



HAL
open science

Mise en place d'une typologie de séances grâce au système de positionnement par satellites (GPS) au sein du groupe Espoirs du Stade Rennais Football Club

Marius Lancet

► To cite this version:

Marius Lancet. Mise en place d'une typologie de séances grâce au système de positionnement par satellites (GPS) au sein du groupe Espoirs du Stade Rennais Football Club. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-01644481

HAL Id: dumas-01644481

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01644481>

Submitted on 22 Nov 2017

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

UNIVERSITÉ RENNES 2 - HAUTE BRETAGNE

UFR Sciences et Techniques de Activités Physiques et Sportives

Master 2 Mouvement Sport Santé

**Mise en place d'une typologie de séances grâce au système de
positionnement par satellites (GPS) au sein du groupe Espoirs du
Stade Rennais Football Club**

Mémoire présenté par :

LANCET Marius

Tuteur professionnel : Rufin BOUMPOUTOU

Tuteur universitaire : Benoît BIDEAU

Année universitaire 2016 - 2017

Remerciements à :

- Monsieur CHAUVIN Landry, Directeur de l'Académie Rouge et Noire, pour m'avoir accepté et intégré au sein de la structure Stade Rennais FC, et pour m'avoir accompagné dans le suivi de stage et du projet d'étude.
- Monsieur BOUMPOUTOU Rufin, tuteur professionnel, médecin référent du groupe professionnel du Stade Rennais FC, pour m'avoir accepté et intégré au sein de la structure Stade Rennais FC, mais aussi pour m'avoir suivi et accompagné dans la réalisation de cette étude. Je le remercie également pour les nombreux conseils et les multiples informations qu'il m'a apporté, m'ayant permis de développer mes connaissances dans divers domaines.
- Monsieur CARRE Firmin, préparateur athlétique du Centre de Formation du Stade Rennais FC et collaborateur principal de projet, pour m'avoir intégré au sein de la structure Stade Rennais FC, et pour son investissement et ses conseils avisés concernant mon étude et mes connaissances personnelles.
- Monsieur STEPHAN Julien, entraîneur de l'équipe réserve du Stade Rennais FC (CFA) et responsable du groupe Espoirs, pour m'avoir permis de réaliser ce projet d'étude avec son groupe de joueurs, mais aussi pour son investissement dans le projet et ses conseils précieux et avisés.
- Monsieur GONTIER Éric, kinésithérapeute au sein du groupe professionnel du Stade Rennais FC, chargé de la gestion des systèmes de positionnement par satellites (GPS) au sein du groupe professionnel, pour m'avoir accompagné, conseillé et guidé dans la réalisation de cette étude.
- Monsieur BIDEAU Benoît, responsable de mémoire et responsable universitaire, mais également professeur, pour ses conseils judicieux et ses remarques pertinentes.
- L'équipe d'éducateurs du centre de formation du Stade Rennais FC, pour leur soutien, leurs conseils et leur investissement dans le projet d'étude.
- Les joueurs du groupe Espoirs du Stade Rennais FC qui ont su faire preuve de sérieux et d'implication pour m'aider dans la réalisation de mon projet.

Tables des matières

1	INTRODUCTION.....	5
2	REVUE DE LITTERATURE.....	6
	2.1 Analyse de l'activité.....	6
	2.2 Histoire du GPS.....	7
	2.3 Principes de fonctionnement.....	9
	2.4 Précision des mesures.....	10
	2.5 Intérêts et utilisation du GPS au football.....	11
	2.5.1 Éléments mesurés.....	12
	2.5.2 Apports en termes de catégorisation des individus.....	15
	2.5.3 Apports en termes de catégorisation des séances : GPS et autres outils de mesure.....	18
	2.6 Limites de l'outil.....	20
	2.7 Les outils existants : caractéristiques, propres aux différents modèles GPS.....	22
3	SYNTHESE ET OBJECTIFS.....	23
4	MATERIEL ET METHODE.....	25
	4.1 Sujets.....	25
	4.2 Protocole expérimental.....	26
5	RESULTATS.....	30
	5.1 Efficience du GPS et comparaison avec d'autres méthodes de suivi : RPE et charge.....	30
6	DISCUSSION.....	34
7	CONCLCUSION.....	37
8	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	40
9	ANNEXE.....	44

➤ **Liste des figures :**

Figure 1 : Le satellite américain TRANSIT.....7

Figure 2 : Détermination de la position sur Terre avec le système.....9

Figure 3 : Principe de fonctionnement du GPS différentiel (DGPS).....10

Figure 4 : Evolution de la précision des unités de navigation par GPS depuis 2000.....11

Figure 5 : Détail des accélérations d'un joueur de football sur une période donnée14

Figure 6 : Carte de chaleur d'un joueur milieu de terrain droit lors de la première mi-temps d'un match de football14

➤ **Liste des tableaux :**

Tableau 1 : Semaine type de compétition du groupe Espoirs du Stade Rennais FC27

Tableau 2 : Typologie de séance et échelle d'intensité selon le Stade Rennais FC30

➤ **Liste des annexes :**

Annexe 1 : Données anthropométriques des joueurs du groupe Espoirs du SRFC.....44

Annexe 2 : Compte-rendu du suivi de performance GPS sur une séance d'entraînement45

Annexe 3 : Séance d'entraînement de football du groupe Espoirs du SRFC46

Annexe 4 : Tableaux de données GPS du groupe 1 et du groupe 247

Annexe 5 : Suivis GPS hebdomadaires du groupe Espoirs du Stade Rennais48

1) INTRODUCTION

Le football est le sport le plus populaire dans le monde, tant au niveau médiatique que pratique (plus de 265 millions de pratiquants dans le monde et 207 États affiliés à la FIFA). En conséquence, de nombreuses études se sont intéressées à cette activité afin d'en améliorer l'efficacité des entraînements et ainsi d'optimiser la performance (*Stølen & al., 2005*).

Dans une optique athlétique, il demeure important de quantifier les efforts réalisés par les joueurs sur le terrain, afin de déterminer la charge d'entraînement adaptée.

En outre, le système de positionnement par satellites ou GPS, permet de contrôler l'état de fatigue du footballeur et donc de limiter les blessures (*Andersson et al., 2008 ; Randers et al., 2010*), tout en développant les paramètres athlétiques par la gestion individuelle et collective des séances d'entraînement et les intensités qui y seront exercées. Cet outil est un atout majeur pour un sportif ou un groupe de sportifs comme une équipe de football, car son utilisation apporte un réel supplément dans le suivi des joueurs et le contrôle de l'entraînement, tant au niveau athlétique que tactique.

Nous avons donc décidé de nous pencher davantage sur le sujet lors du stage réalisé au Stade Rennais Football Club avec les joueurs de la catégorie Espoirs évoluant en équipe réserve (championnat de France amateur : CFA), en utilisant les GPS sur un certain nombre d'entre eux dans le but de découvrir cet outil et ses fonctionnalités diverses et variées.

Afin de contrôler la charge d'entraînement et d'ajouter un outil supplémentaire dans la gestion des efforts du sportif, nous avons mis en avant un certain nombre de paramètres physiques reflétant la quantité mais également la qualité des actions réalisées par les joueurs sur une période donnée, ceci dans le but de déterminer une intensité globale de l'activité pratiquée.

L'objectif de cette étude était donc d'observer s'il était possible d'instaurer une typologie de séance reflétant l'intensité de l'effort réalisé chez ce public non aguerri d'un niveau inférieur à celui du groupe professionnel, et si cette méthode pouvait être comparée à des indices fiables et reproductibles tels que la charge d'entraînement ou la RPE (*Banister et al., 1975*).

Ces données ont également fait l'objet de comparaisons avec celles répertoriées chez les joueurs professionnels du club, ceci dans un cadre sortant de celui de ce projet d'étude.

Nous supposons que cet outil peut largement être utilisé au sein du centre de formation, et qu'il existe des corrélations significatives entre les indices de type de séance et le modèle RPE.

2) REVUE DE LITTÉRATURE

2.1) Analyse de l'activité :

Le football est un sport exigeant sur le plan physiologique où les efforts sont à la fois aérobies et anaérobies (*Di Salvo et al., 2007*). Cette activité physique sollicite en effet l'alternance de sprints, de courses rapides, d'actions techniques exigeant à la fois vitesse, puissance et précision d'exécution, mais sollicitant également l'enchaînement de périodes de récupérations passives ou d'actions brèves (*Cazorla, 1998*).

Ces caractéristiques de jeu permettent de définir le football comme une activité à exercices intermittents courts, très intenses, aléatoirement répartis en fonction du poste, des partenaires et adversaires et se déroulant dans des espaces de plus réduits.

Ces différentes exigences nécessitent de grandes qualités :

- techniques réalisées aux plus grandes vitesses possibles
- de vitesse de démarrage et d'endurance vitesse
- de puissance et d'endurance musculaire
- de puissance et d'endurance aérobie maximale

Il convient de développer ces multiples qualités à des périodes précises de la formation du joueur, et ce à des moments opportuns de la saison sportive du footballeur (*Cazorla, 2010*).

Un joueur réalise en moyenne $27,22 \pm 11,1$ sprints par match (*Di Salvo et al., 2010*), réalisés en majeure partie sur des distances très courtes de 0-5 mètres à 5-10 mètres (*Di Salvo et al., 2010*).

De plus, de nombreuses courses intenses, c'est-à-dire comprises entre 100 et 120% de la Vitesse maximale aérobie (soit en moyenne 17 à 25 km/h), sont réalisées au cours d'un match de football, ceci sur des distances assez importantes, en moyenne $22,8 \pm 14,5$ mètres (*Cazorla, 1998*). Il faut ajouter à cela des blocages ainsi que des changements de direction, présents en importante quantité au cours d'un match. En effet, ces types d'actions sont réalisés entre 40 et 68 fois par match, soit 54 ± 12 fois (*Cazorla, 1998*).

Ainsi, un joueur de football se doit d'être performant durant ces actions brèves et intenses, car elles correspondent à des actions décisives permettant à l'équipe de remporter un match. Cependant, elles ne représentent que très peu de temps sur la totalité du match.

En effet, le joueur passe entre 7 et 8% du temps à réaliser des actions intenses, près de 40% du temps à marcher et 15 à 20 minutes en debout en position statique (Mohr et al., 2003).

De plus, l'augmentation croissante du niveau de jeu (régional vers national) implique des efforts différents au cours du match, notamment concernant la distance totale parcourue à haute intensité (Andersson et al., 2010). Ce type de configuration entraîne de façon inéluctable une fatigue plus accrue et une diminution à reproduire des efforts intenses au long du match, notamment en deuxième mi-temps, et en fin de match (75'-90') (Mohr et al., 2003). En conséquence, la part du métabolisme aérobie demeure prépondérante au football, bien que les actions intenses, qui sont souvent les plus décisives sur le résultat du match, sollicitent le métabolisme anaérobie (Stølen et al., 2005).

Enfin, il est primordial pour le joueur de football de posséder des qualités musculaires lui permettant de réaliser des actions les plus intenses et rapides possibles, mais également des capacités cardiorespiratoires et cardiovasculaires lui permettant de bénéficier de ces qualités de vitesse et d'explosivité sur la totalité de la rencontre.

2.2) Histoire du GPS :

Le système de positionnement par satellites (GPS) a vu le jour suite à l'invention de l'horloge atomique (Aughey, 2011), et se définit comme un outil de géolocalisation utilisant des signaux satellites pour identifier une position sur une carte.

Son inauguration fût développée par les États-Unis avec le TRANSIT (figure 1), premier système de navigation par satellites mis en œuvre pour la marine des États-Unis en 1964 et permettant de localiser des sous-marins, et de lancer des missiles avec une précision comprise entre 200 et 500 mètres (Ahamed et al., 2006).

Mais bien avant l'apparition de ce système satellitaire, le docteur Ivan Getting (fondateur et président de la société américaine « The Aerospace Corporation ») développa le premier système de géolocalisation tridimensionnel basé sur la différence de l'heure d'arrivée, devenant ainsi la base du futur GPS (Alexandrow, 2010).

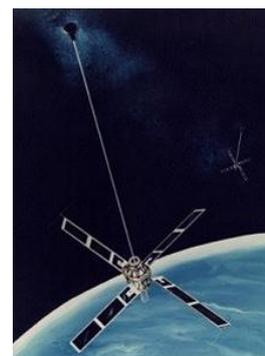


Figure 1 : Le satellite américain TRANSIT

Entre 1978 et 1985, pas moins de onze satellites furent envoyés dans l'espace et mis en position (Evans, 1998), permettant ainsi d'obtenir des signaux plus puissants et plus précis, et ceci de façon croissante avec la mise en orbite de nouveaux satellites de façon régulière.

Sa création fût dans un premier lieu dédiée à une utilisation militaire, avant d'être autorisée dans le domaine civil à partir de 1983 grâce à l'approbation du gouvernement américain, mais exploitée qu'après les années 1990 à la suite de la guerre du Golfe, évènement nécessitant la possession et l'utilisation de la totalité des systèmes satellitaires (Kaplan, 2006).

Cet accès au public a notamment conduit à la découverte et l'exploration de nombreuses données, notamment dans l'analyse de la performance dans le domaine du sport et en particulier du football (Randers et al., 2010).

L'usage originel de cet outil à des fins de validation dans le milieu sportif fût menée par Shutz et Chambaz en 1997, avançant l'idée d'un modèle prometteur mais difficilement utilisable à de hautes vitesses.

La première validation dans le domaine du football viendra quant à elle en 2006, par le biais d'une étude réalisée par Edgecomb et Norton, montrant la validité et l'utilité de ce système, mais aussi ses limites, notamment concernant les distances mesurées et celles réellement parcourues par les athlètes.

Une étude menée par Randers et al. en 2010 a permis de montrer que différents outils de mesure de l'activité tels qu'un système d'analyse du temps et du mouvement basé sur la vidéo, ou encore un système semi-automatique à caméras multiples, déterminait des résultats comparables de façon significative ($p < 0,05$) aux données récoltées par le biais du système de positionnement par satellites (GPS). Ainsi, cela permet de déterminer de façon positive que l'utilisation de ce type d'outil est fiable, et intéressante dans la mesure où les données reçues peuvent être comparées à un panel d'échantillons divers et variés.

Avant les méthodes récemment développées et utilisées, l'analyse du mouvement était réalisée manuellement et centrée sur un joueur unique et dans un intervalle de temps précis. Aujourd'hui, il est tout à fait commun d'utiliser des outils de mesure hautement technologiques tel que le GPS, et d'analyser le mouvement de nombreux joueurs de façon simultanée (Jennings et al., 2010).

2.3) Principes de fonctionnement du GPS :

La technologie récente de système de positionnement par satellites offre la possibilité de mesurer les divers mouvements de nombreux athlètes dans leurs disciplines sportives respectives, et contribue à une meilleure interprétation des variables physiologiques et mécaniques du sportif (*MacLeod et al., 2009*). Cet outil est couramment utilisé grâce à un panel de 24 satellites (donnée évolutive) placés en orbite autour de la Terre, permettant à un utilisateur situé sur n'importe quel point du globe de travailler avec un minimum de 4 satellites à portée (*MacLeod et al., 2009*).

Cette technique permet de déterminer avec précision, la position d'un sujet sur terre ainsi que sa vitesse de déplacement instantanée, sa direction, la distance parcourue ainsi que la vitesse correspondant à ce déplacement (*Schutz et Herren, 2000*).

Chaque satellite est équipé d'une horloge atomique émettant, à la vitesse de la lumière, le pas de temps ainsi que sa position exacte. Le récepteur du GPS compare le temps émis par chaque signal satellite, le temps de retard mesuré étant transformé en distance par calcul trigonométrique, permettant ainsi de déterminer la position et l'altitude exactes du récepteur sur la surface de la Terre (*Bekraoui et al., 2010 ; Townshend et al., 2008*).

Cette mesure se calcule par le temps que mettent les signaux à parcourir la distance séparant ce récepteur à ce satellite en orbite et à la vitesse connue de propagation de l'onde radio (*Bekraoui et al., 2010*).

Chaque satellite référence une position du GPS distincte, représentée par un tracé sphérique, et indiquant la position probable du GPS sur ce même rayon. Il est donc nécessaire de prendre en compte plusieurs satellites, dont l'intersection des tracés sphériques (*figure 2*) représentera la position réelle du récepteur de l'utilisateur (GPS) sur terre (*Bekraoui et al. 2010 ; Larsson, 2003*).

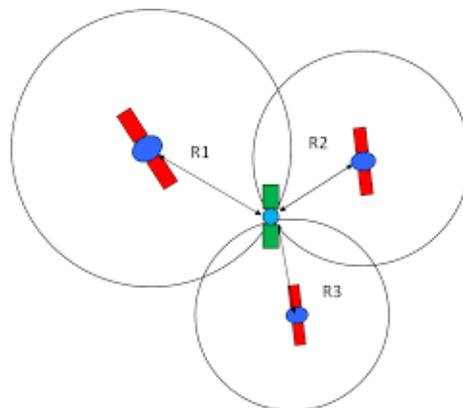


Figure 2 : Détermination de la position sur Terre avec le système GPS.

La présence minimale de trois satellites est requise afin d'obtenir les données concernant la vitesse, la distance parcourue ainsi que la localisation (Bekraoui et al., 2010), un quatrième satellite permettant quant à lui d'indiquer l'altitude mesurée. A partir d'une méthode trigonométrique, il est alors possible de combiner ces données afin d'obtenir une position précise du récepteur GPS sur terre, et ainsi localiser l'utilisateur.

2.4) Précision des mesures :

La précision de l'outil de positionnement par satellites fût l'objet d'une évolution constante dans le temps. En effet, le département de défense américain brouillant volontairement les signaux satellites (« Selective Availability » ou SA) jusqu'en mai 2000 notamment suite aux conflits recensés au Koweït, cette justesse se limita donc dans un premier temps à des mesures situées autour de 100 mètres (Kremer et al., 1990). L'exactitude typique concernant la précision du système GPS sans la disponibilité sélective (SA) s'élevait à des mesures significativement plus justes à 15 mètres (Bekraoui et al., 2010), autorisant ainsi l'utilisateur à plus de sécurité concernant le traitement des données.

Ces mesures demeuraient pour autant bien moins précises que celles utilisées avec le système GPS différentiel (Differential Global Positioning System ou DGPS), correspondant de façon usuelle à une amélioration du système GPS couramment cité. Cet outil permet en effet d'améliorer la précision de mesure à une erreur minimale de 3 à 5 mètres (Bekraoui et al., 2010). En effet, à la différence du système GPS classique qui utilise uniquement des satellites positionnés en orbite, le DGPS est équipé d'un réseau de stations fixes au sol (Bekraoui et al., 2010). Le signal transmis correspond ainsi à la différence entre la position indiquée par les satellites et leur position réelle relevée par ce réseau référent (figure 3).

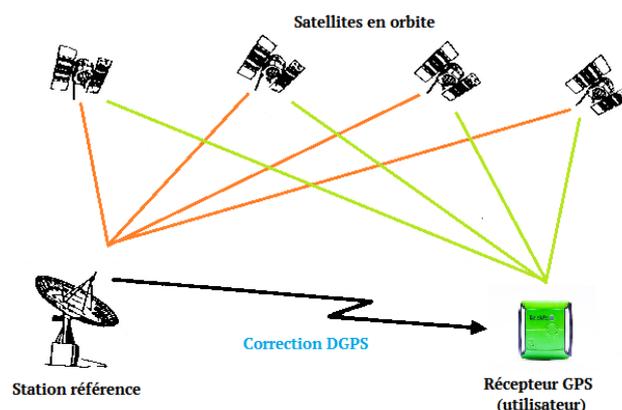


Figure 3 : Principe de fonctionnement du GPS différentiel (DGPS).

Cependant, un outil demeure plus performant que le système DGPS, mais n'étant utilisable qu'au sein du continent nord-américain. Il s'agit du Wide Area Augmentation System (WAAS), qui grâce à 25 stations fixes référencées sur le territoire des Etats-Unis (le réseau WAAS Reference Station ou WRS) et deux stations principales (l'une située sur la côte ouest, l'autre sur la côte est), permet d'augmenter le signal GPS et ainsi d'atteindre une précision inférieure à 3 mètres (Bekraoui et al., 2010), voire un mètre, et cela à 95% du temps (Bekraoui et al., 2010).

Actuellement, ce système est uniquement disponible en Amérique du nord (Bekraoui et al., 2010), mais tend à se développer en Europe avec le système EGNOS ainsi qu'en Asie avec le système MSAS, ce qui offrirait une disponibilité à de nombreux utilisateurs du monde entier d'augmenter le signal GPS et ainsi améliorer la précision des données utilisées.

Le système de localisation par satellites est en constante évolution (figure 4), parallèlement à l'évolution de son utilisation dans de nombreux domaines et notamment celui du sport et du football.

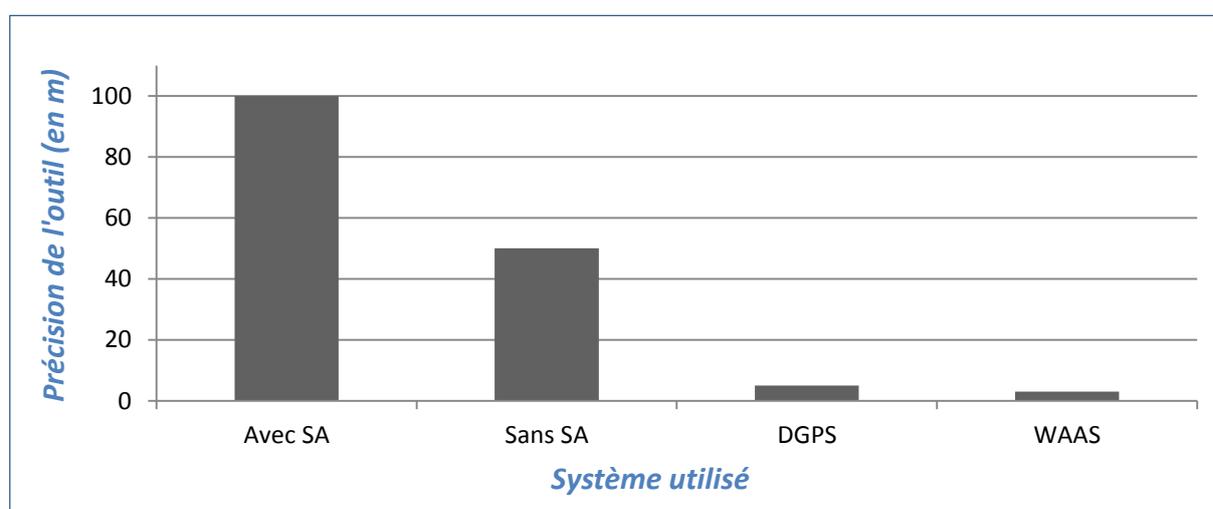


Figure 4 : Evolution de la précision des unités de navigation par GPS depuis 2000 (Bekraoui et al., 2010)

2.5) Intérêts et utilisation du GPS au football :

L'analyse de l'activité en match a pris une importance très développée dans le sport. En effet, le GPS est majoritairement utilisé dans des disciplines sportives collectives telles que le football australien, le rugby, le hockey ou encore le football (Aughey, 2011).

De nombreux auteurs tels que Bekraoui, Cazorla et Léger (2010), ont mis en évidence l'utilité du système GPS dans le football, permettant notamment de nous renseigner sur la totalité de la distance parcourue collectivement comme individuellement par les joueurs, mais également la façon dont cette distance est parcourue.

Ceci permet en outre de disposer d'informations ciblées permettant d'individualiser le travail de préparation athlétique en tenant compte du profil du joueur et des types d'efforts spécifiques réalisés sur le terrain. Ainsi, le travail athlétique ne sera pas orienté de façon similaire d'un poste de jeu à un autre, permettant de développer le niveau de performance de chaque joueur selon les qualités requises par sa position sur le terrain.

De plus, cet outil permet de rendre compte du profil athlétique individuel et collectif concernant le groupe, et ainsi de déterminer des intensités cibles et des charges d'entraînement correspondantes, amenant à maîtriser et à aménager de façon individuelle les séances d'entraînement, dans le but de limiter la fatigue et donc de prévenir la survenue de blessures potentielles (*Andersson et al., 2008 ; Randers et al., 2010*).

2.5.1) Éléments mesurés :

Le système de positionnement par satellites (GPS) nous renseigne sur la distance totale parcourue au cours d'une période d'activité d'une durée donnée, mais également la distance parcourue à haute intensité ou très haute intensité (sprints) par exemple (*Mohr et al., 2003 ; Bekraoui et al., 2010*).

En effet, cet outil enregistre les trajectoires réalisées par chaque athlète, mais également les vitesses ou encore les changements de directions. Le système GPS offre une réelle précision dans l'analyse de la performance motrice, par le biais de la position ainsi que de la vitesse de mouvement (*Kurzawa 2008*).

La principale donnée mesurée et qui génère l'attribution des données adjacentes concerne la distance totale parcourue par un joueur ou un groupe de joueurs (*Randers et al., 2010*). En effet, l'outil de positionnement par satellites permet de mesurer cette variable à un moment précis, selon la période de jeu que l'on souhaite analyser. Ainsi, les échantillons récoltés ne seront pas égaux selon l'instant du match (*Randers et al., 2010*) ou de l'entraînement (fatigue, type d'exercice réalisés, temps d'effort).

Ensuite, cette valeur de référence peut être détaillée et épurée par la prise en compte de l'intensité et de la vitesse à laquelle le joueur a parcouru cette distance (*Bekraoui et al., 2010*).

Le système GPS nous donne ainsi l'opportunité de mesurer et de calibrer chaque type de course, selon la vitesse à laquelle le joueur participera à une action. La finalité de cette évaluation nous indique alors la quantité d'effort de type marche, course lente, course rapide, vitesse haute ou encore de sprints (*Bekraoui et al., 2010 ; Mohr et al., 2003 ; Randers et al., 2010*).

Ces données peuvent être traitées sous diverses formes comme le détail par pourcentage de la distance totale parcourue, ceci de façon collective comme de façon individuelle. Ainsi, l'utilisateur dispose d'informations pertinentes permettant d'évaluer de façon quantitative les efforts fournis de façon globale, mais également la manière dont ces efforts ont été réalisés (*Bekraoui et al., 2010 ; Randers et al., 2010*), constituant un réel apport dans la détermination du profil athlétique du joueur et dans l'analyse de la charge d'entraînement.

Ces données sont également traitées de façon numérique, et nous indique par exemple la quantité de sprints réalisés sur une période donnée (*Bekraoui et al., 2010*). Cette mesure fait également partie intégrante de la modélisation d'un profil athlétique d'un sujet et permet, parallèlement, de fournir des indications concernant les actions réalisés à haute intensité avec de fortes sollicitations musculaires.

Dans cette optique sont également données les variables concernant les accélérations et décélérations (*Varley et al., 2012*), pouvant correspondre à des actions en course droite ou bien à des changements de directions. Ces données peuvent être abordées sous diverses formes liées à la vitesse de déplacement que l'on souhaite analyser. L'échantillon final résultant de la manipulation exercée par l'utilisateur correspond au nombre total d'accélérations et décélérations effectués au cours d'une période donnée (*Bekraoui et al., 2010 ; Varley et al., 2012*), et à une vitesse déterminée en mètre par seconde (ici 3 m/s et 2 m/s). Cette variable permet notamment de renseigner l'utilisateur sur le profil athlétique des joueurs observés, et notamment leur capacité à réaliser des actions intenses ou très intenses tels que des courses à très haute intensité, des sprints ou encore des changements de directions (*Bekraoui et al., 2010*). Généralement, les joueurs chez qui les courses à haute intensité sont élevées disposent également d'un nombre d'actions de types accélérations et décélérations qui est lui-même assez important.

Cet outil GPS permet de délivrer des informations précises à l'utilisateur, et ceci à chaque instant (plus ou moins précis selon le calibrage de l'appareil) d'une période définie (*Randers et al., 2010*). Ainsi, l'ensemble des données détaillées précédemment peut être observé à un

instant souhaité (*figure 5*) et ceci de façon distincte, correspondant aux critères mis en place par l'entraîneur et déterminant ainsi le niveau de performance athlétique de l'athlète ou du groupe d'athlètes sur les attentes fixés à cette période de jeu.

Time	Accel. max. (m/s ²)						
01:26:45	4.39	01:26:46	3.20	01:26:46	2.22	01:26:54	4.20
01:27:05	4.85	01:27:06	2.59	01:27:14	4.63	01:27:24	4.19
01:27:25	2.12	01:27:34	4.45	01:27:36	2.32	01:27:44	2.77
01:27:45	2.44	01:27:45	2.37	01:27:45	2.52	01:27:46	2.29
01:27:46	2.15	01:27:54	2.00	01:27:54	2.82	01:27:54	2.36
01:27:55	2.62	01:28:05	4.91	01:28:15	4.67	01:28:24	2.10
01:28:25	4.71	01:28:26	3.27	01:28:34	4.68	01:28:45	4.93
01:28:46	2.82	01:28:46	2.39	01:28:55	4.64	01:28:56	2.48
01:29:04	2.07	01:29:04	4.73	01:29:06	2.66		

Figure 5 : Détail des accélérations d'un joueur de football sur une période donnée (FieldWiz ®)

Cette alternative constitue donc un réel outil pour l'entraîneur afin d'appuyer certaines consignes et de mettre en avant les points positifs ou négatifs concernant l'attitude des sportifs lors d'une période clairement définie.

Dans une optique différente mais permettant tout de même à l'entraîneur d'analyser les actions individuelles des joueurs, ce système de localisation offre également la possibilité d'observer les zones couvertes par un athlète lors de la période d'effort enregistrée (*Moura et al., 2015*). En effet, les cartes de chaleur indiquent les zones du terrain utilisées de façon préférentielle par chaque sujet, variant inéluctablement en fonction du poste de jeu (*Moura et al., 2015*).

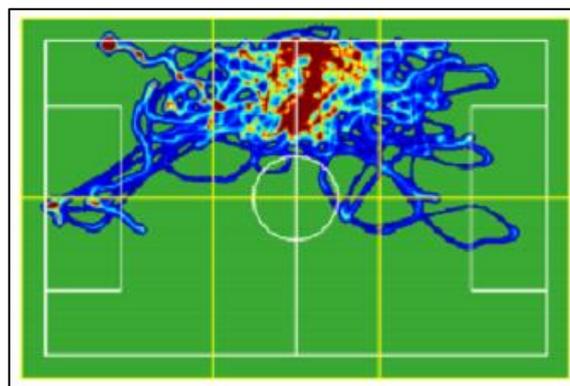


Figure 6 : Carte de chaleur d'un joueur milieu de terrain droit lors de la première mi-temps d'un match de football.

Ainsi, une carte de chaleur représentée par des couleurs (*figure 6*) indiquera le pourcentage de la distance parcourue de façon plus (couleurs chaudes) ou moins (couleurs froides) importante d'un athlète sur un terrain délimité, laissant donc une image claire à l'entraîneur des zones couvertes individuellement selon les consignes tactiques mises en place.

Enfin, cette méthode permet de détecter un certain profil tactique du joueur de football, avec par exemple un attaquant qui jouera davantage la profondeur par rapport à un attaquant privilégiant un rôle de pivot.

L'ensemble de ces éléments mesurés constitue un réel apport concernant l'analyse de la performance individuelle et collective des joueurs de football, et permet à l'entraîneur de disposer d'éventuelles informations non observées au préalable, lui offrant ainsi la possibilité d'appuyer certaines consignes ou choix tactiques par le biais de données viables de terrain.

2.5.2) Apport en termes de catégorisation des individus :

Comme évoqué précédemment, le système de positionnement par satellites permet de déterminer avec précisions la distance parcourue par un joueur ou un groupe de joueurs, ainsi que la façon dont cette distance a été parcourue (*Bekraoui et al., 2010 ; Mohr et al., 2003 ; Randers et al., 2010*). En outre, cela permet de quantifier les efforts fournis par un athlète à titre d'indication aigüe, mais également de formaliser ces données à long terme, laissant donc naître un profil athlétique propre à chaque joueur.

L'ensemble de ces échantillons de données permet alors d'établir des catégories en fonction desquelles les résultats obtenus peuvent diverger.

- **Poste de jeu** :

Il est tout à fait envisageable d'analyser l'activité réalisée en tenant compte des positions de chaque joueur sur le terrain. En effet, une quantification de chaque effort mesurée de manière individuelle permet la création d'un certain type de profil physique par poste de jeu (*Rampinini et al., 2007*).

Par exemple, les attaquants mais surtout les défenseurs latéraux et les milieux de terrain, parcourent une distance totale supérieure à celle des défenseurs centraux (*Mohr, Krusturp et Bangsbo, 2003*). En revanche, les milieux de terrains ainsi que les défenseurs centraux parcourent une distance à très haute intensité inférieure par rapport à celle des attaquants et des défenseurs latéraux (*Mohr, Krusturp et Bangsbo, 2003*).

Ces données sont des indices précieux pour l'entraîneur qui peut s'y fier et s'y appuyer afin de fournir des indications aux joueurs, mais également d'observer si certains individus ont fourni les efforts physiques à hauteur de la demande imposée par leur poste de jeu.

Il est également important de noter que les caractéristiques athlétiques des joueurs de football varient en fonction du système de jeu mis en place de l'entraîneur (*Bradley et al., 2010*). En effet, à titre d'exemple, les courses réalisées par des joueurs positionnés dans un dispositif en « 3-5-2 » seront différentes de celles réalisées dans un système en « 4-3-3 ».

- Niveau de l'équipe :

Il est important de prendre en compte la qualité de l'équipe dans laquelle évolue le joueur dans l'analyse des données des GPS par rapport à l'activité réalisée en match (*Bradley et al., 2010*), qui aura un impact sur les courses réalisées, notamment par le biais du niveau technique et tactique de ses partenaires.

Certaines études (*Bradley et al., 2010 ; Sarmiento et al., 2014*) ont récemment montré que les joueurs des équipes à succès parcouraient une distance totale supérieure avec le ballon, et ceci à une très haute intensité. De plus, l'analyse des données montrait qu'ils avaient un nombre plus important et une efficacité supérieure dans leurs actions techniques comme les tirs, les passes, les dribbles ou encore les tacles par exemple (*Sarmiento et al., 2014*).

En effet, la précision des passes ainsi que des dribbles permet aux athlètes d'économiser leurs efforts par la réduction du nombre de courses leur permettant de pallier les difficultés techniques encourues par leurs partenaires. Ainsi, l'accumulation de ces courses sur la totalité de la période d'effort mesurée peut considérablement influencer les données athlétiques mesurées.

- Adversité :

En 2007, Rampinini et ses collaborateurs ont montré que les divers modèles d'activités adoptés par les joueurs, correspondant aux différentes actions de jeu, divergeaient en fonction de l'adversaire auquel ils étaient confrontés. En effet, le type d'efforts fournis pourrait être influencé par l'équipe adverse, notamment selon le niveau et le système de jeu proposés par celle-ci. Par exemple, les efforts fournis par une équipe du haut du classement seraient différents face à une équipe du même rang par rapport à une équipe de bas de classement. De plus, les actions athlétiques enregistrées divergeraient pour une équipe affrontant deux adversaires utilisant un système de jeu différent ou bien des tactiques différentes.

Cependant, d'autres auteurs tels que Carling et Dupont (2011), ont observé que la performance physique des équipes de référence était très peu influencée par le dispositif tactique mis en place par l'adversaire. Ceci signifie alors que les équipes à succès ne modifient pas ou peu leur philosophie de jeu, et que le type d'efforts mesuré lors d'un match demeure identique quel que soit l'adversaire auquel elles sont confrontées (Carling et Dupont, 2011).

- **Périodes de jeu** :

Un match de football nécessite d'importantes qualités athlétiques, et il est naturel que les performances des joueurs diminuent au cours du temps lors de cette période de jeu. Ainsi, les performances athlétiques régressent plus ou moins rapidement selon l'individu, mais ont également un impact très important sur les qualités techniques et psychologiques des athlètes. A titre d'exemple, il a été observé que la distance parcourue à haute intensité et à très haute intensité (sprints) en deuxième mi-temps est inférieure à celle de la première période de jeu (Randers et al., 2010).

De plus, la distance totale ainsi que la distance à haute intensité sont supérieures dans les quinze premières minutes par rapport à tous les autres quarts de temps de jeu (Randers et al., 2010), amenant ainsi les joueurs à un état de fatigue croissant, développé durant les quinze dernières minutes de la partie (Mohr et al., 2003). Dans cette même optique de réflexion, Randers et al. (2010) ont montré que la distance totale parcourue ainsi que celle à haute intensité, ceci dans les quinze dernières minutes de jeu, était inférieure à celle mesurée dans tous les autres intervalles de temps identiques du match.

Dans une optique de performance et de développement, il apparaît donc important de mettre en place une méthode de quantification des actions de jeu telle que celle utilisée avec un système de positionnement par satellites (GPS). En effet, cette technique permet à l'ensemble de l'équipe technique de cibler les points forts et les points faibles de l'équipe, et ceci de façon collective comme individuelle. L'analyse du match est ainsi utilisée afin d'étudier les variations en terme d'intensité d'exercice et d'indication du niveau de fatigue (Andersson et al., 2008; Mohr et al., 2003 ; Rampinini et al., 2007), et permet de quantifier et de contrôler la charge d'entraînement recherchée lors des séances de travail.

2.5.3) Apport en termes de catégorisation des séances : GPS et autres outils de mesure

L'outil GPS peut également avoir un intérêt non négligeable lors de la catégorisation des séances et dans le contrôle de la charge d'entraînement. En effet, au même titre que Clemente et Nikolaidis dans une étude récente de 2016, de nombreux auteurs ont montré qu'il était possible de mesurer les intensités d'effort, notamment par le biais de la fréquence cardiaque, ceci sur la totalité d'une séance d'entraînement. L'objectif est de cibler différentes zones de travail, selon lesquelles les intensités détectées sont comprises dans des écarts entre deux valeurs extrêmes et sont parallèlement croissantes. Ainsi, une fréquence cardiaque sera constamment comprise dans une zone définie, elle-même délimitée par un certain seuil à partir duquel la fréquence cardiaque basculera dans une zone adjacente (inférieure ou supérieure) si celui-ci est dépassé (*Clemente et Nikolaidis, 2016*).

Grâce au système de positionnement par satellites, il est possible de bénéficier de ces mêmes fonctionnalités, bien que les facteurs de mesure soient différents. En effet, les échantillons correspondent à des distances et à des vitesses, ainsi la création de diverses zones de travail lors d'une séance d'entraînement ou un match se fera selon ces critères d'évaluation.

Cet outil offre également la possibilité à l'utilisateur d'avoir un contrôle précis sur la charge d'entraînement réalisée. Par le biais de l'analyse des données GPS récoltées en aval de la séance d'entraînement, l'utilisateur dispose d'outils assez pointus lui permettant de déterminer la quantité mais aussi la qualité des efforts fournis par le joueur ou le groupe de joueurs.

A ce sujet et de toute autre façon, la charge d'entraînement peut être mesurée selon le ressenti personnel de l'équipe technique mais également de l'athlète lui-même. Il est dans ce cadre intéressant d'utiliser une technique permettant de relever en peu de temps l'indice de fatigue du joueur qui sera lié à l'intensité de la séance réalisée au préalable.

Cet indice peut être celui de Foster (1966) par le biais de la méthode RPE (Rating of Perceived Exertion), permettant de mesurer de façon très simple l'intensité d'entraînement, et dont l'efficacité fût prouvée (*Impellizzeri et al., 2004*) dans une optique de contrôle de la charge d'entraînement, et notamment dans les sports collectifs. Cette méthode, subjective, s'appuie sur l'échelle modifiée de Foster (*Foster et al., 2001*), avec laquelle les joueurs attribuent une note à l'entraînement en fonction de la difficulté ressentie de celle-ci. Cette note est mise en relation avec la durée totale de l'effort afin de définir une charge d'entraînement selon le modèle de Banister (Charge = durée de la séance (min) x difficulté subjective ou RPE (0-10)) (*Banister et al., 1975*), et demeure validée scientifiquement (*Foster et al., 2001*) notamment par ses fortes

corrélations avec des facteurs fiables tels que le score TRIMP (Training Impulse) de Banister (1991), la lactatémie ou encore la fréquence cardiaque (Alexiou et Coutts, 2008 ; Foster et al., 2001), en particulier au football (Alexiou et Coutts, 2008). L'intérêt porté à cet outil concerne également le fait qu'il intègre des facteurs contrôlables et non-contrôlables tel l'état psychologique du joueur, et s'adapte à tout type d'entraînement comprenant des intensités très variées.

Il est également utile lors d'une analyse comparative avec divers facteurs tels qu'une typologie de séance par exemple. En effet, Foster et collaborateurs ont démontré (2001) que l'intensité des séances pouvait être contrôlée et quantifiée sur un grand panel d'exercices, et que l'évolution de la donnée RPE était parallèle à celle de l'intensité réelle de l'effort physique. De plus, une étude assez récente (2013) de Scott et ses collaborateurs a montré que le contrôle de la charge d'entraînement interne était mesurable par le biais de diverses méthodes corrélées de façon significative. En effet, les données RPE et de fréquence étaient ici proches des mesures réalisées avec l'outil GPS par l'évaluation des distances parcourues à différentes vitesses. En outre, les mesures physiques chez des footballeurs telles que la distance totale parcourue ou encore la distance parcourue à vitesse basse à modérée (<14.4 km/h) étaient très significativement corrélées ($r = .71-.84$; $P < .01$) avec des données de base comme la fréquence cardiaque ou la RPE, au même titre que des distances à haute vitesse (>14.4 km/h) ou à très haute vitesse (>19.8 km/h) étaient significativement corrélées ($r = .40-.67$; $P < .01$) (Scott et al., 2013).

Le suivi de performance par le biais de cet outil GPS permet également de quantifier certains types d'actions, notamment selon les souhaits et les intentions de l'entraîneur. En effet, ce bénéfice du contrôle des types d'efforts réalisés par un joueur ou un groupe de joueurs, permet d'observer dans quelles zones de travail un athlète s'est entraîné (Esteve-Lanao et al., 2007). Par exemple, un entraîneur peut exiger auprès de son groupe de joueurs de ne pas parcourir une distance trop élevée à une vitesse faible à très faible (marche), par rapport à la distance totale parcourue. Ainsi, il a la possibilité de déterminer de façon précise ce seuil de vitesse, mais également le seuil du pourcentage de distance parcourue à cette vitesse par rapport à la totalité. Cette méthode s'inscrit notamment dans une logique tactique mise en place par l'entraîneur, dans le même temps qu'une intention de travail athlétique minimale et spécifique à fournir par chaque joueur.

Dans cette optique, il est également possible de réaliser ce même type d'analyse avec divers seuils de vitesse et de distances spécifiques selon l'objectif recherché, notamment en termes de vitesses hautes ou encore de sprints, selon le profil athlétique du joueur, de l'effort réalisé ou encore du poste de celui-ci par exemple.

2.6) Limites de l'outil :

Le système de positionnement par satellites, couramment appelé GPS, constitue un réel apport pour un sportif ou un groupe de sportifs telle qu'une équipe de football, souhaitant développer son niveau de performance. En effet, cet outil permet à son utilisateur (joueur lui-même, équipe médicale, préparateur athlétique, entraîneur ou autre) de disposer d'informations essentielles concernant les capacités athlétiques d'un ou plusieurs joueurs, dans le but d'en tirer profit de façon aigue ou chronique.

Cependant, tout matériel dispose de ses limites, et celles de ce système précis sont assez facilement détectables.

Tout d'abord, Randers et al. ont mis en évidence (2010) la difficulté de quantifier les actions très intenses avec le système GPS, notamment les changements de directions, qui peuvent poser problème dans la capture du mouvement et ainsi l'analyse des données.

En effet, comme il fût signifié en amont (*cf 2.3. Principes de fonctionnement du GPS*), les données évaluées réalisent un long chemin (bien qu'elles soient très rapidement disponibles) avant que l'utilisateur puisse en tirer profit, notamment du fait de leur passage par les satellites placées en orbite autour de la Terre (*MacLeod et al., 2009*). Ce mode de fonctionnement particulier permet de disposer d'un très grand nombre d'informations justes et précises concernant le positionnement du ou des sujets contrôlés, mais certaines d'entre elles sont faussées ou même non prises en compte. Ainsi, les données équivalant à de hautes vitesses et surtout de très hautes vitesses (notamment les sprints), ou encore des actions motrices tels que des changements de directions, peuvent majoritairement correspondre aux erreurs dont on peut disposer lors d'une capture de mouvement à l'aide de l'outil GPS (*Jennings et al., 2010 ; Randers et al., 2010*).

Dans cette optique, Jonhston et al. (2012) ont mesuré la validité du GPS Minimax à 5 Hertz, et ont observé que la vitesse analysée était valide lorsqu'elle était inférieure à 20 km.h^{-1} . Ainsi, il apparaît évident que des modèles GPS à 1 Hertz soient incapables de détecter d'importants changements concernant cette même vitesse de course (*Coutts et Duffield., 2008*), et explique le faible niveau de fiabilité de ces systèmes pour des activités de haute intensité (*Coutts et Duffield, 2008*).

Il est donc possible de mettre en lumière la diminution de la reproductibilité d'un appareil GPS lors de la pratique d'exercices physiques comprenant des changements de directions (*Jennings et al., 2010 ; Randers et al., 2010*), mais également les distances réellement

parcourues (*Edgecomb et Norton, 2006*), ayant un impact non négligeable sur la cohérence et l'analyse des données récoltées.

En ce qui concerne ce manque d'informations sur ces actions de jeu particulières, il est également non négligeable de signaler que certains gestes sportifs ne sont pas pris en compte dans la récolte des données. En effet, des mouvements spécifiques à l'activité tels que les tacles, les sauts (duels aériens), mais encore les passes ou les tirs, ne sont pas enregistrés par cet outil lors de la pratique du football (*Cummins et al., 2013*). Ces gestes techniques sont pourtant indispensables lors de la pratique du football, et sollicitent pour la plupart d'entre eux de façon importante les structures musculaires. De plus, ces actions sont réalisées à haute intensité, et ce sont ces types d'efforts qui sont les plus déterminants dans cette activité physique (*Stølen & al., 2005*). Il est donc assez limitant de ne pas tenir compte de ces actions de jeu à forte sollicitation physique et physiologique, que l'utilisateur peut uniquement introduire dans les données RPE, celles-ci n'apparaissant en aucun cas sur les signaux GPS (*Cummins et al., 2013*).

En 2003, Larsson et al. ont soutenu qu'un système de positionnement par satellites devait disposer d'au moins neuf canaux récepteurs afin d'être suffisamment précis, mais requérait également une capacité de mémoire importante. L'ensemble de ces dispositifs demeure néanmoins coûteux, et nécessite une connaissance pointue de l'outil utilisé, afin de pouvoir enregistrer le maximum d'informations possible, et que celles-ci soient précises et utiles lors de leur analyse.

La capacité à déterminer avec précision la vitesse, la position et le déplacement, est fondamentale dans l'étude de l'appareil locomoteur humain (*Townshend et al., 2008*). Cependant, les mesures de la vitesse et de la position sont parfois difficiles à obtenir lors des travaux de terrain, le lieu de l'étude et la complexité du terrain, comme par exemple des zones abondamment arborées ou encore une pratique en intérieur (soucis des murs qui peuvent entraver la capture du signal satellitaire), pouvant en être des facteurs limitants (*Townshend et al., 2008*). Ces biais peuvent alors entraver la qualité de la mesure et notamment la précision des données capturées, mais aussi la quantité et le volume d'informations pouvant être observées (*Townshend et al., 2008*).

Enfin, il existe un biais non négligeable avec cet outil, qui évolue logiquement de façon croissante avec le développement technologique, correspondant aux différentes mises à jour que peut rencontrer chaque modèle GPS, notamment en ce qui concerne des vitesses élevées (*Buccheit et al., 2013*). En effet, il est important de tenir compte de ces diverses versions de

logiciels dans l'objectif de conserver une certaine pérennité lors de la capture des données, car il existe une variabilité assez conséquente entre certains logiciels d'un unique modèle GPS, pouvant amener l'utilisateur à de nombreuses données erronées (*Buccheit et al., 2013*).

De plus, il est important de se renseigner rigoureusement concernant le modèle GPS utilisé (variabilité inter GPS), car chaque outil possède ses caractéristiques propres (fréquence d'échantillonnage, qualité et vitesse du signal, nombres de satellites connectés, données relevées), ne laissant place à une utilisation similaire des outils d'une capture à une autre (*Buccheit et al., 2013*).

2.7) Les outils existants : caractéristiques propres aux différents modèles GPS :

Il existe de nombreux modèles variés concernant cet outil GPS, se caractérisant les uns par rapport aux autres par le biais de leurs propriétés techniques, et selon la marque de ces modèles. Le principal point sur lequel un système de positionnement par satellites peut se différencier d'un autre concerne sa fréquence d'échantillonnage. En effet, il existe diverses fréquences d'échantillonnage, correspondant au nombre de données capturées en un temps donné (1 Hertz équivaut à 1 événement par seconde, et est relié à la vitesse et à la longueur d'onde, indiquant ainsi un nombre d'oscillations par seconde).

De nombreuses études comme celles de Petersen et al. (2009) et Jennings et al. (2010) par exemple, ont montré que la reproductibilité de l'outil GPS dépendait en partie de la fréquence du système utilisé. En effet, plus une fréquence (mesurée en Hertz) sera importante, plus la reproductibilité et la validité de l'appareil sera importante également. En outre, un appareil disposant d'une fréquence d'échantillonnage la plus élevée sera le plus performant et le plus fiable, notamment pour la capture des actions réalisées à de hautes vitesses (*Jennings et al., 2010 ; Randers et al., 2010*). Ainsi, la validité et la précision d'un appareil de mesure à 10 Hertz sera supérieure à celle d'un système à 5 Hertz (*Matthew et al., 2012*), diminuant alors la marge d'erreur.

Dans cette optique, de nombreux modèles ont été créés, et cette variable ne cesse de se développer. Les appareils possédant une fréquence d'échantillonnage inférieure à 1 Hertz (0,16 Hz puis 0,2 Hz) ont ainsi laissé place à des outils d'une précision supérieure à une information par seconde (*Bekraoui et al., 2010*).

Graduellement, ces systèmes GPS se sont considérablement développés, et grâce au progrès technologique toujours grandissant, nous sommes arrivés à des outils permettant de réaliser des mesures pointues à 5, 10, 15 puis 20 voire 30 Hertz de nos jours (*Bekraoui et al., 2010 ; Schutz et Herren, 2000*).

La croissance de ces fréquences d'échantillonnage est l'un des points essentiels du développement des méthodes de capture du mouvement et de quantification des efforts du sportif et du footballeur, car la précision grandissante des données permet, outre la confiance accordée à l'outil utilisé, d'élargir le panel d'informations souhaitées, notamment celles représentant les actions à très haute vitesse.

Cette variable correspond donc à la reproductibilité de l'outil, qui sera plus fiable s'il possède une fréquence d'échantillonnage élevée (*Jennings et al., 2009 ; Pettersen et al., 2009*), mais également un système de fonctionnement et de mise à jour à hauteur des attentes de l'utilisateur. En outre, la validité d'un outil GPS sera liée à la capacité technique de celui-ci pour réaliser de régulières mises à jours des logiciels afin d'optimiser le signal et ainsi les données analysées (*Buccheit et al., 2014*).

Ensuite, les appareils se distinguent par leur taille et leur poids, afin que la capacité de l'outil soit la plus élevée possible, tout en apportant un maximum de confort à l'utilisateur. Ainsi, la miniaturisation de nombreux appareils et notamment celle du GPS permet de rendre l'outil plus léger, plus petit mais aussi moins coûteux, élargissant ainsi les possibilités d'utilisation dans divers contextes sportifs (*Townshend et al., 2008*). Auparavant portés dans de petits sacs à dos (*Bekraoui et al., 2010*), la majorité si ce n'est la totalité d'entre eux sont aujourd'hui insérés dans une brassière prévue à cet effet, que le joueur peut disposer en-dessous ou dessus de son équipement.

Enfin, il est non négligeable de préciser que certains modèles GPS sont en avance sur d'autres, bien qu'ils soient plus coûteux. Ces systèmes récents permettent en effet à l'utilisateur de pouvoir analyser les données en temps réel ou juste à la sortie de la séance mesurée. Ce critère apporte par exemple la possibilité à l'équipe technique de pouvoir contrôler la charge d'entraînement collective ou individuelle de l'équipe contrôlée, et ainsi d'agir en conséquence en adaptant les contenus d'entraînement (intensité, durée, individualisation de la séance) dans le but de conserver un certain niveau de performance ou encore de réduire la survenue de blessures (*Andersson et al., 2008 ; Randers et al., 2010*).

3) SYNTHÈSE ET OBJECTIFS

Un grand nombre d'études telle que celle de Bekraoui, Cazorla et Léger (2010), ont mis en évidence l'utilité du système GPS dans le football, permettant de nous renseigner sur un grand nombre d'actions réalisées pendant le match, et notamment la façon dont celles-ci sont

effectuées. Il a particulièrement été montré que les courses les plus décisives lors d'un match de football étaient celles réalisées à haute intensité voire à très haute intensité (*Stølen et al., 2005*), expliquant la part importante d'efforts peu intenses comme la marche ou la course lente (près de 40% du temps à marcher et 15 à 20 minutes en debout en position statique) (*Mohr et al., 2003*).

Ce type d'efforts physiques entraîne une fatigue plus accrue et une diminution à reproduire des efforts intenses au long du match (*Mohr et al., 2003*). Ainsi, ceci développe un risque non négligeable de blessures dues à cette accumulation de fatigue suite à la charge d'entraînement importante du joueur de football, qui produit des efforts très violents et répétés (*Mohr et al., 2003*), dans le match mais également lors des cycles d'entraînement.

En outre, le système de positionnement par satellites ou GPS, permet de quantifier le type d'efforts réalisés et de contrôler l'état de fatigue du footballeur, et donc de limiter les blessures (*Andersson et al., 2008 ; Randers et al., 2010*).

De plus, cet outil constitue un réel apport en termes de développement de la performance du joueur mais également du groupe de joueurs dans sa totalité, les données récoltées pouvant être traitées de façon unitaire selon les intentions et les consignes de l'entraîneur. Ceci permet en effet de disposer d'informations essentielles concernant le suivi de la charge d'entraînement d'un athlète, mais également des performances athlétiques réalisées lors d'un match ou d'une séance d'entraînement particulière.

A partir de ces divers constats, il semblerait intéressant d'intégrer cet outil au niveau du centre de formation du Stade Rennais FC. Dans un objectif de développement de cette structure de formation, des joueurs mais aussi de l'équipe technique qui la compose, il serait donc intéressant de mettre en place cet appareil et de valider ses multiples caractéristiques, ainsi que d'explorer les possibilités de monitoring et de gestion de la charge d'entraînement grâce à ce système. L'analyse multivariée de nombreux échantillons de données de terrain constituerait alors un réel apport afin de développer le niveau de performance et instaurer un suivi individuel des joueurs.

Dans une démarche prophylactique de prévention des blessures par la gestion de la charge d'entraînement et dans un objectif de performance de haut niveau, nous avons tenté de nous rapprocher au plus près du mode de fonctionnement opéré par l'équipe technique professionnelle du Stade Rennais.

Nous avons alors mis en place un modèle similaire de typologie de séance, permettant d'analyser dans un premier temps, puis qui permettra de contrôler dans un deuxième temps,

l'intensité des séances mises en place par l'entraîneur. Cette intensité s'appuie sur la distance totale parcourue par l'ensemble des joueurs, mais surtout la façon dont cette distance a été couverte par ceux-ci (jogging, courses rapides, courses haute et très haute vitesse, sprints). Cette intensité était alors retranscrite par le biais d'une échelle allant de 1 à 5 permettant de quantifier la charge d'entraînement subjective de la séance réalisée (1 étant peu intense et 5 très intense).

Enfin, nous avons répertorié divers indices tels que la charge d'entraînement ainsi que la RPE, afin de tenter d'établir des corrélations avec les données de typologie de séance collectées.

4) MATÉRIEL ET MÉTHODE

4.1) Sujets :

Vingt-quatre sujets masculins ont participé à cette étude, constituent le groupe Espoirs de la catégorie séniors du Stade Rennais FC, et disposent des caractéristiques suivantes : $18,77 \pm 3,385$ ans / $73,05 \pm 13,5$ kilogrammes / $1,7952 \pm 0,12$ mètre (*données anthropométriques individuelles Annexe I*).

Certains des joueurs sont au centre de formation du SRFC et représentent des athlètes de niveau élite compte tenu de leur statut ainsi que du niveau de compétition auquel ils évoluent (niveau national), tandis que certains autres joueurs sont professionnels.

L'ensemble des participants réalisait environ 15 heures de pratique du football par semaine avec une séance d'entraînement quotidienne du lundi au vendredi en matinée, combinant à la fois les entraînements techniques et tactiques, les séances de préparation athlétique de terrain, auxquelles on ajoute le match (une fois par semaine, le samedi). Ils disposaient également d'une séance de préparation athlétique en salle ainsi que des soins de façon quotidienne, ayant lieu l'après-midi.

La séance de football sur le terrain quotidienne pouvait parfois être doublée sur la même journée, ainsi que certaines séances athlétiques, choisies selon les besoins et les nécessités.

La répartition de ces séances était similaire d'une semaine à une autre, hors périodes spécifiques (vacances, jours fériés, jour du match, etc.).

Pour les besoins de l'étude, les sujets furent répartis dans deux groupes distincts. Le premier groupe (N = 12) comprenait les sujets non-scolarisés participant à des séances sur des créneaux similaires avec entraînement de football sur le terrain le matin et renforcement musculaire et soins en salle l'après-midi, ceci sur quatre semaines. Le deuxième groupe (N = 12) s'entraînait de façon identique d'un point de vue quantitatif, bien que certains ne puissent pas s'entraîner le lundi matin

en raison de leur présence à l'école (les absents s'entraînaient une catégorie distincte l'après-midi), réalisant ainsi une séance de football de terrain l'après-midi avec une catégorie différente.

Il est non négligeable de notifier que l'ensemble des joueurs composant ce groupe et s'entraînant de façon similaire, ne participait pas tous au match de façon identique (équipe différente, temps de jeu différents). Pour la cohérence des résultats de cette étude, les données récoltées lors des matchs n'ont pas été pris en compte.

4.2) Protocole expérimental :

L'étude fût menée sur une durée totale de 8 semaines, comprenant deux cycles d'entraînement de 4 semaines au sein desquelles les deux groupes ont uniquement utilisé les outils GPS dans l'une des deux périodes de façon distincte (Groupe 1 lors du premier cycle ; Groupe 2 lors du deuxième cycle).

Le choix concernant la réalisation de deux cycles distincts avec la participation de joueurs différents sur chacun d'entre eux est basé sur l'analyse des données GPS avec des joueurs différents ayant des profils différents et participant aux séances d'entraînement de façon différente, dans l'objectif d'observer si d'éventuelles variations des résultats pouvaient apparaître selon les individus participant à l'étude.

Les systèmes de positionnement par satellites furent utilisés quotidiennement, lors de chaque séance d'entraînement de football sur le terrain. Ils étaient confiés aux joueurs de façon individuelle en amont de la séance, et récupérés dès la fin de l'entraînement afin de récupérer les données. Le nombre hebdomadaire de séances à monitorer avec les GPS était donc de 5, à raison d'une fois par jour en semaine (*tableau 1*). Le match était parfois analysé à l'aide de ce système, mais les résultats n'ont pas été intégrés dans cette étude compte tenu de l'irrégularité des prises en charges avec le GPS, ainsi que de la participation ou non de certains joueurs sur cette séance.

	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI
MATIN	Football (GPS)	Football (GPS)	Football (GPS)	Football (GPS)	Football (GPS)	Repos
APRES MIDI	Salle -muscultation -soins	Salle -muscultation -soins	Salle -muscultation -soins	Salle -muscultation -soins	Salle -muscultation -soins	<u>MATCH</u>

Tableau 1 : Semaine type de compétition du groupe Espoirs du Stade Rennais FC

▪ Outil utilisé : Le FieldWiz® GPS 10 Hz :

Le modèle GPS utilisé est un outil de la marque FieldWiz® (en français le « sorcier des terrains »). Ce système constitue une méthode de mesure des performances stratégiques et physiques concernant les sports d'équipe comme le football.

Créé en Suisse, cet outil est basé sur une fréquence d'échantillonnage de 10 Hertz (correspondant à 10 données recensées par seconde), ainsi que d'un accéléromètre (1kHz ; + 16G ; 16-Bit) permettant de mesurer l'accélération linéaire de l'utilisateur en mouvement, et ceci avec une autonomie assez conséquente d'une durée supérieure à dix heures.

Le GPS est inséré par l'utilisateur dans une brassière prévue à cet effet, permettant de le positionner dans le dos et ainsi limiter la gêne occasionnée lors de la pratique de l'activité physique, et notamment au football lors de certaines actions de jeu (contrôle de balle de la poitrine ou duels physiques par exemple). De plus, il n'est pas encombrant car il mesure 65mm x 45mm x 10mm et pèse 45 grammes, donnant un maximum de confort à l'athlète lors de la pratique. Le boîtier est composé d'un bouton unique permettant de le démarrer et de l'arrêter, visible par un témoin lumineux vert, clignotant lorsqu'il est en action de capture. Ce témoin lumineux est également statique lorsque le boîtier est en charge. Afin de signaler la pleine recharge de celui-ci, le voyant scintille de nouveau. Une station d'accueil est fournie afin de pouvoir réunir l'ensemble des boîtiers GPS utilisés lors du chargement des appareils et de la récupération des données enregistrées. Cette station multitâche permet en effet de réunir l'ensemble des mesures mais également de les supprimer facilement, apportant un gain de temps considérable contrairement à une utilisation individualisée de chaque boîtier. Cependant, une individualisation des données est tout à fait possible par l'intermédiaire d'un câble unique permettant de se procurer les données enregistrées sur un unique boîtier, permettant ainsi de s'intéresser à un joueur de façon spécifique et précise.

Ce GPS FieldWiz® 10 Hz permet de quantifier les efforts réalisés par un athlète ou un groupe d'athlètes lors de la pratique d'une activité sportive. Les données recensées sont synchronisées à la fin la séance d'entraînement ou du match, et sont collectées par le biais d'un logiciel qui transmettra les résultats finaux, retranscrits selon les souhaits de l'utilisateur (notamment pour le calibrage des vitesses et des seuils analysés).

Les données recueillies par cet outil correspondent à la distance totale parcourue par le sportif dans un premier temps, puis le détail de cette distance et la façon dont celle-ci a été couverte dans son ensemble. Ainsi, la distance par seuils de vitesse selon les souhaits de l'utilisateur

(observées avec le pourcentage de ces distances par au repère primaire de la distance totale), le nombre d'accélération, de décélération et de sprints (nombre d'actions) avec la vitesse maximale atteinte, ou encore les zones d'activité préférentielles (carte de chaleur), sont les principales caractéristiques retenues par cet outil technologique.

▪ Protocole de saisie des données avec les systèmes GPS :

Dans un premier temps, il est important de s'assurer que les données enregistrées lors de la séance précédente soient effacées, afin que chaque unité GPS soit vide et apte à mesurer l'intégralité unique de la séance donnée.

Ensuite, il est préférable d'identifier le ou les joueurs à monitorer, de façon à initialiser chaque boîtier de façon individuelle, dans l'objectif de faciliter la saisie des données en aval de la séance. Chaque boîtier est ensuite fourni aux joueurs concernés avec leur brassière respective, afin qu'ils puissent la positionner en tout confort avant la séance, ceci aussi bien en-dessous qu'au-dessus des tenues de sport (pas d'impact existant concernant la position du GPS par rapport aux vêtements pour la quantité et la fiabilité des mesures enregistrées). Afin de garantir le bon fonctionnement de chaque unité GPS durant la totalité de l'activité sportive capturée, l'intégralité des boîtiers peuvent être démarrés avant de les fournir aux athlètes.

L'une des étapes primordiales de cette mesure est la notation précise des temps d'activité. En effet, afin de récupérer les données correspondant à une période précise de l'activité exercée, il demeure indispensable de prendre en compte l'heure exacte du début de la séance ou d'un temps d'effort précis, ainsi que l'heure à laquelle il prend fin. Il est à noter qu'il est tout à fait possible d'utiliser l'outil GPS sur l'intégralité de la séance de sport, mais de ne conserver les données exactes que d'une ou plusieurs périodes d'effort particulières souhaitées par l'utilisateur.

A titre d'exemple, l'utilisateur peut mesurer l'intégralité d'une séance d'entraînement de football comprenant l'ensemble des exercices mis en place, puis d'isoler dans un deuxième temps l'un des exercices réalisés (comme le match en fin de séance).

A l'issue de la séance d'activité mesurée, l'ensemble des outils GPS sont récupérés par l'utilisateur, et chaque boîtier doit être éteint de façon à mettre un terme à l'enregistrement des données. Ils sont ensuite placés au sein de la station d'accueil afin de démarrer l'enregistrement groupé des données ainsi que le chargement des appareils. Les statistiques GPS sont ainsi importées sur un support USB, permettant de présenter les données de façon claire par l'intermédiaire du logiciel FieldWiz®. Le choix des différentes caractéristiques (noms et postes

des joueurs, temps de jeu, périodes d'enregistrement, lieu de pratique, type de séance) est alors réalisé sur ce même logiciel, puis la réception de l'échantillon est ensuite importé sur des tableaux particuliers réalisés par le Stade Rennais FC, dans l'optique de disposer d'informations pertinentes pour l'équipe technique et reproductible au sein du club.

Enfin, les données peuvent être analysées grâce à une unique feuille présentant l'ensemble des mesures ciblées (*Annexe 2*), et comparées à la séance décrite par l'entraîneur (*Annexe 3*).

Certaines caractéristiques physiques en rapport avec les distances parcourues à différentes vitesses amènent à la finalité recherchée et fournissent alors, par le biais d'un ratio particulier, le type de séance réalisée, dans le but de reporter l'intensité globale de cette période d'effort.

▪ Création d'une typologie de séance :

Lorsque les données capturées à l'aide de l'ensemble des unités GPS ont été enregistrées et importées sur la base, elles subissent alors une certaine manipulation informatique amenant à une table de calcul sur un logiciel spécialisé.

A l'aide d'équations et de formules mathématiques précises, les données sont alors automatiquement dirigées vers une seconde table, correspondant au compte-rendu final (*Annexe 2*) de chaque séance ou de match auquel l'équipe technique mais aussi certains joueurs (selon les intentions de l'entraîneur) peuvent avoir accès. Selon les échantillons mesurés et en fonction des caractéristiques et des échelles choisies par l'utilisateur concernant les seuils de vitesse notamment, l'intensité de la séance est directement observable. Celle-ci dépend alors des moyennes et des pourcentages de la distance totale enregistrée, indiquant de façon générale la vitesse moyenne des courses réalisées par les joueurs.

Selon une catégorisation précisément déterminée au préalable (*tableau 2*), l'intensité générale de la séance est alors déterminée. Cette intensité est cotée sur une échelle de 1 à 5, la note la plus basse correspondant à une séance logiquement peu intense, et inversement.

Intensité/Type de séance	0 – 6 km/h	6 – 15 km/h	> 15 km/h
1		100 %	0 %
2	< 55 %	40 %	> 5 %
3	< 55 %	35 %	> 10 %
4	< 50 %	35 %	> 15 %
5	< 50 %	30 %	> 20 %

Tableau 2 : Typologie de séance et échelle d'intensité selon le Stade Rennais FC

Compte tenu de l'échelle déterminée et à titre d'exemple, une séance peu intense (séance de type 1 ou 2) sera représentée par des efforts et des actions lentes et couvrant une part prépondérante voire totale des courses à basse vitesse (<15 km/h) par rapport à la distance totale parcourue. Dans ce même cas, les courses intenses, les courses à haute vitesse (comprises entre 15 et 25 km/h) et à très haute vitesse comme des sprints (>25 km/h), sont alors quasi inexistantes.

Lors de l'analyse de ces résultats, il est primordial de prendre en compte le contenu de la séance créée par l'entraîneur (*Annexe 3*), au sein de laquelle un regard doit être envisagé concernant notamment les surfaces de jeu des exercices proposés, eux-mêmes représentatifs de la distance parcourue par les athlètes, et la façon dont celle-ci est parcourue. C'est ensuite grâce à la création d'une base de donnée importante d'un point de vue quantitatif, que l'entraîneur pourra envisager de contrôler la charge d'entraînement et adapter le contenu des séances de d'entraînement en fonction de ce qu'il recherche d'un point de vue technique et tactique, mais également dans la gestion des intensités produites au sein de chaque séance, pouvant avoir un impact sur la performance des joueurs, mais également sur la prévention d'un état de fatigue accru voire d'apparitions de blessures. Il est également essentiel d'avoir un regard sur le ressenti personnel des joueurs et notamment sur la RPE correspondant à chaque séance d'entraînement, et de coupler cette information avec celle notifiant le type et l'intensité de la séance, afin d'avoir un point de vue plus clair et représentatif de chaque période d'activité physique et de la charge d'entraînement à laquelle celle-ci correspond.

5) RESULTATS

5.1) Efficience du GPS et comparaison avec d'autres méthodes de suivi : RPE et charge

Durant douze semaines d'enregistrement et de saisie de multiples données GPS avec les deux groupes distincts suppléées par quelques semaines non prises en ligne de compte dans le cadre de cette étude, nous avons travaillé à l'aide d'un support informatique permettant une observation et une analyse des résultats quotidiens de façon assez claire. L'utilisation d'un tableur nous a en effet permis de faciliter le travail de lecture par le biais de diverses équations menant à un compte-rendu final (*Annexe 2*). Ces manipulations furent assez simples à mettre en place, tout comme l'utilisation de l'outil GPS en lui-même.

En effet, ce projet nous a permis de conclure qu'il était tout à fait possible de développer ce système technologique au sein d'un centre de formation de football avec un public non aguerri, et qu'il pouvait largement participer à l'enrichissement des méthodes de travail en termes de

prévention des blessures ou encore de développement du niveau de performance individuel et collectif des joueurs d'une équipe de football.

La typologie de séance élaborée par l'équipe technique du Stade Rennais FC fût mise en œuvre au sein du groupe Espoirs (équipe réserve évoluant en CFA), composé de 28 joueurs.

Dans l'optique de valider cette méthode de catégorisation des séances par le biais de la typologie représentant l'intensité de l'activité réalisée, nous avons donc saisi les données de ressenti individuel de chaque joueur (RPE), ainsi que calculer la charge d'entraînement.

Afin d'homogénéiser les données et de pouvoir les comparer, nous avons regroupé les quatre semaines de chaque groupe et obtenu des moyennes concernant ces trois facteurs, dans le but de pouvoir émettre des tests de comparaison de moyennes.

Notre démarche statistique a donc débuté par un test de normalité (Shapiro-test) ainsi qu'un test d'homoscédasticité (Bartlett-test). Ces essais ont conclu une normalité des données ($p > 0,05$) ainsi qu'une égalité des variances ($p > 0,05$). Suite à cela, un test paramétrique fût engagé (Anova à 1 facteur), puis un test post-hoc de Tuckey dans une optique de comparaison deux à deux (Séance de type 1 / Séance de type 2 ; Séance de type 1 / Séance de type 3 ; etc.). Ce test fût mis en place pour une comparaison des données de typologie et de charge d'entraînement, puis pour une comparaison des données de typologie et de RPE.

En ce qui concerne le premier groupe, nous avons pu observer des différences entre chaque type de séance, et évoluant de façon identique à la RPE et à la charge d'entraînement (*figures 7 et 8*). Nous avons choisi d'incorporer les données caractérisant les séances de type 1, 2 et 3, mais de négliger les séances de type 4 et 5 par manque d'échantillons de séances correspondant à de telles intensités. Nous pouvons donc dire (*figure 7*) que les données d'intensité de séance ainsi que de RPE d'une séance de type 1 sont très significativement différentes à celles d'une séance de type 3 ($p < 0,001$), tout comme celles d'une séance de type 1 et de type 2 ($p < 0,01$), ou encore celles d'une séance de type 2 et de type 3 sont différentes de façon significative ($p < 0,05$).

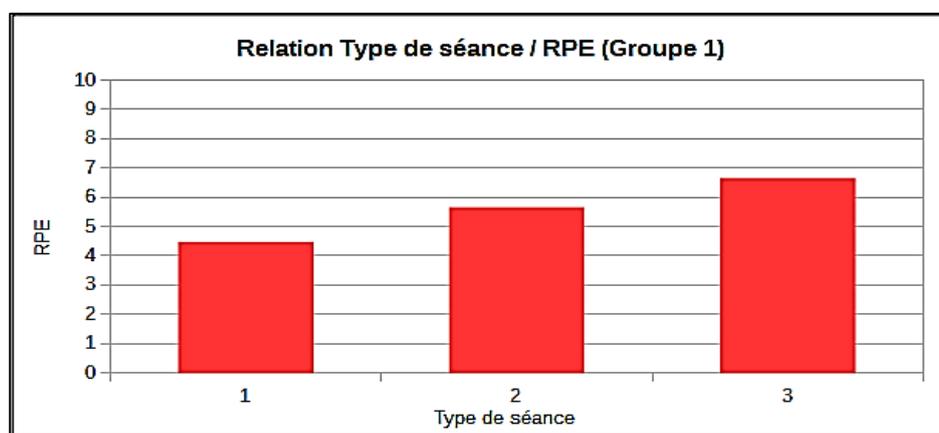


Figure 7 : Relation et niveau de différence entre les types de séances et la RPE moyenne respective du groupe 1 : 1-2 (avec $p < 0,01$) ; 1-3 (** avec $p < 0,001$) ; 2-3 ($p < 0,05$).*

La charge d'entraînement évolue sensiblement de façon identique à celle de la RPE, puisque les valeurs évoluent de façon croissante en fonction de l'intensité recensée par le biais de la typologie de séance (*figure 8*). Un test de comparaison de moyennes fût également réalisé pour ces diverses variables. On observe cependant que la différence entre les séances de type 2 et les séances de type 3 n'est pas significative ($p > 0,05$), bien qu'elle existe.

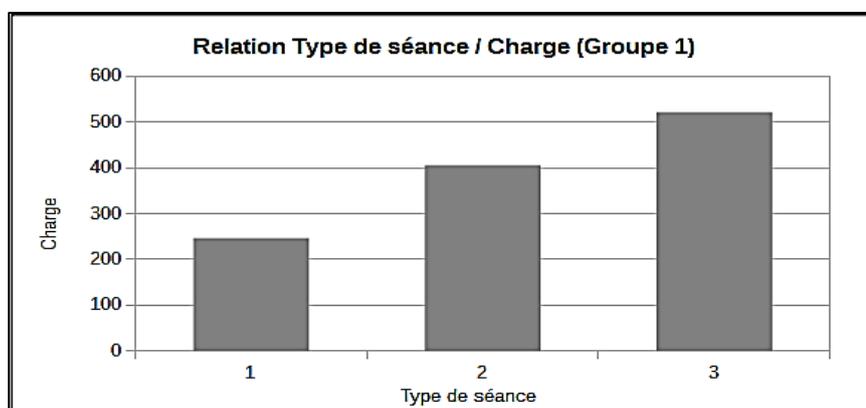


Figure 8 : Relation et niveau de différence entre les types de séance et la charge d'entraînement moyenne respective du groupe 1: 1-2 (avec $p < 0,01$) ; 1-3 (** avec $p < 0,001$) ; 2-3 (pas significatif $p > 0,05$).*

Ainsi, la prise en compte du facteur charge d'entraînement par rapport à la catégorisation des séances par type et intensité semble impacter de façon négative la différenciation entre deux types de séances distincts, qui serait alors proches l'un de l'autre.

En ce qui concerne notre deuxième partie d'étude réalisée avec un autre groupe de joueurs distincts, nous avons réalisé des tests statistiques similaires aux premiers, mais y avons incorporé un type de séance supplémentaire (séance de type 4), disposant davantage de données.

De plus, nous avons conservé les données liées aux séances de type 1 dans l'optique d'observer si la présence d'un unique échantillon pouvait biaiser la significativité démontrée précédemment. En outre, nous avons analysé les données dans le but de différencier de façon la plus significative qu'elle soit les facteurs de type de séance avec la RPE (*figure 9*), ainsi que ceux de type de séance avec la charge d'entraînement (*figure 10*).

Les données représentées ci-dessous (*figure 9*) permettent d'observer une évolution croissante de la RPE en fonction de l'intensité développée parallèlement, ceci concernant les séances de type 2, 3 et 4. Ainsi, les séances de type 2 et 3 ($p < 0,05$) et les séances de types 2 et 4 ($p < 0,01$) sont significativement voire très significativement différentes. Cependant, il n'existe pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les séances de type 1 et 2, 1 et 3, 1 et 4, ainsi qu'entre celles de type 3 et 4.

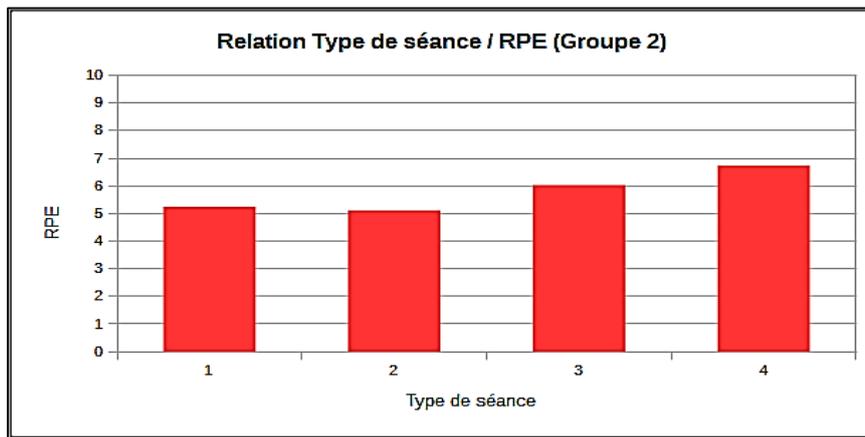


Figure 9: Relation et niveau de différence entre les types de séance et la RPE moyenne respective du groupe 2: 1-2 (non significatif $p>0,05$); 1-3 (non significatif $p>0,05$); 1-4 (non significatif $p>0,05$); 2-3 ($p<0,05$); 2-4 (avec $p<0,01$); 3-4 (non significatif $p>0,05$).*

De plus, nous pouvons aisément constater que les séances de type 1 sont liées à des moyennes RPE supérieures à des séances de type 2 (*figure 9*), contrairement aux autres relations hiérarchiques observées au sein des diverses intensités plus élevées.

Enfin, nous avons comparé l'évolution de la charge d'entraînement par rapport au type de séance obtenu, ceci avec le deuxième groupe d'étude (*figure 10*).

Ces résultats démontrent tout d'abord une évolution croissante de la charge d'entraînement en fonction du type de séance réalisé dans le même temps. Dans cette optique, nous avons effectué des tests de comparaison de moyennes, permettant de mettre en évidence une différence significative ($p<0,05$) entre les séances de type 1-3 et 2-3, ainsi qu'une différence très significative ($p<0,01$) entre les séances de type 1-4 et 2-4. Cependant, cette significativité n'a pas pu être caractérisée entre les séances de type 1-2 et 3-4 ($p>0,05$).

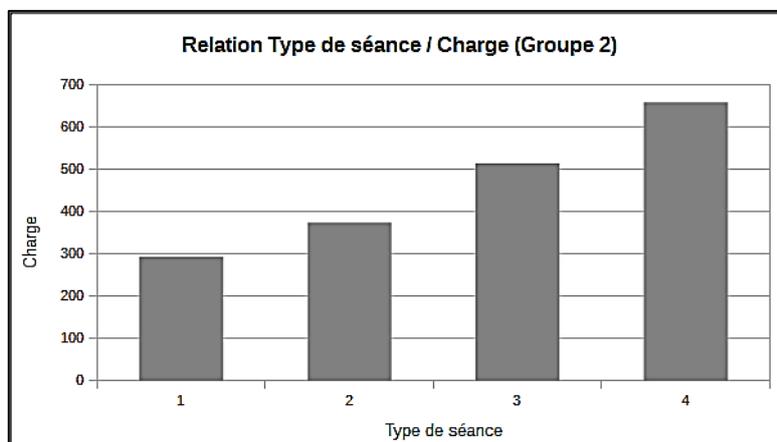


Figure 10: Relation et niveau de différence entre les types de séance et la charge d'entraînement moyenne respective du groupe 2: 1-2 (non significatif $p>0,05$); 1-3 ($p<0,05$); 1-4 (avec $p<0,01$); 2-3 ($p<0,05$); 2-4 (* avec $p<0,01$); 3-4 (non significatif $p>0,05$).*

L'ensemble de ces résultats est intéressant car il dispose de spécificités pour chaque groupe ainsi que pour chaque facteur mesuré, et chaque échantillon de données dispose lui-même de caractéristiques explicables, qu'elles soient d'ordre méthodologique, physiques, ou étant simplement des variables incontrôlables.

Il en ressort de façon générale que les facteurs tierces que sont la RPE ainsi que la charge d'entraînement, évoluent parallèlement avec l'intensité de séance mesurée, et ceci dans chaque groupe de travail. Il existe cependant un certain nombre de biais pouvant expliquer certaines données incohérentes, et permettant de se projeter et d'élargir les perspectives de travail à une méthodologie adaptée et pouvant combler les failles relatées lors de cette expérience.

6) DISCUSSION

Cette étude fût donc conduite à l'aide d'un système GPS, et celle-ci a donné lieu à un axe d'étude précis et unique, s'extrapolant toutefois à deux champs de travail. En effet, l'objectif de ce projet était de mettre en place une catégorisation de séance de football par le biais d'une typologie précise, ceci avec un support spécifique de quantification des données physiques de l'activité (distance totale et distances parcourues à différentes vitesses). Dans un but final de contrôle de la charge d'entraînement, nous avons saisi un certain nombre de données émanant de facteurs largement validés dans la littérature liés à cette charge que sont la RPE (*Impellizzeri et al., 2004*) ainsi que la charge d'entraînement (*Banister et al., 1975 ; Foster et al., 2001*).

Nous avons donc réalisé des tests statistiques afin de comparer ces méthodes les unes par rapport aux autres, avec un facteur commun caractérisé par la typologie de séance.

Les résultats montrent qu'il existe une réelle relation entre ces facteurs, car de nombreuses données permettent de différencier les moyennes recueillies pour chaque type de séance accompagné des données RPE et de charge d'entraînement, et ceci de façon significative. En effet, les échantillons de données saisies avec les deux groupes distincts et concernant la relation entre la typologie de séance et la RPE, ont toutes deux montré pour la plupart des intensités mesurées, que lorsque l'intensité finale de la séance (établie sur une échelle de 1 à 5) augmentait, alors la RPE augmentait dans le même temps. Ceci nous permet statistiquement (avec des résultats significatifs voire très significatifs), que les outils RPE et typologie de séance avec utilisation du système GPS, sont proches l'un de l'autre.

Dans le premier groupe d'étude, il s'avère que l'ensemble des moyennes de RPE saisies au niveau des séances de type 1, 2 et 3, est lié de façon significative ($p < 0,05$) voire très significative ($p < 0,01$), à une évolution de ces diverses intensités de séance. En outre, la RPE

moyenne d'une séance de type 1 est significativement différente à la RPE moyenne d'une séance de type 2, et ceci de manière identique et reproductible pour les autres comparaisons entre chaque type de séance mesuré.

En ce qui concerne le facteur charge d'entraînement, il s'avère que les données recueillies ont également permis de démontrer une relation significative avec la catégorisation des séances par type (intensité), validant d'autant plus la méthode utilisée par cette comparaison avec une deuxième méthode largement validée par la science (*Banister et al., 1975 ; Foster et al., 2001*). Toutefois, nous avons pu observer l'absence de significativité concernant la comparaison des moyennes caractérisant les séances de type 2 et 3. En effet la différence entre la moyenne de la charge d'entraînement des séances de type 2 et celle des séances de type 3 n'était pas assez importante pour exprimer une quelconque significativité ($p > 0,05$), ne rejetant cependant pas entièrement la présence d'une différence existentielle entre ces deux variables.

Ce résultat peut hypothétiquement s'expliquer par un facteur temps, la charge d'entraînement correspondant en effet au produit de la note RPE et de la durée totale de la séance (en minutes). Ainsi, les données concernant la relation entre la RPE et le type séance pour le groupe 1 étant toutes corrélées de façon significative, l'unique variable dépendant de ce résultat correspond au temps (durée de séance). Les séances de type 2 et les séances de type 3 semblent donc être des périodes d'activité disposant d'une durée de pratique relativement proche.

D'un point de vue pratique, il est vrai qu'en l'absence des données GPS recueillies, les types de séances les plus difficiles à définir étaient celles ayant une intensité 2 ou 3.

Au sein du deuxième groupe d'étude, on observe cette même tendance qu'on les barres d'histogrammes (*figures 9 et 10*) à évoluer de façon similaire à l'intensité de la séance.

Cependant, nous constatons que la moyenne RPE des séances de type 1 est plus importante que celle des séances de type 2. Ceci s'explique par la présence d'une seule et unique donnée caractérisée par une unique séance de type 1 ayant eu lieu ors de ce cycle de quatre semaines (*Annexe 4*). Dans ce cadre, il s'avère que l'ensemble des comparaisons faites avec ce type de séance n'apporte une différence significative avec les autres catégories présentes (1-2 ; 1-3 ; 1-4). Ainsi, la présence d'une unique donnée peut biaiser le sens du test, et démontrer des caractéristiques totalement différentes de celles que l'on souhaiterait constater. Il en est de même pour les séances de type 4, série de donnée qui ne disposait quant à elle que de deux données recueillies (*Annexe 4*), et pouvant potentiellement avoir le même effet concernant l'approche des résultats obtenus (pas de différence significative avec les séances de type 1 et 3). L'unique différence significative ($p < 0,01$) est répertoriée avec la séance de type 2, qui s'avère en l'occurrence être le type de séance possédant la RPE moyenne la plus basse.

Enfin, il semble que la charge d'entraînement relevée chez le deuxième groupe d'étude soit également un facteur ayant une relation avec l'intensité des séances catégorisées. En effet, mis à part deux couples de séances comparés, la majorité d'entre eux sont significativement différents ($p < 0,05$), montrant ainsi que le système de catégorisation des séances par l'intensité de celles-ci puisse peut-être devenir valide au même titre qu'une variable telle que la charge d'entraînement de Banister (1975) puisse l'être. Il est également important de notifier que les deux couples ne présentant pas de différence significative sont ceux possédant une séance de type 1, et une séance de type 4 pour l'autre, valeurs que l'on a évoqué précédemment comme étant potentiellement biaisées par manque d'échantillons.

De manière générale, et grâce au protocole mis en place et aux résultats obtenus, nous pouvons mettre en évidence la fonctionnalité de cette méthode de catégorisation des séances par le biais du système GPS et de la quantification des efforts réalisés par les joueurs de football. En effet, la mise en place de cet outil et la saisie de l'ensemble de ces données sur deux groupes distincts nous permet d'avancer qu'il existe réellement une relation non négligeable entre ce paramètre de mesure et des facteurs validés scientifiquement tels que la charge d'entraînement et la RPE. Les multiples données enregistrées et analysées ont effectivement permis d'émettre des différences significatives ($p < 0,05$) entre les types de séances distincts (différentes intensités), et de montrer que les variables de charge et de RPE évolue en même temps et dans la même direction que les intensités de séances mesurées.

Toutefois, nous avons également pu observer certaines données n'émettant pas de significativité bien qu'une différence existe.

Ceci peut s'expliquer selon différents facteurs, comme par exemple la durée de la séance. En effet, la variable charge d'entraînement suscite la présence de données non significatives ($p < 0,05$), dans le groupe 1 comme dans le groupe 2. Ainsi, bien que la charge soit étroitement liée et dépendante d'un un facteur comme la RPE, la durée de la séance semble être un facteur déterminant concernant l'intensité de la séance. En effet, une séance plus longue devrait correspondre à un type de séance plus important également.

Cependant, cela peut tout autant être contredit dans le sens où une séance courte peut être caractérisée par une séance plus intense et plus difficile qu'une séance longue. A titre d'exemple, un effort de type jogging (6-15 km/h) pratiqué durant 30 minutes sera plus facile ou moins intense qu'une séance de type course intermittente tel durant 15 minutes.

Ceci correspond en tout état de causes à un biais de ce système, qui prend en ligne de compte les distances parcourues et les vitesses de courses réalisées, mais laissant de côté ce facteur temps dans l'échelle de prédiction du type de séance réalisé (*Tableau 2 p.30*).

Le biais majeur de ce projet concerne le manque de données caractérisant les séances situées aux extrémités de l'échelle d'intensité déterminée en amont. En effet, comme nous avons pu l'énumérer précédemment, l'unique échantillon concernant la séance de type 1 a probablement faussé les données. Les données correspondant aux séances de type 4 ne sont également pas bien représentées, avec seulement deux échantillons au sein du groupe 2, et aucun dans le premier groupe. De plus, la séance d'intensité 5, correspondant à un effort de type « match », est absente des deux groupes de travail, et n'apparaît donc pas dans le traitement des données.

Il est donc inéluctable que ces absences viennent entraver les résultats finaux et la validité totale de ce système, les tests statistiques étant qui plus est basés sur des comparaisons de moyennes. Cette déconvenue s'explique par le contenu des entraînements réalisés, relatant les distances ainsi que les vitesses parcourues par les joueurs, qui n'ont pas permis d'atteindre un tel niveau d'intensité, les matchs n'étant pas pris en compte lors de cette étude.

Toutefois, l'ensemble du travail réalisé au Stade Rennais FC et le suivi quotidien des joueurs a permis de mettre en place des compte-rendu spécifiques relatant les informations enregistrées de façon hebdomadaire, et contenant des courbes associées à ces données. En prêtant un regard particulier à l'ensemble de ces courbes sur la totalité de la période de saisie (*Annexe 5*), on observe néanmoins une tendance assez visible témoignant de la relation étroite qui existe entre les trois facteurs mesurés, et qui peut nous laisser penser que cette relation s'étend à tous les types de séances si l'on dispose d'un panel de données assez complet.

7) CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Afin de quantifier une grande partie des efforts réalisés lors d'une période précise d'activité physique, mais aussi dans une démarche prophylactique de prévention des blessures, l'outil de positionnement par satellites semble correspondre à un système idéal dans l'optique de contrôler la charge d'entraînement au football. En effet, sa précision et ses nombreuses caractéristiques, mais aussi sa facilité et son confort d'application, confortent l'idée d'une utilisation quotidienne de cet appareil à des fins de suivi quotidien, ceci de façon collective mais aussi individuelle. Afin de faciliter la lecture des données et de hiérarchiser les séances de football par le biais de l'intensité de celles-ci, une catégorisation fût établie par l'équipe technique professionnelle du Stade Rennais FC, prenant en compte les distances parcourues mais surtout la façon dont celles-ci l'ont été. Ainsi, différents paliers de vitesses furent instaurés, et des catégorisations par pourcentage de la distance totale effectués dans l'optique de donner un type particulier à la séance. Cette typologie correspond à une échelle d'intensité de la séance basée sur 5 niveaux distincts (une séance de type 1 correspondant à un effort

global faible, et une séance de type 5 correspondant à un effort global très intense tel qu'un match), et créée à partir des données enregistrées au préalable et traitées à l'aide d'un tableur spécifique. Cette échelle d'intensité permet donc dans un premier temps de quantifier les séances réalisées, et de créer une base composée de nombreuses séances diverses et variées, dans le but final de la fournir à l'entraîneur. Cet outil permettra ensuite à celui-ci de contrôler la charge d'entraînement de son groupe en amont, et ainsi d'élever le niveau de performance de son équipe, mais aussi de réduire la survenue des blessures chez les joueurs. De plus, l'objectif de cette manipulation était d'avoir un regard perpétuel sur le contenu précis des séances catégorisées, afin de connaître les différents exercices ayant un impact important sur l'intensité de la séance, et leurs particularités (nombre de joueurs utilisés ou mesures de la surface du terrain par exemples), pour ensuite en créer de nouvelles grâce à ces valeurs.

Afin de garantir la fonctionnalité et la validité de ce système de gestion de la performance des athlètes, nous avons donc réquisitionné un certain nombre de données relatant l'intensité des séances et la charge d'entraînement par le biais d'outils scientifiquement valides bien qu'il soient subjectifs. Ainsi, le ressenti des joueurs par la RPE (*Foster et al., 1996 ; Impellizzeri et al., 2004*) et la charge d'entraînement (*Foster et al., 2001*) furent parallèlement saisis lors de chaque séance d'activité. En ce sens, nous avons réalisé un suivi quotidien (*Annexe 2*) puis un compte-rendu hebdomadaire, nous indiquant l'évolution de ces critères distincts les uns par rapport aux autres (*Annexe 5*).

Après huit semaines de collecte de ces différents échantillons de données, nous sommes parvenus à mettre en évidence des différences significatives entre les divers types de séance (intensité de séance), ceci aussi bien concernant la variable charge d'entraînement que pour la variable RPE. Suite à cela, nous en avons conclu que ce système de catégorisation des séances d'entraînement semblait être un facteur fiable, et pouvant se comparer à des méthodes valides et reconnues par la communauté scientifique, caractérisant l'intensité de l'effort et la charge de travail physique. Cependant, un manque de données représentant notamment les séances d'intensités extrêmes (types 1, 4 et 5), ne nous a pas permis d'affirmer en totalité ce procédé. Ainsi, il serait intéressant dans une optique de continuité à ce projet, d'intégrer un panel plus conséquent de mesures, nécessitant conjointement une période protocolaire plus importante, et nous permettant de bénéficier de moyennes plus fiables afin de valider l'ensemble de ce mode de fonctionnement.

Pour conclure, cette expérimentation nous a permis de confirmer que cet outil GPS demeure relativement simple d'utilisation, et qu'il dispose d'une large étendue de possibilités à des fins de contrôle de l'activité physique du sportif. La méthode de catégorisation par intensité de séance représente un procédé fiable, bien que corrélé à des facteurs purement subjectifs.

8) REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahamed E.M., Elrahim A., Abdalla A., Kamal. Transformation of the TRANSIT (Doppler) and GPS Stations to Adindan Datum. *Sudan Engineering Society, Unifersity of Khartoum*. 2006 Sep. : 52(47);Abstract.
- Alexandrow C.. The story of GPS. *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) (ed.) DARPA, 50 years of bridging the gap. Arlington VA: Defense Advanced Research Projects Agency*. 2008.
- Alexiou H. et Coutts A.J.. A Comparison of Methods Used for Quantifying Internal Training Load in Women Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2008; Vol. 3(3): pp 320-330.
- Andersson, H., Ekblom, B., & Krstrup P.. Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement pattern, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*. 2008; 26, 113-122.
- Andersson HA, Randers MB, Heiner Moller A, Krstrup P, Mohr M. Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in, international games compare with domestic league games. *J. Strength. Cond. Res*. 2010; 24: 912–919.
- Aughey RJ. Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011 Sep;6(3):295-310.
- Banister E.W., Calvert T.W., Savage M.V., Bach T.. A systems model of training for athletic performance. *Australian Journal of Sports Medicine and Exercise Science*. 1975 : 7 ; 57-61.
- Banister E.W.. Modelling elite athletic performance, in *Physiological Testing of Elite Athletes*, eds Green H., McDougal J., Wenger H.. *Champaign, IL: Human Kinetics*. 1991 : 403–424.
- Bekraoui N., Cazorla G., Léger L.. Les systèmes d'enregistrement et d'analyse quantitatifs dans le football. *Sciences et Sport*. 2010; 25(4); p. 177-187.
- Bradley P., Di Mascio M., Peart D., Olsen P., Sheldon B.. High-Intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strenght and Conditioning Research*. 2010; 24(9);2343-2351.
- Buchheit M., Haddad H. A., Simpson B. M., Palazzi D., Bourdon P. C., Salvo V. D., Mendez-Villanueva A.. Monitoring accelerations with GPS in football: time to slow down?. *International journal of sports physiology and performance*. 2014; 9(3), 442-445.
- Carling C. et Dupont G.. Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play?. *Journal of Sports Sciences*. 2011; 29(1); 63-71.
- Cazorla G, Farhi A. Football: exigences physiques et physiologiques actuelles. *R. EPS n° 273*, 1998; 60-66.
- Cazorla G, Leger L, Bekraoui N. Les systèmes d'enregistrement et d'analyse quantitatifs dans le football. *Science & Sports*. Sep 2010; 25(4); Pages 177–187.
- Clemente F.M. et Nikolaidis P.T.. Profile of 1-month training load in male and female football and futsal players. *Springerplus*. 2016 May; 23;5(1):694.

- Coutts A.J., Duffield R.. Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2008: DOI: 10.1016/j.jsams.
- Cummins C., Orr R., O'Connor H., West C.. Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*. 2013: 43(10), 1025-1042.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bach, N., & Pigozzi, F.. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*. 2007: 28, 222–227.
- Di Salvo V, Baronb R, González-Haroc C, Gormasz C, Pigozzia F, Bachl N. Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J.Sports Sci.*2010; 1–6;art 1.
- Edgecomb S.J., Norton K.I. Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *J. Sci. Med. Sport*. 2006 May ; 9(1-2):25-32.
- Esteve-Lanao J., Foster C., Seiler S., Lucia A.. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning research*. 2007 Aug. : 1(3); abstract.
- Evans J.V.. Satellite systems for personal communications. *Proceedings of the IEEE*. 1998 Jul.: 86(7);1325-1341.
- Foster C., Florhaug J.A., Franklin J., Gottschall Hrovatin L.A., Parker S., Doleshal P., Dodge C.. A new approach to monitoring exercise training, *J. Strength Cond. Res*. 2001: 15(1): 109-115.
- Impellizzeri F., Rampinini E., Coutts A.J., Sassi A., Marcora S.. The use of RPE-based training load in soccer. *Med. Sci. Sports Exerc*.2004 : 36(6), 1042:7.
- Jennings D., Cormack S., Coutts A.J., Boyd L., Aughey R.J.. The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *International Journal of Sports Physiology Performance*. 2010: 5, 328-341.
- Kaplan C.. Precision targets: GPS and the militarization of US consumer identity. *American Quarterly*. 2006: 58(3); pp. 693-714.
- Kremer G.T., Kalafus R.M., Loomis P.V.W., Reynolds J.C.. The Effect of Selective Availability on Differential GPS Corrections. *Navigation – Journal of the Institute of Navigation*. 1990 March: 37(1); 39-52.
- Kurzawa DA. GPS in sport: Analysis and determination of fitness levels. *School of Surveying and Spatial Information Systems. University of New South Wales. Kensington, NSW 2052*. October, 2008.
- Larsson P.. Global Psoitionning System ami Sport-Specific Testing. *Sports medicine*. 2003; 33(15): p. 1093-1101.
- MacLeod H., Morris J., Nevill A. and Sunderland C.. The validity of a non- differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *Journal of Sports Sciences*. 2009: 27, 121-128.
- Matthew C.V., Ian H.F., Aughey R.J.. Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration and constant motion. *Journal of Sports Sciences*. 2012: 30:2;121-127.

- Mohr M., Krusturup P., Bangsbo J.. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*. 2003: Volume 21, Issue 7.
- Moura F.A., Santana J.E., Vieira N.A., Santiago P.R.P., Cunha S.A.. Analysis of Soccer players' positional variability during the 2012 UEFA European Championship: A case study. *Journal of human kinetics*. 2015 : 47(1) ; 225-236.
- Petersen C., Pyne D., Portus M. and Dawson B.. Validity and reliability of GPS units to monitor cricket-specific movement patterns. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2009: 4, 381-393.
- Rampinini E., Coutts A.J., Castagna C., Sassi R., Impellizzeri F.M.. Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*. 2007: 28, 1018-1024.
- Randers M.B., Mujika I., Hewitt A., Santisteban J., Bischoff R., Solano R., Zubillaga A., Peltola E., Krusturup P., Mohr M. Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J. Sports Sci*. 2010: Jan;28(2):171-82.
- Reilly, T., & Thomas, V.. A motion analysis of work-rate indifferent positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*. 1976: 2, 87–97.
- Saltin B.. Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1973: 5,137-146.
- Sarmiento H., Marcelino R., Anguera M.T., Campaniço J., Leitão J.C.. Match analysis in football : a systematic review. *Journal of Sports Sciences*. 2014 : Vol. 32(20) ;1831-1843.
- Scott B.R., Lockie R.G., Knight T.J., Clark A.C., Janse de Jonge X.A.K.. A Comparison of Methods to Quantify the In-Season Training Load of Professional Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2013 March: 8 (2); pp 195-202.
- Schutz Y. et Herren R., Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2000. 32: p. 642-646.
- Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer. *Sports Med*. 2005 Jun; 35(6): 501-536.
- Townshend A.D., Worringham C.J., Stewart I.B.. Assessment of speed and position during human locomotion using nondifferential GPS. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2008: 40, 124–132.
- Varley M.C., Fairweather I.H., Aughey R. J.. Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of sports sciences*. 2012 : 30(2) ; 121-127.

9) ANNEXE

▪ Annexe N°1 : Données anthropométriques des joueurs du groupe Espoirs du SRFC

JOUEUR	GROUPE	POIDS	TAILLE	MASSE GRASSE
Joueur 1	2	74 kg	185 cm	7.6 %
Joueur 2	2	76 kg	184 cm	10.05 %
Joueur 3	1	69.2 kg	177.5 cm	10.4 %
Joueur 4	2	62.4 kg	173 cm	8.26 %
Joueur 5	1	84 kg	188 cm	10.54 %
Joueur 6	2	69.4 kg	179 cm	7.91 %
Joueur 7	1	77.8 kg	182.5 cm	11.56 %
Joueur 8	2	75.4 kg	179.5 cm	10.83 %
Joueur 9	1	74 kg	179.5 cm	12.17 %
Joueur 10	2	78 kg	184 cm	10.15 %
Joueur 11	1	67.2 kg	176.5 cm	10.15 %
Joueur 12	2	72.4 kg	177 cm	7.54 %
Joueur 13	1	67 kg	173.5 cm	11.25 %
Joueur 14	1	72.6 kg	183 cm	11.52 %
Joueur 15	1	69.8 kg	173.5 cm	9.79 %
Joueur 16	2	67.2 kg	169 cm	10.97 %
Joueur 17	2	65.8 kg	170 cm	9.69 %
Joueur 18	1	63 kg	170 cm	10.5 %
Joueur 19	2	71.2 kg	177.5 cm	8.77 %
Joueur 20	1	91 kg	193 cm	9.05 %
Joueur 21	1	72.8 kg	172.5 cm	11.43 %
Joueur 22	2	72.6 kg	171.5 cm	14.35 %
Joueur 23	2	64.6 kg	182.5 cm	8.38 %
Joueur 24	1	72.4 kg	175.5 cm	9.43 %
MOYENNE		72.07 kg	178.2 cm	10.09 %

▪ Annexe N°2 : Compte-rendu du suivi performance GPS sur une séance d'entraînement

Suivi performance



DATE : mercredi, mai 03, 2017 10:35 **Durée :** 90 **Thème :** Transition + Finition **INTENSITÉ :** 3

Joueur	Statut	Distances parcourues						Courses à haute intensité			RPE
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	D1
		Distance totale parcourue	% Distance 0-4	% Distance 6-15	% Distance 15-30	% Distance 30-35	% Distance > 35	Nb Sprint > 25 km/h	Nb Dénivelation > 3m/s²	Nb Accélération > 3 m/s²	Intensité ressentie
GARDIENS											
	Présent										7
	Présent										8
	Absent										
DEFENSEURS											
	Aménagé										
	Présent	6,64	45,82%	46,79%	5,18%	1,68%	0,54%	3	55	51	6
	Prox										
	Présent										6
	Présent										6
	Présent	5,54	48,43%	44,37%	6,32%	0,98%	0,00%	0	41	62	5
	Présent										6
	Présent	6,18	53,05%	37,81%	6,37%	2,40%	0,22%	2	53	72	4
	Présent	6,59	40,46%	43,81%	10,04%	5,07%	0,48%	8	80	157	5
MILIEUX											
	Prox										
	Messé										
	Absent										
	Messé										
	Présent										5
	Prox										
	Présent	7,57	43,06%	45,13%	8,17%	3,32%	0,23%	3	100	130	5
	Présent	7,13	48,50%	38,43%	8,31%	4,33%	0,24%	4	82	155	7
	Présent										5
	Présent	7,67	38,18%	50,14%	9,79%	1,56%	0,34%	2	88	86	7
	Aménagé										
	Présent	6,29	53,80%	35,43%	6,19%	3,04%	1,35%	9	68	136	5
ATTAGUANTS											
	Absent										
	Présent	6,71	47,20%	42,88%	7,36%	2,47%	0,13%	2	75	60	6
	Messé										
	Présent										6
	Présent	7,34	43,41%	46,92%	6,67%	2,63%	0,37%	7	65	98	6
	Présent										6
Moyenne		6,85	46,2%	43,1%	7,4%	2,8%	0,4%	4,00	70,7	101,2	5,8
		Distance	0-4	6-15	> 15 km/h	Sprint	Dir°	Acc°			
Moyenne Présent		6,85	46,2%	43,1%	10,7%	=(en m)	730	4,0	70,7	101,2	5,8
		Objectif distance	33%	35%	30%				Charge d'entraînement	523	

Thème de la séance : Conservation – Transition + Finition

Remarques

1) Technique en carré par 5 ou 6 – passe et suit : 10'

2) Jeu conservation – progression 10x10 + 1 jouer et jouer les 4 – Transition en 8 Stop Ball + dynamique (40x25) : 25'

3) Jeu libre 10x10 + 2 GB (6x7) : 20'

4) Finition appui + soutien + mise – jeu combiné entre attaquants : 15'

Légende

Intensité séance	0-4 km/h	6-15 km/h	> 15 km/h
1	100%	0%	0%
2	<25%	40%	>35%
3	<25%	35%	>10%
4	<20%	35%	>15%
5	<20%	30%	>20%

▪ Annexe N°3 : Séance d'entraînement de football du groupe Espoirs du SRFC

SRFC - GROUPE ESPOIRS 2016/2017					mercredi 3 mai 2017	
<p>Nhoda T. Ayoola C. Héquet A. Pivry M. Maranda I. Youafi A. Touad C.</p> <p>Jacques H. Gèle J. Mehadjji B. Diarra S. Verbeke M. Hervé T. Lottin J. Gauthier B. Laminata A.</p> <p>Haard M. Obanoré R. Soudou A. Dialo N. Bernauer M. Leroyer A. Moutaroup A. Brassier L. Gou J.</p> <p>Cogan B. Polony V. Louis T.</p>					<p>Effectif : 20</p> <p>Joueurs de champs : 20</p> <p>Gardiens de but : 0</p> <p>Arbitre : []</p> <p>Frog : []</p> <p>Après : []</p> <p>Assist(s) : []</p> <p>Blasol(s) : []</p> <p>U19-D S E : []</p> <p>S&S : []</p> <p>Stations : 202</p> <p>Durée de séance : []</p>	
PHASE D'ATTAQUE	PHASE INCORPORATION	PHASE REPLACEMENT	PHASE CONTRÔLE ATTAQUE	STRATÉGIE		
mise en relance	renforcement C/D	press press	1ère passe verticale	cpa est		
déroulé	cadre-réduction espace	replacement C/D	jeu direct	cpa est		
faux jeu	impulsion de la récup	gestion profondeur	renouée 202 pressions	touché-mise en jeu		
gestion des défenses	efficacité-accrédité	jeu de sé-évaluation	enroulement-évaluation	intensification-évaluation		
Mise en place-évaluation		Durée	Description			
<p><u>Techuig</u> 6'</p> <p>En carré par 5 ou 6 passe et fait</p>						
<p><u>Jeu construction - progression</u> 2x12'</p> <p>10x10 + 4 joueurs "jeu large" au touché = shooter pour jouer large relance autorité, 6 joueurs minimum jeu adverse Transition = 100m dans 5 secondes</p>		30'				
<p><u>JEU LIBRE</u></p> <p>10x10 + 200 (10x10 - 10x10)</p>		20'				
<p><u>Façonnel</u></p> <p>Appui toutes ses jeu construit entre att.</p>		2x6'				

▪ Annexe N°4 : Tableaux de données du groupe 1 et du groupe 2

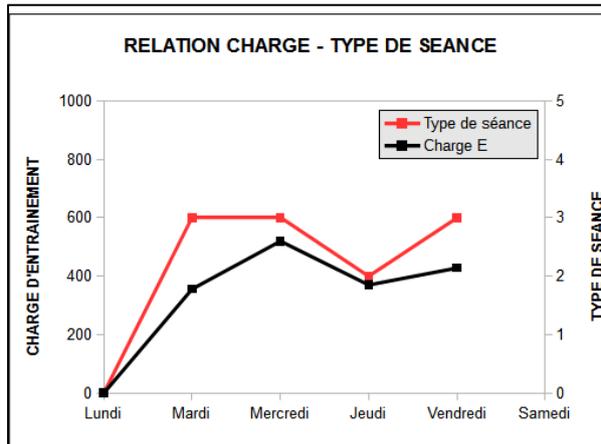
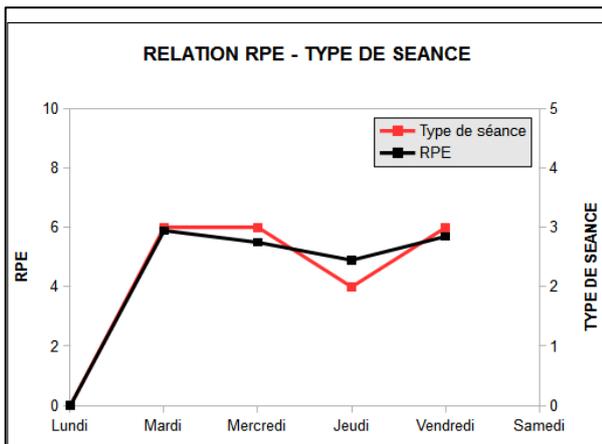
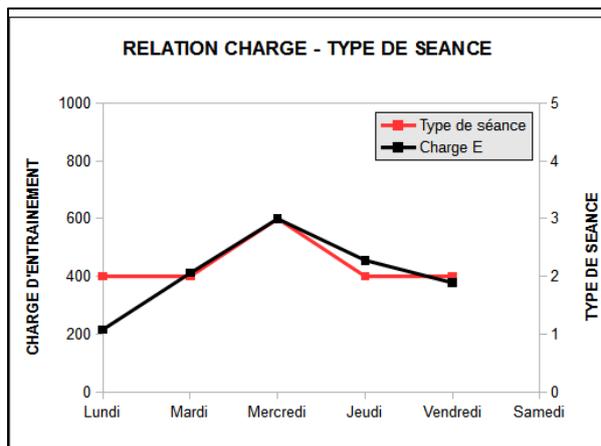
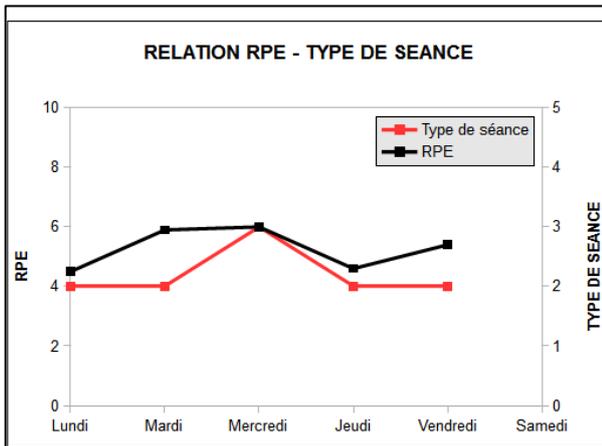
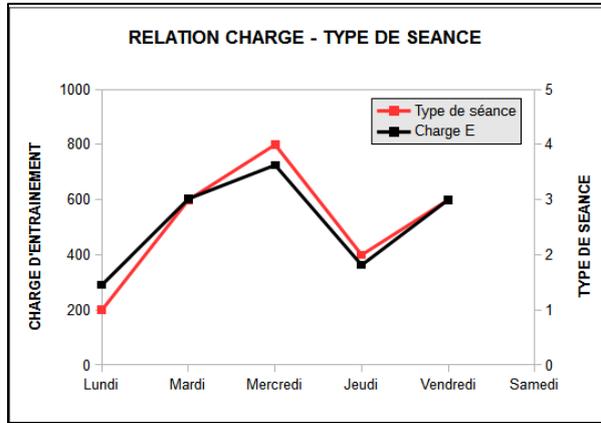
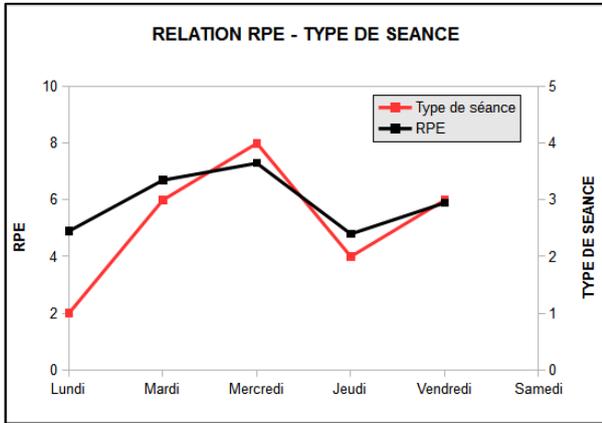
Données G1		
Type	Charge	RPE
1	214	4,3
1	220	4,4
1	227	3,8
1	247,5	4,5
1	324	5,4
2	247	4,1
2	291,5	5,3
2	336	5,7
2	344	5,6
2	371	6,1
2	395	5,4
2	396	6
2	438	5,6
2	455	6,5
2	523	5,5
2	529	6,2
2	548	5,9
3	448	6,4
3	476	6,8
3	525	6,3
3	639	7,1

Données G2		
Type	Charge	RPE
1	294	5,6
1	291	4,9
2	417	5,8
2	363	4,8
2	216	4,5
2	412	5,9
2	456	4,6
2	378	5,4
2	370	4,9
3	583	6,6
3	604	6,7
3	502	5,9
3	600	6
3	356	5,9
3	520	5,5
3	428	5,7
4	589	6,2
4	726	7,3

Moyennes G1		
Type	Charge	RPE
1	246,50	4,48
2	406,13	5,66
3	522	6,65

Moyennes G2		
Type	RPE	Charge
1	5,25	292,50
2	5,13	373,14
3	6,04	513,29
4	6,75	657,5

▪ Annexe N°5: Suivis GPS hebdomadaires du groupe Espoirs du Stade Rennais



Résumé

La gestion de la charge d'entraînement des sportifs de haut niveau est un facteur essentiel dans une optique de performance et de prévention des blessures. Le système de positionnement par satellites (GPS) se caractérise aujourd'hui comme un appareil hautement technologique et très facile d'utilisation, permettant de mettre en évidence les compétences physiques des joueurs et de les analyser sous une multitude de points.

L'objet de cette étude était de se servir de ce support afin de quantifier les efforts fournis par l'ensemble des joueurs de football, et de mettre en place une catégorisation de séance selon l'intensité globale qu'elle générerait par le biais d'une échelle basée sur les distances parcourues et la façon dont elles l'étaient. A des fins de validation de ce système, nous avons cherché à le comparer à d'autres modèles largement valides et relevant des informations similaires tels que la RPE et la charge d'entraînement.

Vingt-quatre joueurs de football élites de niveau national (poids : 72,07 kg ; taille : 178,2 cm ; masse grasse : 10,09 %) furent distingués dans deux groupes distincts (n = 12) dans le but de vérifier les données mesurées sur des publics différents, et participèrent à 8 semaines de compétition à raison d'un entraînement quotidien, avec port d'un GPS 10 Hz chacun.

Les résultats montrent qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre les différents types de séances, ceci aussi bien concernant le modèle RPE que pour la charge d'entraînement. Ainsi, nous pouvons mettre en évidence l'utilité de ce système, qui semble correspondre à un outil valide de suivi de l'intensité et de la charge exercée lors de l'activité football.

Mots clés: GPS, RPE, charge d'entraînement, catégorisation, intensité, football.

Abstract

The training load management of high-level athletes is an essential factor in performance and injury prevention. The global positioning system (GPS) is nowadays characterized as a highly technological and an easy-to-use device, allowing to highlight the physical skills of players and to analyse them by different ways.

The aim of this study was to use this medium to quantify the efforts of all the football players, and to set up a session categorization representing the global intensity generated by a scale based on distances traveled and the way they were. For the purpose of validating this system, we have sought to compare it to other widely valid models handling close informations like RPE or Training load.

Twenty-four national elite soccer players (body mass : 72,07 kg ; height : 178,2 cm ; fat mass : 10,09 %) were distinguished in two distincts groups (n = 12) in order to confirm the data measured on different audiences, and participated in 8 weeks of competition with daily training, and each bearing a 10 Hz GPS. The results show a significant difference ($p < 0,05$) between the different types of sessions, both for the RPE model and the training load. Thus, we can highlight the usefulness of this system, wich seems to correspond to a valid tool for monitoring the intensity and the load exerted during the football activity.

Key words: GPS, RPE, training load, categorization, intensity, football.