



2. Interaction biomécanique entre le cavalier et son cheval

Étude bibliographique

Sophie BIAU

Résumé

L'objectif général du programme de recherche de l'École Nationale d'Équitation est d'améliorer la performance du couple cavalier/cheval. L'étude des phénomènes biomécaniques mis en jeu entre ces deux masses articulées est complexe. La bibliographie met en évidence la difficulté d'étudier l'interaction dans sa globalité. Sont analysés les éléments suivant : l'effet de la présence et de l'expertise du cavalier sur la locomotion du cheval ainsi que le rôle de la selle.

Cette étape bibliographique s'inscrit dans un projet en collaboration avec la fédération handisport, dont l'objectif final est l'élaboration d'une selle handisport.

Mots clés : cavalier, cheval, selle, aides, locomotion

L'École Nationale d'Équitation contribue à la préparation de la performance et au développement de la pratique de l'équitation sportive. L'objectif général du programme de recherche est d'améliorer la performance du couple cavalier/cheval. De nombreuses études se sont préoccupées de l'athlète cheval. Mais les phénomènes mis en jeu entre le cavalier et son cheval restent encore peu décrits. L'objet de cet article est de faire le point des études qui se sont intéressées à la relation biomécanique entre les deux athlètes.

Étudier l'interaction cavalier cheval d'un point de vue biomécanique, c'est appliquer les lois de la dynamique en prenant en compte les zones de contact entre ces deux corps articulés. Ces zones de contact sont les fesses et les cuisses sur la selle pour l'assiette, les pieds sur les étriers et les mains au niveau des rênes. Le cavalier dispose de ces zones pour contrôler son cheval (allure, vitesse, attitude...). Ces aides dites « naturelles » sont décrites dans le manuel d'équitation comme *les agents du tact équestre qui amène le cavalier à déterminer l'effet à produire, l'intensité de cet effet et le moment de l'intervention...*

Les échanges d'informations au niveau des zones de contact nous conduisent à nous interroger sur la synchronisation des mouvements du cavalier et ceux du cheval. Trois modèles théoriques sont possibles :

- Le cheval s'adapte au cavalier
- Le cavalier s'adapte au cheval
- Le cheval s'adapte au cavalier qui s'adapte au cheval.

Le manuel d'équitation décrit LA position que doit avoir le cavalier: *« le cavalier doit être assis d'aplomb, les fesses portant sur la selle et le plus en avant possible... Le poids de son corps doit porter tout entier sur la selle... La position assise augmente la stabilité contrairement aux points d'appui trop forts sur ses genoux ou sur ses étriers... La fixité à cheval est indispensable, elle permet aux aides d'intervenir avec précision et justesse... Le manuel précise : Il demeure bien entendu que la régularité de la position doit s'effacer devant la nécessité du liant à cheval (le cavalier s'adapte au cheval)... Être avec son cheval est une priorité ...mais être bien placé mène généralement à être avec son cheval (le cheval s'adapte au cavalier) ».* Cette description nous renvoie vers le troisième modèle théorique cité ci-dessus : le cheval s'adapte au cavalier qui s'adapte au cheval. Mais quelle est l'expression de ce modèle ? Quel est l'effet du niveau du cavalier ? Quelle est l'importance du cheval ?

L'utilisation d'outils de mesure de plus en plus perfectionnés et l'application des lois de la dynamique doit nous permettre d'analyser l'interaction cavalier/cheval et ainsi d'approfondir de manière objective les notions décrites dans le manuel d'équitation.

La selle...

La complexité de l'analyse de l'interaction cavalier/cheval réside entre autres dans le fait que les contacts ne sont pas directs. Ainsi, la selle est un élément essentiel dans cette étude. Des études récentes mettent en évidence l'effet de la selle sur la locomotion du cheval.

Meschan [10] met en évidence la variabilité des surfaces de contacts en fonction de la selle et de la morphologie du cheval. Selon la surface de contact, les pressions varient de 0.86N/cm² à 1.57N/cm². Une selle mal adaptée est potentiellement source de dorsalgie. Winkelmayr [15] met en relation les mouvements du dos d'un cheval sellé avec deux types de selle ayant des distributions et un centre de pression différents : au trot les mouvements du garrot sont significativement réduits avec une selle amazone comparée à une selle anglaise. La locomotion du cheval est bien liée à ces zones de contact. Le pic de force maximal est localisé sur la partie arrière gauche de la selle, lors de la phase d'appui du diagonal droit. Ceci étant probablement dû au recul du centre de gravité du cavalier entraîné par la conformation de la selle amazone. De Coq [3] montre une augmentation des mouvements d'extension du dos avec une selle plus lourde. Il met l'accent [2] sur la difficulté à interpréter les mesures de pressions sous une selle. Il compare les valeurs de pression sous la selle avec le poids de 28 cavaliers. Les différences de pression sont plus difficilement visibles à l'avant qu'à l'arrière. Ce résultat est peut-être à mettre en relation avec le sanglage, qui par ailleurs est important au moment de la monte du cavalier : Geutjens [7] mesure de pics de pression importants corrélés au poids du cavalier, à droite du garrot lorsque le cavalier monte sur le dos de son cheval. Ces pressions peuvent être atténuées en stabilisant la selle avant la monte ou en s'aidant d'une plateforme élevée.

Ces études mettent en évidence la difficulté d'analyser la cause des variations de pression : effet cheval, effet cavalier, effet sanglage et forme de la selle...

La présence d'un cavalier...

La présence d'un cavalier modifie la locomotion du cheval. Matsuura [9] décrit une cadence plus lente et une longueur de foulée plus élevée lorsque le cheval est monté. L'amplitude du mouvement vertical de la croupe est plus élevée sans cavalier. Le centre de gravité de l'ensemble cavalier cheval est plus proche des antérieurs.

Différents travaux à partir de mesure sur une plate forme de force concluent

- à une diminution de la force verticale des antérieurs [1][13]
- à une augmentation de la force longitudinale à la fin de l'appui [12]
- à un maximum de la force verticale en retard au niveau des antérieurs [1]
- à un maximum de la force verticale en avance au niveau des postérieurs [1]

De plus, les enregistrements vidéo montrent un effet du cavalier sur l'articulation du boulet : l'amplitude du mouvement de l'articulation des boulets antérieurs est plus importante à la fin de la phase d'appui avec un cavalier.

Mais plus précisément, qu'en est il de l'effet de la position de chaque segment du cavalier et par conséquent de la position de son centre de gravité par rapport à celui de son cheval ?

14 chevaux sont testés au trot en main avec un cavalier expert et un cavalier non expert [14]. Une analyse neuronale de variables cinématiques 2D (position, angles, vitesses et accélérations angulaires) met en évidence l'importance du contrôle de la position de la tête du cheval. Le cavalier expert contrôle 13 chevaux tandis que le cavalier non expert n'en contrôle que 3. Compte tenu de l'absence d'une analyse cinématique du cavalier, les auteurs insistent davantage sur un effet cheval (cheval « facile » ou « difficile ») que sur un effet niveau du cavalier.

L'expertise...

Les études s'accordent à mettre en évidence la stabilité de l'expert :

Lagarde [8] fait une analyse cinématique de cavaliers de dressage de niveaux différents au trot. Il décrit une très bonne stabilité de la ligne épaule coude poignet de l'expert, synchronisée avec les mouvements

du tronc du cheval. À l'inverse, le débutant interrompt son synchronisme à chaque mouvement vertical du cheval. L'auteur décrit chez le non expert une raideur de la colonne vertébrale et de la cheville. La flexibilité de la cheville de l'expert permet de mieux contrôler son équilibre en englobant le tronc du cheval. Ces résultats sont confirmés par Peham [11]. L'angle tête cavalier/dos cavalier/tête cheval est mesuré à partir de 20 marqueurs analysés en 3D (120 Hz). La variabilité des vitesses et accélérations angulaires est plus faible chez les cavaliers de dressage de haut niveau. L'auteur propose l'utilisation de ces mesures pour quantifier l'harmonie du couple de dressage.

L'analyse de la position des capteurs le long de la colonne vertébrale du cavalier au trot, sur un simulateur équestre, a conduit à [5] mettre en évidence des différences en fonction du niveau de pratique : la stabilité de l'expert se traduit par la fixité des jambes et la fixité des épaules. Pour les cavaliers de dressage, les mouvements du cavalier et du cheval sont en phase : l'avancée du rein s'accorde avec la montée de la selle : lorsque la selle est haute, le bassin augmente sa rétroversion, et la descente de la selle provoque le recul du bas du dos et la montée de L1-L2. Enfin, l'angle de la cuisse est moins ouvert pour un cavalier débutant (128°) et l'axe de la colonne vertébrale s'éloigne de la verticalité de $11^\circ 5$.

Des mesures préliminaires effectuées à l'École Nationale d'Équitation à partir de capteurs accélérométriques mettent en évidence l'effet du niveau du cavalier sur la locomotion du cheval : un cheval est équipé du capteur Equimetrix 2D ; sa locomotion est analysée avec un cavalier de haut niveau et une cavalière de niveau moyen ; on constate une propulsion plus importante avec le cavalier de haut niveau au pas et au galop, tandis que le trot de travail réalisé avec la cavalière de niveau moyen présentait une asymétrie (figure 1)

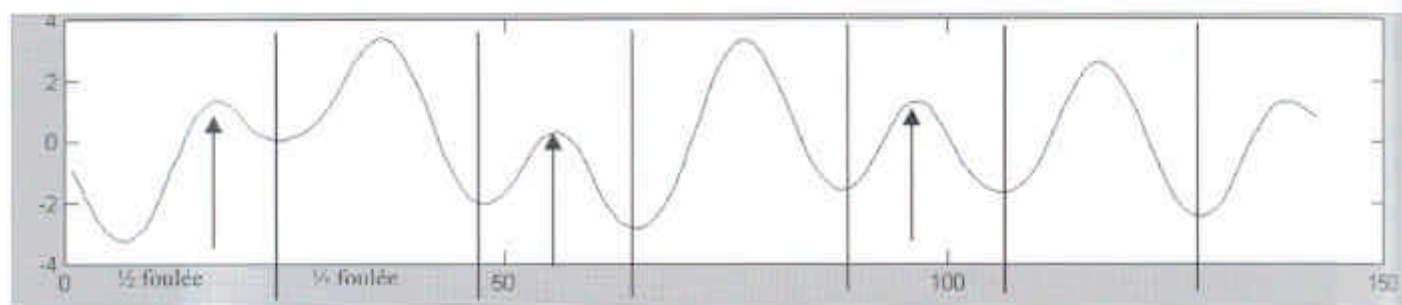


Figure 1 : Déplacement dorsoventral du cheval au trot de travail avec la cavalière de niveau moyen. La poussée d'un diagonal est plus faible.

Le cavalier est également équipé d'un capteur accélérométrique Locometrix, synchronisé avec celui du cheval. L'analyse des accélérations montre une synchronisation très régulière des mouvements du cheval et du cavalier de haut niveau :

- Synchronisation verticale des CG du cheval et du cavalier, avec un décalage constant de 0.06s
- Synchronisation longitudinale, en phase au pas et au galop, en opposition de phase au trot (lorsque le CG du cheval est en avant, le CG du cavalier commence à s'avancer).

Les CG de l'autre couple ne présentent pas de synchronisation régulière.

Ces mesures préliminaires s'inscrivent dans un programme de recherche plus large qui conduira à la rédaction d'un cahier des charges pour l'élaboration d'une selle handisport, suite d'un premier travail présenté au colloque sport et recherche 2005 [6], réalisé par les Haras Nationaux.

Conclusion

Ces travaux montrent la difficulté d'apprécier les interactions entre deux corps articulés en contact indirect (rôle de la selle).

Le développement d'outils adaptés à l'équitation permettrait d'approfondir la compréhension des interactions entre le cavalier et son cheval. Cette étude nécessite l'approfondissement des mesures en

couplant cinématique et dynamique du cheval et du cavalier pour apprécier objectivement la locomotion du cheval et le fonctionnement du cavalier (attitude et quantification des aides) ainsi que la transmission de l'information au niveau de la selle.

Bibliographie

- 1) Clayton H. *Rider effects on ground reaction forces and fetlock kinematics at the trot*. Equine Vet. J. 1999 ; suppl. 30 : 235-239
- 2) De Cocq P, van Weeren PR, Back W. *Saddle pressure measuring: validity, reliability and power to discriminate between different saddle-fits*. Vet J. 2006 Sep;172(2): 265-73
- 3) De Cocq P, van Weeren PR, Back W. *Effects of girth, saddle and weight on movements of the horse*. Equine Vet J. 2004. 36(8):758-63.
- 4) Fédération Française des sports équestres. *Manuel d'équitation*. Éd. Charles Lavauzelle
- 5) Galloux P. *Adaptation biomécanique du cavalier à cheval, étude comparative entre deux simulateurs*, Cercopa 1997
- 6) Gaubert Ph. *Expression d'un réseau de compétences visant à la conception d'une selle adaptée aux besoins d'une cavalière paraplégique*. In : *sport et recherche en pays de Loire*. 1^{er} colloque. 2005. p. 38-39
- 7) Geutjens CA, Clayton HM, Kaiser LJ. *Forces and pressures beneath the saddle during mounting from the ground and from a raised mounting platform*. Vet J. 2008 Mar;175(3):332-7.
- 8) Lagarde J, Peham C., Licka T., and Kelso J. A. S. *Coordination Dynamics of the Horse~Rider System*, J Mot Behav. 2005 ; 37 (6) : 418-24
- 9) Matsuura A., Takita N., Shingu Y., Kondo S., Matsui A., Hiraga., Asai Y., Hata H, Okubo M. *Rhythm Analysis for Movements of Horse and Rider on a Treadmill by Sequential Still VTR Pictures*. J Equine Sci 2003; 14(4); p.125-131
- 10) Meschan EM, Peham C, Schobesberger H, Licka TF. *The influence of the width of the saddle tree on the forces and the pressure distribution under the saddle*. Equine Vet J. 2007 May;173(3):578-84
- 11) Peham C., Licka T., Kapaun M., Scheidl M. *A new method to quantify harmony of the horse-rider system in dressage*. Sports Engineering 2001.4 :p. 95-101
- 12) Peham C., Licka T., Schobesberger H., Meschan E. *Influence of the rider on the variability of the equine gait*. Hum Mov Sci. 2004; 23 (5): 663-71.
- 13) Schamhart H.C. *Ground reaction force analysis of horse ridden at walk and trot*. Equine Exerc. Physiol. 1991; 3 : 120- 127
- 14) Schöllhorn W.I., Peham C., Licka T. and Scheidl M. *A pattern recognition approach for the quantification of horse and riders interactions*. Equine Vet J. suppl 2006; 36: 400-405.
- 15) Winkelmayr B., Peham C., Frühwirth B., Licka T. and Scheidl M. *Evaluation of the force acting on the back of the horse with an English saddle and a side saddle at walk, trot and canter*. Equine Vet J. 2006; Suppl. 36: 406-410

Biographie

Chargée de recherche, responsable du service recherche de l'École Nationale d'Équitation.

Après des études universitaires de biologie, elle intègre l'unité de recherche « Pégase – Mayenne » en médecine du sport humaine et équine comparée. Déjà détachée à l'École Nationale d'Équitation qu'elle intégrera deux ans plus tard, elle complète sa formation par un DEA « physiologie du sport et conditions matérielles de l'entraînement. Elle étudie la locomotion du cheval de dressage et obtient le grade de Docteur en 2002 à la faculté de Poitiers sous la direction de M. Patrick Lacouture, responsable de l'équipe « Mécanique du geste sportif » au laboratoire de mécanique des solides. Elle enseigne les sciences biologiques aux brevets d'état « activité équestres ».