jaune	V	B	R	B

Exercice

1	2	3	4	1	2	3	4
Rouge	Vert	Bleu	Jaune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Bleu	Jaune	Rouge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bleu	Rouge	Vert	Jaune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Jaune	Rouge	Bleu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jaune	Rouge	Bleu	Vert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sur les deux pages suivantes, vous trouverez des exercices semblables. NE COMMENCEZ PAS AVANT LE SIGNAL DE DÉPART. Quand on vous donnera le signal, vous remplirez le plus de cases possible jusqu'à ce qu'on vous dise d'arrêter. N'oubliez pas que vous devez travailler horizontalement en suivant l'ordre des colonnes (1, 2, 3, 4). Vous avez 90 secondes.

NE TOURNEZ PAS LA PAGE AVANT QU'ON VOUS LE DISE.

1	2	3	4		1	2	3	4
Jaune	Rouge	Bleu	Vert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Bleu	Rouge	Jaune		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rouge	Vert	Jaune	Bleu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Bleu	Rouge	Jaune		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bleu	Jaune	Vert	Rouge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jaune	Rouge	Bleu	Vert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Jaune	Rouge	Bleu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bleu	Vert	Jaune	Rouge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rouge	Jaune	Bleu	Vert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Bleu	Jaune	Rouge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jaune	Vert	Rouge	Bleu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rouge	Bleu	Jaune	Vert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Rouge	Bleu	Jaune		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jaune	Bleu	Vert	Rouge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rouge	Vert	Jaune	Bleu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Jaune	Bleu	Rouge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jaune	Bleu	Rouge	Vert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bleu	Rouge	Vert	Jaune		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rouge	Vert	Jaune	Bleu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Bleu	Rouge	Jaune		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jaune	Rouge	Bleu	Vert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bleu	Jaune	Vert	Rouge		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vert	Bleu	Rouge	Jaune		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bleu	Rouge	Jaune	Vert		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jaune	Vert	Rouge	Bleu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

CONTINUEZ SUR LA PAGE SUIVANTE

ANNEXE 8

Interprétation du test de Stroop

Le test de Stroop

Phase 1 : écrire les initiales des couleurs présentées dans un ordre aléatoire.

Rouge Vert Jaune Bleu R V J B

Phase 2 : écrire les initiales des couleurs présentées.

    R V J B

Phase 3 : résoudre la situation de conflit

Rouge Jaune Bleu Vert J V R B

Le nombre de réponses décodées pendant 90 s. constitue la variable dépendante. La différence entre la phase 3 et les autres détermine la capacité à résoudre la situation de conflit et par extension à résister au stress qu'elle génère.

PRINCIPE GÉNÉRAL

Les résultats obtenus dans les phases I et II permettent d'envisager un résultat théorique au test III.

La note IIIe (résultat espéré) est calculée à l'aide d'une table. Celle-ci est construite à partir d'une régression linéaire :

$$IIIe = 0.16510 I + 0.48195 II + 10.93454$$

La note IIIr (résultat réel) correspond au nombre de cases remplies lors du 3^e test.

Le calcul IIIr - IIIe traduit la capacité du sujet à résoudre la situation de conflit.

RÉSULTATS MOYENS

	Niveau	I	II	III	IIIr - IIIe
Hommes	< brevet	71.3	69.7	53.9	-2.28
	> brevet	92.3	91.7	73.5	3.13
Femmes	< brevet	81.6	80.9	66.5	3.1
	> brevet	96.1	94.4	72.4	-0.1

ESTIMATION DE LA RÉSISTANCE AU STRESS

Classe	Femmes	Hommes	Classe
0	-18 et -	-27 et -	0
1	-17 à -13	-26 à -17	1
2	-12 à -8	-16 à -10	2
3	-7 à -4	-9 à -6	3
4	-3 à -1	-5 à -2	4
5	0 à 3	-1 à 2	5
6	4 à 6	3 à 6	6
7	7 à 10	7 à 10	7
8	11 à 14	11 à 15	8
9	15 à 19	16 à 19	9
10	20 et +	20 et +	10

À PARTIR DU CALCUL DE IIIr - IIIe

ESTIMATION DE LA RÉSISTANCE AU STRESS

Les classes 0 à 2 indiquent une très faible résistance au stress

Les classes 3 à 5 indiquent une faible résistance au stress

Les classes 6 à 8 indiquent une résistance au stress élevée

Les classes 9 et 10 indiquent une résistance au stress très élevée

À PARTIR DU CALCUL DE IIIr - IIIe

ANNEXE 9

Exemple d'un match (42 lignes soit environ 4 secondes de la rencontre)

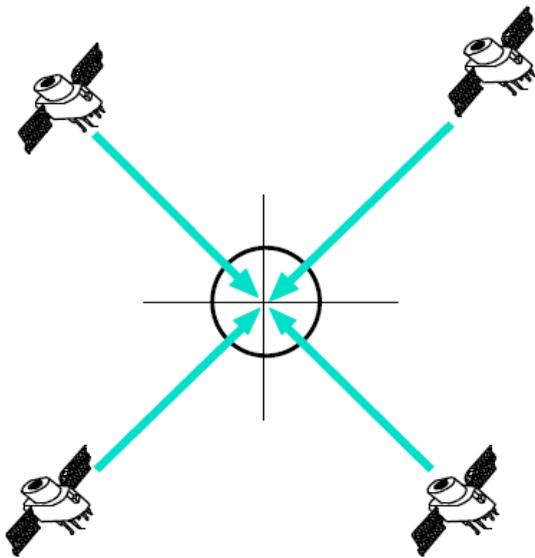
1	time[ISO-U	xPos[m]	yPos[m]	speed[km/h	hr[bpm]	numSatFix[hdop[-]
2	20160102T	34,943	55,6645	2,78	97	4	2,02
3	20160102T	36,5852	58,2999	2,89	97	4	2,02
4	20160102T	38,0787	60,7636	3,09	97	4	2,02
5	20160102T	39,4581	63,1505	3,57	97	4	2,02
6	20160102T	40,6896	65,3017	3,92	97	4	2,02
7	20160102T	41,7884	67,1961	4,08	97	4	2,02
8	20160102T	42,8051	68,958	4,16	97	4	2,02
9	20160102T	59,484	58,8571	1,41	96	4	0,25
10	20160102T	59,2283	57,4436	1,74	96	4	0,27
11	20160102T	59,2023	56,182	1,61	96	4	0,26
12	20160102T	58,5737	54,5867	1,27	96	4	0,26
13	20160102T	58,2125	53,3136	2,06	96	4	0,26
14	20160102T	57,4828	51,5838	1,59	96	4	0,26
15	20160102T	57,5126	50,3361	2,15	97	4	0,26
16	20160102T	56,791	48,9952	2,34	97	5	0,26
17	20160102T	56,6945	47,665	2,66	97	5	1,31
18	20160102T	56,6758	45,4668	2,68	97	5	1,31
19	20160102T	56,3324	42,4196	3,48	97	5	1,31
20	20160102T	56,1413	41,3572	3,75	97	5	1,31
21	20160102T	55,9006	40,335	3,79	97	5	1,31
22	20160102T	55,5449	39,1857	3,55	97	5	1,31
23	20160102T	55,2863	38,5541	4,36	97	5	1,31
24	20160102T	55,0369	37,9555	4,81	97	5	1,31
25	20160102T	54,7824	36,9408	5,07	98	5	1,31
26	20160102T	54,4228	35,6542	5,21	98	5	1,31
27	20160102T	53,7661	32,9828	6,21	98	5	1,31
28	20160102T	53,2454	30,7696	3,62	98	5	1,31
29	20160102T	53,0417	29,9935	3,79	98	5	1,31
30	20160102T	53,0238	29,1149	3,57	98	5	1,31
31	20160102T	53,1087	27,8368	3,86	98	5	1,31
32	20160102T	53,2283	26,1335	4,04	98	5	1,31
33	20160102T	53,4499	24,6151	3,65	98	5	1,31
34	20160102T	53,7796	23,2275	3,71	98	5	1,31
35	20160102T	54,0206	21,9395	3,73	99	5	1,31
36	20160102T	53,6735	20,2524	3,84	99	5	1,31
37	20160102T	53,2252	19,0654	5,09	99	5	1,31
38	20160102T	53,0345	18,3456	6,41	99	5	1,31
39	20160102T	52,8969	17,7869	6,44	99	5	1,31
40	20160102T	52,7663	17,3385	6,62	99	5	1,31
41	20160102T	52,5808	16,4	5,96	99	5	1,31
42	20160102T	52,3653	15,44	6,69	99	5	1,31
43	20160102T	52,1714	14,5188	6,89	99	5	1,31
44	20160102T	52,0949	14,0596	6,79	99	5	1,31

ANNEXE 10

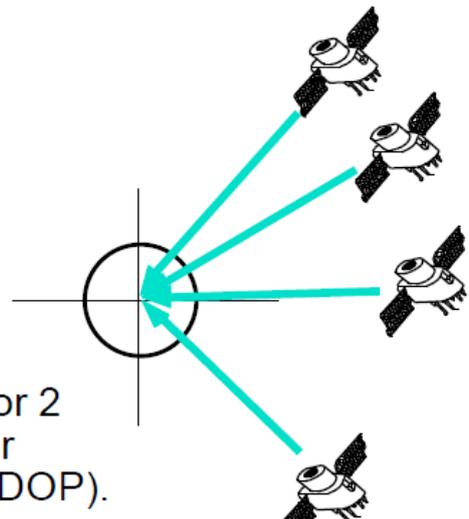
Definition de l'Horizontal Dilution Of Precision (HDOP)

Satellite Geometry

HDOP (Horizontal Dilution Of Precision)



Using satellites from the 4 compass quadrants will provide a good Horizontal solution (Low HDOP)



Using satellites from only 1 or 2 quadrants will provide a poor Horizontal solution (HIGH HDOP).

ANNEXE 10

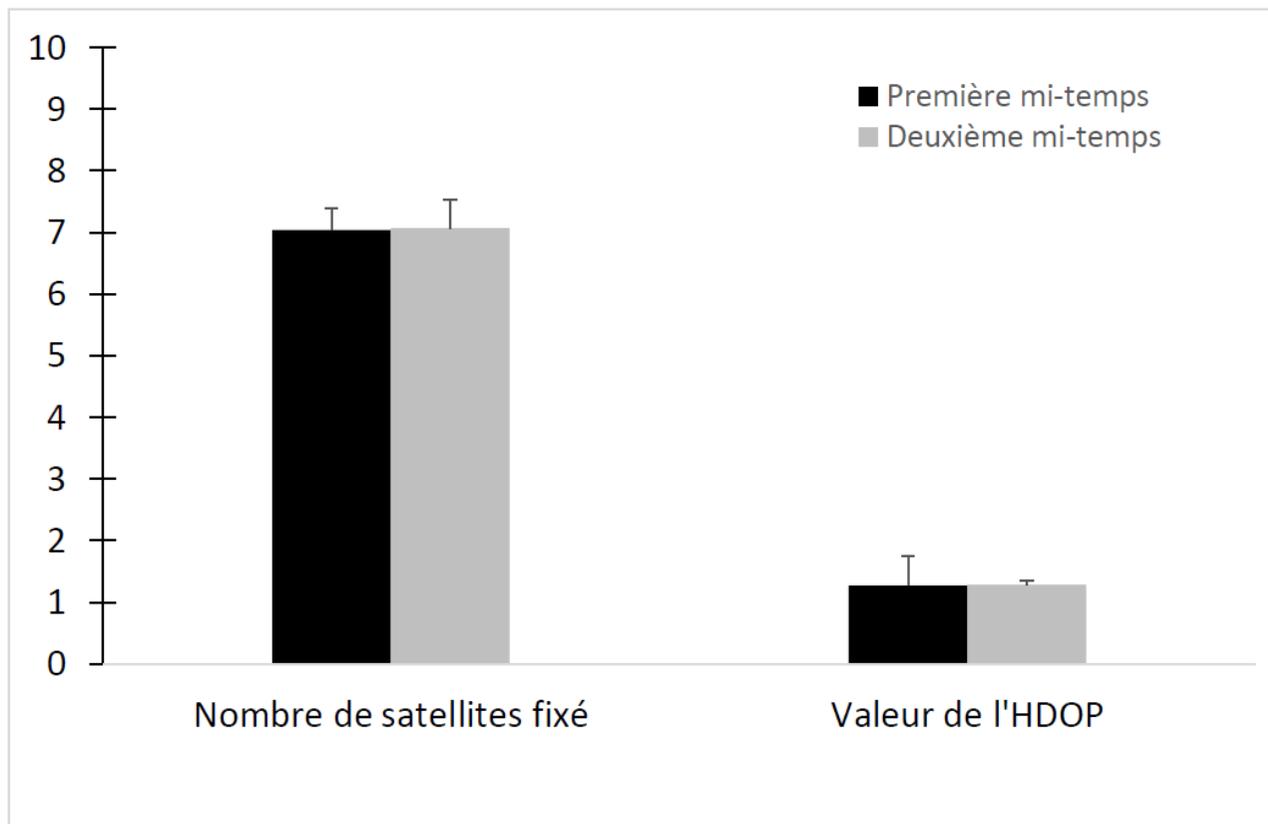
Interpretation de l'Horizontal Dilution Of Precision (HDOP)

DOP Value	Rating	Description
<1	Ideal	This is the highest possible confidence level to be used for applications demanding the highest possible precision at all times.
1-2	Excellent	At this confidence level, positional measurements are considered accurate enough to meet all but the most sensitive applications.
2-5	Good	Represents a level that marks the minimum appropriate for making business decisions. Positional measurements could be used to make reliable in-route navigation suggestions to the user.
5-10	Moderate	Positional measurements could be used for calculations, but the fix quality could still be improved. A more open view of the sky is recommended.
10-20	Fair	Represents a low confidence level. Positional measurements should be discarded or used only to indicate a very rough estimate of the current location.
>20	Poor	At this level, measurements are inaccurate by as much as 300 meters with a 6 meter accurate device (50 DOP × 6 meters) and should be discarded.

ANNEXE 11

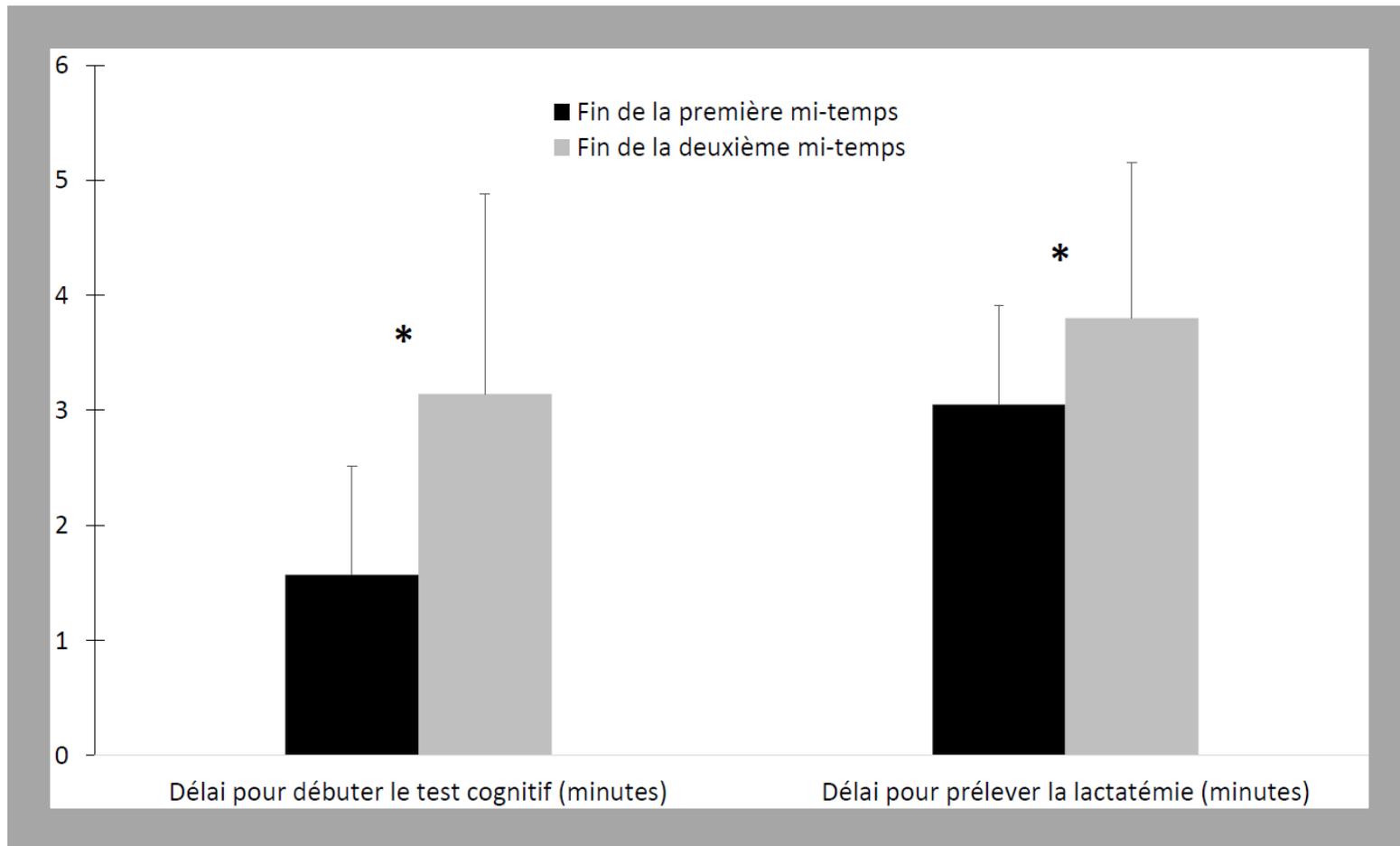
Nombre de satellites fixé et valeur de l'HDOP

	Première mi-temps	Deuxième mi-temps	Significativité (p)
Nombre de satellites fixé	7.04 ± 0.36	7.07 ± 0.47	0.73
HDOP	1.27 ± 0.07	1.28 ± 0.07	0.73



ANNEXE 12
Délais de réalisation du test de Stroop et de prélèvement de la lactatémie

	Avant le match	Fin de la première MT	Fin de la deuxième MT
Délai de réalisation du test de Stroop (minutes)	41.55 ± 17.01	1.57 ± 0.94	3.14 ± 1.74
Délai de prélèvement de la lactatémie (minutes)	Néant	3.05 ± 0.86	3.80 ± 1.35



CONCLUSIONS SIGNÉES



Nom, prénom du candidat : DE L'ISLE Rémi

CONCLUSIONS

À NOTRE CONNAISSANCE, CE TRAVAIL EST LE PREMIER À PROPOSER UNE ANALYSE DE LA FATIGUE ET DE LA CHARGE PHYSIQUE DES ARBITRES DE CHAMP DANS LE CHAMPIONNAT PROFESSIONNEL NATIONAL FRANÇAIS DE RUGBY À XV (TOP 14) EN UTILISANT LA TECHNOLOGIE GPS, À LA FRÉQUENCE DE 10 HZ, COUPLÉE À L'ENREGISTREMENT DES DONNÉES DE FRÉQUENCE CARDIAQUE. PAR AILLEURS, L'ANALYSE DE LA CONTRAINTE PHYSIOLOGIQUE SUBIE PAR LES ARBITRES SUR CES 11 MATCHS DE TOP 14 DE LA SAISON 2015-2016 A ÉGALEMENT ÉTÉ COMPLÉTÉE DANS NOTRE TRAVAIL PAR LA MESURE DES LACTATÉMIES, À LA FIN DES DEUX MI-TEMPS. UN TEST COGNITIF A ÉGALEMENT ÉTÉ RÉALISÉ AVANT LE MATCH ET À LA FIN DES DEUX MI-TEMPS POUR CHERCHER L'EXISTENCE D'UNE CORRÉLATION ENTRE CES DONNÉES COGNITIVES ET CELLES DE CONTRAINTE PHYSIOLOGIQUE, DE VITESSE ET DE DISTANCES PARCOURUES. MALGRÉ DES LIMITES MÉTHODOLOGIQUES ÉVIDENTES NOTAMMENT EN LIEN AVEC LE CHOIX DU TEST COGNITIF, CETTE ÉTUDE A L'INTÉRÊT DE METTRE EN AVANT LES CONTRAINTES PHYSIOLOGIQUES, DE DISTANCE, ET LA CHARGE PHYSIQUE AUXQUELLES LES ARBITRES DU TOP 14 DOIVENT SE PRÉPARER POUR OPTIMISER LEUR PERFORMANCE SUR LE TERRAIN. L'ANALYSE DES RÉSULTATS DÉMONTRE QUE LES ARBITRES DU TOP 14 BÉNÉFICIENT DE NOMBREUSES PHASES DE REPOS DURANT LE MATCH QUI LEUR PERMETTENT UNE RÉCUPÉRATION ACTIVE POUR PRÉPARER LA COURSE SUIVANTE, OU POUR PRENDRE EN COMPTE LES ÉLÉMENTS IMPOSÉS PAR LE JEU. LES RÉSULTATS DE NOTRE TRAVAIL DÉMONTRENT ÉGALEMENT QUE L'APTITUDE DES ARBITRES À EFFECTUER DES DÉPLACEMENTS À HAUTE INTENSITÉ DE COURSE EST RÉDUITE SUR LA FIN DE LA RENCONTRE. ILS DÉMONTRENT ÉGALEMENT QUE LA CONTRAINTE PHYSIOLOGIQUE SUBIE PAR L'ARBITRE EST PLUS FORTE AU COURS DE LA PREMIÈRE MI-TEMPS, EN COMPARAISON AVEC LA DEUXIÈME, OBJECTIVÉE PAR DES FRÉQUENCES CARDIAQUES ET LACTATÉMIES SIGNIFICATIVEMENT PLUS ÉLEVÉES SUR LA PREMIÈRE MI-TEMPS.



SUR LE PLAN COGNITIF, LES RÉSULTATS DE CETTE ÉTUDE POURRAIENT FAIRE L'OBJET D'EXPLORATIONS COMPLÉMENTAIRES QUI PRENDRAIENT EN COMPTE L'ERREUR D'ARBITRAGE PENDANT LES MATCHS, BASÉES SUR L'AVIS D'EXPERTS POUR IDENTIFIER CETTE ERREUR APRÈS ANALYSE VIDÉO, MALGRÉ LES DIFFICULTÉS EXPOSÉES POUR DÉFINIR CE TERME. CECI DANS LE BUT, D'ÉTUDE LA CORRÉLATION ENTRE CETTE SURVENUE D'ERREUR ET LES PARAMÈTRES SUBITS PAR L'ARBITRE SUR LE TERRAIN: CHARGE PHYSIQUE, DISTANCE PARCOURUE, CONTRAINTES PHYSIOLOGIQUES.

DES APPLICATIONS PRATIQUES POURRAIENT DÉCOULER DE NOTRE TRAVAIL AFIN D'ADAPTER LES MÉTHODES D'ENTRAÎNEMENT. L'OBJECTIF SERAIT DE DÉVELOPPER UNE MEILLEURE CAPACITÉ À EFFECTUER CES DÉPLACEMENTS À HAUTE INTENSITÉ LORS DE LA FIN DE MATCHS MAIS AUSSI D'INTÉGRER LES DONNÉES DE DISTANCE TOTALE, DE VITESSE ET DE CONTRAINTES PHYSIOLOGIQUES POUR OPTIMISER LA PRÉPARATION PHYSIQUE DES ARBITRES.

Le Président de la thèse,

Docteur Yves ZERBIB

Vu :

Pour Le Président de l'Université

Le Doyen de l'UFR de Médecine Lyon Est



Professeur Gilles RODE

Vu et permis d'imprimer

28 MAI 2018

Monsieur DE L'ISLE Rémi

TITRE DE LA THESE : ETUDE DE L'ACTIVITE ET DE LA FATIGUE DES ARBITRES DE RUGBY DU CHAMPIONNAT DE TOP 14 ; IMPACT SUR LEUR PERFORMANCE COGNITIVE. ETUDE OBSERVATIONNELLE AU COURS DE 11 MATCHS DE RUGBY PROFESSIONNEL DU CHAMPIONNAT DE TOP 14 LORS DE LA SAISON 2015-2016.

RESUME

Introduction : Le Rugby est un sport collectif de combat dans lequel deux équipes se confrontent dans le respect des règles pour marquer des points et gagner le match. Depuis l'année 1995 et la professionnalisation de ce sport, le championnat de rugby professionnel Français (TOP 14) est devenu un des plus convoité dans le monde. De nombreuses études scientifiques se sont intéressé à la fatigue et l'activité des joueurs de rugby professionnels, mais peu à celles des arbitres, encore moins dans le TOP 14. Dans cette étude l'objectif principal était d'étudier, dans le TOP 14, la fatigue sur le terrain des arbitres de champ, la charge physique (vitesses et accélérations) ainsi que les distances parcourues et les contraintes physiologiques (fréquence cardiaque et lactatémies) qui en résultent. Nous avons également cherché à mesurer l'impact de ces paramètres sur la performance cognitive de l'arbitre, pourvoyeuse de prises de décision qui influencent le score final de la rencontre.

Matériel et méthodes : Les 14 arbitres officiant au plus haut niveau national ont été recrutés. Nous avons mesuré leurs déplacements lors des rencontres de TOP 14 de la saison 2015-16 qui se déroulaient au stade des Alpes, à Grenoble, grâce à la technologie GPS avec une fréquence de 10 Hz, soit 10 lignes de données pour une seconde de match. Un cardiofréquencemètre permettait de recueillir leurs fréquences cardiaque, à la même fréquence (10 Hz). Pour chaque rencontre, nous avons donc exploité environ 54 000 lignes de données GPS et cardiaque. Un prélèvement de 20 microlitres de sang capillaire a été réalisé pour déterminer la lactatémie à différents moments. Nous avons également fait pratiquer le test cognitif de Stroop à l'arbitre à différents instants. En parallèle, nous leur avons fait subir une épreuve d'effort maximale le 11 février 2016 au CNR à Marcoussis, afin de déterminer la fréquence cardiaque maximale et la vitesse maximale aérobie de chaque arbitre inclus dans l'étude.

Résultats : Nous avons recueilli les données de 9 arbitres lors de 11 matchs de TOP 14 entre le mois d'août 2015 et mai 2016. Les indicateurs de qualité des données exploitées - nombre de satellites fixés par la balise GPS et HDOP - étaient bons ce qui attestait la fiabilité des mesures. La distance totale parcourue était de 7435 ± 464 mètres sans différence entre les deux mi-temps ($p = 0.58$). Une différence significative ($p = 0.0042$) a été observée entre les deux mi-temps en ce qui concerne la distance parcourue dans les tranches : $14-18 \text{ km.h}^{-1}$ et $> 20 \text{ km.h}^{-1}$. De même, une différence significative ($p = 0.032$) a été mesurée entre les deux mi-temps en ce qui concerne les pourcentages de la fréquence cardiaque de réserve, tout comme celle ($p = 0.023$) observée pour les données de lactatémie. Ces résultats ont été confirmé par l'existence d'une bonne corrélation ($N = 18$; $R = 0.49$; $p < 0.05$) entre lactatémies et fréquences cardiaque. En ce qui concerne les données cognitives, une différence significative ($p < 0.05$) a été relevée : les arbitres avaient de meilleurs scores au test de Stroop en fin de match qu'en fin de première mi-temps. En revanche, aucune corrélation n'a été retrouvée entre d'une part les données cognitives et d'autre part celles de fréquence cardiaque, de vitesse ou de lactatémie.

Conclusion : Les résultats de notre travail démontrent que l'aptitude des arbitres à effectuer des déplacements à haute intensité de course est réduite en fin de match. Sur le plan cognitif, il semble nécessaire de planifier de nouveaux travaux qui prendraient en compte l'erreur d'arbitrage en temps réel, plutôt que la performance cognitive une fois l'activité terminée. Des applications pratiques pourraient, dès aujourd'hui, découler de cette étude afin d'adapter les méthodes d'entraînement. L'objectif serait de développer une meilleure capacité à effectuer des déplacements à haute intensité de course en fin de match mais aussi d'intégrer dans les entraînements les données de distance totale, de vitesse et de contrainte physiologique subies par les arbitres durant la rencontre.

MOTS CLES

Arbitre	Activité	Fréquence cardiaque
Fatigue	TOP 14	Lactatémie
Cognitif	GPS	Rugby professionnel

JURY

Président : Monsieur le Professeur Yves ZERBIB – UFR Lyon Est
Membres : Monsieur le Professeur Yves ROSSETTI – UFR Lyon Est
Madame le Professeur Elvire SERVIEN – UFR Lyon Sud
Monsieur le Docteur Jean Philippe HAGER – Médecin du Sport
Monsieur le Professeur Jean René LACOUR – Professeur Honoraire

DATE DE SOUTENANCE : Mardi 12 juin 2018

ADRESSE POSTALE DE L'AUTEUR : 60 rue Jean Jaurès 69500 BRON
VOTRE EMAIL : remidelisle@gmail.com