



Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'IFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : secretariat@kine-nancy.eu

Liens utiles

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

MINISTÈRE DE LA SANTÉ

RÉGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**ETUDE CINEMATIQUE DU GENOU
CONTROLATERAL A LA BALLE DANS LA
POSITION DE RAMASSAGE AU HORSE-BALL**

Initiation à la recherche

Mémoire présenté par **Fiona TEMPEL**

Etudiante en 4^e année de masso-

kinésithérapie en vue de l'obtention du

Diplôme d'Etat de Masseur-Kinésithérapeute

2015-2019.



UE 28 - MÉMOIRE
DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e), TEMPEL FIONA.....

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Nancy, le 27 avril 2019.....

Signature

RESUME / ABSTRACT

Etude cinématique du genou controlatéral à la balle dans la position de ramassage au horse-ball.

La pratique sportive se développe au sein de la population, et ses bienfaits sur la santé ne sont plus à prouver. Toutefois, pratiquer une activité physique peut comporter des risques de blessures, et les répercussions de certains mouvements sportifs peuvent être délétères sur l'organisme à long terme.

Au plus haut niveau des sports majeurs, les athlètes bénéficient d'un suivi optimal, encadré par une équipe pluridisciplinaire. Cependant, certains sports en expansion, tel que le horse-ball, ne disposent pas de ce suivi, à niveau équivalent. Sport de contact pratiqué à cheval, et mélange de basketball et de rugby, le horse-ball compte environ 200 joueurs professionnels en France. De par l'intensité de leur discipline, ils sont exposés à de grandes contraintes articulaires, et notamment au niveau des genoux.

Notre étude vise à objectiver qu'il existe une rotation latérale du genou controlatéral à la balle lors du geste de ramassage. Ce travail de fin d'étude est une première approche dans le domaine du horse-ball, et nous avons voulu promouvoir la place du kinésithérapeute dans un sport de haut niveau encore méconnu. Il permet également aux masseurs kinésithérapeutes d'avoir connaissance de ce geste, qui peut porter atteinte à l'intégrité physique des athlètes à long terme.

Grâce à trois cavalières évoluant en circuit professionnel, et en collaboration avec la société TEA, apportant sa technologie des capteurs Captiv-Motion (™), nous avons pu réaliser une étude cinématique 3D du geste de ramassage. Nous avons effectué une série de ramassages à quatre allures différentes, et selon deux méthodes de ramassage.

Ainsi, nous avons mis en évidence que le genou subit une rotation latérale, et qu'en fonction de la méthode de ramassage utilisée, l'amplitude de rotation varie. En effet, la deuxième méthode étudiée présente des angles moyens maximal de rotation latérale supérieur à la première méthode (jusqu'à 50° contre 30°). De plus, elle provoque un débattement articulaire plus important (44° contre 15°). Nous avons constaté que la première méthode était la plus appropriée pour ces joueurs, et de plus, elle leur permet d'être plus performant.

Mots clefs : Analyse cinématique - centrale inertielle - horse-ball - rotations de genou - système 3D

A kinematic study of the contralateral knee to the ball in the horse-ball pickup position.

Participation in sports continues to grow in the population and it is no longer necessary to prove the health benefits of sports activities. However, physical activity can carry a risk of injury and the impact that certain movements in sport can be deleterious to the body on the long term.

At the highest level of major sports, athletes benefit from optimal follow-up that is supervised by a multidisciplinary team. However, several increasingly popular sports, such as horse-ball, do not have this level of follow-up for equivalent categories. Horse-ball is a contact sport played while riding a horse that is a mix of basketball and rugby. Horse-ball currently has approximately 200 professional players in France. Due to the intensity of their discipline, players are exposed to major articular constraints, especially with respect to the knees.

Our study aims to understand if there is a lateral rotation of the knee contralateral to the ball during the pickup move. This study is the first of its kind for the sport of horse-ball and we attempted to promote the place and importance of the physiotherapist in a still unknown but high-level sport. This also allows the physiotherapist to be aware of these actions, which can affect an athlete's physical integrity in the long term.

Thanks to three players currently active on the professional circuit, as well as a collaboration with TEA who provided their Captiv-Motion™ sensor technology, we were able to perform a 3-D kinematic study of the pickup move. We performed a series of pickups at four different speeds and with two methods.

We found that the knee had a lateral rotation and, depending on the pickup method used, the rotation range varied. Indeed, the second method studied has maximal average angles of rotation (up to 50° against 30°). In addition, it causes a higher articular deflection (44° against 15°). Therefore, we suggest that the first method is the most appropriate and, furthermore, this method provides the advantage of being more efficient.

Keywords: Kinematic analysis – horse-ball - 3-D system - inertial measurement unit - knee rotations.

SOMMAIRE

RESUME

ABSTRACT

GLOSSAIRE

1. INTRODUCTION	1
1.1. Contextualisation de la problématique	1
1.2. Cadre conceptuel	3
1.2.1. Le horse-ball.....	3
1.2.2. Le ramassage	4
1.2.3. Rappel anatomique.....	6
1.2.3.1. Les surfaces tibiales et fémorales	6
1.2.3.2. Les ménisques	7
1.2.3.3. Les ligaments	8
1.2.3.4. Les muscles rotateurs	9
1.2.4. Cinésiologie du genou et étude cinématique du geste sportif.....	9
1.2.4.1. Cinésiologie	9
1.2.4.1.1. Cinésiologie physiologique du genou	9
1.2.4.1.2. Cinésiologie du geste en rotation latérale et flexion de genou	11
1.2.4.2. Etude cinématique	11
2. MATERIELS ET METHODES	12
2.1. Stratégie de recherche documentaire	12
2.2. Matériels	13
2.2.1. Introduction	13
2.2.2. Collaboration avec la société TEA.....	14
2.2.3. Collaboration avec le centre équestre Bel Air.....	15
2.2.4. Dispositifs d'enregistrement	15
2.2.5. Traitement des données et logiciel d'analyse statistique	16
2.3. Méthodologie de conception d'un projet expérimental	18
2.3.1. Population	18

2.3.2.	Plan d'expérience	18
2.3.2.1.	Renseignements et consentement libre et éclairé	18
2.3.2.2.	Protocole d'enregistrement des mesures	20
2.3.2.2.1.	Objectif défini	20
2.3.2.2.2.	Protocole	20
2.3.2.3.	Mise en place des électrodes de surface	20
2.3.2.4.	Mise en place des capteurs	22
2.3.2.5.	Déroulement des essais.....	24
2.3.2.6.	Codage vidéo	26
2.3.2.7.	Collecte des résultats et des ressentis de joueuses.....	27
3.	RESULTATS	28
3.1.	Analyse de la contribution des variables de l'étude	28
3.2.	Caractérisation de la rotation moyenne subie par le genou lors du ramassage	29
3.3.	Effet de l'allure sur la rotation latérale	30
3.4.	Comparaison des deux méthodes de ramassage	31
3.5.	Synthèse des résultats statistiques obtenus.....	33
3.6.	Résultats du questionnaire	33
4.	DISCUSSION	34
4.1.	Analyse critique des résultats	35
4.1.1.	Domaine de validité des résultats.....	36
4.1.2.	Synthèse des résultats de l'étude.....	36
4.1.3.	Résultat questionnaire	39
4.2.	Analyse critique, biais et limites du protocole	39
4.2.1.	Système d'analyse	40
4.2.2.	Enregistrement	42
4.2.3.	Exploration par EMG	43
4.2.4.	Codage.....	44
4.2.5.	Observations.....	45
4.2.6.	Questionnaire	47
4.3.	Intérêts et limites des résultats au vue de la littérature	47
4.4.	Intérêts et limites au vue de la pratique masso kinésithérapie.....	48
5.	OUVERTURE ET SUITES DE L'ÉTUDE.....	49

6. CONCLUSION.....	50
--------------------	----

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

GLOSSAIRE DES ABREVIATIONS

- ATM : Artéfact de Tissus Mous
- EBP : Evidence Based Practice
- EMG : Electromyogramme
- FFE : Fédération Française d'Equitation
- IMU : Inertial Measurement Unit
- MK : Masseur-Kinésithérapeute
- PME : Petite et Moyenne Entreprise

1. INTRODUCTION

1.1. Contextualisation de la problématique

De nos jours, le sport est devenu un enjeu majeur de santé publique (1). Qu'elle soit professionnelle, amateur ou de loisir, la pratique sportive est reconnue pour ses différentes vertus sur la santé physique et mentale (1). Elle touche ainsi à la valorisation de l'estime de soi, et permet de créer des liens sociaux (1). L'engouement pour l'activité physique n'est plus seulement propre aux licenciés des principales fédérations. Le constant besoin de renouveau de notre société permet de voir se développer de nouvelles disciplines.

Parmi les disciplines en plein essor, au sein de la 3^{ème} fédération sportive française en nombre de licenciés (644 800 en 2017) (2), le horse-ball se développe et commence à prendre sa place dans le paysage sportif, tant au niveau national qu'international (2). C'est un sport qui se pratique à cheval, dont le but du jeu est de marquer dans le cerceau adverse (2; 3; 4). Semblable au basket-ball, les joueurs se disputent une balle munie de six anses (2; 3; 4). Au cours d'un match de horse-ball, le ballon est amené à tomber au sol à de multiples reprises. Les joueurs doivent alors le ramasser, sans descendre de leur cheval (3; 4). Ils se penchent sur le côté de leur monture jusqu'à pouvoir attraper le ballon au sol, il s'agit du ramassage (3; 4).

Les meilleurs joueurs, bien qu'évoluant dans le circuit professionnel, ne bénéficient ni de suivi médical ni de kinésithérapie comme dans d'autres sports à niveau équivalent. Ils ne sont pas salariés de leurs clubs et ont tous une activité professionnelle indépendante. Le niveau d'exigence et de contrainte du sport moderne en compétition est de plus en plus important, c'est pourquoi le masseur-kinésithérapeute (MK) occupe une place de plus en plus importante dans ce domaine d'activité. Les sports intenses peuvent altérer les propriétés biomécaniques du corps humain. En effet, une sur-sollicitation d'une articulation, dans des mouvements extrêmes, peut induire des modifications structurales anatomiques, des douleurs, et ainsi apporter des changements cinématiques d'un geste donné, ce qui, par conséquent, va entraîner une baisse de performance (5).

Motivés par l'exploit et le dépassement de soi, la plupart des athlètes de haut niveau sont prêts à risquer de nombreuses blessures au profit de leur performance. Dans cette quête de l'excellence, les sportifs supportent des séances d'entraînement quotidiennes intenses et répètent les mêmes gestes une multitude de fois afin de les maîtriser à la perfection. Cette surcharge physique et mentale, nécessaire pour performer à court terme, peut se faire au détriment de leur santé. Le horse-balleur, de par la répétition des gestes et l'intensité de sa discipline, est exposé fréquemment à de grandes contraintes articulaires durant sa pratique.

Il est essentiel de diminuer l'occurrence des blessures chez le sportif de haut niveau car celles-ci peuvent avoir un impact important sur la santé, la performance et in fine engendrer de grandes répercussions sur la carrière de l'athlète (5). La professionnalisation du sport a permis de donner une place prépondérante au masseur-kinésithérapeute dans l'encadrement des sportifs. Ce spécialiste du mouvement, grâce à son œil expert, a un rôle à jouer dans l'observation de ces paramètres pour accompagner le joueur dans sa recherche de performance. Il intervient dans les phases de préparation et de récupération autour des matchs, mais également dans le suivi au quotidien des athlètes. Que ce soit pour amener à la performance optimale, pour préserver la meilleure intégrité physique possible ou encore pour récupérer d'une blessure, sa connaissance de la physiologie musculaire est un atout majeur dans l'équipe médicale. La réussite de sa mission est basée sur sa collaboration avec les médecins et les entraîneurs, car ils sont tous garants de la capacité des athlètes à pouvoir performer.

Avec les progrès technologiques, les masseurs kinésithérapeutes peuvent améliorer leur qualité d'analyse, notamment sur la performance et la gestion du sportif de haut niveau. Grâce à l'émergence des capteurs embarqués, les possibilités d'analyse autour du sportif sont nombreuses. Le physiothérapeute va exploiter toutes ces données pour lui permettre d'adapter la prise en charge de chaque athlète.

Mon parcours de vie m'a amenée à expérimenter ce sport que j'exerce maintenant depuis quinze ans en compétition. J'ai eu la chance de pouvoir accéder au circuit professionnel depuis quatre ans (2). Lors de ma pratique sportive, j'ai pu observer que les joueurs se plaignent régulièrement de douleurs, que ce soit au niveau des genoux ou bien au niveau de la région lombaire. Je me suis interrogée sur le geste de ramassage qui, à mon sens, sollicite énormément

les genoux. De par mon expérience, je connais ce geste et je voulais objectiver, grâce à l'analyse 3D, les mouvements de genou lors du ramassage.

Le geste de ramassage requiert des qualités de souplesse, de dextérité et nécessite un temps d'apprentissage pour en maîtriser parfaitement la technique. Ces joueurs réussissent à ramasser la balle au sol sans chuter alors que leur cheval est en mouvement. **Existe-t-il une rotation latérale du genou controlatéral à la balle dans le geste de ramassage pour permettre aux joueurs de rester en selle ?**

De nombreuses questions découlent de cette problématique :

- Ce geste complexe est-il délétère pour les structures anatomiques qui composent l'articulation du genou ?
- Existe-t-il une approche du geste qui sollicite moins le genou ?
- L'allure du cheval a-t-elle une influence sur la rotation latérale ?
- Quels sont les ressentis des joueuses vis-à-vis de ces deux techniques ?

Nous tenterons, au travers de cette étude, de répondre à ces questions.

Dans un premier temps, nous présenterons le horse-ball ainsi que le geste de ramassage. Ensuite, nous ferons un rappel sur les structures anatomiques de l'articulation du genou puis sur sa cinésiologie, ce qui nous permettra, par la suite, de comprendre l'analyse cinématique. Dans un second temps, nous décrirons notre méthodologie d'analyse et nous étudierons les deux gestes, puis nous comparerons ces techniques pour déterminer laquelle est la moins contraignante pour l'articulation du genou. Les résultats seront exposés dans une troisième partie puis nous discuterons des limites et intérêts de cette étude avant de conclure.

1.2. Cadre conceptuel

1.2.1. Le horse-ball

Sport équestre collectif, inventé en France en 1979, le horse-ball est inspiré à la fois de sports collectifs contemporains tels que le rugby et le basket, et d'une adaptation du Pato Argentin et du Bouzkachi Afghan (jeu équestre ancestral, très violent, où les participants s'affrontaient pour remporter une carcasse de chèvre) (2) (ANNEXE I).

Deux équipes composées de quatre titulaires et deux remplaçants, à cheval, se disputent un ballon muni de six anses en cuir afin de le saisir (2). Les coéquipiers se passent le ballon, et doivent effectuer trois passes entre trois joueurs différents avant de tenter de marquer dans le cerceau adverse situé à chaque extrémité du terrain (3; 4). Afin de défendre son camp, le joueur a la possibilité d'arracher la balle à son adversaire, d'une seule main, ou bien d'intercepter au vol une passe ou un tir (3; 4). Les défenseurs sont également autorisés à pousser l'attaquant, détenteur de la balle, hors des limites du terrain en s'aidant du poids du cheval (3; 4). Très intense à la fois pour les équidés et pour les joueurs, un match de horse-ball se déroule en deux périodes de dix minutes, séparées par une mi-temps de trois minutes (3; 4). Trois types de pénalités, de gravité croissante, sont prévus pour sanctionner les actions dangereuses afin de préserver au maximum la sécurité des participants (3; 4).

Preuve du développement du horse-ball ces dernières années, la première coupe du monde a été organisée en 2008 (2). Depuis cette date, elle a lieu tous les quatre ans, et de plus en plus de pays y participent (2). On compte parmi les prétendants les plus sérieux : l'Espagne, l'Argentine, la Belgique ainsi que la France, restée invaincue en compétition internationale, européenne ou mondiale, jusqu'en 2017 (2). Sur le plan national, le circuit professionnel comprend les deux meilleures divisions, mixtes et féminines (2; 4). Suivent un circuit amateur au niveau national et un circuit club au niveau régional (2). En 2011, on compte plus de 1 300 épreuves de Horse-ball organisées par an, ce qui représente plus de 16 000 participants (2).

1.2.2. Le ramassage

Pour que le MK soit à l'aise dans la prise en charge d'un joueur de horse-ball, il faut qu'il prenne connaissance de ce geste. Le ramassage est un geste complexe propre à la discipline du horse-ball. Il peut être effectué à n'importe quelle allure, hormis lors de l'engagement du match qui doit être obligatoirement réalisé au galop (3; 4). Pendant ce geste, le cheval ne doit ni s'arrêter ni changer d'allure et doit rester sur une trajectoire rectiligne (3; 4). Pour illustrer ce propos, un cheval lancé au galop ne peut pas repasser dans le trot sous peine d'encourir une pénalité. Le geste du ramassage est permis grâce à la sangle de ramassage, sangle en cuir qui relie les deux étriers du cavalier, en passant sous le ventre du cheval.

Faute d'explication dans la littérature, je vais tenter de vous décrire les différentes phases du ramassage à commencer par la méthode la plus classique.

En premier lieu le cavalier anticipe la trajectoire du cheval et le place latéralement à distance suffisante de la balle. Puis, en gardant une main sur la rêne extérieure à la balle de sorte à guider encore son cheval, il va préparer son geste en tournant le pied vers l'extérieur dans le but de stabiliser son étrier. Ensuite, il va glisser sur le côté de sa monture en amenant le bassin vers le talon homolatéral à la balle et simultanément il va lever la jambe controlatérale et placer son genou dans le siège de la selle. A ce moment-là, la sangle de ramassage est tendue à son maximum et permet de stabiliser le cavalier. Une fois le bassin au plus bas sur le côté du cheval, le cavalier garde ses épaules alignées avec celles de sa monture, il relâche la rêne du côté controlatéral et réalise une inflexion latérale du buste qui a pour finalité d'attraper la balle au sol. Lorsque la balle est attrapée, le cavalier se redresse. Une fois le buste à la verticale, le cavalier retourne en selle en poussant sur sa jambe homolatérale à la balle.

Pour ce qui est de la seconde méthode, c'est la phase où le cavalier lève sa jambe qui diffère. En effet, cette fois-ci, il va lever la jambe de sorte à porter son genou devant le garrot du cheval, en avant de la selle. De ce fait, le cavalier réalise un ramassage en avant de l'épaule de son cheval.

En équitation, les allures décrites sont, dans l'ordre croissant, le pas, le trot et le galop. Nous appellerons « arrêt » la phase où le cheval reste immobile. Nous allons détailler les différentes allures très brièvement. Tout d'abord le pas est l'allure la plus lente (6; 7). Elle est dite « marchée » car le cheval a constamment au moins deux membres au sol. C'est une allure décrite comme étant symétrique à quatre temps (6; 7). Le trot, quant à lui, est une allure sautée symétrique à deux temps équivalents entrecoupés d'un moment de propulsion verticale (projection) qui aura un impact sur l'assiette (équilibre) du cavalier (6; 7). Enfin, le galop est l'allure la plus rapide, allant à 30km/h en moyenne et pouvant atteindre les 60km/h. Il s'agit d'une allure asymétrique sautée à trois temps suivis d'une phase de suspension (7). Elle est également qualifiée d'allure basculée, la phase de propulsion verticale est majorée par un balancement. La notion de balancement s'explique par la montée et la descente alternatives de la croupe et du garrot au cours de la foulée (6; 7). L'augmentation de l'allure entraîne, lors du

ramassage, une instabilité plus importante de la cavalière sur sa monture. C'est pourquoi, elle va chercher à compenser ce déséquilibre, soit en réduisant les amplitudes articulaires au niveau du genou, soit en les augmentant entraînant alors un blocage plus important du pied dans l'étrier de la selle.

Nous avons voulu étudier, au cours de ce projet, des ramassages aux différentes allures, possibles durant un match.

1.2.3. Rappel anatomique

Pour nous permettre de comprendre au mieux la biomécanique du genou, nous faisons un rappel anatomique sur les éléments qui composent cette structure. L'articulation du genou est l'articulation intermédiaire du membre inférieur (8; 9; 10). Elle est composée de deux articulations distinctes sur le plan mécanique, mais comprises dans la même capsule (9), il s'agit de l'articulation fémoro-tibiale et fémoro-patellaire (8). Dans cette étude nous allons nous intéresser uniquement à l'articulation fémoro-tibiale et nous considérons qu'une rotation est décrite comme étant le mouvement du tibia sous le fémur.

Cette articulation est très exposée aux chocs, elle est donc vulnérable (8; 9). De plus, c'est une articulation qui travaille dans des conditions mécaniques difficiles (10). En effet, elle permet à la fois une grande amplitude articulaire de flexion extrême, 140° - 160° vers l'extension 0° (9; 10), mais elle est aussi soumise à des contraintes en porte-à-faux, en torsions, et en rotations. Les surfaces articulaires sont peu congruentes (10), en effet, les condyles fémoraux convexes s'articulent sur les plateaux tibiaux réduits et creusés (8). C'est pourquoi, pour lui assurer une entière stabilité et solidité, l'articulation du genou est entourée d'éléments actifs tels que les muscles et d'éléments passifs tels que les ménisques et les ligaments (10).

1.2.3.1. Les surfaces tibiales et fémorales

Les condyles fémoraux sont des massifs articulaires déjetés en arrière et dont le rayon de courbure est plus important en avant qu'en arrière (8; 9; 10). De cette façon, le bord postérieur du tibia ne vient pas buter contre la diaphyse fémorale (10). Comme la courbure varie

sans arrêt (10), le centre instantané de rotation varie également, ce qui entraîne une variation de l'axe du genou en permanence au cours du mouvement (9; 10), on dit que le genou est polycentrique. A chaque mouvement, on a un point de contact différent (10). Quand le genou est tendu, le centre articulaire est antériorisé et très haut, tandis que quand le genou est fléchi, le centre est inversé. Par conséquent, au départ du mouvement, l'axe de rotation est loin de l'axe articulaire, et au fur et à mesure il se rapproche (9).

Les condyles médial et latéral ne sont pas identiques (8; 9; 10). En effet, le condyle tibial médial est légèrement creusé (8), donc favorise la stabilité (9), alors que le latéral est légèrement bombé (8) et entraîne un mouvement de glissement avec une grande mobilité (9). De plus, le condyle fémoral médial est plus étroit et plus long tandis que le condyle fémoral latéral est plus large (9).

1.2.3.2. Les ménisques

Les ménisques sont des structures fibrocartilagineuses intra articulaires (10) et triangulaires à la coupe (8; 9; 11). Ils sont attachés sur la surface tibiale par les freins des cornes antérieures et postérieures (8; 9; 10). Le ménisque médial a une forme de C, qui répond au condyle médial et le ménisque latéral une forme de O qui, lui, répond au condyle latéral (8; 10).

Leurs rôles sont primordiaux pour le bon fonctionnement de l'articulation du genou. De par leur qualité hydrique (70%), ils ont un rôle important d'amortisseur (8; 10; 12). En effet, ils vont absorber les contraintes en pression (8; 10) et vont les répartir du centre vers la périphérie (12). Cependant, cette répartition reste inégale (9), puisque le ménisque médial absorbe 40% des contraintes, tandis que le ménisque latéral en absorbe 70% (11). De plus, ils sont également constitués de fibres de collagène, qui leur permettent d'assurer une meilleure résistance aux forces de traction.

Les ménisques participent à la stabilité du genou (8), en rétablissant la congruence des surfaces articulaires (9; 10; 11). Ils ont un rôle de cale de part et d'autre du condyle fémoral pour lui permettre d'être stable (9; 10). De par sa localisation et sa forme, il joue également un rôle dans la lubrification articulaire (11), en permettant à la synovie de circuler plus facilement

entre les surfaces articulaires et ainsi réduire les forces de frictions (12). Lorsque le genou est tendu, les ménisques assurent la différence de forme entre le fémur et le tibia, les rôles de calage et de lubrification sont efficaces (9; 10). En revanche si le genou est fléchi, la surface condylienne est moins plane, donc les ménisques ne suffisent plus à assurer la congruence, et par conséquent, les rôles de calage et de lubrification ne sont plus efficaces (9; 10).

Ce fibrocartilage est très peu vascularisé (uniquement en périphérie), ce qui le rend vulnérable. C'est pourquoi, il se fissure très facilement sans grande conséquence lorsque le morceau reste en place. En revanche, si ce dernier, toujours attaché au niveau des cornes, se soulève comme une anse de seau, il va se coincer dans l'échancrure intercondylienne et provoquer instantanément un blocage du genou (10). L'atteinte méniscale est la plus fréquente du genou et représente 15% de l'ensemble des blessures du sportif (12)

1.2.3.3. Les ligaments

L'ensemble des surfaces articulaires du complexe fémoro tibial sont maintenues entre elles par la capsule articulaire mais aussi par les ligaments collatéraux et les ligaments croisés (8; 10). Il existe quatre ligaments qui composent l'articulation du genou, ils sont dits « extra articulaires ». Ces ligaments maintiennent la congruence des surfaces articulaires, quelle que soit la position du genou.

Il existe tout d'abord un système ligamentaire collatéral. D'abord, le ligament collatéral latéral, tendu entre l'épicondyle fémorale et la fibula, qui a un trajet vers le bas et l'arrière (8; 9; 10). Ensuite, le ligament collatéral médial, qui lui est tendu entre le fémur et le tibia, et suit un trajet vers le bas et l'avant (8; 9; 10). Le ligament collatéral fibulaire est secondé par le tractus ilio tibial (10). En revanche, le ligament collatéral tibial est aidé par les muscles de la patte d'oie (sartorius, semi tendineux, gracile) ainsi que le quadriceps via ses expansions directes et croisées (10).

Puis, il existe les ligaments croisés, tendus entre les surfaces intercondylaires et les condyles fémoraux (8; 9; 10). Le ligament croisé antérieur, le plus long, est tendu vers le haut, l'arrière et le dehors, tandis que le ligament croisé postérieur a un trajet vers le haut, l'avant et

le dedans (8; 9; 10). Ce qui fait que ces deux ligaments sont croisés dans deux plans distincts : frontal et sagittal (8; 9; 10).

1.2.3.4. Les muscles rotateurs

Il existe plusieurs muscles qui ont un rôle de rotateur de genou tels que les muscles de la patte d'oie, le tenseur du fascia lata, le poplité, les ischio jambiers ainsi que le vaste médial et latéral du quadriceps (8; 9; 10). En co-contraction, ils participent à la stabilité active du genou (8). Les muscles rotateurs médiaux tels que les ischio-jambiers sont plus puissants que les rotateurs latéraux (8; 10). Ces muscles sont également fléchisseurs de genou. C'est pourquoi, il existe un déséquilibre de départ qui favorise la rotation médiale du tibia sous le fémur lors de la flexion.

1.2.4. Cinésiologie du genou et étude cinématique du geste sportif

1.2.4.1. Cinésiologie

1.2.4.1.1. Cinésiologie physiologique du genou

Nous savons que l'articulation du genou possède deux degrés de liberté (8; 9; 13). En revanche, il existe une laxité ligamentaire qui permet de mesurer un déplacement de l'articulation en varus/valgus dans un plan frontal (9; 10). Dans notre étude, nous nous focalisons uniquement sur les mouvements de rotations. L'axe de flexion se situe dans un plan frontal et passe par les condyles fémoraux (10). L'axe de rotation, est un axe vertical qui suit le squelette jambier, en passant par le tubercule intercondyalaire médial (9 ; 10). Enfin, l'amplitude articulaire de rotation interne est de 35°, et celle de rotation externe, un peu plus conséquente, est de 50° (10).

Les rotations de genou sont limitées passivement par la tension de la capsule et du ligament collatéral associé (10). De plus, elles sont limitées activement par les muscles. Il existe une rotation axiale dite « automatique » lors de la flexion expliquée en partie par la conformation des surfaces articulaires (9; 10). En effet, il y a plus de roulement sur le compartiment latéral que médial, par conséquent, le condyle latéral va se déplacer davantage vers l'arrière que le condyle médial, il parcourt donc une plus grande distance dans le même

temps, ce qui signifie qu'il va plus vite (10; 14). Cette asymétrie de mouvement implique que le mouvement de flexion s'associe à une rotation médiale du tibia sous le fémur (10; 14).

Lors de ce mouvement, on va avoir un glissement et un roulement des deux surfaces articulaires entre elles (10). Cette proportion de phase de roulement et de glissement va varier en fonction de l'amplitude angulaire du genou (10). En effet, le mouvement de flexion s'initie par une phase de roulement pur (0-20°), c'est une solution très peu usante pour les structures cartilagineuses, contrairement au glissement (9; 10). Au cours du mouvement, il existe une association entre glissement et roulement (9; 10). Pour finir, on observe un glissement pur en fin d'amplitude (9; 10).

Lorsque l'on atteint environ 60/90° de flexion de genou, les coques condyliennes et les ligaments collatéraux sont détendus (10) et n'ont plus d'influence sur les rotations. A cette amplitude, les ligaments croisés ne s'opposent pas aux rotations. En rotation latérale du tibia sous le fémur, les ligaments croisés vont se détendre, tandis que les ligaments collatéraux vont se mettre en tension (9), et inversement pour la rotation médiale (9; 10). De plus, les surfaces articulaires ne sont plus concordantes, et les ménisques n'assurent plus le rôle de joint entre les différentes structures (10). Il n'existe presque plus d'éléments de stabilisation des rotations excessives. Le genou est donc très fragile et vulnérable en rotation, car le contrôle passif est quasi inexistant (10).

Les ménisques entourent le point de contact du condyle fémoral sur le tibia (9; 10). Ainsi, lors de la flexion, ce point de contact recule, et les ménisques, centrés sur les condyles, suivent le mouvement (9; 10; 14). En rotation, un plateau tibial avance sous le fémur, et l'autre recule (9; 10; 14). De ce fait, un ménisque se déforme vers l'avant, et l'autre vers l'arrière (9; 10; 14). En cas de mouvement combiné de flexion et de rotation, il y a automatiquement un ménisque qui subit l'étirement postérieur de la flexion et celui de la rotation (9; 10). L'autre ménisque est amené vers l'arrière par la flexion, mais profite d'un retour en avant par la rotation (9; 10). Nous comprenons qu'un ménisque est soulagé par l'annulation des deux composantes tandis que le second subit une double peine.

1.2.4.1.2. Cinésiologie du geste en rotation latérale et flexion de genou

Pour une posture optimale à cheval, les cavalières présentent une flexion de genou. Nous pouvons dire qu'une rotation latérale est associée à cette flexion au cours du ramassage. Dans ce cas, le ménisque médial serait épargné par son mouvement de retour vers l'avant. Le ménisque latéral, quant à lui, subirait la double peine vers l'arrière avec un stress mécanique accentué au niveau de sa corne postérieure.

1.2.4.2. Etude cinématique

La chronophotographie a vu le jour à la fin du XIXème siècle grâce aux deux principaux précurseurs J.E Marey et E Muydrige, qui ont permis le développement de l'analyse du mouvement (6 ;15).

La cinématique est l'étude des déplacements (position, vitesse et accélération) d'un corps dans l'espace sans considérer les forces qui les déclenchent (6; 16; 17). Elle permet de quantifier les paramètres de la locomotion qui sont évalués qualitativement lors d'un examen visuel (18). La cinématique traite de l'analyse descriptive et quantifiée du mouvement (16; 17). Pour notre étude, le corps en question sera le genou, et nous étudierons ses mouvements lors de la réalisation du geste du ramassage en horse-ball. La différence de mouvement va dépendre de la vitesse du cheval, des caractéristiques individuelles et des points de repères anatomiques choisis pour l'étude cinématique. La cinétique quant à elle, est l'étude des forces qui génèrent ou modifient un mouvement (16; 17). L'électromyographie (EMG) s'intéresse à l'activité neuromusculaire à l'origine du mouvement (16; 19). Elle a pour but de récolter les impulsions électriques, ou encore appelées potentiels d'action, provenant du système nerveux via des électrodes (20). Ces techniques sont donc complémentaires pour une approche globale du geste sportif.

Pour décrire le mouvement d'une articulation, nous utilisons un système d'axes et de plans (10). La flexion-extension se réalise dans le plan sagittal, l'abduction-adduction s'effectue dans le plan frontal et enfin la rotation interne-externe se réalise dans le plan horizontal (10). L'articulation est également caractérisée par des mouvements de translation, antéro-postérieur et médio-latéral, ainsi que de compression (10).

Cette étude a pour objectif de démontrer, grâce à l'analyse cinématique, que le geste de ramassage peut être délétère pour les structures anatomiques qui composent l'articulation du genou. Nous pensons que le ramassage nécessiterait une rotation externe de genoux proche des limites fonctionnelles des joueuses, et que celle-ci est influencée par l'allure du cheval. Nous chercherons également à savoir s'il existe un geste préférentiel à effectuer pour réduire les risques de dommages aux genoux.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Stratégie de recherche documentaire

Tout d'abord, j'ai consulté la page officielle de la Fédération Française d'Equitation (FFE) pour y retrouver des informations sur le thème de mon mémoire. Ensuite je me suis renseignée de manière globale sur les articles déjà existants portant sur le horse-ball. Toutefois, j'ai constaté qu'il n'existait pas d'articles scientifiques qui abordaient la notion de cette discipline équestre. Puis j'ai réalisé des recherches sur Kinedoc, pour me permettre de trouver des mémoires d'étudiants en masso-kinésithérapie qui traitent d'analyse cinématique. J'ai poursuivi mes recherches sur Google Scholar, afin de trouver des thèses et des articles qui étaient portés également sur des études du mouvement. Enfin, pour compléter les différentes parties de mon mémoire, j'ai utilisé d'autres bases de données tels que PEDro, PubMed et Cochrane library.

Pour établir ces recherches documentaires, nous avons, dans un premier temps, identifié des mots clés qui décrivaient au mieux notre problématique (tab.I.). De manière à approfondir, nous avons eu recours à des équations de recherches, en employant des opérateurs booléens tels que « and » et « or ». Lors de ma lecture d'articles, j'ai exclu ceux qui n'étaient pas disponibles en texte intégral, ainsi que ceux qui n'étaient pas rédigés en anglais ou en français. Nous avons inclus dans nos recherches les articles parus dans les cinq dernières années pour respecter les principes de l'Evidence Based Practice (EBP). Pour les articles de référence, nous nous sommes autorisés une date de parution beaucoup plus lointaine. Nous avons également inclus les articles abordant des analyses cinématiques de gestes sportifs ou de la marche, réalisées à l'aide de centrales inertielles ou de systèmes optoélectroniques.

La question de recherche a été formulée : Existe-t-il une rotation latérale du genou controlatéral à la balle dans le geste de ramassage au horse-ball pour permettre aux joueurs de rester en selle ?

Tableau I : Liste des mots de recherche documentaire

Recherche	Français	Anglais
Relative au genou	<ul style="list-style-type: none"> - Anatomie genou - Cinésiologie genou - Biomécanique genou 	<ul style="list-style-type: none"> - Knee anatomy - Knee kinematic - Knee biomechanic
Relative au sport	<ul style="list-style-type: none"> - Horse-ball - Douleur genou - Athlète de haut niveau 	<ul style="list-style-type: none"> - Horse-ball - Knee pain - Elite athlete
Relative analyse 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Etude cinématique - Centrale inertielle - Capteurs - Analyse du mouvement/cinématique 	<ul style="list-style-type: none"> - Kinematic study - Inertial measurement unit - Sensors - Movement/kinematic analysis

2.2. Matériels

2.2.1. Introduction

De nos jours, l'analyse 3D du mouvement est de plus en plus utilisée, et touche de nombreux domaines (21). En effet, elle est mise en pratique à la fois dans le domaine médical pour l'analyse des troubles du mouvement (22) ainsi que pour la rééducation, mais également dans le domaine de l'ergonomie, notamment pour estimer la pénibilité et l'inconfort d'une tâche au travail (13; 21; 23). De plus, elle est en expansion dans le domaine sportif. Qu'elle soit pour analyser ou optimiser la performance, prévenir une blessure ou objectiver un état de récupération, l'utilisation de capteurs et d'avatars permet de déporter l'image du sportif sur un logiciel, et de recouper ses mouvements avec des milliers de données (24).

Dans ce type d'étude, le corps humain est représenté par des segments rigides, articulés entre eux par des liaisons mécaniques simples telles que des rotules (13; 21). Ces articulations virtuelles possèdent la faculté de n'être ni raides, ni amortissantes.

On utilise des capteurs pour enregistrer les mouvements des segments, qui sont mesurés à l'aide de systèmes vidéographiques ou optoélectroniques (21; 24). La corrélation des données de position dans l'espace, de déplacement, ainsi que d'intensité, avec l'observation de l'avatar créé, permet alors d'effectuer une multitude d'analyses dans le but de connaître la cinématique du corps humain lors d'un geste spécifique.

Si la communauté scientifique s'accorde à dire que le corps humain est bien plus complexe, elle admet cette simplification et les hypothèses qui en découlent (21). Pour répondre à notre problématique, nous avons choisi d'utiliser cette technique d'analyse, car elle nous semblait la plus appropriée, la plus précise et la plus abordable.

2.2.2. Collaboration avec la société TEA

Pour mener à bien ce projet, nous avons travaillé en collaboration avec l'entreprise TEA, et ses ingénieurs biomécaniciens. La société TEA est une petite et moyenne entreprise (PME), qui se développe depuis 1985 et qui est spécialisée dans la « technologie de mesure et d'analyse du comportement de l'homme en mouvement » (25). En 1999, elle commence à commercialiser sa technologie Captiv et depuis, elle perfectionne ses capteurs (25). En 2015, elle lance ses capteurs motion sans fil pour l'analyse du mouvement, et en 2017, elle commercialise le projet Captiv, dédié à l'étude et l'analyse du comportement humain (25).

L'entreprise travaille en collaboration avec l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), et développe des solutions de métrologie pour la sécurité au travail (25). Son objectif est le diagnostic et l'amélioration des conditions de travail, telle que la prévention des troubles musculo-squelettiques en étudiant les gestes et postures afin d'aménager des postes ergonomiques (25).

Pour continuer son développement, le groupe TEA ne compte pas s'arrêter là, et a pour projet de percer dans le domaine du sport, en proposant ses capteurs pour l'analyse et l'optimisation du geste sportif dans un but de recherche de performance.

2.2.3. Collaboration avec le centre équestre Bel Air

Pour réaliser les essais, nous avons rencontré le gérant et entraîneur du club pour qu'il nous autorise à utiliser ses locaux. Nous avons utilisé le manège (60m x 20m) du centre équestre Bel Air, situé à Pont-à-Mousson, conforme aux dimensions d'un terrain de horse-ball (3; 4), ainsi que du club house pour initialiser les différents capteurs et équiper chaque cavalière. Trois chevaux, équipés du matériel habituel de horse-ball et cinq ballons ont été nécessaires pour effectuer ce projet. Trois ingénieurs, deux cavalières, un groom, une étudiante en masso-kinésithérapie et moi-même (cavalière et investigateur) ont participé aux essais.

2.2.4. Dispositifs d'enregistrement

Comme expliqué précédemment, l'analyse 3D repose sur la corrélation entre des données issues des différents mouvements, enregistrées par des capteurs, et les images des mouvements réalisés, filmées puis analysés à l'aide d'un logiciel.

Nous avons donc eu besoin de filmer nos essais. Pour se faire, une première caméra embarquée a été placée sur le casque de la joueuse, une seconde caméra a été placée à hauteur d'homme sur un des côtés du manège, de sorte à filmer le ramassage sur un unique côté. Pour finir, une troisième caméra était placée sur une passerelle, pour filmer le cavalier dans son ensemble, en vue plongée. Afin de réduire les erreurs de perspective, les caméras sont placées à une distance suffisante pour pouvoir observer le cavalier en mouvement. De plus, les ingénieurs étaient positionnés derrière les caméras pour suivre l'action au cas où le cavalier sortirait du champ.

Ces séquences vidéos ont été synchronisées avec les données recueillies par les capteurs, de sorte à ce que l'image vidéo soit corrélée avec l'avatar, dans le but de réaliser un meilleur codage de la vidéo. Pour obtenir les données des mouvements, nous avons utilisé treize capteurs

et cinq électrodes de surface, un ordinateur ainsi que le logiciel Captiv-L7000. Ces capteurs ont servi à recueillir de nombreuses données, relatives aux mouvements réalisés (7; 26).

Dans cette étude, les centrales inertielles, aussi appelées inertial measurement unit (IMU), sont constituées d'un ensemble de capteurs, permettant d'estimer des informations d'orientation et de position dans l'espace des différents segments corporels que l'on souhaite étudier (27). Elles sont composées d'accéléromètres, de gyromètres et de magnétomètres (19; 22; 28). Le gyromètre mesure la vitesse de rotation, l'accéléromètre quantifie quant à lui l'accélération, et le magnétomètre va permettre de capter le champ magnétique terrestre (6; 13). Ces centrales mesurent aussi les vitesses angulaires et les accélérations, sans interaction avec l'environnement extérieur. La mise en place de ces capteurs sur l'ensemble des segments corporels de la personne permet la reconstruction de son avatar virtuel. Un algorithme coordonne l'ensemble des éléments de la centrale inertielle. La fréquence d'acquisition de ces capteurs était de 64 Hz.

La combinaison des données recueillies à l'aide des centrales et des images filmées va nous permettre d'effectuer nos analyses sur le logiciel Captiv-L7000 fourni par la société TEA. Nous pourrons ainsi tirer des enseignements sur les sollicitations subies par le genou lors du ramassage, et nous pourrons estimer s'il existe un geste préférentiel à adopter.

2.2.5. Traitement des données et logiciel d'analyse statistique

Afin d'exploiter nos données issues des EMG, un filtre band-pass butterwoth d'ordre 4 est utilisé, avec une fréquence de coupe de 10-500 Hz, dans le but d'enlever un maximum d'artéfact pour garantir la qualité de nos valeurs. Les données seront ensuite rectifiées, puis une enveloppe sera créée via l'utilisation d'une moyenne mobile.

Une fois les données des capteurs recueillies dans le logiciel Captiv-L7000, nous avons besoin d'un certain nombre d'outils informatiques pour nous analyser nos résultats. Pour réaliser les analyses statistiques descriptives, nous utilisons le logiciel Microsoft Excel® pour effectuer une première analyse. Toutes les valeurs sont compilées dans un tableau croisé dynamique. Cette fonction nous aide, une fois les premiers calculs effectués, à réaliser des

analyses comparatives. En effet, nous pouvons tracer une multitude de graphiques afin d'observer l'effet d'un ou plusieurs paramètres, en considérant toutes les valeurs ou seulement une partie de la population.

Enfin, nous utilisons également le logiciel Ellistat®, avec une licence que nous avons obtenue avec le statut étudiant. C'est un logiciel d'analyse statistique très puissant, utilisé dans le monde de l'entreprise pour réaliser des plans d'expériences, aider à la maîtrise de processus, effectuer des études 6-sigma ou analyser des résultats d'essais. Une fois nos données récoltées, afin de connaître l'influence des différents paramètres étudiés sur nos valeurs de rotation, le logiciel nous propose les tests les plus adéquats à réaliser en fonction des variables (quantitatives ou qualitatives) et de notre objectif. Nous définissons notre variable dépendante comme étant nos angles de rotation et nos variables indépendantes qui sont l'allure, le cavalier et la méthode. Ainsi, comme nous souhaitons connaître la part de la contribution de chaque donnée d'entrée de notre étude (cavalier, allure et méthode) sur les données de sortie (angles de rotation du genou), le logiciel nous propose d'effectuer une analyse multivariée. Cette analyse, basée sur la variance, permet de quantifier l'influence de plusieurs variables X sur une réponse Y. Pour une variable X donnée, en fonction de la valeur de p obtenue, nous pouvons déduire si elle a un effet significatif sur les valeurs de sorties.

Dans le cadre de notre analyse statistique, nous définissons une hypothèse nulle H_0 (29) comme étant : « la variable d'entrée X n'a pas d'impact sur les valeurs d'angle de rotation ». A l'inverse l'hypothèse alternative H_1 est formulée comme étant : « La variable d'entrée X a un impact sur les valeurs d'angle de rotation ». Au vu de la littérature nous définissons un seuil de signification de 0,05 ce qui correspond à un risque d'erreur alpha de 5% de rejeter l'hypothèse H_0 a tort (29). Si la valeur de p est inférieure à 0,05, alors nous rejetons l'hypothèse H_0 , et nous acceptons l'hypothèse H_1 avec un intervalle de confiance supérieur à 95% (29). A l'inverse, si cette valeur de p est supérieure à 0,05, l'hypothèse H_0 est acceptée (29).

Nous définissons plusieurs hypothèses opérationnelles qui sont les suivantes :

- Le geste de ramassage nécessite une rotation latérale de genou proche des limites fonctionnelles des joueuses.
- La rotation latérale de genou devrait être moins importante lors du ramassage au galop que celui effectué au trot ou encore au pas.
- La méthode 2 engendre une amplitude articulaire en rotation latérale plus importante que la méthode 1.

2.3. Méthodologie de conception d'un projet expérimental

2.3.1. Population

L'effectif de l'étude est composé de trois cavalières du centre équestre Bel Air de Pont à Mousson, évoluant dans le circuit professionnel féminin. Les critères d'inclusion de l'étude sont des joueuses de horse-ball, âgées entre 20 et 25 ans, pratiquant le horse-ball en circuit professionnel. Les critères d'exclusion sont les joueuses de horse-ball âgées de plus de 25 ans, ou encore celles âgées de moins de 20 ans, ainsi que les joueuses ayant eu des traumatismes et/ou des antécédents au niveau des membres inférieurs.

Nous avons choisi d'établir notre projet sur un effectif féminin âgé entre 20 et 25 ans, car c'était la population la plus accessible pour mener à bien notre étude. De plus, nous avons déterminé une population de joueuses professionnelles car elles sont expérimentées et maîtrisent parfaitement ce geste. Pour essayer d'être le plus représentatif possible, les cavalières montaient leurs chevaux habituels de match.

2.3.2. Plan d'expérience

2.3.2.1. Renseignements et consentement libre et éclairé

Premièrement, nous avons rédigé une fiche de renseignements généraux qui nous permettait de sélectionner les cavalières de l'étude (ANNEXE II). Cette fiche commençait par un texte d'introduction, où il est notifié mon nom et prénom, mon année de formation, ainsi que le nom de mon établissement d'enseignement. Elle met en avant l'objectif de l'étude, ainsi que la population recherchée.

Dans cette fiche, il est demandé le nom et prénom de la cavalière, son âge, son sexe, et ses antécédents médicaux et/ou chirurgicaux, afin de savoir si la personne correspond aux critères d'inclusion ou d'exclusion de l'étude. Il est également demandé la latéralité de la joueuse pour effectuer le ramassage, ce qui nous permet d'avoir une indication pour la localisation des électrodes.

Pour nous donner une idée du stress mécanique subi par l'articulation du genou, il nous semble intéressant de demander la profession, la durée de pratique du horse-ball, ainsi que la pratique sportive de la cavalière autre que cette discipline équestre. Ces informations auraient pu indiquer une éventuelle fragilité sur le genou. Au-delà de la durée de pratique du horse-ball, nous avons également demandé spécifiquement le nombre d'années passées en circuit professionnel, car l'intensité de la pratique, à la fois à l'entraînement et en compétition, est bien plus importante que dans les catégories inférieures. On peut supposer que pour une joueuse qui évolue dans le circuit professionnel depuis plusieurs années, l'impact subi par le genou, au fur et à mesure de la pratique, est plus conséquent. Il était indispensable que la joueuse n'ait aucun antécédent traumatique au niveau du membre inférieur, ce qui aurait pu causer des dommages sur l'articulation ou bien un biais de mesure. Enfin, pour que notre étude soit optimale, nous aurions pu mesurer la laxité antéro-postérieure ainsi que latéro-médiale des genoux de chaque joueuse pour nous donner une idée de l'intégrité des ligaments.

Succédant à la fiche de renseignements, nous avons établi un consentement libre et éclairé, dans le but de donner des explications claires et compréhensibles sur les raisons, les objectifs, les avantages et les inconvénients éventuels concernant la participation à l'étude.

Ce consentement permet de s'assurer par écrit de la volonté de la cavalière à participer à l'étude. Il permet également d'informer la personne de l'utilisation de ses données personnelles dans ce projet. Dans ce consentement, il est stipulé que la cavalière peut obtenir des données sur l'avancement de l'étude, et peut également stopper sa participation à n'importe quel moment ainsi que refuser de répondre à certaines questions (ANNEXE II).

2.3.2.2. Protocole d'enregistrement des mesures

2.3.2.2.1. Objectif défini

L'objectif de ce projet est de démontrer qu'il existe une rotation latérale de genou controlatéral à la balle, dans le geste de ramassage au horse-ball, chez les joueuses âgées entre 20 et 25 ans évoluant à haut niveau. De plus, on souhaite comparer deux techniques de ramassage afin de conclure qu'une technique engendre moins de stress sur l'articulation du genou comparativement à l'autre.

2.3.2.2.2. Protocole

Avant de décrire notre protocole, nous voulons préciser que ce dernier a été appliqué sur moi-même avant d'être réalisé avec les deux autres cavalières. En effet, nous avons commencé les premières mesures au centre équestre de Bel Air le 27 août 2018, en me prenant pour sujet numéro un. Puis, une deuxième session de mesure a été effectuée le 18 novembre 2018 sur deux autres cavalières de horse-ball évoluant en circuit fermé professionnel. Nous avons appliqué le même protocole pour les trois cavalières.

Dans l'organisation de notre journée d'essai, communiquée en amont aux personnes impliquées, nous avons prévu un temps d'occupation des lieux qui était de 3h20 approximativement (ANNEXE III). Nous avons débuté le projet à 13h avec la première cavalière. Notre groom était présent pour préparer et échauffer le cheval, pendant que nous équipions la cavalière. Une prise de mesure goniométrique dans la position assise, genou à 90° a été effectuée avant de débiter le protocole pour nous donner une idée des amplitudes articulaires que présentait chaque cavalière.

2.3.2.3. Mise en place des électrodes de surface

L'objectif est de déceler les muscles à l'origine du mouvement étudié. Elle nous permet de compléter les données angulaires obtenues à l'aide des capteurs. Pour ce faire, nous utilisons des électrodes de surface qui vont détecter l'activité électrique des fibres musculaires attenantes. Nous avons choisi de repérer les muscles rotateurs de genou tels que le biceps

fémoral, le gastrocnémien latéral, le vaste latéral, le sartorius et le tenseur du fascia lata.

Pour placer les électrodes, nous avons préalablement repéré les points moteurs de chaque muscle (18; 30). En effet, il est important de repérer précisément l'emplacement de l'électrode pour éviter d'enregistrer l'activité d'autres muscles, ainsi nous évitons le phénomène appelé « cross talk » (20).

Nous avons placé cinq électrodes correspondant aux muscles mentionnés ci-dessus, au niveau du membre inférieur controlatéral à la balle durant le ramassage. Une fois cette zone repérée, nous la désinfectons avec de la Biseptine® et une compresse, afin que l'électrode puisse coller à la peau. Puis, nous venons raser cette zone pour éviter toute interférence, et pour que l'électrode reste bien accrochée durant le protocole. L'emplacement des électrodes a été choisi par mes soins, puis validé par une autre étudiante en masso-kinésithérapie. Pour plus de précision, les muscles sont repérés en demandant au sujet de réaliser un mouvement spécifique permettant la contraction du muscle concerné. Les électrodes doivent être placées parallèlement aux fibres musculaires du muscle étudié (20). Nous aurions souhaité mettre en évidence d'autres recrutements musculaires tels que les rotateurs internes de genou. Cependant, il aurait été difficile de placer ces électrodes car elles auraient été en contact de la selle ou du cheval, ce qui, par conséquent, les auraient décollées.



Figure 1 : Emplacements des différentes électrodes de surface

Les électrodes étaient connectées à des capteurs, qui servaient à retranscrire les données directement sur le logiciel Captiv. La fréquence d'acquisition des EMG était de 2000 Hz avec une réception de signal RMS de 128 Hz. Une fois la pose de l'électrode réalisée, nous avons

validé le bon emplacement, en demandant à la joueuse d'effectuer une série de différents mouvements, de sorte à contracter le muscle en question.

Après validation, les capteurs ont été placés de sorte à ne pas gêner la cavalière ni être en contact avec la selle ou le cheval durant le ramassage. Nous avons demandé à la cavalière de se vêtir d'un legging souple et collé au corps contrairement à un pantalon d'équitation rêche, dans le but d'éviter les frottements et de maintenir le plus possible les électrodes et capteurs en place.

2.3.2.4. Mise en place des capteurs

Dans un premier temps, il est nécessaire de calibrer tous les capteurs pour qu'ils aient le même champ magnétique. La procédure consiste à placer tous les capteurs sur une surface plane à une distance de 10 cm les uns des autres et orientés dans une même direction. Ils doivent être placés dans un environnement dépourvu de perturbations magnétiques (sans aucun élément métallique ni aimant) (6). Puis, chaque capteur est allumé, il est important de ne pas les manipuler pendant une minute afin que le magnétomètre de chaque unité s'initialise par rapport à l'environnement de mesure. Le logiciel Captiv-L7000 permettra de vérifier l'orientation de tous les capteurs pour qu'ils soient prêts à être utilisés. Dans le cas contraire cette étape devra être recommencée dans un autre lieu pour éviter les perturbations magnétiques.

Chaque capteur possède un numéro, ainsi, la position de ces derniers est relevée sur les fichiers de calibrage dans le logiciel. Munis d'un système d'attache, les capteurs ont été placés de sorte à être au plus proche des articulations (19; 30) (ANNEXE IV).

Tableau II : Localisation des différents capteurs

	Localisation
Membre inférieur	<ul style="list-style-type: none"> - Au plus près de l'articulation de la cheville (bord latéral du calcaneus), - 1/3 distal du tibia, - 1/3 distal du segment fémoral
Tête et tronc	<ul style="list-style-type: none"> - Bassin (sacrum), une ceinture pelvienne munie d'un capteur électromagnétique a également été installée, ce capteur doit être parallèle au plan frontal - Thoracique qui se fixe à l'aide d'un harnais (en regard T5-T6-T7), ce capteur motion doit impérativement être parallèle au plan frontal - Tête (sur le casque),
Membre supérieur	<ul style="list-style-type: none"> - 1/3 distal du bras - 1/3 distal avant-bras.

Une procédure de calibration statique est ensuite effectuée pour permettre d'identifier de manière précise les axes anatomiques de notre sujet. C'est une étape nécessaire avant de procéder aux enregistrements. Muni d'un gabarit, objet standard modélisant l'écart entre les deux pieds du sujet, nous déterminons une position « zéro », ou encore appelé position standardisée (26). Pour être le plus précis possible, l'axe « zéro » des capteurs doit se rapprocher le plus possible de l'axe anatomique.

On décrit donc une position debout, buste droit, tête dans l'axe du corps, pieds parallèles, talons correctement alignés, jambes et bras tendus, paumes de mains en prono-supination neutre. Une fois cette procédure de calibrage statique réalisée, nous entreprenons une vérification du calibrage dynamique en demandant à la personne d'effectuer une série de mouvements (flexion de hanche, flexion de genou, rotations genou, ...)(26).

Une fois le calibrage réalisé, nous demandons au sujet de se remettre en position standardisée, et nous cliquons sur le bouton zéro de l'interface du datalogger T-log pour calibrer les capteurs. Durant cette phase, le sujet doit rester statique afin d'éviter tout risque d'erreur



dans la calibration. Une fois ces étapes effectuées, nous pouvons procéder à l'enregistrement. L'acquisition a été faite avec une synchronisation qui permettra par la suite de recoupler les vidéos avec le mouvement de l'avatar dans le logiciel.

2.3.2.5. Déroulement des essais

Une fois les capteurs positionnés, nous avons proposé à la cavalière de faire quatre séries de dix squats en guise d'échauffement. Ces séries ont été données de façon arbitraire. Puis, la cavalière est montée sur son cheval et s'est échauffée, avec notamment des mouvements de rotation d'épaule et de buste.

Nous lui avons demandé de suivre le protocole qui avait été préalablement établi, et transmis à ces deux cavalières une semaine avant. Le protocole a été conçu de sorte à ce que nous optimisions le temps le plus possible. Pour des raisons d'habitude, les cavalières montent leurs chevaux de match afin de ne pas fausser leurs gestes de ramassage. En effet, elles connaissent leur cheval et elles sont concentrées uniquement sur leurs gestes. Nous étions dans le manège afin de mettre en place les ballons, et pour guider les cavalières tout au long du protocole. Nous avons pris les mesures sur deux méthodes différentes de ramassage. La première est celle que l'on apprend classiquement sur le côté du cheval, genou au niveau du siège de la selle. L'autre, un peu moins utilisée, s'effectue en avant de l'épaule du cheval, genou en avant du pommeau de la selle.

Tableau III : Description des gestes de ramassage

	Geste 1	Geste 2
Description	Ramassage classique sur le côté du cheval, genou au niveau du siège de la selle	Ramassage en avant de l'épaule du cheval, genou en avant du pommeau de la selle
Illustration		

Nous avons débuté par la prise de la position de référence du cavalier, qui nous permettait d'établir une comparaison entre la position standard d'un cavalier et la position durant le geste de ramassage. Cette position de référence de cavalier a été prise à chaque allure (Tab. IV). Ensuite, nous avons proposé de commencer par le premier geste de ramassage car c'est celui qu'elles utilisent préférentiellement, et avec lequel elles sont par conséquent plus à l'aise.

Nous avons démarré par le ramassage de trois ballons au pas sur une longueur de manège. Ces ballons étaient espacés de 15m chacun pour laisser le temps à la cavalière de préparer son cheval au ramassage entre chaque ballon. Le choix du nombre de ramassage a été proposé de manière arbitraire, de sorte à avoir plusieurs ramassages exploitables. Ensuite, nous avons demandé à la cavalière de ramasser deux ballons sur la longueur du manège, espacés de 30m l'un de l'autre, et situés à 15m du mur. Suite à cela, nous avons donné pour consigne d'effectuer un ramassage au galop sur une ligne droite avec un ballon situé à 15m du mur, ce qui correspond à la distance d'un engagement lors d'un match de horse-ball. Après cela, nous avons effectué un ramassage selon le premier geste à l'arrêt, lors duquel nous avons tenu le cheval de sorte à ce qu'il ne bouge pas. Les ramassages à l'arrêt ont été réalisés afin d'éliminer la composante vitesse qui, selon nous, pourrait avoir un impact sur les amplitudes articulaires du genou.

Une séquence de ramassage avec le deuxième geste a suivi la séquence précédente. Nous avons commencé ce geste par l'arrêt car c'est plus rassurant pour la cavalière, qui n'a pas l'habitude de le faire. A partir de là, nous avons effectué quelques tirs au but afin de changer d'exercice pour éviter que le cheval ne s'énerve, ou s'impatiente et anticipe les ramassages. Nous avons ensuite repris les mêmes étapes que pour le premier geste. Au final la cavalière a effectué 22 ramassages en position 1 et 22 ramassages en position 2.

Tableau IV : Protocole de prise de mesure

Position de référence cavalier	Geste 1 de ramassage	Geste 2 de ramassage
Prise de mesure position de référence à l'arrêt pendant 1 minute	Geste de ramassage position 1 au pas (trois ballons sur ligne droite, un aller/retour)	Geste de ramassage position 2 à l'arrêt (4 ramassages minimum)
Prise de mesure position de référence au pas (un aller-retour)	Geste de ramassage position 1 au trot (2 ballons sur ligne droite, deux aller/retour)	Geste de ramassage position 2 au pas (trois ballons sur ligne droite, un aller/retour)
Prise de mesure position de référence au trot (un aller-retour)	Geste de ramassage position 1 au galop (1 ballon sur ligne droite, 4 ramassages minimum)	Geste de ramassage position 2 au trot (2 ballons sur ligne droite, deux aller/retour)
Position de référence au galop (un aller/retour)	Geste de ramassage position 1 à l'arrêt (4 ramassages minimum)	Geste de ramassage position 2 au galop (1 ballon sur ligne droite, 4 ramassages minimum)

2.3.2.6. Codage vidéo

Le traitement des enregistrements vidéos a été effectué en différé. Il comprend plusieurs étapes, et tout d'abord, la synchronisation de la vidéo avec les données des capteurs. Mon expérience et ma connaissance du geste de ramassage m'ont permis de coder la vidéo en ayant auparavant bien analysé le geste pour le décomposer. Ce codage reprend les différentes phases de ramassage, nécessaire à l'analyse des données récoltées (ANNEXE V).

Nous tenons à préciser que lorsque le pied est tourné, et que le genou est bloqué dans le siège de la selle, le bassin est alors positionné au plus bas. Cette position profère au cavalier une certaine stabilité via la tension de la sangle de ramassage, ce qui lui permet de pencher le buste pour ramasser la balle.

Dans un deuxième temps, nous avons visionné les séquences vidéos, de sorte à identifier chaque phase de ramassage en la codant grâce au logiciel Captiv-L7000. Les données recueillies

grâce aux capteurs sont exprimées en temps, en distance et en angle, pour décrire les mouvements des segments corporels étudiés.

2.3.2.7. Collecte des résultats et des ressentis de joueuses

Nous avons souhaité établir un questionnaire suite à notre prise de mesures, de sorte à recueillir les données subjectives de l'étude. Notre questionnaire débute par un texte d'introduction, dans lequel je me présente (nom, prénom, année de formation, nom de mon établissement d'enseignement). Il met en avant l'objectif de l'étude, ainsi que la population recherchée. Avant de débiter le questionnaire, nous avons identifié et illustré de façon claire et concise les différents gestes de ramassage afin de faciliter la compréhension de l'enquête (ANNEXE VI).

Afin de structurer notre questionnaire, nous avons choisi de le diviser en plusieurs parties. La première partie concerne les renseignements sur la cavalière : l'âge et les années de pratique de horse-ball. La seconde partie traite des éventuels douleurs ressenties au cours de la carrière de la horse-balleuse. La troisième concerne le geste de ramassage. Dans cette dernière partie, les deux gestes correspondent à des items différents, et pour chacun d'entre eux, nous avons décidé de traiter les avantages, comme les inconvénients. Une décomposition en couleur des différentes questions a été établie pour faciliter la lecture. Afin de rédiger nos questions nous avons utilisé un vocabulaire approprié, sans termes médicaux.

Le questionnaire comporte au total dix questions, dont six questions fermées avec seulement un choix de réponse possible. Les quatre questions restantes sont des questions semi-ouvertes. Ainsi, nous proposons des choix de réponses qui seront, selon nous, les plus en adéquation avec le ressenti des athlètes. Cependant, nous laissons également la possibilité à la personne de donner son opinion en utilisant la case « autre ». La présence de réponses préétablies peut influencer la personne par la proposition des items auxquels elle n'aurait pas pensé de manière instinctive.

Nous avons terminé le questionnaire par une phrase de remerciement, et nous avons laissé notre adresse e-mail pour répondre à leurs éventuelles interrogations. Enfin, nous avons imprimé et distribué ce questionnaire en main propre, cinq jours après la prise de mesure.

3. RESULTATS

Dans cette partie, nous allons faire une analyse descriptive et statistique des résultats obtenus afin de répondre à la problématique de l'étude.

3.1. Analyse de la contribution des variables de l'étude

Pour débiter notre étude, nous avons souhaité connaître l'influence des différents paramètres étudiés sur nos valeurs de rotation. L'analyse multivariée nous permet de calculer le pourcentage de contribution de chaque variable sur nos valeurs de rotations obtenues. Ces pourcentages de contribution, et les valeurs de p obtenues, sont reportés dans le tableau V ci-dessous.

Tableau V: Contribution des variables sur les angles de rotation moyen

Contribution des variables	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Cavalier	24,8%	44,3%	31,3%	39,7%	70,0%
Méthode	7,8%	5,8%	18,2%	16,1%	0,1%
Allure	2,3%	7,5%	6,4%	4,8%	7,5%
Résidus	65,1%	42,4%	44,1%	39,4%	22,4%
Légende	Très significatif			Non significatif	
Valeurs de p	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Cavalier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Méthode	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
Allure	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00

A titre d'exemple, la variable « cavalier » obtient un p proche de 0, ce qui induit un effet très significatif du cavalier sur les valeurs de rotation moyenne dans la phase « tourner le pied ». Nous en déduisons alors que le cavalier a une influence sur les valeurs angulaires lors de cette phase.

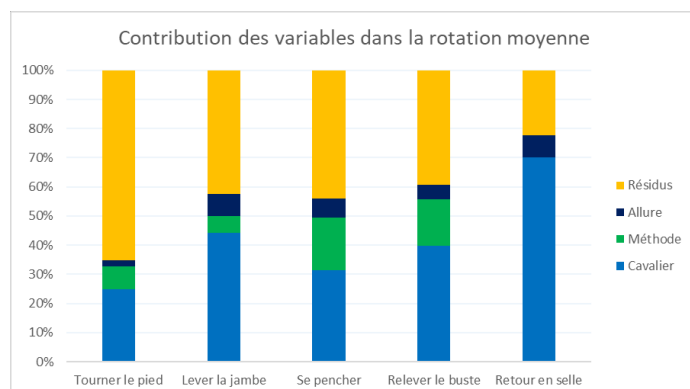


Figure 2 : Représentation de la contribution des variables sur les angles de rotation moyenne

Nous avons effectué la même analyse pour les valeurs de rotations latérales maximales (ANNEXE VII).

3.2. Caractérisation de la rotation moyenne subie par le genou lors du ramassage

Au vu des observations précédentes, nous avons fait le choix de séparer les valeurs issues de chaque méthode et de chaque allure. Les valeurs de rotation moyenne de genou obtenues (Fig. 3) correspondent à la moyenne des moyennes de rotation de chaque cavalière.

Tableau VI : Valeurs des angles de rotation moyenne en fonction de l'allure pour un ramassage effectué selon la méthode 1

Méthode 1	Arrêt	Pas	Trot	Galop
Tourner le pied	16,99 ± 9 °	8,64 ± 4 °	12,26 ± 6 °	14,94 ± 8 °
Lever la jambe	10,69 ± 4 °	3,37 ± 8 °	8,10 ± 11 °	7,61 ± 9 °
Se pencher	6,77 ± 9 °	4,53 ± 18 °	2,94 ± 13 °	2,30 ± 15 °
Relever le buste	6,24 ± 10 °	5,25 ± 17 °	2,65 ± 12 °	3,02 ± 15 °
Retour en selle	15,45 ± 14 °	11,31 ± 9 °	11,28 ± 13 °	10,57 ± 13 °

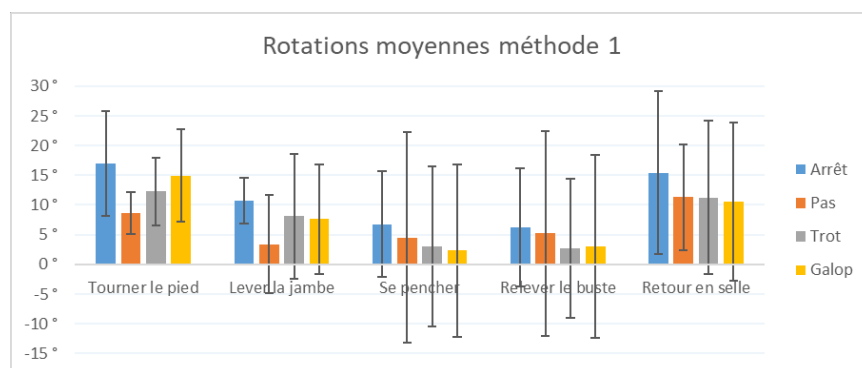


Figure 3 : Angles de rotation moyenne en fonction de l'allure pour un ramassage effectué selon la méthode 1

Nous avons également effectué notre analyse sur les ramassages effectués selon la méthode 2.

Tableau VII : Valeurs des angles de rotation moyenne en fonction de l'allure pour un ramassage effectué selon la méthode 2

Méthode 2	Arrêt	Pas	Trot	Galop
Tourner le pied	14,99 ± 18 °	22,91 ± 14 °	24,79 ± 8 °	24,01 ± 15 °
Lever la jambe	9,45 ± 9 °	15,72 ± 12 °	11,78 ± 14 °	13,71 ± 18 °
Se pencher	- 6,80 ± 9 °	- 11,12 ± 24 °	- 17,54 ± 31 °	- 16,9 ± 33 °
Relever le buste	- 6,92 ± 21 °	- 10,01 ± 29 °	- 19,30 ± 45 °	- 15,62 ± 46 °
Retour en selle	15,27 ± 15 °	19,18 ± 28 °	13,35 ± 31 °	7,64 ± 34 °

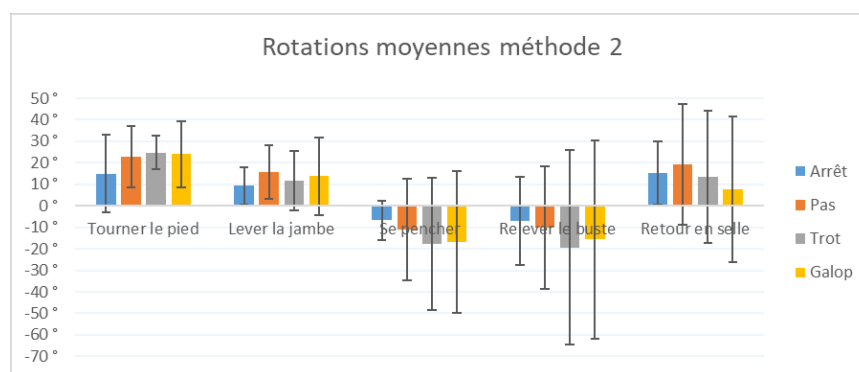


Figure 4 : Angles de rotation moyenne en fonction de l'allure pour un ramassage effectué selon la méthode 2

3.3. Effet de l'allure sur la rotation latérale

Nous venons de constater qu'il existe une rotation latérale du genou lors du ramassage, qu'importe la méthode utilisée. Nous avons également vu que le cavalier est le facteur le plus influant sur les angles de rotation dans notre étude. Nous souhaitons caractériser l'effet de l'allure sur la rotation latérale. Pour ce faire, nous devons effectuer cette analyse en séparant chaque cavalier, afin de s'affranchir de la variation due à la différence d'exécution du geste entre les joueuses. Nous représentons ci-dessous la contribution de l'allure et de la méthode dans la variation des angles de rotation latérale maximale obtenus pour la première cavalière.

Tableau VIII : Contribution des variables sur les angles de rotation latérale

Contribution des variables	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Méthode	40,2%	48,3%	2,5%	24,7%	63,0%
Allure	9,1%	2,3%	23,7%	12,6%	1,8%
Résidus	50,7%	49,4%	73,8%	62,7%	35,2%
Légende	Très significatif		Limite		Non significatif
Valeurs de p	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Méthode	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00
Allure	0,23	0,75	0,06	0,18	0,73

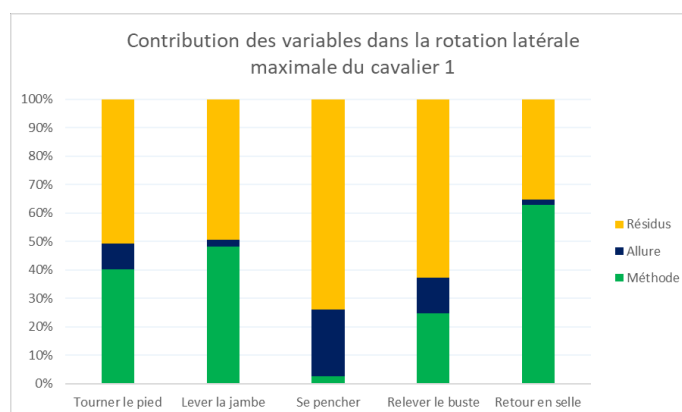
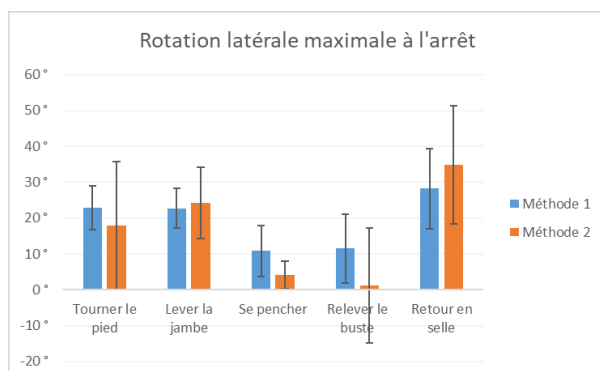


Figure 5 : Analyse de la contribution de l'allure et de la méthode sur les résultats de la cavalière 1

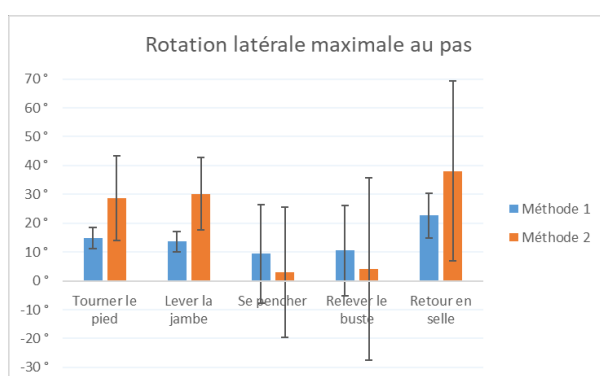
Nous avons réalisé la même analyse pour les deux autres cavalières. (ANNEXE VIII)

3.4. Comparaison des deux méthodes de ramassage

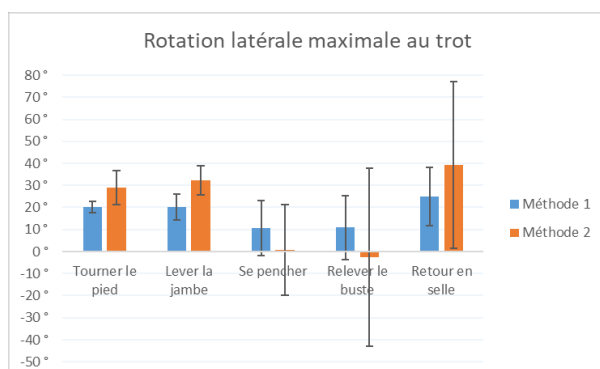
L'objet de notre étude est la mise en évidence de la rotation latérale, nous allons donc continuer à nous concentrer sur celle-ci, en exploitant les données de rotation latérale maximale. Nous souhaitons comparer, par allure, les valeurs de rotation obtenues lors de ramassages effectués selon les deux méthodes.



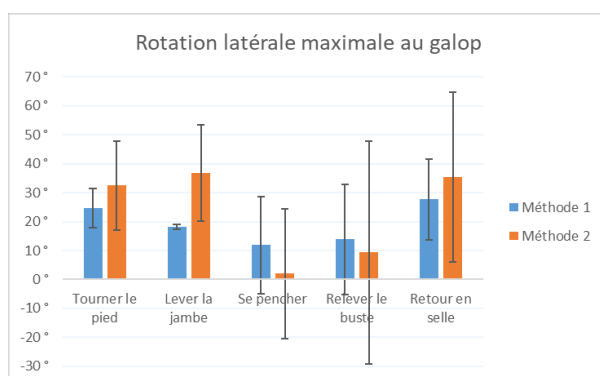
Arrêt	Méthode 1	Méthode 2
Tourner le pied	22,82 ± 6 °	17,88 ± 18 °
Lever la jambe	22,73 ± 5 °	24,15 ± 10 °
Se pencher	10,83 ± 7 °	4,15 ± 4 °
Relever le buste	11,54 ± 10 °	1,26 ± 16 °
Retour en selle	28,22 ± 11 °	34,86 ± 17 °



Pas	Méthode 1	Méthode 2
Tourner le pied	14,84 ± 4 °	28,61 ± 15 °
Lever la jambe	13,60 ± 4 °	30,22 ± 13 °
Se pencher	9,43 ± 17 °	3,01 ± 23 °
Relever le buste	10,48 ± 16 °	4,09 ± 32 °
Retour en selle	22,73 ± 8 °	38,12 ± 31 °



Trot	Méthode 1	Méthode 2
Tourner le pied	20,12 ± 3 °	29,07 ± 8 °
Lever la jambe	20,21 ± 6 °	32,24 ± 7 °
Se pencher	10,57 ± 13 °	0,73 ± 20 °
Relever le buste	10,82 ± 15 °	-2,66 ± 40 °
Retour en selle	25,02 ± 13 °	39,31 ± 38 °



Galop	Méthode 1	Méthode 2
Tourner le pied	24,60 ± 7 °	32,53 ± 15 °
Lever la jambe	18,15 ± 1 °	36,81 ± 17 °
Se pencher	11,83 ± 17 °	1,96 ± 23 °
Relever le buste	13,91 ± 19 °	9,39 ± 39 °
Retour en selle	27,69 ± 14 °	35,47 ± 29 °

Figure 6 : Comparaison des angles de rotation latérale maximale des deux méthodes à chaque allure

3.5. Synthèse des résultats statistiques obtenus

Pour synthétiser les résultats de notre étude, nous souhaitons étudier la rotation moyenne subie par le genou tout au long du ramassage. Nous calculons donc la moyenne des angles obtenus pour les cinq phases du ramassage, ce qui nous donne une idée de la rotation moyenne de l'articulation du genou lors de l'exécution du geste.

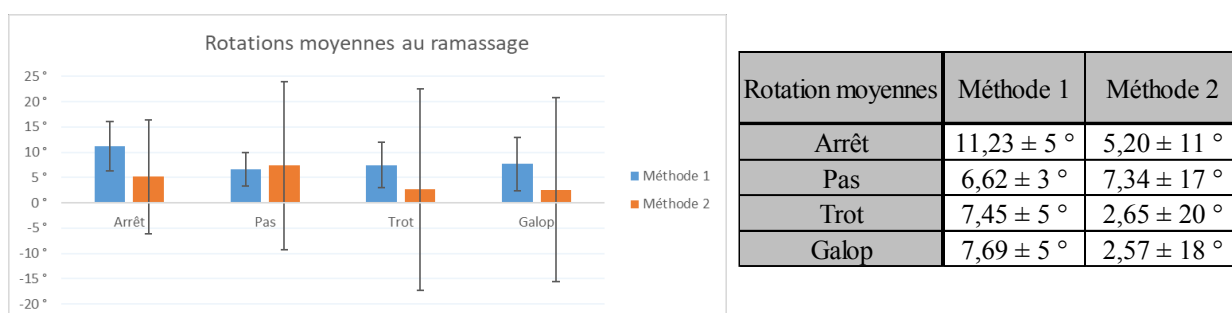


Figure 7 : Comparaison des 2 méthodes par les angles de rotation moyenne

Nous effectuons la même démarche pour les angles de rotation latérale maximale.

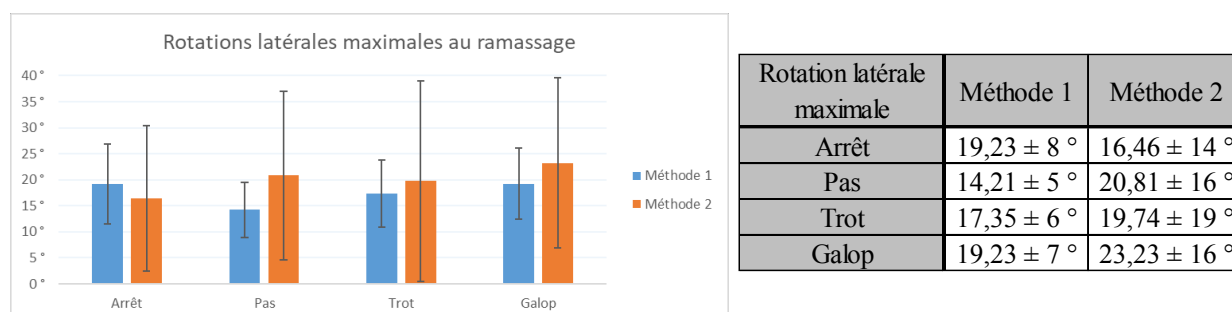


Figure 8 : Comparaison des 2 méthodes par les angles de rotation latérale maximale

3.6. Résultats du questionnaire

En plus des données des capteurs, nous avons également souhaité récolter le ressenti des joueuses au travers d'un certain nombre de questions que nous leurs avons adressées dans un questionnaire à la suite de la journée d'essais.

Au travers de ces questions, nous souhaitions connaître leur expérience en tant que joueuses de horse-ball, leurs habitudes en terme de ramassage, ainsi que leur sensation sur l'exécution des deux gestes réalisés au cours de l'étude.

Toutes les joueuses interrogées ont entre 20 et 25 ans, deux d'entre elles ont effectué plus de 10 saisons de horse-ball, alors que la troisième a disputé entre 5 et 10 saisons. Seulement une joueuse indique avoir des douleurs, et précise qu'il s'agit des deux genoux. Enfin, deux d'entre elles indiquent ramasser sur leur côté gauche.

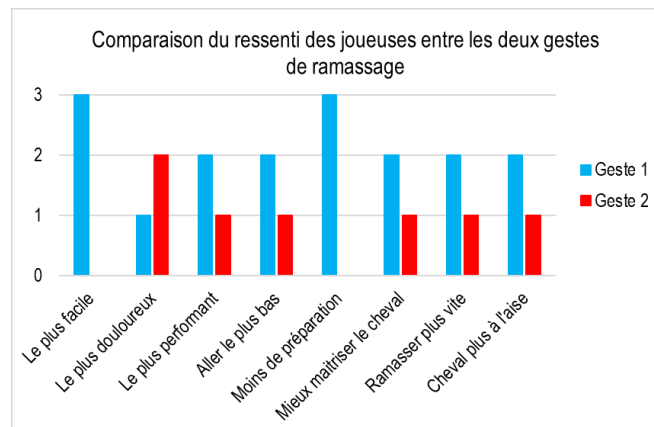


Figure 9 : Comparaison des résultats obtenus via le questionnaire distribué aux joueuses

On constate que le geste 1 est unanimement reconnu comme étant le plus facile à réaliser, et demandant le moins de préparation. Il apparaît aussi comme étant le moins douloureux des deux. Vis-à-vis de l'alchimie avec le cheval, le geste 2 semble moins bien permettre à la cavalière de maîtriser sa monture, qui serait moins à l'aise lors de l'exécution du geste. Enfin, selon les joueuses interrogées, le geste 1 leur permet de ramasser plus vite et de descendre plus bas pour attraper le ballon, ce qui en fait le geste le plus performant en situation de match.

4. DISCUSSION

L'objet de notre travail était dans un premier temps de démontrer qu'il existe une rotation latérale du genou controlatéral à la balle lors de la position de ramassage au horse-ball. Ensuite, nous avons voulu vérifier qu'il existait un geste parmi les deux proposés qui provoquait moins de stress sur l'articulation du genou. De plus, nous avons souhaité analyser si la rotation latérale était influencée par l'allure.

Pour ce faire, nous avons travaillé en collaboration avec les ingénieurs de l'entreprise TEA, pour réaliser une étude cinématique 3D à l'aide de leurs capteurs Captiv-motion^(TM). Nous

avons réalisé une série de ramassages à quatre allures différentes, effectuée par trois cavalières professionnelles. Deux méthodes distinctes de ramassage ont été étudiées.

Grâce à l'analyse descriptive des données issues des différents capteurs, et représentant les mouvements subis par le genou lors d'un ramassage au horse-ball, nous avons pu aboutir à un certain nombre d'observations.

4.1. Analyse critique des résultats

Au préalable, nous avons enregistré une position de référence pour chaque cavalière, qui correspondait à une position standard à cheval. Les angles obtenus pour chacune d'entre elles se situent entre -5° et 10° de rotation latérale, nous avons décidé de ne pas les soustraire aux résultats obtenus car nous estimons que ces angles sont négligeables. Nous précisons que, lors de notre étude, les cavalières avaient une flexion de genou qui variait entre 70° et 110° . De ce fait, nous pouvons conclure que les rotations, qui ont été objectivées, seront associées à la flexion de genou tout au long du protocole. Lors de nos mesures goniométriques, nous avons objectivé des valeurs extrêmes de rotations de 35° de rotation médiale et de 60° de rotation latérale.

Le geste de ramassage a été séquencé en cinq phases distinctes de sorte à être analytique. Pour chaque ramassage effectué et pour chacune des phases, nous avons obtenu une valeur de rotation moyenne, une valeur minimale ainsi qu'une valeur maximale. La valeur zéro correspond à une rotation neutre, les valeurs négatives à de la rotation médiale, et les valeurs positives, quant à elles, à de la rotation latérale.

La valeur moyenne correspond à la rotation moyenne subie par le genou au cours de la phase en question. Les valeurs minimale et maximale correspondent respectivement à la plus petite et la plus grande mesure, qu'importe le degré de rotation, obtenues au cours de la phase étudiée.

4.1.1. Domaine de validité des résultats

Pour notre étude et notre questionnaire, nous avons fait le choix d'investiguer sur une population exclusivement féminine composée de trois jeunes filles âgées entre 20 et 25 ans et évoluant en en circuit professionnel féminin. Ainsi, les observations tirées de cette étude peuvent ne pas s'appliquer à toute la population car elle n'est pas représentative de tous les joueurs de horse-ball.

Faisant partie d'une équipe professionnelle féminine, il était plus aisé de trouver des cavalières qui pourraient se prêter à l'étude. Nous nous sommes interrogés sur la pertinence d'avoir étudié une population jeune. Etant habituée des terrains de horse-ball, nous pensons qu'il s'agit des joueurs plus expérimentés dans le circuit professionnel qui se plaignent de douleurs de genou. Il serait pertinent de reprendre cette étude en s'intéressant à une population plus experte.

Nous avons rencontré des difficultés à réunir tous les acteurs de notre étude en même temps dans des locaux disponibles. C'est pourquoi nous n'avons pas pu avoir une population plus conséquente.

Le fait qu'une cavalière soit la responsable de l'étude aurait pu engendrer un parti pris et devenir un biais rédhibitoire. Toutefois, il s'est avéré que c'était la cavalière qui a obtenu le plus de valeurs en rotation médiale dans des phases où les autres joueuses présentaient des valeurs de rotation latérale.

4.1.2. Synthèse des résultats de l'étude

Nos résultats ont montré que le genou subissait une rotation latérale lors du geste du ramassage au horse-ball. Toutefois, nous avons vu qu'en fonction de la méthode de ramassage employée, l'impact sur le genou était différent.

Tout d'abord, nous observons dans nos résultats une grande dispersion entre nos valeurs, ce qui correspond à des écarts types très important. En effet, ils peuvent parfois atteindre jusqu'à 46°, ce qui est très élevé compte tenu des valeurs d'angles étudiés. Plusieurs raisons sont à

mettre en avant pour expliquer une telle dispersion, la première étant le trop faible nombre de cavalières étudiées. En effet, nous avons observé que pour les ramassages effectués selon la méthode 1, une cavalière avait obtenue des valeurs d'angle de rotation à l'opposé des deux autres, pour deux phases du ramassage. Il en était de même pour les ramassages effectués selon la méthode 2. Nous avons également enregistré des valeurs anormalement élevées. Il est intéressant de noter que dans les deux cas, ce sont les phases « se pencher » et « relever le buste » qui sont sujettes aux valeurs opposées selon les cavalières. La problématique est qu'avec seulement trois cavalières étudiées, il est difficile de savoir si l'une d'entre elles ne suit pas la tendance, ou bien si ce sont les deux autres. Les écarts types sont encore plus importants pour les ramassages effectués selon la méthode 2. En effet, à l'aide des réponses obtenues par le questionnaire, nous avons appris que cette méthode est peu utilisée par les joueuses. De ce fait, l'exécution de ce geste était moins reproductible que celui de la méthode 1 auquel elles étaient habituées.

En ce qui concerne la première méthode, le genou subit constamment une rotation latérale lors des cinq phases du ramassage. La valeur maximale des rotations moyennes se situe aux alentours de 17° et la valeur minimale est d'environ 2°. Ces valeurs sont inférieures aux limites fonctionnelles articulaires des joueuses. Pour chaque phase étudiée, c'est le ramassage à l'arrêt qui semble provoquer la rotation la plus élevée. En effet, les cavalières ne sont pas déstabilisées par la vitesse et, par conséquent, s'appliquent davantage sur l'exécution du geste. En ce qui concerne les autres allures, il est difficile de faire ressortir une tendance en terme d'amplitude, sur les différentes phases. En effet, bien que nos valeurs soient différentes, l'amplitude de nos barres d'erreurs nous empêche de conclure sur un écart significatif.

Pour un ramassage effectué selon la deuxième méthode, le genou subit une rotation latérale lors des phases de « tourner le pied », « lever la jambe » et « retour en selle », alors qu'il subit, entre temps, une rotation médiale lors des deux autres phases. De plus, la valeur maximale de rotation moyenne atteint les 25° de rotation latérale, ce qui est supérieur à la valeur de la première méthode. La valeur minimale de rotation moyenne atteint les 19° de rotation médiale. Nous observons, dans cette méthode, un débattement articulaire de 44° au cours du ramassage. Au contraire de la première méthode, c'est à l'arrêt que nous constatons des angles moins importants pour chaque phase. A l'image de la méthode 1, il est également difficile

d'aboutir à une tendance concernant les autres allures.

Notre étude nous permet de montrer qu'il existe une rotation latérale du genou lors du geste du ramassage mais également d'affirmer, qu'en fonction de la méthode employée, le genou ne subit pas le même impact. En effet, si l'on s'intéresse aux valeurs moyennes de rotation latérale maximale, nous observons que pour les phases de « tourner le pied », « lever la jambe » et « retour en selle », la méthode 2 provoque systématiquement une rotation latérale plus élevée et donc plus intense pour le genou. Des valeurs maximales peuvent atteindre jusqu'à 39° lors d'un ramassage issu de la méthode 2, en revanche, concernant la méthode 1, ces angles peuvent aller jusqu'à 28°. Par ailleurs, on observe que la tendance est inversée pour les phases de « se pencher » et « relever le buste », où la méthode 1 provoque des amplitudes articulaires de rotation latérale plus importantes.

Pour synthétiser, la méthode 1 provoque une rotation moyenne plus importante au cours du ramassage, mais engendre des rotations latérales instantanées plus faibles. De ce fait elle est à favoriser vis-à-vis de la méthode 2, qui, malgré le fait de présenter une rotation moyenne plus faible, provoque des angles de rotation latérale plus élevés et un débattement articulaire important faisant passer le genou d'une rotation latérale à une rotation médiale au cours du mouvement. En ce qui concerne nos hypothèses opérationnelles, nous pouvons dire que le ramassage ne nécessite pas une rotation latérale proche de la limite fonctionnelle des joueuses. Nous ne pouvons pas conclure sur une observation d'une diminution de la rotation latérale dans les allures les plus rapides. Enfin, la méthode 2 engendre bien une amplitude de rotation latérale plus importante.

Nos résultats nous permettent de réaliser une première observation, qu'il serait nécessaire de confirmer ou d'infirmer en effectuant des essais sur une population plus grande et plus diversifiée. En effet, comme nous l'avons vu dans l'analyse de la contribution des variables de l'étude, les bruits statistiques sont très importants, mais le principal facteur est le cavalier. Ce bruit statistique peut s'expliquer par la non reproductibilité d'un même geste de ramassage par le même cavalier à la même allure. Ces analyses de variabilité ont d'ailleurs également montré que la méthode était plus influente que l'allure sur les rotations subies par le genou. En effet, à part pour une cavalière, l'allure n'a pas d'effet significatif sur les valeurs de

rotations de l'articulation. Nous avons vu que la vitesse engendrait une déstabilisation de la cavalière qui n'est donc pas compensée par des mouvements de rotation de genou. On peut alors penser que les ajustements posturaux se font grâce à un gainage plus important du tronc et des membres inférieurs de la cavalière. Il serait intéressant d'objectiver si ce gainage peut diminuer les amplitudes de rotation de genou dans des allures plus lentes.

4.1.3. Résultat questionnaire

Nous avons réalisé ce questionnaire afin de récolter les ressentis des cavalières sur l'ensemble des méthodes. Au travers de ces questions, nous souhaitons connaître, de par leur expérience en tant que joueuses, leurs habitudes en terme de ramassage, ainsi que leur sensation sur l'exécution des deux gestes réalisés au cours de l'étude. Il est difficile de savoir ce qu'éprouve la cavalière lors de chaque phase du ramassage, c'est pourquoi nous ne l'avons pas détaillé dans le formulaire. A l'heure actuelle il n'existe pas de questionnaire préétabli sur ce domaine, nous avons donc essayé de construire un formulaire qui fait ressortir les éléments les plus importants pour un geste de ramassage.

Par le biais de notre questionnaire, nous percevons que la première méthode est la plus utilisée par les joueuses. Ces cavalières trouvent que ce geste est plus facile à réaliser et leur permet d'être performantes. En effet, selon elles, il nécessite moins de préparation, permet de mieux maîtriser leur cheval et de ramasser plus vite. On comprend facilement qu'elles étaient par conséquent plus à l'aise et maîtrisaient l'exécution de ce mouvement, ce qui constitue un biais en défaveur de la réalisation du geste 2. Ainsi, cela explique le plébiscite de cette méthode dans le questionnaire, et la dispersion des mesures que nous avons observé pour les ramassages effectués selon la méthode 2. Il serait intéressant de confronter ces observations en interrogeant des cavalières habituées à réaliser le deuxième geste.

4.2. Analyse critique, biais et limites du protocole

Au cours de notre étude nous avons été confronté à un certain nombre d'évènements imprévus. Nous avons été amené à adapter notre plan d'étude initial, et certains éléments nous ont permis de remettre en question notre protocole, notre méthodologie ou notre analyse. De plus, utiliser des données statistiques pour aboutir à une conclusion scientifique peut parfois

entraîner des erreurs d'interprétation, ou nécessiter quelques simplifications vis à vis de la réalité. Tout cet ensemble crée une multitude de biais, encore appelés erreurs systématiques, au sein d'une étude scientifique. Exposer et comprendre ces biais permet de mettre en perspective les analyses qui sont faites autour de l'étude, vis à vis de la réalité étudiée, sans pour autant les révoquer.

4.2.1. Système d'analyse

De première intention, nous avons voulu utiliser des logiciels tels que DARTFISH^(TM) ou encore KINOVEA^(TM) qui permettent d'effectuer une analyse de trajectoire ou une mesure angulaire sur une série d'images. Les études 2D sont plus simples à mettre en œuvre mais elles entraînent des biais liés au phénomène de torsion d'image, de défaut de perspective (16). Des études s'accordent à dire que l'analyse bidimensionnelle est comparable à l'analyse tridimensionnelle en ce qui concerne l'étude du mouvement articulaire dans le plan sagittal (31). Or pour cette étude, nous avons pour but d'objectiver les mouvements de genou dans un plan horizontal.

Pour réaliser ce projet, nous avons donc privilégié le système d'analyse 3D à l'aide de centrales inertielles. En effet il nous semblait le plus adapté et le plus précis pour explorer les mouvements de ramassage exécutés sur un cheval (24; 32; 33; 34). Il s'avère que c'est un excellent moyen d'analyser les contraintes mécaniques. En effet, c'est la méthode de choix utilisée pour l'analyse ergonomique (35). Certes, le matériel est plus coûteux, mais nous avons eu la chance de pouvoir collaborer avec les ingénieurs de l'entreprise TEA. Leurs centrales inertielles sont encore en cours d'amélioration, et elles ont fait l'objet de nombreux projets avant le nôtre (35). Ces capteurs ont été comparés au système VICON^(TM), et il s'est avéré, au cours de la marche d'un individu, que les valeurs angulaires recueillies par les capteurs Captiv-motion^(TM) sont proches (de l'ordre de quelques degrés) de celles obtenues par le système optoélectronique. Cette analyse avait été faite au laboratoire d'analyse du mouvement à l'Institut Régional Rééducation à Nancy. Le système optoélectronique, tel que le système VICON^(TM), est l'un des plus performants sur le marché en terme d'analyse cinématique 3D (13; 36). Cependant, il était peu adapté à notre étude (36). En effet, le système VICON^(TM) modélise les différents segments corporels de la personne à l'aide de marqueurs cutanés lumino

réfléchissants (27) placés sur différentes parties du corps (13; 18; 20; 22; 36). Ces derniers sont reconnus par des caméras infrarouges (6; 22) situées à des endroits spécifiques dans la pièce, ce qui permet de reproduire précisément le déplacement des différents segments corporels (13; 18; 20; 27). Il est aisé de comprendre que ce système est très coûteux et plus difficile à mettre en place. C'est pourquoi notre système d'analyse devait rester simple d'utilisation et accessible. Les centrales inertielles permettent de nous affranchir du protocole d'évaluation en laboratoire. Bien que le système optoélectronique comme VICON (™) reste la référence (37) la plus précise en terme d'analyse en France (27), les centrales inertielles permettent, elles aussi, une grande précision (32; 34; 36; 38).

Pour cette étude, nous utilisons des capteurs placés sur différents segments du corps. Il faut noter que les déplacements cutanés peuvent conduire à des erreurs positionnelles. En effet, les marqueurs cutanés, avec le glissement de la peau (6), la contraction musculaire et les mouvements de masses molles, enregistrent un mouvement non représentatif des déplacements osseux (6; 38). Ce mouvement relatif se traduit par des artéfacts de tissus mous (ATM) (20; 24; 34). Pouvant mesurer jusqu'à plusieurs centimètres, ces artéfacts compliquent l'hypothèse de corps rigide. (13; 21; 38; 39). Il s'agit d'une erreur importante à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats (13; 21; 39).

Les articulations du corps humain sont très complexes et irrégulières. Elles s'articulent entre elles par des structures péri-articulaires parallèles (21). Le travail de modélisation simplifie ces articulations, et un biais peut donc être introduit dans les conclusions qui sont issues de l'analyse des données récoltées (21).

De sorte à avoir une estimation plus précise des centres articulaires, nous aurions pu prendre en compte les mesures anthropométriques (20; 26). En effet, la taille, le poids, mais également la longueur et la circonférence des membres auraient pu être mesurées (26). L'absence de ces mesures peut biaiser l'interprétation de certains résultats. De plus, la corpulence des chevaux peut avoir un impact sur les valeurs de rotations au niveau du genou, de par la position qu'adopte le cavalier sur sa monture.

Un des biais de mesure les plus importants réside dans la procédure d'initialisation, ce

qui entraînerait une erreur systématique liée au mauvais calibrage des capteurs. Il en va de même pour une mauvaise synchronisation des caméras, qui engendrerait, quant à elle, une erreur aléatoire liée au codage.

Cette étude a été menée sur des cavalières figurant dans un manège et exécutant les ramassages sur des ballons que nous avons prédisposés à l'avance. Malgré des conditions de travail similaire à un entraînement, les résultats de l'étude ne sont pas transposables à une situation de match où les joueurs peuvent être amenés à ramasser une balle de façon réflexe, donc sans temps de préparation. Ces situations peuvent engendrer des contraintes différentes pour l'articulation du genou, mais il aurait été difficile de le mettre en place lors d'un match. L'analyse des séquences de ramassage aurait été très compliquée, de par la nécessité d'avoir une image isolée du cavalier effectuant le geste. De plus c'est un sport de contact, et nous n'aurions pas pris le risque d'endommager un des capteurs. Nous avons quand même souhaité être dans des conditions au plus proche de la réalité (chevaux habituels et distance de la balle conforme à l'engagement). Nous aurions pu mettre en place des exercices de ramassage forçant les joueuses à simuler des situations de match. Par exemple, nous aurions pu demander à la cavalière de se déplacer dans le manège, et nous aurions jeté un ballon dans sa trajectoire, l'obligeant à précipiter son geste.

4.2.2. Enregistrement

Au cours de notre projet, nous avons rencontré des soucis d'enregistrement. En effet, la caméra Go pro® fixée sur le casque de la cavalière, ainsi que la caméra installée sur un des côtés du manège n'ont pas fonctionné pour la première cavalière. C'est pourquoi, en ce qui concerne le codage de vidéo, nous avons utilisé uniquement les images qui provenaient de la caméra sur la passerelle du manège. De ce fait, nous n'avons pas pu vérifier les positions d'un point de vue différent, et ainsi avoir un codage beaucoup plus précis. Nous aurions pu installer une quatrième caméra sur l'autre côté du manège, en opposition avec celle déjà présente dans l'étude. Elle nous aurait permis de percevoir le ramassage sous plusieurs angles.

Toujours lors du déroulement des essais, à la suite du problème de caméras, nous

n'avons pu enregistrer qu'un seul ramassage à l'arrêt en position 1, pour la première cavalière. A la suite de ce manque d'image, nous avons dû coder deux ramassages en utilisant l'avatar de la cavalière et non les images réelles, ce qui induit un biais de mesure non négligeable.

Lors de la réalisation du protocole, plusieurs évènements nous ont amenés à nous écarter du protocole prédéfini. Tout d'abord, un certain nombre de ramassage avait été prévu et devait être réalisé par la cavalière. Pourtant, il s'est avéré que nous avons eu besoin de recommencer plusieurs fois certains passages pour obtenir une exécution satisfaisante. Bien que nous ayons obtenu des données parfaitement exploitables, le nombre de ramassages étudiés ne sera pas le même pour chaque cavalier et selon les allures. Ceci constitue donc un biais puisque la méthode utilisée diffère du protocole initial. De plus, un paramètre de fatigue, ou de lassitude, a pu être introduit.

Nous pouvons également stipuler que les cavalières avaient pour consigne de respecter une allure stricte, or sur certains ramassages, nous avons eu de petites difficultés pour maintenir les chevaux dans la bonne allure durant tout le ramassage. C'est un paramètre qui peut donc influencer nos résultats.

Lors de nos essais, nous avons remarqué que certains capteurs avaient bougés pour la plupart des cavalières. En effet il s'agissait des capteurs situés au niveau du pied et du segment fémoral principalement. Il était très délicat pour nous de corrélérer ces déplacements avec les résultats que nous avons obtenus. Ces déplacements de capteurs peuvent potentiellement fausser les données de plusieurs degrés, ce qui explique peut-être nos valeurs aberrantes. Au cours du protocole nous aurions dû vérifier régulièrement le bon positionnement des capteurs, et notifier le moment où le marqueur a commencé à bouger.

4.2.3. Exploration par EMG

Pour compléter nos valeurs angulaires obtenues à l'aide des capteurs, nous aurions voulu exploiter les données de l'électromyogramme. Ces électrodes de surface ont été placées par mes soins et vérifiées par une autre étudiante en dernière année de masso-kinésithérapie. Une MK diplômée devait nous assister lors de nos mesures et, de par son expérience, elle aurait vérifié

le bon emplacement des électrodes de surface. Cependant elle n'a pas pu être présente lors des deux essais sur les cavalières. Le placement des électrodes nécessite une bonne connaissance de l'anatomie musculaire. C'est une manœuvre complexe qui est perfectible avec de l'entraînement pour obtenir une précision et une reproductibilité optimales. En effet, la qualité du signal des électrodes de surface peut être influencée par de nombreux facteurs tels que leurs emplacements, la longueur et l'épaisseur du muscle, l'activité des muscles adjacents appelée le « Crosstalk », la présence de tissus adipeux ou encore de l'interface entre l'électrode et la peau (19). Nous pouvons donc émettre qu'il existe un biais de mesure puisque la pose a été faite par deux étudiantes en masso-kinésithérapie. En revanche, les ingénieurs, quant à eux, avaient l'habitude de procéder à cette manipulation. Ils possédaient une fiche très pointue sur les emplacements des électrodes selon les points moteurs, ce qui a confirmé notre pose. De plus la localisation des électrodes a été vérifiée en demandant à la cavalière des séries de contraction pour observer un potentiel d'action musculaire.

Malheureusement, nos données EMG n'ont pas pu être exploitables car nous avons observé, lors de l'analyse sur le logiciel Captiv L7000, de nombreuses déconnexions. Par conséquent ces valeurs n'ont pas pu être comparées entre les cavalières, il était donc évident de ne pas les faire figurer dans l'étude.

4.2.4. Codage

La prise en main du logiciel Captiv-L7000 a été compliquée. En effet, nous n'avons pas eu de formation au préalable. Après un certain temps, nous avons fini par l'utiliser à bon escient. Le codage a été réalisé par mes soins, et, n'étant pas experte, un biais de mesure a pu être introduit.

Au moment de coder les vidéos, nous avons parfois remarqué que, lors du ramassage, les différentes phases du geste que nous avons décomposées au préalable, n'étaient pas clairement séquencées. Ainsi, certaines phases sont réalisées en simultanée, et les résultats en deviennent moins lisibles. Par exemple, lors de l'étude de la phase de « tourner le pied », on s'aperçoit que la cavalière effectue l'action de tourner le pied en même temps que celle de lever la jambe. Il en est également de même pour les phases « relever le buste » et « retour en selle »,

où on s'aperçoit que la cavalière revient en selle rapidement en poussant sur sa jambe homolatérale alors que le buste n'est pas encore redressé.

Il est à rajouter que la vitesse d'enchaînement des phases varie d'un ramassage à l'autre. Il est également dépendant du cavalier et de l'alchimie avec son cheval. En effet, la durée de certaines phases de ramassage peut varier en fonction de la propension du cheval à être aux ordres. Par conséquent, nous pouvons en déduire qu'une phase longue engendre plus de rotation latérale dans le temps. Nous avons observé que, lors du ramassage, le genou homolatéral est en flexion maximale, il pourrait être intéressant de l'étudier de manière plus spécifique.

Au sein même d'une méthode de ramassage, nous avons pu observer différentes interprétations. Les cavalières ne réalisent pas toutes le même geste à l'identique, et pour une même joueuse, celui-ci varie d'un ramassage à l'autre. Nous retrouvons alors une grande dispersion des données, ce qui engendre un écart type qui est très élevé. A première vue, nous pourrions penser qu'il s'agirait d'un manque d'expérience des joueuses. Or, l'une des principales difficultés dans notre étude est de collaborer avec des animaux. Une étude démontre d'ailleurs qu'il existe une influence du comportement du cheval sur la posture du cavalier et inversement (32; 33). En effet, bien que dressés, les chevaux restent imprévisibles. C'est pourquoi il était parfois compliqué de maîtriser l'équidé pour qu'il coopère dans les séquences de ramassage. Doués d'intelligence, les chevaux peuvent avoir tendance à être dans l'anticipation lorsqu'ils reconnaissent une situation habituelle. Lors des phases de jeu, le cheval est souvent amené à se déplacer au galop. Ainsi, lors de nos essais, il est arrivé que le cheval parte dans une allure ascendante au moment d'un ramassage ou bien qu'il s'écarte de la balle par lassitude. Le comportement du cheval apporte donc un biais dans l'étude centrée sur le cavalier.

4.2.5. Observations

Nous aurions aimé mettre en évidence les forces de tractions qui s'exercent de part et d'autre du genou controlatéral à la balle. Nous rappelons qu'il existe une sangle de ramassage attachée aux étriers qui permet de relier les deux pieds du cavalier dans le but de le stabiliser. C'est pourquoi, lors du ramassage, lorsque le genou est en position la plus haute sur la selle, il

va subir une traction, d'une part par la sangle de ramassage tendue à son maximum, et d'autre part par le poids du cavalier. Cette hypothèse n'a pas pu être explorée, car il s'est avéré qu'il était compliqué de mettre ce projet en place. L'équitation est une discipline qui implique un cavalier et un cheval. C'est pourquoi, nous avons émis l'hypothèse que l'allure et les mouvements de l'équidé pouvaient majorer cette traction. En effet, les allures, sautée ou basculée, comme le trot ou le galop, ont une composante verticale qui s'ajoute aux autres. Cette piste pourrait faire l'objet d'un autre travail de recherche dans le domaine du horse-ball.

Nous avons mis en évidence qu'une rotation latérale était associée à une flexion de genou, nous supposons que la répétition de ce mouvement entraînerait des contraintes mécaniques et, de ce fait, pourrait léser certaines structures anatomiques.

Comme référencé dans la partie cinésiologie du genou, les structures articulaires sont conformées de manière à permettre la rotation médiale lors de la flexion de genou (10). De plus, nous avons vu que le roulement pur de l'articulation est la solution la moins usante pour les cartilages du genou, or cette phase apparaît lorsque le genou se fléchit de 0-20° (10). A cheval, le cavalier a une flexion de genou qui varie entre 70 et 110°, dans cette activité nous avons une prédominance de glissement à partir de 90° de flexion. Cette position entraîne une double contrainte en glissement du genou, d'une part par la flexion, et d'autre part par la rotation latérale. De plus, dans cette amplitude articulaire, le genou possède un contrôle passif insuffisant (10).

Dans ce geste de ramassage, les ligaments collatéraux du genou sont détendus, de par la flexion, pour permettre les rotations (10). Or lors de la rotation latérale, les ligaments collatéraux vont se tendre, et plus particulièrement le ligament médial qui limite la rotation externe (14). Nous pouvons supposer qu'au fur et à mesure de la pratique, nous pouvons retrouver une laxité au niveau du système ligamentaire collatéral.

De plus, nous supposons qu'il existe une force de traction qui s'exerce sur le genou lors du ramassage. Nous pensons que cette traction va distendre davantage ces ligaments collatéraux. A rappeler que le genou est une articulation qui travaille en compression et non en traction (10).

Nous avons vu dans la partie cinésiologie, que le ménisque latéral subit une double peine vers l'arrière lors du mouvement combiné de flexion et de rotation externe (10), et entraîne un stress mécanique beaucoup plus important au niveau de sa corne postérieure, qui peut être un lieu de lésion méniscal (14).

Nous avons effectué des mesures goniométriques sur les trois cavalières de sorte à connaître leurs amplitudes maximales en rotation. Nous devons prendre en considération qu'il existe une marge d'erreur de mesure inter cavalière de l'ordre de 5-10°. De ce fait ces mesures nous ont permis de conclure sur les valeurs aberrantes de l'étude. Nous supposons que ces aberrations peuvent être la conséquence d'une compensation en rotation latérale de hanche ou bien d'un déplacement de capteurs au cours de l'étude. Lors de ces mesures goniométriques, nous nous sommes aperçus que les joueuses présentaient une rotation latérale plus importante sur le genou étudié lors de l'étude.

4.2.6. Questionnaire

Afin de connaître la prévalence des douleurs chez le horse-balleur il aurait été intéressant d'établir un questionnaire en amont de cette étude.

Dans notre questionnaire, nous avons omis de parler des circonstances d'apparition des douleurs. En effet, ces informations nous auraient permis d'indiquer si la survenue se produisait plutôt au repos, après ou pendant un entraînement, ou encore seulement après un match.

Grâce à ce questionnaire, nous avons constaté que c'est la cavalière la plus expérimentée dans cette discipline de haut niveau qui a de récurrentes douleurs de genou.

4.3. Intérêts et limites des résultats au vue de la littérature

En prenant du recul sur le travail réalisé, nous pouvons émettre plusieurs critiques. Il nous semble important de souligner les difficultés rencontrées lors de notre recherche bibliographique. En effet, nous avons pu constater qu'il n'existait aucun article scientifique qui traitait de cette discipline équestre. Par conséquent, il était très difficile pour nous de s'appuyer sur un article de référence pour l'élaboration de notre projet, et pour évaluer la pertinence de

nos résultats. En effet, nous n'avons pas pu comparer nos résultats avec ceux d'une autre étude. De par mon expérience dans le horse-ball professionnel depuis maintenant quatre ans, et pratiquant l'équitation depuis vingt ans, nous nous sommes fondés sur ces connaissances pour élaborer notre protocole, limiter les biais que nous avons rencontrés et éviter ceux que nous avons anticipés. Ce projet servira d'initiation dans la recherche appliquée à cette discipline équestre.

4.4. Intérêts et limites au vue de la pratique masso kinésithérapie

Le suivi masso-kinésithérapique est inexistant dans la discipline du horse-ball en compétition et ce, même au niveau professionnel. Pour un MK responsable d'une équipe de sportifs de haut niveau, nous pourrions utiliser ces capteurs pour permettre un retour en temps réel au pratiquant ainsi qu'à son entraîneur dans le but d'accroître la performance sportive (32). Cela permettrait une meilleure analyse, à l'aide de données fiables, pour les entraîneurs et l'équipe encadrante qui évaluent la technique du geste. Il serait également intéressant de les proposer et de les intégrer dans une pratique libérale afin de prendre en charge n'importe quel sportif. De nos jours, les MK sont encore peu nombreux à utiliser cette technique instrumentale.

L'observation des paramètres biomécaniques propre à chaque sportif, et l'identification du mouvement déficitaire nous semble primordiaux lorsqu'il s'agit de prévenir l'apparition de blessures. Souvent, il existe une période de latence entre les contraintes subies par les articulations et l'apparition des premiers signes cliniques. Nous pouvons supposer qu'à force de pratiquer, et au fur et à mesure des années, ce geste peut engendrer des « modifications structurelles pathologiques » tels qu'une hyper rotation externe avec une diminution de la rotation interne, une hyper laxité des ligaments collatéraux, latéral et médial, du genou, ou encore des microtraumatismes ou lésions méniscales qui peut entraîner une instabilité passive (9) de l'articulation .

La mise en place de stratégies préventives est une part importante de la kinésithérapie, c'est le spécialiste qui est le plus proche des sportifs et qui leur permet de garder une condition physique optimale. La profession de masseur-kinésithérapeute est définie selon l'Article L4321-1 du Code de la Santé publique comme étant « une pratique qui comporte la promotion

de la santé, la prévention, le diagnostic kinésithérapique et le traitement... » (40; 41). La prévention est définie depuis 1948 par l'organisation mondiale de la santé (OMS) comme « l'ensemble des mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps » (41; 42).

Le kinésithérapeute du sport a donc un rôle curatif et préventif. Dans le cadre de la prise en charge du horse-balleur, nous pourrions proposer un renforcement musculaire des rotateurs médiaux au profit des rotateurs latéraux.

5. OUVERTURE ET SUITES DE L'ÉTUDE

Au-delà des différents biais évoqués, notre étude a tout de même permis un certain apport de connaissances dans un domaine jusqu'alors peu étudié. La réalisation d'une étude similaire, sur une population plus importante et plus variée, pourrait enrichir les analyses que nous avons effectuées.

Il pourrait également être très intéressant de dupliquer notre étude en étudiant l'éventuelle traction subie par le genou que nous avons étudié lors du ramassage. Il serait judicieux de réaliser une étude similaire qui ciblerait, quant à elle, le genou homolatéral à la balle. Il serait également intéressant d'investiguer sur la laxité du genou des joueurs de horse-ball dans le plan frontal, pour nous donner une idée de l'intégrité des ligaments collatéraux. D'autres gestes répétitifs présents dans le horse-ball, que ce soit au niveau du genou ou d'autres articulations, pourraient être analysés afin de compléter la base de connaissance initiée, nécessaire au suivi de ces sportifs par des MK. Par ailleurs, afin d'être plus représentatif du geste, il pourrait être intéressant de recréer des situations de match. Enfin, notre protocole et notre expérience de son déroulement, pourraient servir pour réaliser des études semblables dans d'autres sports.

Ce travail de fin d'étude est une première approche dans le domaine du horse-ball. Nous avons voulu promouvoir la place du kinésithérapeute dans un sport de haut niveau encore méconnu. Il permet également aux masseur kinésithérapeutes d'avoir connaissance de ce geste

qui peut atteindre à l'intégrité physique des athlètes à long terme.

6. CONCLUSION

Le geste du ramassage au horse - ball provoque une rotation latérale du genou controlatéral à la balle. Toutefois, en fonction de la méthode de ramassage réalisée, le genou ne subit pas le même type de contraintes.

En effet, la première méthode, la plus couramment utilisée, provoque une rotation moyenne plus importante, constante tout au long du geste, mais qui reste modérée. Bien qu'à première vue la méthode 2, moins connue des joueuses, semble engendrer moins de rotation latérale en moyenne, il s'avère qu'elle provoque des angles de rotation latérale instantanés plus élevés et un débattement articulaire plus important. De par ces observations, la méthode 1 semble être celle qui provoque un stress mécanique moins important sur l'articulation du genou. De plus, c'est la méthode privilégiée des joueuses de l'étude, c'est pourquoi il ne sera pas nécessaire de faire évoluer leurs habitudes quant au geste de ramassage à exécuter. Nos résultats sont à nuancer de par la taille de notre population, mais l'allure ne semble pas avoir un effet significatif sur les valeurs de rotation.

Enfin, il est très limitatif de réaliser une analyse cinématique pure lorsqu'il s'agit de s'intéresser à la performance sportive. En effet, elle ne tient pas compte de la coordination gestuelle, de l'équilibre postural ainsi que de la force mise en œuvre pour réaliser le geste étudié. Cette étude n'est pas suffisamment développée pour répondre à cette idée de performance.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Aquatias S, Arnal JF, Rivière D, Bilard J, Callède JP, Casillas JM *et al.* Activité physique, contextes et effets sur la santé. Paris : Les éditions Inserm ; 2008. 826.
- (2) FFE, Fédération Française d'Équitation. Horse-ball. [En ligne]. Consulté le 15 septembre 2018. Disponible : <https://www.ffe.com/Disciplines/General/Horse-ball/Presentation>.
- (3) Règles internationales Horse-ball : international rules. [En ligne] (version 3.6 Consulté le 17 janvier 2019. Disponible : http://www.horse-ball.org/share/Reglement_FR.pdf.
- (4) Règlement FFE des compétitions : applicable au 1^{er} juillet 2018- Dispositions spécifiques au horse-ball. Fédération française d'équitation. [En ligne]. Juin 2018. [Mis à jour le 31 janvier 2019 ; Consulté le 17 février 2019]. Disponible : http://www.horse-ball.org/images_pdf/7550_doc_horseball.pdf.
- (5) Haïda A. Blessure, environnement et performance de haut niveau. 2014. 340. Docteur en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives : Rouen, Université de Rouen.
- (6) Dubrulle P. Le niveau d'expertise en équitation influence-t-il la cinématique rachidienne du cavalier. 2015. 398p. Diplôme de doctorat, Sciences et techniques des activités physiques et sportives. Université d'Artois unité de recherche pluridisciplinaire, sport, santé, société.
- (7) MAUREL B, GRISON A. Equipedia ifce, Institut Français du Cheval et de l'Équitation. Les allures naturelles des équidés. Juin 2011. [En ligne]. Consulté le 14 janvier 2019. Disponible : <https://equipedia.ifce.fr/equitation/disciplines-olympiques/dressage/allures-naturelles.html>.
- (8) Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur – Tome 1 : Membre inférieur. 3^{ème} édition. Elsevier-Masson ; juin 2015, 552p.
- (9) Dufour M, Pillu M, Langlois K, Del Valle Acedo S. Biomécanique fonctionnelle – Membres, tête, tronc. 2^{ème} édition. Elsevier-Masson ; janvier 2017, 568p.
- (10) Kapandji, A. I. Anatomie fonctionnelle II - Membre inférieur. 6^{ème} édition. 3^{ème} tirage. Paris : Maloine ; octobre 2009, 308p.

- (11) Kaelin R, Christen B, Egli S, Miozzari H, Arnold MP. Traitement des lésions méniscales dégénératives. *Forum Med Suisse*, 2018 ; 18 (07) : 147 – 153.
- (12) Masouros SD, McDermott ID, Amis AA, Bull AMJ. Biomechanics of the meniscus meniscal ligament construct of the knee. *Knee Surg Sport Traumatol Athrosc*, 2008 ; 16 : 1121-1132.
- (13) Lepoutre JP. Modélisation biomécanique du mouvement : vers un outil d'évaluation pour instrumentation en orthopédie. 2007. 241p Diplôme de Doctorat en biomécanique. Université du Sud : Toulon, Var.
- (14) De Peretti F, Berthe A, Lacroix R, Bourgeon A. Anatomie fonctionnelle des ligaments et ménisques du compartiment latéral de l'articulation fémoro-tibiale dans les mouvements de rotations. *Ann. Kinisither*, 1983 ; 10, 6 : 203-207.
- (15) Armand S, Beyaert C. Apport clinique de l'analyse du mouvement : évidences et perspectives. *Movement and Sport Sciences – Sciences motricité* : 2016 ; 93 : 1-3.
- (16) Robert C. Etude de la locomotion du cheval par accélérométrie, électromyographie de surface et cinématique. *Bull Acad Vet France*, 2003, 156 ;1 : 25-36.
- (17) Winter DA. Chapter 1: Gait Analysis: Considerations and Terminology. *The biomechanics and motor control of human gait*. Waterloo. University of Waterloo press.
- (18) Armand S, Bonnefroy-Mazure A, Hoffmeyer P, De Coulon G. Analyse quantifiée de la marche : mode d'emploi. *Rev Med Suisse*, 2015 ; 11 : 1916-1920.
- (19) Hamaoui A. Guide pratique des systèmes d'analyse du mouvement. Février 2018. Consulté le 20 septembre 2018. [En ligne]. Disponible : <http://www.posture-equilibre.asso.fr/wp-content/uploads/2018/02/Guide-pratique-tech-V1.pdf>.
- (20) Carcreff L, Bonnefroy-Mazure A, De Coulon G, Armand S. Analyse quantifiée de la marche. *Movement & Sport Sciences*. 2016 ; 3 (93):7-21.
- (21) Gasparutto X. Modélisation articulaire pour la cinématique et la dynamique du membre inférieur. 2013. 120p. Diplôme de Doctorat en Biomécanique. Université Claude Bernard : Lyon 1.

- (22) Dib A. Vers un système de capture du mouvement humain en 3D pour un robot mobile évoluant dans un environnement encombré. 2016. 196p. Doctorat en informatique : Université de Lorraine.
- (23) Dumas R, Cheze L. Soft tissue artifact compensation by linear 3D interpolation and approximation methods. *Journal of Biomechanics*, 2009 ; 9 : 2214-2217.
- (24) Portero P, Garric D, Portero R, Masson I. Vers la caractérisation des propriétés biomécaniques du segment tête cou : utilisation de capteurs inertiels 3D- Première étape : étude cinématique. Conférence JSFM-CMC ; octobre 2014.
- (25) TEA. [En ligne]. [Consulté le 14 septembre 2018]. Disponible : <http://teaergo.com/wp/>.
- (26) Laudanski A, Brouwer B, Li Q. Measurement of lower limb joint kinematics using inertial sensors during stair ascent and descent in healthy older adults and stroke survivors. *Journal of Healthcare Engineering*. 2013 ; 4 (4), 555–576.
- (27) Mohamedou A. Reconstruction de mouvements à partir de séquences vidéos. 2016. 51p. Master 2 recherche en Robotique : Université Blaise Pascal.
- (28) Bonnaz JM. Evaluation du modèle d'erreur de capteurs MEMS-IMU. *Revue XYZ* ; 2008, 117 : 27-34.
- (29) Bourque J, Blais J, Larose F. L'interprétation des tests d'hypothèses : p, la taille de l'effet et la puissance. *Revue des sciences de l'éducation*, 2009 ; 35, 1 : 211–226.
- (30) SENIAM. [En ligne].[Consulté le 17 août 2018]. Disponible : http://www.seniam.org/?fbclid=IwAR1Lv3JI4AcAJcY6jxRp5vHQ0_8gUvatoMzBCfRHZP9WSoAqlMXnc1CXVqo.
- (31) Schurr SA, Marshall AN, Resh JE, Saliba SA. Two dimensional video analysis is comparable to 3D motion capture in lower extremity movement assesment. *IJSPT*. Avril 2017. 12(2): 163–172.
- (32) Duval F. Analyse biomécanique du mouvement du cavalier de dressage dans un but de dimensionnement d'un système de mesure des critères de performance. 2017. 49p. UFR Sciences et Techniques des Activité Physiques et Sportives Master 2 – Mouvement Sport Santé : Rennes, université de Rennes 2 – Haute Bretagne.

- (33) Gandy EA, Bondi A, Hogg R, Pigott TMC. A preliminary investigation of the use of inertial sensing technology for the measurement of hip rotation asymmetry in horse riders. *Sports Technology*, 2014 ; 7, 1–2 : 79–88.
- (34) Favre J, Jolles B M, Aissaoui R, Aminian K. Ambulatory measurement of 3D knee joint angle. *Journal of biomechanics*. 2008 ; 41(5), 1029-1035.
- (35) Mollard R, Hubert E, Barthes N, Wolff M. Caractérisation de l'inconfort dans un environnement de travail contraint de type cockpit d'aéronef. *ERGO'IA 2018*, Octobre 2018, Bidart, France.
- (36) Coulloud F, Monnet T. Estimation de la précision du champ de mesure pour un système de capture du mouvement en déplacement. *Analyse 3D du mouvement*, Juin 2010. Texte rassemblés : 39 – 47.
- (37) Grenet P, Mansour F, Fohanno V. Le système Vicon comme référence pour l'évaluation d'un système de reconstruction. *Analyse 3D du mouvement*, Juin 2010. Texte rassemblés : 83 – 92.
- (38) Chiari L, Della Croce U, Leardini A, Cappozzo A. Human movement analysis using stereophotogrammetry. Part 2 : Instrumental errors. *Gait and posture*, 2005 ; 21 : 197-211.
- (39) Cappozzo A, Catani F, Leardini A, Benedetti MG, Della Croce U. Position and orientation in space of bones during movement : experimental artefacts. *Clin.Biomech*, 1996 ; 11, 2 : 90-100.
- (40) Article L4321-1 du 28 janvier 2016 du Code de la santé publique. [En ligne ; consulté le 23 février 2019]. Disponible : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=A9C367E8D612B0518B0AB0606E3DB6C4.tplgfr36s_3?idSectionTA=LEGISCTA000006171311&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20190426.
- (41) Chamaillard A. Evaluation clinique et prévention de l'épaule douloureuse du handballeur : Quelle pertinence de l'analyse vidéographique en 2D du geste de tir à bras cassé en masso kinésithérapie factuelle. 2017. 30p. Diplôme d'Etat de Masseur kinésithérapeute. Institut de Formation aux Métiers de Rééducation et Réadaptation : Pays de la Loire.

(42) Flajolet A. La prévention: définition, notion générales sur l'approche française, et comparaisons internationales - Annexe 1. Ministère des affaires sociales et de la santé; 2008 [En ligne ; consulté le 9 mars 2019]. Disponible sur: <https://social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/annexes.pdf>.

ANNEXES

- ANNEXE I : historique du horse-ball
- ANNEXE II : formulaire de consentement libre et éclairé
- ANNEXE III : protocole de mesure
- ANNEXE IV : emplacements des électrodes
- ANNEXE V : différentes phases de codage
- ANNEXE VI : questionnaire
- ANNEXE VII : pourcentage de la contribution des différentes variables sur les valeurs de rotations latérales maximales
- ANNEXE VIII : contribution de différentes variables pour les cavalières 2 et 3

ANNEXE I : Historique du horse-ball

1930-1936	Apparition du Pato argentin en France
1936	Apparition du terme horse-ball dans les différents régimes militaires (exercices de mise en selle)
1939-1970	Horse-ball disparaît avec l'arrivée de la guerre
1977	Présentation d'un match de pato Argentin au Salon du Cheval à Paris
Février 1979	Présentation d'un prototype du horse-ball lors du championnat des jeux équestres à Poitiers
Octobre 1979	Création de la discipline du horse-ball
1984	Création d'une deuxième division
1986	Horse-ball devient une discipline fédérale
1988	Entrée du horse-ball sur la scène internationale au Portugal
1989	Première rencontre internationale contre la Belgique qui se solde d'une victoire
1992	Accueil la première coupe d'Europe au Salon du Cheval à Paris
1995	Premier tournoi féminin international à Stone light en Angleterre
1996	Création des catégories Nationale 1, 2, 3 et 4
2002	Création de la catégorie Elite et premier tournoi international Jeunes (-21 ans) à Lamotte-Beuvron

ANNEXE II : Formulaire de consentement libre et éclairé

FICHE JOUEUSE – Mémoire à l'obtention du diplôme d'état en masso-kinésithérapie

Formulaire de consentement libre et éclairé

Contexte :

Bonjour, je m'appelle Fiona TEMPEL joueuse de horse-ball et étudiante en 4^{ème} année à l'école de masso-kinésithérapie de Nancy.

Dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude, je réalise une étude cinématique du genou controlatéral à la balle lors de la position de ramassage au horse-ball. L'objectif de ce projet est de démontrer qu'il existe une rotation latérale de genou dans le geste du ramassage au horse-ball chez les joueuses âgées entre 20 et 25 ans évoluant au haut niveau. De plus on souhaite comparer deux techniques de ramassage afin de conclure qu'une technique sollicite beaucoup moins l'articulation du genou. Pour se faire je travaille en collaboration avec les ingénieurs de la société TEA, nous avons réalisés une série de mesures qui permet de comparer deux gestes différents de ramassage.

Renseignements :

NOM Prénom	
Age	
Sexe	
Latéralité (pour le ramassage)	
Profession	
Depuis quand exercez-vous le horse-ball ? (années)	
Depuis quand êtes-vous dans le circuit professionnel ? (années)	
Avez-vous des antécédents médicaux/ chirurgicaux ? Si oui lesquels ?	
Avez-vous pratiqués un autre sport en club ? Si oui, merci de préciser le sport et pendant combien de temps.	

Consentement :

Je soussigné(e), reconnait avoir bénéficié d'explications claires et compréhensibles sur les raisons, les objectifs, les avantages et inconvénients éventuels concernant ma participation à cette étude menée par Mme TEMPEL Fiona et supervisée par son directeur de mémoire Mr MANGIN Antoine.

J'ai eu la possibilité de demander des explications supplémentaires sur cette étude. Après avoir obtenu réponse à mes questions, j'accepte librement et volontairement de participer à la recherche qui m'est proposée et que mon nom y figure. Je suis libre de me retirer à n'importe quel moment ou de refuser de répondre à certaines questions, sans avoir besoin de justifier ma décision.

Je pourrai communiquer avec l'équipe de recherche afin d'obtenir des informations sur l'avancement de l'étude.

Fait à le

Signature précédée de la mention « Lu et approuvé »

Signature de l'investigateur

Signature du sujet

ANNEXE III : Protocole de mesure

Présentation du sujet

Objectif :

L'objectif de ce projet est de démontrer qu'il existe une rotation latérale de genou dans le geste du ramassage au horse-ball chez les joueuses âgées entre 20 et 25 ans évoluant à haut niveau. De plus on souhaite comparer deux techniques de ramassage afin de conclure qu'une technique impose moins de stress mécanique sur l'articulation que l'autre méthode.

Date de la prise de mesure : le dimanche 18 novembre 2018 au centre équestre Bel-air à Pont à mousson

Cavalières : Deux cavalières âgées de 20 et 22 ans évoluant en circuit professionnel sous le club de Bel air.

Besoins/moyen à disposition :

Besoins	
<u>Matériels et locaux :</u> <ul style="list-style-type: none">* Manège pour effectuer les mesures* Deux chevaux* Matériels équitation pour préparation des chevaux* Club house pour préparation capteurs et cavaliers* Deux caméras + trépied* Une caméra embarquée* Capteurs* Ordinateur* Ballons de horse-ball	<u>Besoin humain :</u> <ul style="list-style-type: none">* Deux étudiantes kiné* Trois ingénieurs* Deux cavalières* Un groom

II. Organisation de la journée

La journée a commencé en début d'après-midi (13h), une cavalière débute (puis prise de mesure sur la deuxième joueuse).

	Consignes	Temps
<u>Préparation du 1^{er} cheval par le groom</u>	<ul style="list-style-type: none">* Equiper le cheval* Echauffer le cheval	40 minutes
<u>Préparation 1^{ère} cavalière</u>	<ul style="list-style-type: none">* Vêtement adéquat* Préparation capteurs* Mise en place des EMG* Mise en place des capteurs* Paramétrage position de référence	30 minutes

	* Description du protocole de mesure	
<u>Protocole</u>	<p>Position de référence cavalier</p> <ul style="list-style-type: none"> * Prise de mesure position de référence à l'arrêt pendant 1 minute * Prise de mesure position de référence au pas (un aller-retour) * Prise de mesure position de référence au trot (un aller-retour) * Position de référence au galop (un aller/retour) <p>Position 1</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geste de ramassage position 1 au pas (trois ballons sur ligne droite, un aller/retour) * Geste de ramassage position 1 au trot (2 ballons sur ligne droite, deux aller/retour) * Geste de ramassage position 1 au galop (1 ballon sur ligne droite, 4 ramassages minimum) * Geste de ramassage position 1 à l'arrêt (4 ramassages minimum) <p>Position 2</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geste de ramassage position 2 à l'arrêt (4 ramassages minimum) Geste de ramassage position 2 au pas (trois ballons sur ligne droite, un aller/retour) * Geste de ramassage position 2 au trot (2 ballons sur ligne droite, deux aller/retour) * Geste de ramassage position 2 au galop (1 ballon sur ligne droite, 4 ramassages minimum) <p>Total minimum 22 ramassages position 1 et 22 ramassages position 2</p>	60 minutes
<u>Préparation du 2^{ème} cheval par le groom</u>	<ul style="list-style-type: none"> * Equiper le cheval * Echauffer le cheval 	40 minutes
<u>Préparation 2^{ème} cavalière</u>	<ul style="list-style-type: none"> * Vêtement adéquat * Préparation capteurs * Mise en place des EMG * Mise en place des capteurs * Paramétrage position de référence * Description du protocole de mesure 	30 minutes
<u>Protocole</u>	* Idem (même protocole que pour la première cavalière)	60 minutes

Temps estimé : 3h20 approximatif

ANNEXE IV : Emplacements des électrodes

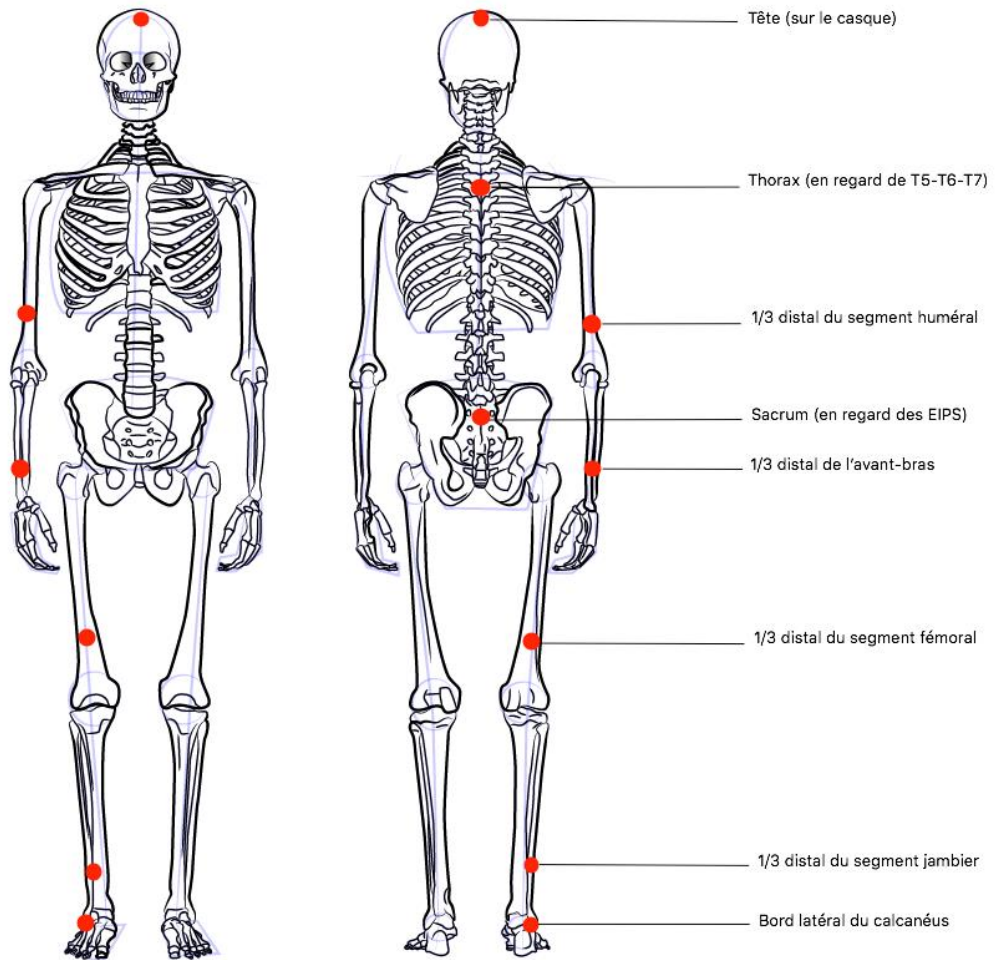




Image tirée de : <https://www.drawingtutorials101.com/drawing-tutorials/Others/Everyday-Objects/skeleton/how-to-draw-Skeleton-step-16.png>

ANNEXE V : Description des différentes phases de codage

Phases	Description	Illustrations
Tourner pied	Le cavalier prépare le geste en tournant le pied, pointe de pied vers l'extérieur	
Lever jambe	Le cavalier lève la jambe jusqu'à ce que le genou soit au plus haut sur le siège de la selle et le bassin du cavalier au plus bas.	
Se pencher	Phase qui suit la précédente, le bassin du cavalier est au plus bas, il reste fixe et nous avons une inflexion latérale du buste.	

<p>Redresser buste</p>	<p>Redressement du buste avec le bassin plus ou moins fixe.</p>	
<p>Retour en selle</p>	<p>Le cavalier prend appuie sur l'étrier homolatéral à la balle, le buste est redressé jusqu'à ce que l'on retrouve la position du cavalier en rectitude ou bien en équilibre sur ses deux étriers.</p>	

ANNEXE VI : Questionnaire



QUESTIONNAIRE DESTINE AUX JOEUSES DE HORSE-BALL

Bonjour, je m'appelle Fiona TEMPEL joueuse de horse-ball et étudiante en 4^{ème} année à l'école de masso-kinésithérapie de Nancy. Je pratique le horse-ball depuis plus de douze ans. Durant ma pratique sportive, j'ai pu remarquer combien le geste de ramassage est complexe et peut solliciter l'articulation du genou.

Le domaine du sport en masso-kinésithérapie m'intéresse particulièrement. C'est pourquoi, dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude, je réalise une étude cinématique du genou sur la selle lors de la position de ramassage au horse-ball. L'objectif de ce projet est de démontrer qu'il existe une rotation latérale de genou dans le geste du ramassage au horse-ball chez les joueuses âgées entre 20 et 25 ans évoluant au haut niveau. De plus on souhaite comparer deux techniques de ramassage afin de conclure qu'une technique sollicite beaucoup moins l'articulation du genou. Pour se faire je travaille en collaboration avec les ingénieurs de la société TEA, nous avons réalisés une série de mesures qui permet de comparer deux gestes différents de ramassage.

Pour mener à bien mon projet, je vous invite à répondre à ce questionnaire dont les résultats me permettront de connaître vos habitudes quant au geste sportif ainsi que votre ressenti. Vos réponses m'aideront à comprendre pourquoi un geste peut être privilégié par rapport à l'autre. Pour vous aider à comprendre les items du questionnaire, je vous décris les différents gestes de ramassage qui entrent dans mon enquête.

Nous avons :

	Geste 1	Geste 2
Description	Ramassage classique sur le côté du cheval, genou au niveau du siège de la selle	Ramassage en avant de l'épaule du cheval, genou en avant du pommeau de la selle
Illustration		

A – A PROPOS DE VOUS

Quel âge avez-vous ?

- < 20 ans
- 20-25 ans
- > 25 ans

Depuis combien d'années pratiquez-vous le Horse-ball ?

- < 2 ans
- De 2 à 5 ans

- De 5 à 10 ans
- > 10 ans

B – LES DOULEURS

Avez-vous déjà eu des douleurs aux genoux au cours de votre pratique sportive ?

- Oui
- Non

Si oui, précisez sur quel genou ?

- Celui sur la selle
- Celui en appui sur l'étrier
- Les deux genoux

B – LE GESTE DE RAMASSAGE

De quel côté ramassez-vous préférentiellement ?

- Droite
- Gauche

Quel geste de ramassage adoptez-vous habituellement ?

- Geste 1
- Geste 2

Si vous avez déjà pratiqué le geste 1

Quelles sont les avantages de cette position ?

- Elle est plus facile à exécuter
 - Elle me permet d'avoir moins mal aux genoux
 - Elle me permet d'être plus performante
 - Elle me permet de descendre beaucoup plus bas
 - Elle me permet de moins préparer mon cheval au ramassage
 - Elle me permet de mieux maîtriser mon cheval pour le ramassage
 - Elle me permet de ramasser plus vite
 - Mon cheval semble plus à l'aise avec la position (ne change pas d'allure, ne s'écarte pas, etc ...)
 - Autre, précisez :
-
-

Quelles sont les inconvénients de cette position ?

- Elle est plus difficile à exécuter
 - Elle me provoque des douleurs aux genoux
 - J'ai la sensation d'être moins performante
 - Elle me permet pas de décomposer mon geste et de descendre bas
 - Elle m'empêche de préparer mon cheval au ramassage
 - J'ai la sensation de moins maîtriser mon cheval pour le ramassage
 - J'ai le sentiment que je ramasse plus lentement
 - Mon cheval ne semble pas à l'aise avec la position (change d'allure, s'écarte, anticipe etc ...)
 - Autre, précisez :
-
-

Si vous avez déjà pratiqué le geste 2

Quelles sont les avantages de cette position ?

- Elle est plus facile à exécuter
 - Elle me permet d'avoir moins mal aux genoux
 - Elle me permet d'être plus performante
 - Elle me permet de descendre beaucoup plus bas
 - Elle me permet de moins préparer mon cheval au ramassage
 - Elle me permet de mieux maîtriser mon cheval pour le ramassage
 - Elle me permet de ramasser plus vite
 - Mon cheval semble plus à l'aise avec la position (ne change pas d'allure, ne s'écarte pas, etc ...)
 - Autre, précisez :
-
-

Quelles sont les inconvénients de cette position ?

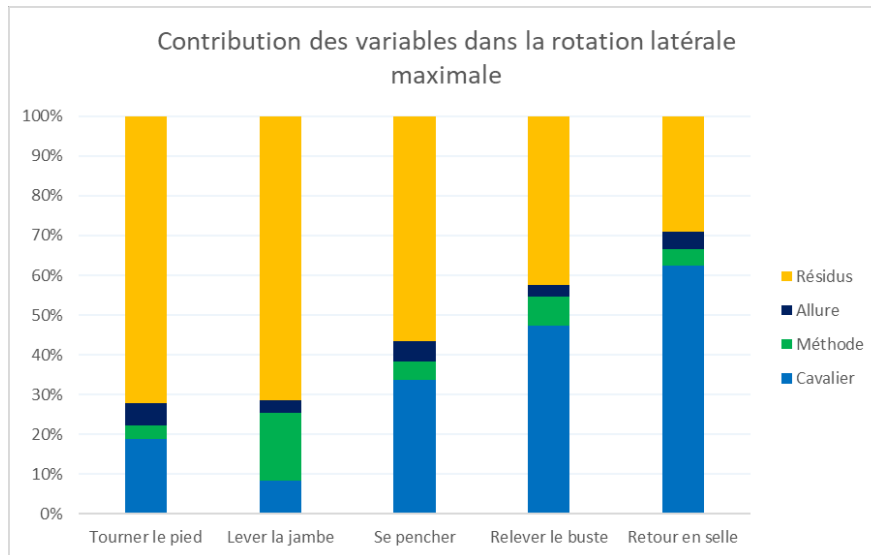
- Elle est plus difficile à exécuter
 - Elle me provoque des douleurs aux genoux
 - J'ai la sensation d'être moins performante
 - Elle me permet pas de décomposer mon geste et de descendre bas
 - Elle m'empêche de préparer mon cheval au ramassage
 - J'ai la sensation de moins maîtriser mon cheval pour le ramassage
 - J'ai le sentiment que je ramasse plus lentement
 - Mon cheval ne semble pas à l'aise avec la position (change d'allure, s'écarte, anticipe etc ...)
 - Autre, précisez :
-
-

Je vous remercie d'avoir pris le temps de répondre à mon questionnaire. Pour toutes informations complémentaires je vous laisse mon adresse mail : tempel.fiona@gmail.com

ANNEXE VII : Pourcentage de contribution des différentes variables sur les valeurs de rotations latérales maximales

Contribution des variables	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Cavalier	18,9%	8,4%	33,6%	47,4%	62,5%
Méthode	3,4%	17,0%	4,6%	7,2%	4,0%
Allure	5,6%	3,2%	5,1%	2,9%	4,4%
Résidus	72,1%	71,4%	56,7%	42,5%	29,1%

Légende	Très significatif		Significatif		Non significatif
Valeurs de p	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Cavalier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Méthode	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Allure	0,02	0,13	0,01	0,04	0,00

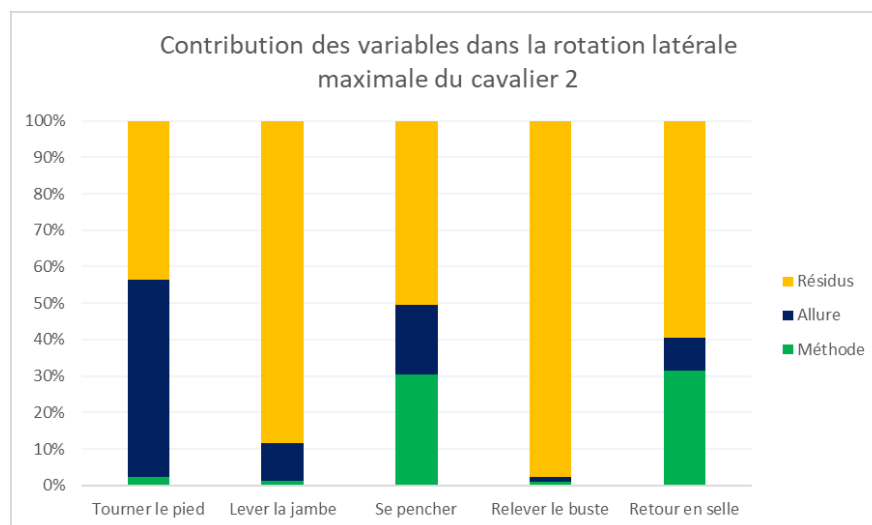


ANNEXE VIII : Contribution des différentes variables pour les cavalière 2 et 3

Cavalière numéro 2 :

Contribution des variables	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Méthode	2,3%	1,3%	30,5%	0,9%	31,4%
Allure	54,2%	10,3%	18,9%	1,5%	9,2%
Résidus	43,5%	88,4%	50,6%	97,6%	59,4%

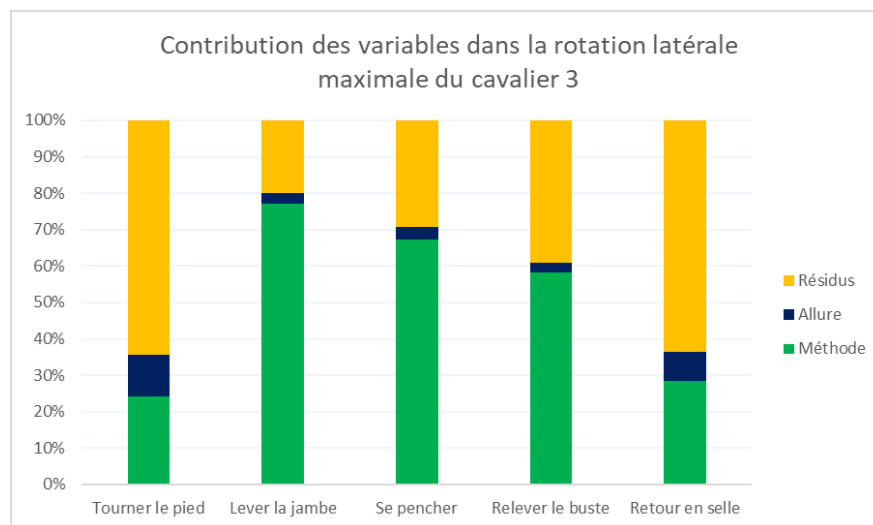
Légende	Très significatif	Significatif	Limite	Non significatif	
Valeurs de p	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Méthode	0,09	0,36	0,00	0,47	0,00
Allure	0,00	0,10	0,00	0,84	0,04



Cavalière numéro 3 :

Contribution des variables	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Méthode	24,2%	77,2%	67,2%	58,2%	28,5%
Allure	11,4%	2,9%	3,4%	2,6%	8,0%
Résidus	64,4%	19,9%	29,4%	39,2%	63,5%

Légende	Très significatif		Limite		Non significatif
Valeurs de p	Tourner le pied	Lever la jambe	Se pencher	Relever le buste	Retour en selle
Méthode	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Allure	0,08	0,13	0,20	0,46	0,18



RESUME / ABSTRACT

Etude cinématique du genou controlatéral à la balle dans la position de ramassage au horse-ball.

La pratique sportive se développe au sein de la population, et ses bienfaits sur la santé ne sont plus à prouver. Toutefois, pratiquer une activité physique peut comporter des risques de blessures, et les répercussions de certains mouvements sportifs peuvent être délétères sur l'organisme à long terme.

Au plus haut niveau des sports majeurs, les athlètes bénéficient d'un suivi optimal, encadré d'une équipe pluridisciplinaire. Cependant, certains sports en expansion, tel que le horse-ball, ne disposent pas de ce suivi, à niveau équivalent. Sport de contact pratiqué à cheval, et mélange de basketball et de rugby, le horse-ball compte environ 200 joueurs professionnels en France. De par l'intensité de leur discipline, ils sont exposés à de grandes contraintes articulaires, et notamment au niveau des genoux.

Notre étude vise à objectiver qu'il existe une rotation latérale de genou controlatéral à la balle lors du geste de ramassage. Ce travail de fin d'étude est une première approche dans le domaine du horse-ball, et nous avons voulu promouvoir la place du kinésithérapeute dans un sport de haut niveau encore méconnu. Il permet également aux masseurs kinésithérapeutes d'avoir connaissance de ce geste, qui peut porter atteinte à l'intégrité physique des athlètes à long terme.

Grâce à trois cavalières évoluant en circuit professionnel, et en collaboration avec la société TEA, apportant sa technologie des capteurs Captiv-Motion (™), nous avons pu réaliser une étude cinématique 3D du geste de ramassage. Nous avons effectué une série de ramassages à quatre allures différentes, et selon deux méthodes de ramassage.

Ainsi, nous avons mis en évidence que le genou subit une rotation latérale, et qu'en fonction de la méthode de ramassage utilisée, l'amplitude de rotation varie. En effet, la deuxième méthode étudiée présente des angles moyens maximal de rotation latérale supérieur à la première méthode (jusqu'à 50° contre 30°). De plus, elle provoque un débattement articulaire plus important (44° contre 15°). Nous avons constaté que la première méthode était la plus appropriée pour ces joueurs qui, en plus, leur permet d'être plus performant.

Mots clefs : Analyse cinématique - centrale inertielle - horse-ball - rotations de genou - système 3D

A kinematic study of the contralateral knee to the ball in the horse-ball pickup position.

Participation in sports continues to grow in the population and it is no longer necessary to prove the health benefits of sports activities. However, physical activity can carry a risk of injury and the impact that certain movements in sport can be deleterious to the body on the long term.

At the highest level of major sports, athletes benefit from optimal follow-up that is supervised by a multidisciplinary team. However, several increasingly popular sports, such as horse-ball, do not have this level of follow-up for equivalent categories. Horse-ball is a contact sport played while riding a horse that is a mix of basketball and rugby. Horse-ball currently has approximately 200 professional players in France. Due to the intensity of their discipline, players are exposed to major articular constraints, especially with respect to the knees.

Our study aims to understand if there is a lateral rotation of the knee contralateral to the ball during the pickup move. This study is the first of its kind for the sport of horse-ball and we attempted to promote the place and importance of the physiotherapist in a still unknown but high-level sport. This also allows the physiotherapist to be aware of these actions, which can affect an athlete's physical integrity in the long term.

Thanks to three players currently active on the professional circuit, as well as a collaboration with TEA who provided their Captiv-Motion™ sensor technology, we were able to perform a 3-D kinematic study of the pickup move. We performed a series of pickups at four different speeds and with two methods.

We found that the knee had a lateral rotation and, depending on the pickup method used, the rotation range varied. Indeed, the second method studied has maximal average angles of rotation (up to 50° against 30°). In addition, it causes a higher articular deflection (44° against 15°). Therefore, we suggest that the first method is the most appropriate and, furthermore, this method provides the advantage of being more efficient.

Keywords: Kinematic analysis – horse-ball - 3-D system - inertial measurement unit - knee rotations.