

ifce

institut français
du **cheval**
et de l'**équitation**



43^{ème} Journée de la Recherche Équine
Jeudi 16 Mars 2017

Compétence équestre et cinématique rachidienne du cavalier

P. Dubrulle¹, C. Roquet², J. Gouz³

¹Cabinet de Rééducation Fonctionnelle, 34.36 Route Départementale 939, 62170 BEUTIN

²Écoles Militaires Saint Cyr Coëtquidan, 56380 GUERS

³Société Kinestésia, 10 rue de la Gloriette, 62180 VERTON

Résumé

La problématique rachidienne a, de tous temps, suscité un intérêt particulier dans les études menées sur le cavalier. Cependant, si bon nombre de travaux ont porté sur les conséquences pour l'axe rachidien de la pratique de l'équitation, peu ou pas se sont intéressés au différentiel comportemental de la colonne vertébrale du cavalier selon le niveau de compétence de celui-ci. L'hypothèse de départ propose qu'il existe une différence de la cinématique rachidienne selon que l'on ait affaire à une population équestre débutante ou confirmée. Pour le vérifier, des observations cliniques ont été réalisées à l'aide de l'équipement BioVal®, outil d'analyse et d'enregistrement des mouvements basé sur l'utilisation de capteurs inertiels sans fil. L'objectif était double : d'une part vérifier que la cinématique de la colonne vertébrale évolue de manière différente selon le niveau équestre du cavalier et d'autre part mettre en évidence la pertinence de l'utilisation du système BioVal®. L'hypothèse a été validée puisque l'étude a mis en évidence un comportement rachidien différent en fonction des compétences équestres de trois groupes homogènes de cavaliers. Les observations recueillies ont permis de dégager une tendance cinématique propre à chaque cavalier, puis à chaque groupe et a donné la possibilité de définir un profil-type de cavalier pour chacun des trois groupes, de débutants, de confirmés ou d'experts. Les résultats permettent enfin de définir les applications différenciées, les plus appropriées, pour une équipe pluridisciplinaire qui officierait autour du cavalier.

Mots clefs : rachis – cinématique - capteurs - assiette – galops – équitation

Summary

Spine biomechanical has been a matter of interest for a long time. The subject has often been studied but only as regards the consequences of equestrian sport on rider's spine. The possibilities of spine movements on rider with different equestrian levels have never been looked into. For this thesis, we have considered that rider's spine movements differ because rider's levels are different. So at the beginning of this study, we thought spines of beginner riders couldn't move like high-level rider's spines. Leaving aside any mathematical or statistical analysis, we preferred to work from a clinical point of view as we do every day in our surgery. In order to do that, we have used MEMS technology to measure bone movements. We have organized three groups of 15 horses-riders: the first group, A was composed of riders who didn't practice. The second group, B, had riders of average level. The last group, C, was composed of confirmed riders, student teachers or professionals. Proving it was possible to analyze spine movements with MEMS technology was the aim of this study. So we are able to show spine movements depend on the rider's equestrian levels.

Key words: spinal – biomechanics – MEMS technology – horse riders – equestrian levels.



Introduction

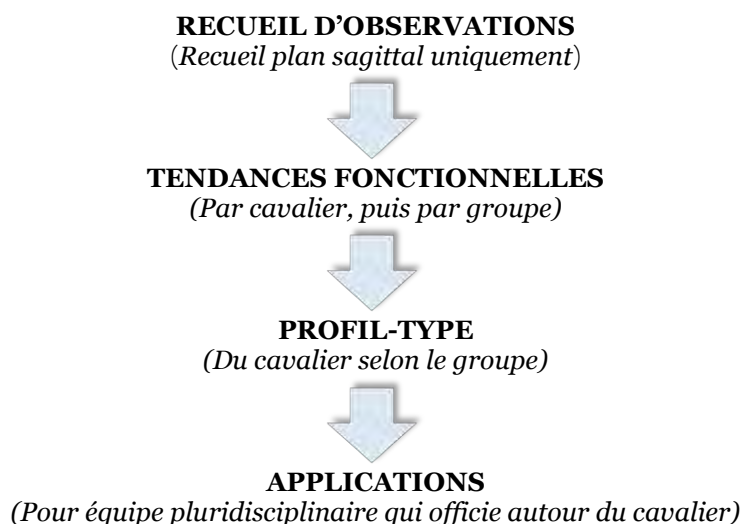
L'équitation est la seule activité physique et sportive qui met spécifiquement, en action un couple d'êtres vivants disposant tous les deux d'une faculté cognitive : le cavalier et le cheval ; tous les deux sont en quête perpétuelle de leur équilibre, avec pour l'équidé, un état en mouvement permanent et ce, dans les trois plans de l'espace. Dès lors le cavalier doit s'adapter au rythme et à l'activité du cheval par sa position ; mais il serait plus judicieux de parler « des positions » tant la littérature équestre a fait mention depuis des siècles d'une multitude de positions, comme se plaisait à dire le Général DECARPENTRY. En effet celui-ci considérait qu'« ... il n'y a pas une position, il y en a une infinité, à chaque allure, à chaque mouvement correspond une série d'attitudes. C'est l'aptitude à passer instantanément, en souplesse, d'une attitude à l'autre qui constitue la véritable correction ... ».

Mais bien plus encore que la position, le cavalier doit, pour parvenir à maîtriser cette situation assise sur le cheval, être en mesure de posséder une assiette la plus parfaite possible ; cette dernière peut se définir comme étant la qualité qui permet au cavalier de demeurer maître de son équilibre, en toute circonstance et quelles que soient les réactions de son cheval. Cette propriété et ses conséquences sur le rachis du cavalier, ont fait l'objet de nombreuses études comme celles de Mùseler en 1962, d'Auvinet en 1997, Galloux en 1997 ou plus récemment Biau *et al.* en 2007. Tous se sont accordés à décrire différents types d'assiettes et à envisager leurs conséquences physiopathologiques sur l'axe rachidien du cavalier.

1 Postulat de départ

Considérant que peu ou pas d'études se sont intéressées à l'influence du niveau d'expertise du cavalier sur sa cinématique rachidienne, il nous a semblé judicieux, en tant que professionnel de santé, kinésithérapeute de formation, d'apporter un regard spécifique de clinicien sur cet aspect de l'équitation. Le but initial devait se limiter à obtenir des informations, issues d'observations quantifiables et quantifiées, réalisées en respectant un impératif : la reproductibilité des analyses. Cela a permis d'ébaucher une représentation schématique de la réflexion à l'origine de cette étude :

Schéma 1 : Schématisation de la réflexion générale de l'étude
Diagram 1 : Schematization of the general reflexion of the study



L'intérêt de cette étude réside dans la vérification de l'hypothèse selon laquelle il existerait un fonctionnement différencié de l'axe rachidien du cavalier selon son niveau de compétence équestre. Alors qu'est connue l'influence de la position du cavalier, voire de son assiette sur le comportement rachidien, y compris en terme de pathologies, traumatiques ou dégénératives (Teyssandier en 1991 ou Biau *et al.* en 2007), l'utilisation la colonne vertébrale par le cavalier a, quant à elle, été peu étudiée, hormis de manière globale (Auvinet en 1977) mais jamais de façon différenciée selon le niveau de compétence équestre.



2 Méthodologie

Pour réaliser cette étude, nous avons investigué une population de 47 cavaliers, répartis en trois groupes selon leur niveau équestre.

. Groupe A « Novices » : 15 cavaliers, n'ayant jamais pratiqué l'équitation ou en étant à leurs balbutiements, niveau galop 0/1.

. Groupe B « Confirmés »: 15 cavaliers qui pratiquent l'équitation 1 à 2 fois par semaine et titulaires d'un galop 4 ou 5.

. Groupe C « Experts » : 17 cavaliers titulaires d'un galop 7 minimum, qui montent à cheval plusieurs fois par jour. En grande majorité, ils étaient issus du circuit national amateur en CSO, Dressage et CCE.

Tableau 1. Population de cavaliers testée dans cette étude

Table 1. Population of tested rider's in this study

	Groupe A		Groupe B		Groupe C		GLOBAL	
	H	F	H	F	H	F	H	F
Population Totale	15		15		17		47	
Entre 18 et 25ans	5	3	1	4	1	7	7	14
Entre 25 et 35ans	3	0	1	3	2	3	6	6
Entre 35 et 50ans	0	1	0	1	3	1	3	3
Plus de 50ans	1	2	5	0	0	0	6	2
TOTAL	9	6	7	8	6	11	22	25

2.1 Matériel et méthode

Pour répondre à l'impératif de reproductibilité des tests, nous avons réalisé cette étude en plaçant les cavaliers sur un cheval mécanique, doté d'un mécanisme qui, génère un mouvement ellipsoïdal, reproduisant l'allure du cheval au galop. Les caractéristiques techniques (mouvement ellipsoïdal qui meut le cheval dans 2 dimensions : antéropostérieure et verticale) nous ont obligés à aborder le déplacement rachidien uniquement dans le plan sagittal.

Photo I. Cavalier « Expert » sur le cheval mécanique

Photo I. « Expert » rider on mechanical horse



La vitesse de déplacement utilisée de 50Hz est identique pour chaque cavalier. Les cavaliers avaient le choix de la selle et du réglage de la longueur des étrivières ; ils étaient libres, dans la mesure où l'essentiel était de

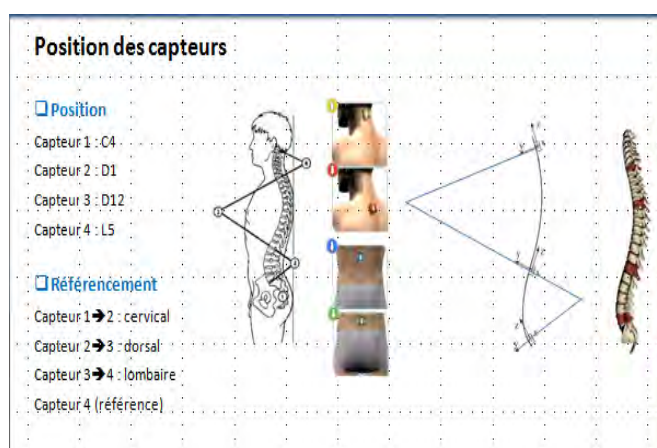


parvenir à observer le comportement du cavalier dans une situation la plus naturelle possible, sans la moindre contrainte technique, ce qui aurait été le cas, en imposant, soit un type de selle soit une position de hanche précise en fonction de la longueur des étrivières.

Le mouvement de ce cheval mécanique s'apparente à l'allure du petit galop. Nous avons pu ainsi définir 4 situations dans lesquelles, il a été possible de tester les cavaliers : durant la marche, en situation assise statique sur le cheval, en position dite « basse » qui correspond au 1er temps du galop et en position « haute » qui équivaut au 3ème temps du galop.

Pour enregistrer le comportement rachidien, nous avons utilisé le système d'analyse et d'enregistrement du mouvement, BioVal® développé par la société RM Ingénierie. Ce dernier utilise des capteurs inertiels sans fil qui reprennent la technologie du Motion Pod® usuelle en Motion Captur. De taille (32x21x15mm) et de poids modeste (14g), ils permettent un enregistrement avec **une fréquence d'acquisition comprise en 25 et 200Hz**, une bande de fréquence de 2,4Ghz et une précision à 1° près ; le tout est réalisable dans un périmètre de 30m autour du système.

Figure I. Positionnement des capteurs
Figure I. Place where MEMS was put on rider's back



Pour cette étude, les capteurs ont été placés, de bas en haut, sur les apophyses épineuses de L5, Th12, Th1 et C4. Cela nous a permis d'apprécier le comportement segmenté des étages sacré, lombaire, thoracique, cervical, de même que celui du rachis dans sa globalité.

Couplés à un algorithme, ils permettent de bénéficier d'une représentation virtuelle 3D qui nous a permis de dégager des tendances fonctionnelles rachidiennes à la fois globales et segmentées. De plus, nous avons de manière délibérée, défini trois angles sur ces modélisations 3D, qui nous ont permis d'envisager le comportement rachidien pour chaque cavalier dans un premier temps, puis pour chaque groupe de cavaliers.

. α_1 : angle formé par l'axe du corps du sacrum avec la verticale, qui nous permet d'apprécier la mobilisation pelvienne à travers la verticalisation sacrée.

. α_2 : angle dit "lombaire" formé des tangentes des plateaux vertébraux de L1 et L5, qui nous renseigne sur l'utilisation plus ou moins grande de la cambrure lombaire par le cavalier.

. α_3 : angle dit "thoracique", qui évalue l'importance de la cyphose, donc de la mobilisation thoracique du cavalier durant le cycle du cheval.

2.2 Validation de l'outil

Pour obtenir une cohérence totale vis-à-vis de l'utilisation du système BioVal®, nous avons élaboré un protocole à « 4 niveaux » :

. Nous pourrions qualifier le premier de « fonctionnel » dans la mesure où nous avons couplé les capteurs inertiels avec l'utilisation d'un goniomètre manuel sur une mobilité de coude ; pour y parvenir nous avons placé le coude passivement en flexion à 90°, le sujet maintenant cette posture puis nous avons observé la valeur donnée par les capteurs, ceci répété 5 fois. Nous obtenions un différentiel de 2° (soit à la hausse ou à la baisse selon les tests), ce qui est considéré comme acceptable, compte tenu de la marge d'erreur sur l'exécution goniométrique manuelle d'environ 5°. Nous avons reproduit les tests (toujours par série de 5) en passif et enfin en actif ; à chaque fois, un différentiel de 2° sur l'ensemble des 5 tests, était mis en évidence.



. Le second, que nous appellerons « dynamique ». Considérant que pour être valide, chaque capteur devait afficher la même valeur avec un écart maximal de 1° (dixit le concepteur), nous avons superposé les capteurs les uns au dessus des autres. Nous avons ensuite placé le tout sur un axe avec point fixe inférieur, puis nous avons effectué des mouvements antéropostérieurs. Toujours par série de 5 tests, nous avons alors observé un différentiel entre les capteurs de 0,5°, ce qui est considéré comme correct.

. Le troisième niveau consistait à évaluer le différentiel de mesure des capteurs entre eux, au repos et en position 0. Nous avons donc de nouveau superposé les capteurs, puis les avons placés sur un goniomètre qui indiquait 0°. Nous avons également effectué 5 tests et nous nous sommes aperçus qu'il existait un différentiel entre les capteurs de 0,01°, ce qui est insignifiant et ce qui surtout, permettait de valider notre outil pour cette étude.

. Le 4^{ème} niveau avait pour but de corroborer tout ceci, c'est pourquoi, nous avons mené une revue de littérature qui nous a conduits à entreprendre une recherche dans les banques de données scientifiques avec pour mots clefs : capteurs inertiels, biomécanique, rachis en français et MEMS et biomechanical, back spine en anglais. **L'utilisation de ces capteurs inertiels, de niveau de preuve 3 selon la grille d'évaluation de la Haute Autorité de Santé, a fait l'objet de nombreuses publications.** La stratégie de recherche documentaire a eu pour méthode de connaître les études médicales sur l'appareil locomoteur, toutes disciplines confondues, ayant utilisées les MEMS ; elle n'a eu aucune limite (recommandations de bonne pratique, méta-analyses et revues systématiques). La recherche de littérature française n'a pas été restreinte à ce type d'études. Les thèses de médecine générale ont été également recherchées. Seules les publications de langue anglaise et française ont été exploitées. La recherche a porté sur la période de janvier 2010 à janvier 2015. Les sources suivantes ont été interrogées :

- KINEDOC avec 4 résultats pour « capteurs inertiels » dont une thèse de Doctorat ;
- SCIEDIRECT avec 69 résultats pour « capteurs inertiels » (en français) dont 2 thèses de Doctorat et 343 216 pour « MEMS » (en anglais) ;
- CISMef avec 13 600 résultats toutes disciplines confondues pour capteurs inertiels dont 13 000 pour les recommandations et 180 000 résultats pour MEMS ;
- EMBASE avec 10 900 résultats pour MEMS, toutes disciplines confondues ;
- MEDLINE, 2533 résultats pour MEMS, toutes disciplines et publications confondues.

3 Résultats

3.1 Pour le groupe A "débutants ou novices"

Pour présenter les résultats, nous avons choisi une moyenne des différentes valeurs observées dans chaque groupe de cavaliers. La caractéristique principale de ce Groupe A se situe au niveau de l'attitude prise par le cavalier qui répond à l'appréhension de la chute ; c'est cet état de fait qui conditionne le comportement fonctionnel de l'appareil locomoteur du cavalier novice sur son cheval. Le sentiment de peur va avoir pour conséquence :

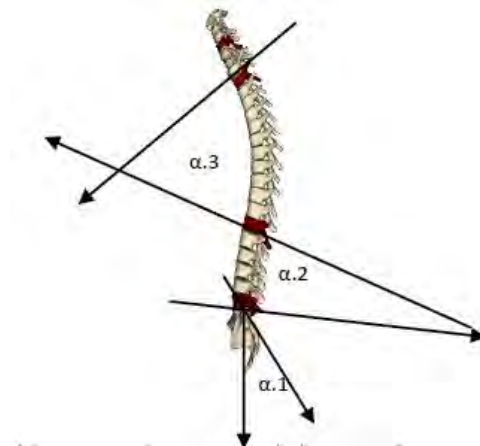
. Une grande rigidité des membres inférieurs qui viennent se plaquer sur les flancs du cheval, réduisant alors leur mobilité ; ceci induira une rigidité pelvienne comme le montre la photo II, la variation de l'angle α_1 sera < 3°, ce qui va justifier le fait que le cavalier « novice » subira le cheval, étant incapable de trouver la moindre adaptation. Le point fixe de ce système sera alors inférieur, avec donc par voie de conséquence une hyper mobilité rachidienne, comme en témoigne l'amplitude de déplacement global du rachis lors des séquences actives sur le cheval mécanique. Elle est mesurée à 33°36'. Les ceintures scapulaires sont elles mêmes très mobiles et projetées vers l'avant. Sur le plan général, le cavalier du Groupe A, a tendance à s'antérioriser au maximum, se positionnant dans un repli fœtal sécurisant.



Photo II. Cavalier novice sur cheval mécanique
Photo II. Novice rider on mechanical horse



Figure II. Représentation 3D du rachis du cavalier débutant ou novice
Figure II. 3D view of rider's novice back spine



La mobilité thoracique issue de la variation de l'angle α_3 est de $7^{\circ}99$, la lordose lombaire, via celle de l'angle α_2 est de $5^{\circ}70$.

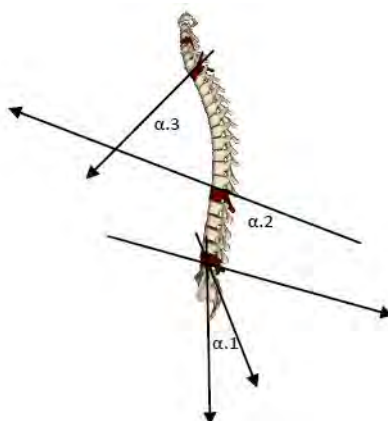
3.2 Pour le groupe B "confirmés"

Le cavalier confirmé va entreprendre une évolution avec un début de fixité globale du rachis comme en témoigne l'amplitude globale de déplacement à $20^{\circ}82$. Cela est également visualisé par la diminution de la variation de l'angle α_3 à $4^{\circ}01$, témoin de l'évolution de la cyphose thoracique. Un début de mobilité pelvienne sera mis en évidence par le différentiel de l'angle α_1 de 5° (contre moins de 3° pour le groupe A). **Automatiquement, un travail d'auto-grandissement sera opéré par le cavalier du Groupe B, qui, par contre, aura tendance à s'adapter au rythme du cheval en utilisant sa cambrure lombaire, comme le montre la variation de l'angle α_2 à $8^{\circ}27$. Ce dernier élément est ce qui caractérise le plus cette population dite « confirmée ».**

Photo III. Cavalier confirmé sur cheval mécanique
Photo III. Confirmed rider on mechanical horse



Fig. III. Représentation rachidienne 3D du cavalier confirmé
Figure III. 3D view of confirmed rider's back spine



3.3 Pour le groupe C "experts"

Enfin, le cavalier « expert » va adopter une position de rectitude totale avec une très faible amplitude de variation globale du rachis, $1^{\circ}31$. Ceci est confirmé par la faible mobilité thoracique, avec une variation de l'angle α_3 à $0^{\circ}77$, ce qui est le plus faible des 3 populations de cavaliers. Par contre, le bassin sera très mobile, visualisé par un différentiel de l'angle $\alpha_1 > 6^{\circ}$, avec des membres inférieurs eux aussi très mobiles assurant ce que la littérature équestre nomme « le liant » du membre inférieur du cavalier.

Photo IV. Cavalier expert sur cheval mécanique
Photo IV. Expert rider on mechanical horse

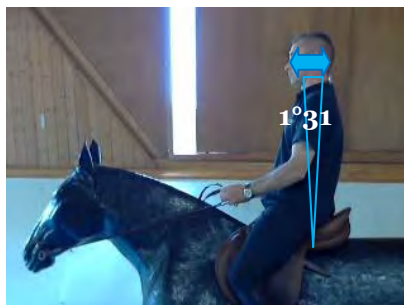
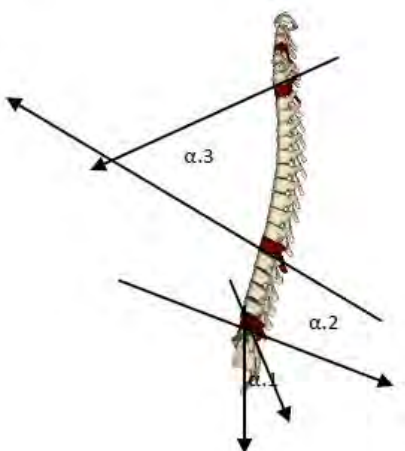




Figure IV. Représentation 3D du rachis du cavalier expert
Figure IV. 3D view of expert rider's back spine

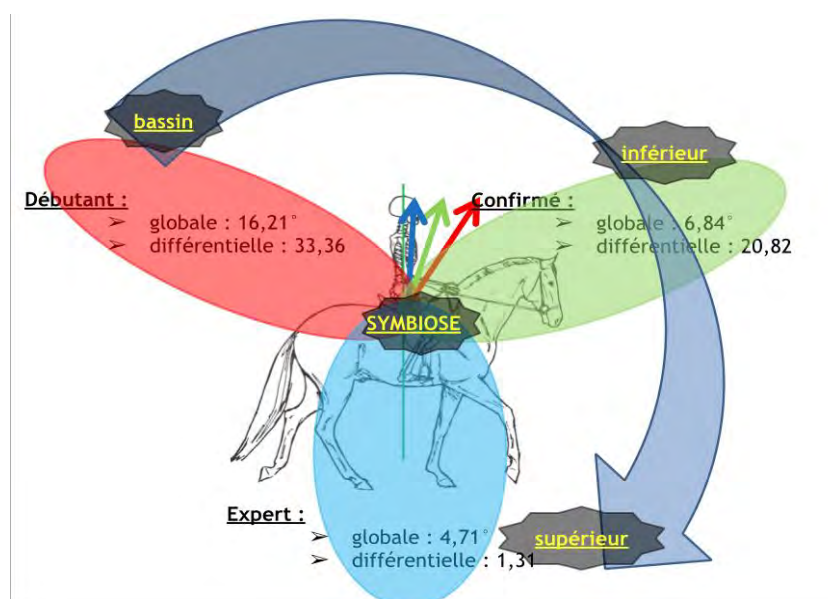


Il convient de souligner que mobilité pelvienne n'est pas synonyme d'accentuation de la cambrure lombaire, bien au contraire car comme le révèle la variation de l'angle α_2 à $3^{\circ}23$, le cavalier « expert » est celui qui utilise le moins la lordose lombaire pour s'adapter au rythme de sa monture. Tout ceci nous permet de constater que dans ce cas, le point fixe s'inverse pour devenir supérieur avec un rachis fixe (mais pas rigide car la mobilité reste présente ; ce qui dans ce cas diffère, c'est l'amplitude d'exécution des mouvements qui est la traduction d'une optimisation qualitative et économe du geste technique) et un ensemble pelvien et membres inférieurs particulièrement mobile. Ce dernier point résume à lui seul l'évolution de la cinématique rachidienne du cavalier en fonction de son niveau de compétence équestre. Une piste de réflexion s'offre à nous avec la prise en considération du rôle de la coxo-fémorale.

4 Discussion

Cette étude confirme donc l'hypothèse initialement émise selon laquelle, le niveau d'expertise en équitation influence bien la cinématique rachidienne du cavalier. Cette évolution comportementale aura des conséquences sur le schéma moteur du cavalier, car plus il progresse, plus le cavalier aura tendance à verticaliser sa position ; en effet, alors que le « novice » aura une position assise très antériorisée, à $16^{\circ}21$ par rapport à la verticale, le sujet du groupe B sera à $6^{\circ}84$ et enfin, « l'expert » présentera un rachis proche de la rectitude avec une projection antérieure minimale de $4^{\circ}71$.

Schéma II - Conséquences sur le schéma moteur du cavalier
Diagram II - Consequences on rider's motor attitude





Cette figure permet donc de visualiser la progression du positionnement rachidien en fonction du niveau de **compétences équestres du sujet**. Ceci vient corroborer les résultats des variations d'amplitudes rachidiennes globales, qui passent de 31°36 chez le cavalier « novice » à 1°31 chez « l'expert ». Nos observations sont confortées vis-à-vis de la **mobilité rachidienne thoracique qui va décroître avec l'acquisition de compétences alors que dans le même temps la mobilité pelvienne ira crescendo avec l'expertise**. Seule la variation de la lordose lombaire sera spécifique aux cavaliers « confirmés ». Tout cela nous amène à cibler nos actions en fonction du type de cavalier auprès duquel nous devons intervenir et c'est ainsi, comme le montre le schéma II, que l'axe majeur de la prise en charge sera centré sur la mobilité pelvienne en ce qui concerne le cavalier « novice » ; chez le sujet « confirmé », il conviendra d'envisager un travail orienté vers la libération des membres inférieurs. Enfin, chez « l'expert », le but majeur sera de rendre la plus légère possible (ce qui est le fondement de l'équitation française) la ceinture scapulaire, permettant ainsi une minimisation optimale des actions de mains dans la bouche du cheval.

Cette étude nous permet d'affirmer la nécessité absolue de différencier toutes les interventions faites autour du cavalier, tant sur le plan pédagogique, médical, sportif qu'équin.

5 Conclusion

Ce travail, issu d'une réflexion de rééducateur à la base, aura permis de mettre l'accent sur la nécessité absolue de la pluridisciplinarité de l'approche du cavalier ; en effet, à l'heure où l'équitation évolue de façon fulgurante tant sur le plan technique, que sur les soins apportés aux équidés, il était difficilement concevable d'aborder un cavalier sans connaître au préalable le comportement de son rachis. C'est en ayant acquis cet élément fondamental, que tous les acteurs pourront entreprendre un travail cohérent, pour permettre au cavalier d'évoluer, d'une part en toute quiétude et sécurité et d'autre part de progresser dans la discipline sans pour autant mettre à mal son rachis. A partir de cette étude, il a été possible de déterminer une schématisation de l'évolution du cavalier et d'y adjoindre un protocole d'intervention pour chaque intervenant. C'est en connaissant parfaitement le comportement rachidien de son élève que l'enseignant sera à même de lui prodiguer un enseignement le plus adapté et le plus pertinent possible assurant qualité technique et sécurité des gestes (à la fois pour l'élève mais aussi pour l'équidé, puisque cette pédagogie « sur mesure » aura pour conséquence un meilleur respect du cheval par une meilleure utilisation des aides). Dans la même optique, le kinésithérapeute aura la possibilité de proposer un suivi « sur mesure » du cavalier, puisqu'il connaîtra le profil biomécanique rachidien du sujet ; ceci lui donnera la possibilité d'établir un protocole prophylactique garant de l'exécution sécuritaire des gestes techniques pour l'axe vertébral. C'est aussi en ayant à l'esprit la particularité mécanique de la colonne vertébrale, que le praticien pourra intervenir après l'effort (séance d'entraînement ou compétition) en axant son intervention sur les zones fragiles du cavalier. C'est ainsi par exemple, que le rachis cervico-dorsal sera principalement traité chez le débutant, de même que les membres inférieurs alors que le confirmé bénéficiera d'une attention soutenue sur la zone lombopelvienne. A travers ces deux exemples d'intervention autour du cavalier, il est aisé de comprendre l'intérêt pour une équipe pluridisciplinaire (médecin, psychologue, sophrologue, etc.) de bénéficier de ce type d'analyse. Enfin, il est primordial d'insister sur l'absolue nécessité de requérir à des professionnels dûment formés à la biomécanique de l'appareil locomoteur pour pouvoir bénéficier de ce type de prise en charge, seuls ceux-ci seront à même de pratiquer une analyse correcte, d'élaborer une interprétation judicieuse et fiable et enfin d'envisager un protocole de suivi le plus adapté au profil du cavalier.

Remerciements

Même s'il me revient le privilège de présenter ce travail aujourd'hui, tout cela n'aurait pas été possible sans un formidable soutien, permanent et indéfectible depuis le début de ce parcours de bon nombre de personnes. Parmi elles, je souhaiterais sincèrement remercier :

- M. le Chef d'Escadron, Christian ROQUET, Ancien Ecuyer au Cadre Noir de Saumur et Mme Hélène PERSYN, Professeure Agrégée d'EPS, pour leur implication totale dans cette étude, pour leur écoute et leur disponibilité de tous les instants. Sans eux, il m'aurait été très difficile de naviguer dans les méandres du monde équestre. Leurs connaissances, ainsi que leur savoir ont été un atout primordial pour mener à bien ce travail ;

- M. Julien GOUZ, Directeur Général de Kinestésia™ pour la mise à disposition, du cheval mécanique et de sa formidable bibliothèque équestre, durant toute l'étude ;

- M. le Pr Gilles BUI-XUAN, Professeur Émérite des Universités, qui, a su percevoir dès le début, dans cette étude, une inspiration novatrice ;

- Mme le Dr Sophie BIAU, Responsable de la recherche à l'ENE-Cadre Noir de Saumur, qui a dès le début cru



au potentiel scientifique de ce travail et a perçu de suite le caractère innovant de la démarche à travers la primauté des moyens utilisés ;

- Mme le Dr Marie GERONIMI, qui a su me motiver dans les moments difficiles pour faire en sorte que BioVal®, dont elle assure le développement, puisse me permettre de présenter cette première étude avec ce type de capteurs sur le rachis du cavalier ;

- M le Dr Bruno LEPORCO, Président de Kinestésia™ **qui m'a permis d'avoir un regard plus scientifique sur ce travail et avec lequel j'ai beaucoup appris durant nos différentes rencontres.**

- Et aussi et surtout mesdames et messieurs les cavaliers qui ont accepté de participer à cette étude et sans qui **aucun travail n'aurait été possible. L'intérêt qu'ils ont manifesté durant toutes les séances, a été, une source supplémentaire de motivation dans ma folle entreprise et je leur en serai à tout jamais reconnaissant.**

Références

- Auvinet. B, 1994. Equitation assise : **adaptation du cavalier, Revue l'Equitation, n°7, Août, Lavauzelle, 72-77.**
- Auvinet B, Guiheneuc P, Ginet I, 1978. Adaptation du cavalier dans la pratique de l'équitation académique: ses conséquences rachidiennes. Revue Med. Sport, 52, 3, 119-120.
- Auvinet B, Estrade M, 1998. La santé du cavalier. Paris: Chiron, 7-47, 81-93.
- Dufour M, Pillu M, 2001. Biomécanique fonctionnelle Membres, Tête, Tronc. Paris, Masson, 2001.
- Favory E, 2011. Santé et équitation. Ed Chiron, Paris.
- Galloux P, Jeddi R, Auvinet B, Biau S, 1997. Adaptation biomécanique du cavalier à cheval : étude préliminaire. Equathlon, n°29, 46-49.
- Galloux P, Biau S, Auvinet B, Lacouture P, Jeddi R, 2007. Adaptation biomécanique du cavalier à cheval, au **trot et au galop. Revue L'équitation.**
- Galloux P, Jeddi R, Auvinet B, Biau S, Lacouture P. Adaptation biomécanique du cavalier à cheval, étude comparative entre deux simulateurs. In : **CR des 24èmes journées d'Etudes du CEREOPA,**
- Kapandji IA, 1980. Physiologie articulaire. Tronc et Rachis (5ème édition). Paris : Maloine.
- Müseler W, 1998. Equitation. La formation du cavalier. Le dressage du cheval. (Réédition) JM Place (traduit de Müseler W, Equitation, Berlin 1963).
- Teyssandier M-J, Teyssandier M-T, 1991. Courbures sagittales du rachis et adaptation du geste sportif en équitation académique. Journées de Traumatologie du Sport, 8, 4, 206-214.
- Teyssandier M-J, Radaelli e, 1982. Efforts et contraintes de cisaillement subis par le rachis. Riabilitazione, 15, 1,9-18.
- Tholot AL, Biau S, Roquelaure A, 2012. Bibliographie des pathologies inhérentes aux cavaliers professionnels. LEEST, ENE-IFCE.
- Von Dietze S, 2002. L'équilibre dans le mouvement. Comment développer une assiette parfaite. Paris : Belin.**
- Vanneuville G., Scheye T., Ducher E. et al, 1991. Biomécanique de la colonne vertébrale. Application au rachis du cavalier. Revue Science et Sports, 6, 133-134.