

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE, AGROALIMENTAIRE
ET DE L'ALIMENTATION NANTES ATLANTIQUE-ONIRIS
ANNÉE 2013

LA LATÉRALITÉ MOTRICE DU CHEVAL

THÈSE
pour le
Diplôme d'État
de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement
Le 11 décembre 2013
devant
La Faculté de Médecine de Nantes
par

Agnès, Frédérique, Émilie BEAUFILS

Née le 17 février 1987 à Paris (75015)

JURY

Président : Monsieur François Guoin
Professeur à la faculté de médecine de Nantes

Rapporteur : Madame Claire DOUART
Maître de conférence à l'École vétérinaire Agroalimentaire et de
l'Alimentation Nantes Atlantique (Oniris)

Assesseur : Monsieur Éric GONYENVALLE
Maître de conférence à l'École vétérinaire Agroalimentaire et de
l'Alimentation Nantes Atlantique (Oniris)

ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DE ONIRIS

École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique

Directeur Général : Pierre SAI (Pr)

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE, PATHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ALIMENT		
NUTRITION et ENDOCRINOLOGIE	Patrick NGUYEN (Pr) Henri DUMON (Pr)	Brigitte SILIART (Pr) Lucile MARTIN (Pr)
PHARMACOLOGIE et TOXICOLOGIE	Yassine MALLEM (MCC) Martine KAMMERER (Pr) Jean-Dominique PUYT (Pr)	Hervé POULIQUEN (Pr) Jean-Claude DESFONTIS (Pr)
PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE, CELLULAIRE et MOLÉCULAIRE	Lionel MARTIGNAT (MC) Jean-Marie BACH (Pr)	Julie HERVE (MC)
HISTOLOGIE ET ANATOMIE PATHOLOGIQUE	Yan CHEREL (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Frédérique NGUYEN (MC) Marie-Anne COLLE (MC)
PATHOLOGIE GÉNÉRALE, MICROBIOLOGIE et IMMUNOLOGIE	Jean-Marc PERSON (Pr) Jean-Louis PELLERIN (Pr)	Hervé SEBBAG (MC) Emmanuelle MOREAU (MC)
BIOCHIMIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Laurent LE THUAUT (MC) Thierry SEROT (Pr) Joëlle GRUA (MC)	Carole PROST (Pr) Florence TEXIER (MC) Mathilde MOSSER (MCC)
MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Xavier DOUSSET (Pr) Bénédicte SORIN (Chef de travaux) Bernard ONNO (MC)	Hervé PREVOST (Pr) Emmanuel JAFFRES (MC) Nabila Haddad (MC)
DÉPARTEMENT DE SANTÉ DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE ET SANTÉ PUBLIQUE		
HYGIÈNE ET QUALITÉ DES ALIMENTS	Michel FEDERIGHI (Pr) Bruno LE BIZEC (Pr) Catherine MAGRAS-RESCH (Pr)	Eric DROMIGNY (MC) Marie-France PILET (MC) Jean-Michel CAPPELLIER (MC)
MÉDECINE DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE	Arlette LAVAL (Pr émérite) Catherine BELLOC (MC) Isabelle BREYTON (MC) Christophe CHARTIER (Pr)	Alain DOUART (MC) Sébastien ASSIE (MC) Raphael GUATTEO (MC) Mily LEBLANC MARIDOR (MCC)
PARASITOLOGIE GÉNÉRALE, PARASITOLOGIE DES ANIMAUX DE RENTE, FAUNE SAUVAGE et PATHOLOGIE AQUACOLE	Monique L'HOSTIS (Pr) Alain CHAUVIN (Pr) Albert AGOULON (MC)	Guillaume BLANC (MC) Ségolène CALVEZ (MC)
MALADIE RÉGLEMENTÉE ZONOSSES et RÉGLEMENTATION SANITAIRE	Jean-Pierre GANIERE (Pr émérite) Suzanne BASTIAN-ORANGE (MC)	Nathalie RUVOEN-CLOUET (MC) Carole PEROZ (MC)
ZOOTECNIE, ÉCONOMIE	Aurélien MADOUASSE (MCC) Xavier MALHER (Pr) François BEAUDEAU (Pr)	Christine FOURICHON (MC) Nathalie BAREILLE (Pr)
DÉPARTEMENT DE SCIENCES CLINIQUES		
ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES	Patrick COSTIOU (Pr) Eric BETTI (MC)	Claire DOUART (MC) Claude GUINTARD (MC)
PATHOLOGIE CHIRURGICALE et ANESTHÉSIOLOGIE	Olivier GAUTHIER (Pr) Béatrice LIJOUR (MC) Eric AGUADO (MC) Caroline TESSIER (MCC)	Gwenola TOUZOT-JOURDE (MCC) Olivier GEFFROY (Pr) Eric GOYENVALLE (MC)
DERMATOLOGIE, PARASITOLOGIE DES CARNIVORES ET DES ÉQUIDÉS, MYCOLOGIE	Patrick BOURDEAU (Pr)	Vincent BRUET (MCC)
MÉDECINE INTERNE, IMAGE RIE MÉDICALE et LÉGISLATION PROFESSIONNELLE VÉTÉRINAIRE	Yves LEGEAY (Pr) Dominique FANUEL (Pr) Anne COUROUCE-MALBLANC (MC) Catherine IBISCH (MC) Nicolas CHOUIN (MCC)	Marion FUSELLIER (MC) Jack-Yves DESCHAMPS (MC) Odile SENECAT (MC) Françoise ROUX (MC)
BIOTECHNOLOGIES et PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION	Daniel TAINURIER (Pr) Francis FIENI (Pr) Jean-François BRUYAS (Pr)	Lamia BRIAND (MC) Djemil BENCHARIF (MC)

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS ALIMENTAIRES

Lionel BOILLEREAUX (Pr)
Dominique COLIN (MC)
Sébastien CURET PLOQUIN (MC)
Marie DE LAMBALLERIE (Pr)
Dominique DELLA VALLE (MC)
Francine FAYOLLE (Pr)
Michel HAVET (Pr)
Laurence POTTIER (MC)

Vanessa JURY (MC)
Alain LEBAIL (Pr)
Catherine LOISEL (MC)
Jean-Yves MONTEAU (MC)
Denis PONCELET (Pr)
Olivier ROUAUD (MC)
Hélène SIMONIN (MC)

DÉPARTEMENT DE MANAGEMENT, STATISTIQUE ET COMMUNICATION

SENSOMÉTRIE - CHIMIOMÉTRIE	Véronique CARIOU (MC) Philippe COURCOUX (MC) El Mostafa QANNARI (Pr)	Michel SEMENOU (MC) Chantal THORIN (PCEA) Évelyne VIGNEAU (Pr)
ÉCONOMIE – GESTION - COMMUNICATION	Pascal BARILLOT (MC) Yvan DUFEU (MC) Marie-Josée LORRAIN (MC) Florence BEAUGRAND (MC)	<i>Jean-Marc FERRANDI (Pr)</i> Samia ROUSSELIÈRE (MC) Vincent HOVLAQUE (Pr)
LANGUES	Franck INSIGNARES (PCEA) Linda MORRIS (PCEA)	Marc BRIDOU (PCEA) Fabiola ASENCIO (PCEA)

Pr : Professeur,

Pr A : Professeur Associé,

Pr I : Professeur Invité,

MC : Maître de Conférences,

MCC : Maître de Conférences Contractuel,

AERC : Assistant d'Enseignement et de Recherches,

PLEA : Professeur Lycée Enseignement Agricole,

PCEA : Professeur Certifié Enseignement Agricole

La reproduction d'extraits est autorisée avec mention de la source. Toute reproduction partielle doit être fidèle au texte utilisé. Cette thèse devra donc être citée comme suit :

BEAUFILS, A. (2013). La latéralité motrice du cheval. Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes. Oniris : École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de L'alimentation Nantes Atlantique, 167 p.

Le défaut de citation est considéré comme du plagiat. Ce dernier est puni par la loi française et passible de sanctions allant jusqu'à 3 ans d'emprisonnement et 300 000 € d'amende.

À la mémoire d'**Audrey, ma petite puce**

J'aurais tellement aimé que tu puisses être là pour ce grand jour, que tu puisses
être fière de ta grande sœur ;

Merci du plus profond de mon cœur.

Tu me manques

Remerciements

À Monsieur François Gouin

Professeur à la faculté de Médecine de Nantes

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse ;
Veuillez recevoir mes hommages respectueux.

À Madame Claire Douart

Maître de conférences à Oniris

Pour m'avoir soutenue, orientée et aidée dans ce travail parfois chaotique ;
Pour avoir répondu présente à chaque fois que j'ai pu frapper à votre porte ;
Pour m'avoir permis de participer à la formation d'ostéopathie de Nantes ;
Pour m'avoir permis de rencontrer des gens formidables ;
Veuillez croire à ma sincère reconnaissance.

À Monsieur Éric Goyenvalle

Maître de conférences à Oniris

Pour avoir été si présent dans mon cursus ;
Pour avoir trouvé les mots justes dans toutes ces périodes difficiles ;
Pour m'avoir soutenue aux moments où j'en avais le plus besoin ;
Pour m'avoir accueillie et laissé participer des heures durant aux consultations d'ostéopathie à l'école ;
Pour m'avoir ouvert la porte de cette grande famille ;
Veuillez recevoir ma plus profonde gratitude.

À Isabelle Burgaud

Vétérinaire à l'École Nationale d'Équitation de Saumur

Pour m'avoir fait confiance et proposé le sujet de cette thèse ;

Mes sincères remerciements.

À Sophie Biau

Chargée de recherche à l'École Nationale d'Équitation de Saumur

Pour m'avoir prêté et mis à disposition tout le matériel nécessaire ;

Pour m'avoir accueillie dans son bureau durant ces deux semaines intensives ;

Pour m'avoir aidée dans ce travail ;

Mes sincères remerciements.

À Vincent Auvigné

Pour m'avoir aidée dans ce méli-mélo de statistiques ;

Pour avoir été si patient et disponible ;

Mes sincères remerciements.

À tous les soigneurs des écuries de formations de l'École Nationale d'Équitation de Saumur

Pour leur accueil si chaleureux ;

Pour leur aide, sans laquelle ce travail n'aurait pas été possible ;

Pour le temps qu'ils m'ont consacré ;

Un grand merci.

À tous ceux qui m'ont aidée pour mener à bien cette thèse :

À **Jean-Marie Denoix**, pour ses conseils avertis et pertinents ;

À **Pierre Beaupère**, pour son livre et ses corrections ;

À **Michel**, mon moniteur d'équitation, pour ses conseils ;

À **Marie-Odile Sautel** pour m'avoir fait découvrir ce monde fabuleux de l'ostéopathie ;

À **Stéphan Cayre, Patrick Le Collinet et Patrick Chêne** pour m'avoir aidée et pour leur merveilleux enseignement passé et à venir.

À ma famille,

À mes parents

À mon frère, Alexandre

À Gisèle et Pierre

À mes amis

À **Pika**

À **Magalie**

À **Flore**

À **Charlène, Gaël, Alice, Clémence et Clara**

Merci

Table des matières

REMERCIEMENTS	9
TABLE DES MATIÈRES	13
INDEX DES ILLUSTRATIONS	16
INDEX DES ANNEXES	17
INTRODUCTION	19
PARTIE I: ÉTAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES ET DÉFINITION DE LA LATÉRALITÉ DU CHEVAL	23
1. LES CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LA LATÉRALITÉ DU CHEVAL	25
1.1 La latéralité neurologique	26
1.1.1 Le caractère inné de la latéralité neurologique	27
1.1.2 L'expression au niveau sensoriel de la latéralité neurologique	31
1.1.3 L'expression au niveau moteur de la latéralité neurologique	37
1.1.4 L'interaction entre le cavalier et la latéralité neurologique	47
1.1.5 Conclusion sur la latéralité neurologique	62
1.2 La latéralité génétique	64
Conclusion sur la latéralité génétique.....	69
1.3 La latéralité anatomique	70
1.3.1 Origine de la latéralité anatomique dans la conformation des poulains.....	70
1.3.2 Expression de la latéralité anatomique au niveau du squelette	75
1.3.3 Expression de la latéralité anatomique au niveau de la boîte cornée.....	79
1.3.4 Conclusion sur la latéralité anatomique.....	82
1.4 Conclusion sur les connaissances actuelles de la latéralité motrice	83
2. DÉFINITION DE LA LATÉRALITÉ MOTRICE DU CHEVAL	84
2.1 Définitions existantes dans la littérature	84
2.2 Proposition de définition d'un cheval latéralisé	86
2.3 Orientation de la méthode expérimentale	88

PARTIE II : MESURES EXPÉRIMENTALES EN VUE DE LA DÉTERMINATION D'UNE LATÉRALITÉ CHEZ LE CHEVAL	91
1. LES CHEVAUX ÉTUDIÉS.....	93
2. DIFFÉRENTES MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA LATÉRALITÉ.....	94
2.1 Capteurs Equimetrix (Barrey 1994).....	94
2.2 Le questionnaire (Annexe 2).....	96
2.3 Le test clinique.....	96
2.4 Tests ostéopathiques.....	97
3. DESCRIPTION DES VARIABLES.....	99
3.1 Relevés Equimetrix : variables quantitatives continues	99
3.2 Questionnaire	101
3.2.1 Commémoratifs : variables qualitatives discontinues.....	101
3.2.2 Ressenti du cavalier : variables quantitatives discontinues	101
3.3 Tests cliniques et ostéopathiques.....	102
4. ANALYSE STATISTIQUE	102
4.1 Préliminaires à l'analyse statistique	102
4.2 Tests utilisés pour l'analyse statistique	103
4.2.1 Régression linéaire (Annexe 9)	103
4.2.2 Test de Fisher (Annexe 12)	104
4.2.3 Test de Wilcoxon (Annexe 10 et 11).....	104
4.3 Résultats de l'analyse statistique des variables Equimetrix : Régression linéaire (Annexe 9) ..	104
4.3.1 Au pas.....	104
4.3.2 Au trot.....	107
4.3.3 Confrontation entre le trot et le pas	108
4.4 Résultats de l'analyse statistique des variables discontinues : Test de Fisher	109
4.5 Confrontation des variables continues et discontinues : Test non paramétrique de Wilcoxon. 111	
4.5.1 Au pas (Annexe 10).....	111
4.5.2 Au trot (Annexe 11).....	112

5. DISCUSSION	114
5.1 Retour sur les résultats statistiques	114
5.1.1 Dans les régressions linéaires (variables Equimetrix)	114
5.1.2 Dans le test de Fisher (variables discontinues).....	115
5.1.3 Dans le test de Wilcoxon (confrontation des variables continues et discontinues)	116
5.2 Retour sur ce travail	118
5.3 Retour sur l'étude bibliographique	118
5.4 Retour sur le protocole proposé.....	119
5.5 Retour sur la latéralité dans l'équitation et le protocole	121
CONCLUSION.....	123
ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE DE OLDFIELD.....	124
ANNEXE 2 : QUESTIONNAIRE AU CAVALIER	125
ANNEXE 3 : TABLEAU DES VALEURS AU PAS	126
ANNEXE 4 : TABLEAU DES VALEURS AU TROT	127
ANNEXE 5 : TABLEAU DES VARIABLES QUALITATIVES	128
ANNEXE 6 : HISTOGRAMMES DES VARIABLES QUANTITATIVES	129
ANNEXE 7 : RÉSULTAT DES STATISTIQUES ANALYTIQUES.....	133
ANNEXE 8 : FRÉQUENCE DES VARIABLES QUALITATIVES	134
ANNEXE 9 : RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS LINÉAIRES	136
ANNEXE 10 : RÉSULTATS DU TEST DE WILCOXON AU PAS.....	141
ANNEXE 11 : RÉSULTATS DU TEST DE WILCOXON AU TROT	147
ANNEXE 12 : RÉSULTATS DU TEST DE FISHER.....	152
BIBLIOGRAPHIE	166

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Résultat du test de Warren-Smith et al. en 2007.	53
Figure 2 : Schéma d'un cheval droitier	58
Figure 3 : Comportement du cheval droitier sur le cercle à gauche	58
Figure 4 : Comportement du cheval droitier sur le cercle à droite	59
Figure 5 : Comportement du cheval gaucher sur le cercle à gauche	60
Figure 6 : Exemple de relevé Equimetrix.	99
Figure 7 : Vecteurs accélérométriques au pas.....	105
Figure 8 : Schéma des corrélations entre les variables continues au pas.	106
Figure 9 : Vecteurs accélérométriques au trot.....	107
Figure 10 : Schéma des corrélations entre les variables continues au trot.....	108
Figure 11 : Schéma explicatif des angles droit et gauche des vecteurs Equimetrix.....	115
Figure 12 : Situation expérimentale	120

Index des illustrations

Photographie 1 : Sangle munie du dispositif Equimetrix ajustée au cheval.	95
Photographie 2 : Capteur centré sur le sternum.....	95
Photographie 3 : Illustration des parascolioses (Guillard. 2013).....	98

Index des Annexes

Annexe 1 : Questionnaire de Oldfield.....	124
Annexe 2 : Questionnaire au cavalier	125
Annexe 3 : Tableau des valeurs au pas	126
Annexe 4 : Tableau des valeurs au trot	127
Annexe 5 : Tableau des variables qualitatives.....	128
Annexe 6 : Histogrammes des variables quantitatives.....	129
Annexe 7 : Résultat des statistiques analytiques	133
Annexe 8 : Fréquence des variables qualitatives.....	134
Annexe 9 : Résultats des régressions linéaires	136
Annexe 10 : Résultats du test de Wilcoxon au pas.....	141
Annexe 11 : Résultats du test de Wilcoxon au trot	147
Annexe 12 : Résultats du test de Fisher.....	152

Introduction

Cette étude a pour objet de proposer un protocole permettant d'établir facilement la latéralité d'un cheval donné. Il est question de fournir au cavalier, amateur ou professionnel, un moyen simple et rapide pour déterminer la latéralité de son cheval dans le cadre d'un achat par exemple, ou tout simplement pour adapter le travail quotidien de sa monture. Il convient tout d'abord de définir ce terme appliqué au cheval avant de faire le point sur les recherches déjà effectuées sur ce sujet. Dans une deuxième partie seront présentées les expériences réalisées sur les chevaux de formation de l'École Nationale d'Équitation (ENE) de Saumur d'après une proposition d'Isabelle Burgaud (Vétérinaire) et de Sophie Biau (chargée de recherche).

Depuis des siècles, le cheval a été élevé par l'homme pour la consommation de sa viande et surtout pour sa force motrice utilisée pour les déplacements, le travail de la terre et la guerre. Aujourd'hui il est destiné essentiellement aux loisirs et à la réalisation de performances sportives. Pour atteindre ces objectifs un long travail de dressage à pied, puis monté, est nécessaire.

Dès lors que le cavalier se met à cheval il doit établir avec sa monture un langage clair et précis. Ce n'est qu'à force de travail et de persévérance que le cavalier pourra entrer en communion avec son cheval et réaliser l'objectif sportif qu'il s'était fixé. Le dressage du cheval demande du savoir-faire, de la patience et surtout une écoute mutuelle. De cette écoute et du ressenti du cavalier est apparue l'idée que le cheval exprimait, tout comme l'être humain, une latéralité. En effet, quel cavalier n'a pas ressenti en montant à cheval que les figures de dressage semblaient bien plus fluides et naturelles à une main¹ plutôt qu'à l'autre ? Or de nombreuses épreuves équestres comme le dressage ou certaines épreuves d'équitation western demandent au cheval d'effectuer des mouvements parfaitement symétriques à chaque main. La latéralité est donc une problématique dominante de l'équitation. Cette symétrie recherchée par le cavalier est un des fondements de l'équitation, elle est aussi appelée rectitude. Les plus grands cavaliers en parlent :

Le général L'Hotte, écuyer en chef au Cadre noir de Saumur de 1864 à 1870, écrit dans son livre *Questions Équestres* paru en 1906 : « Les buts à poursuivre peuvent s'exprimer en trois mots : calme, en avant, droit. » (Gossin, 1986)

Etienne Saurel, auteur de nombreux ouvrages d'équitation, reprend en 1964 dans *Pratique de l'équitation d'après les maîtres français* : « calme, en avant, droit... Supposons les deux premiers objectifs atteints. Il reste à satisfaire la troisième exigence, la plus difficile

¹ En équitation la main correspond au côté vers lequel le cheval tourne. À main droite il est incurvé vers la droite et tourne alors la tête vers la droite.

parce que la plus naturellement rare. Malheureusement, il existe peu de chevaux qui soient, de nature, parfaitement droits. » (Gossin, 1986)

René Gogue, inventeur de l'enrênement du même nom, dans *Problèmes Équestres* en 1978 précise : « De même que l'homme, le cheval est rarement symétrique par rapport à son axe longitudinal. En station ou en marche, son rachis présente des inflexions diversement localisées et orientées. La plus fréquente, ou tout au moins la plus apparente, réside dans la région de l'encolure (généralement incurvée à gauche). Cette incurvation se poursuit dans la région dorsale. Les hanches sont alors déviées (à gauche) et le cheval est traversé ... La rectitude du cheval constitue, pour le dresseur, un des problèmes les plus ardu.

En dressage, les effets de ce défaut affectent à peu près toutes les figures ; et en équitation sportive ils sont la cause de déséquilibre et de déperdition d'énergie, la poussée des postérieurs ne s'exerçant pas dans la direction du centre de gravité.

Cette gymnastique corrective locale est astreignante pour le cheval. La gymnastique générale s'étend avec la limitation de l'incurvation du côté le plus concave. La rectitude du cheval constitue un des problèmes les plus ardu pour le dresseur. Elle doit être pour lui un souci permanent. » (Gossin, 1986)

Ainsi, dans leurs écrits tous ces hommes de cheval résument la situation et les problèmes auxquels se heurte le cavalier.

De ce concept de latéralité se dégage un grand nombre de notions que l'état actuel de la science ne permet ni de classer, ni d'éclaircir. Cette étude a pour premier objectif de clarifier cette notion et d'établir un lien entre toutes les données scientifiques, biomécaniques et équestres afin d'en dégager une notion exploitable par tous.

Aujourd'hui la latéralité a été largement étudiée chez l'homme. L'expérience prouve que très peu de personnes sont ambidextres. Il se pourrait qu'il en soit de même pour le cheval. Un certain nombre d'études à dominante éthologique ont été réalisées sur le cheval et ont montré qu'il y avait bien une latéralité dans cette espèce, mais la latéralité étudiée alors correspond plutôt à la latéralité sensorielle du cheval. En effet, dans le monde animal, le cheval, qui est une proie, a développé des sens pour échapper à ses prédateurs de la manière la plus efficace possible. Dans le même temps, il a développé une latéralité dans la perception de ses sensations pour améliorer leur efficacité et ainsi augmenter ses chances d'échapper à ses prédateurs. Or la latéralité des sens est à distinguer de la latéralité motrice dont il va être question dans cette étude.

Il a donc fallu définir un moyen d'apprécier la latéralité motrice dans la biomécanique du cheval. C'est le deuxième objectif de cette étude. Quiconque a pris le temps d'observer les chevaux évoluer librement ou montés a pu constater cette latéralité motrice. Parmi les hommes de cheval, certains affirment que tous les chevaux sont gauchers, d'autres qu'ils sont tous droitiers, d'autres enfin estiment que chaque cheval développe sa latéralité propre. Il doit exister une latéralité innée chez le cheval, mais il se dit sur le terrain qu'à

force de travail, la latéralité propre d'un cheval peut se modifier, voire s'inverser au cours du temps. Cela peut être dû soit à un travail particulier destiné à développer les capacités motrices du cheval à la main qui paraît être la moins fluide, soit être en relation avec la latéralité propre du cavalier, soit encore pour compenser une gêne, lésionnelle ou non, d'ordre articulaire ou arthrosique par exemple. Chaque cheval aurait donc une latéralité propre qui serait susceptible d'évoluer.

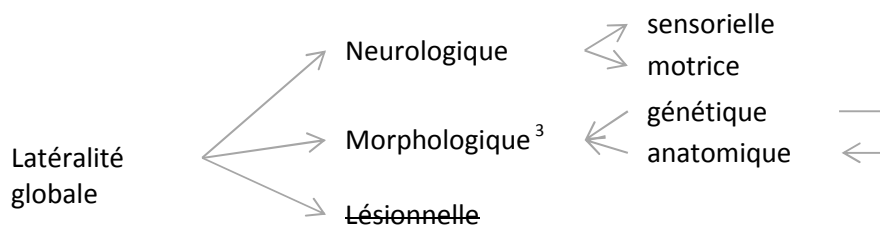
**PARTIE I : ÉTAT DES LIEUX DES CONNAISSANCES ET
DÉFINITION DE LA LATÉRALITÉ DU CHEVAL**

La latéralité est une problématique prédominante dans l'équitation puisque dans de nombreuses disciplines il est important que le cheval soit le plus symétrique possible dans ses mouvements, autrement dit qu'il soit aussi peu latéralisé que possible dans sa locomotion. Cette première partie, basée sur 28 études issues d'une recherche bibliographique, permet d'établir un état des lieux des connaissances actuelles sur la latéralité motrice du cheval.

1. Les connaissances actuelles sur la latéralité du cheval.

La latéralité motrice est la résultante de trois composantes (J.M. Denoix, Ain Formation cheval², 2008) :

- Anatomique et/ou congénitale : elle correspond à la façon dont est fait le corps du cheval de manière acquise ou congénitale. Cette asymétrie peut être une résultante des forces mécaniques développées par le cheval. Elle est donc mesurable.
- Lésionnelle : elle est acquise par des phénomènes dégénératifs comme l'arthrose, ou traumatiques comme une tendinite ou une fracture. Ces phénomènes engendrent une asymétrie anatomique et donc mécanique. C'est un paramètre évolutif qui peut modifier l'asymétrie ressentie par le cavalier.
- Neurologique : elle se met en place avant la naissance. Elle n'évolue pas ou peu dans le temps et concerne tous les chevaux à la différence des deux précédentes. Elle prend son origine dans le cerveau et résulte d'un fonctionnement différentiel des deux hémisphères cérébraux.



² Séminaire ayant lieu dans l'Ain adressé aux professionnels du cheval.

³ De la racine grecque *morpho* elle correspond à la forme extérieure du corps du cheval. Elle est donc objectivable et mesurable à l'œil, contrairement à la latéralité anatomique qui peut intéresser un organe interne ou les os par exemple.

Il ne sera pas question ici de la latéralité lésionnelle qui ne correspond pas à une latéralité naturelle. Elle sort donc du cadre de cette étude. Après avoir fait le point sur la latéralité neurologique à travers la bibliographie, l'étude portera uniquement sur la première composante qui sera abordée en deux unités différentes : tout d'abord la latéralité génétique puis la latéralité anatomique qui en est la conséquence.

Il est important à ce stade de noter qu'il existe peu de points communs entre les protocoles appliqués dans les études qui vont être analysées et que les variables utilisées sont très différentes. Il est donc difficile de recouper les résultats et d'en faire une synthèse. Le parti pris sera en conséquence d'essayer de comprendre la latéralité et ses différents aboutissants au travers de la progression dans l'analyse des études présentées.

1.1 La latéralité neurologique

La latéralité neurologique a largement été étudiée chez l'homme. Il est admis depuis la fin du XIX^{ème} siècle (Paul Broca) que la latéralité est due à l'asymétrie morphologique et fonctionnelle du cerveau. Ainsi d'un point de vue anatomique et de manière schématique - car certaines fibres neuronales dérogent à la règle - l'hémisphère droit commande la moitié gauche du corps et inversement.

L'hémisphère droit serait impliqué dans l'affectif et les émotions, positives comme négatives, dans la fuite, dans les situations d'évitement, d'urgence et d'agression, dans la surveillance de l'environnement avec une attention particulière pour le détail, dans les interactions sociales et sexuelles. Il serait également impliqué dans la maîtrise du corps et de l'espace.

L'hémisphère gauche quant à lui serait plutôt moteur et sensitif. Il serait impliqué dans la découverte et l'exploration de l'environnement ainsi que dans la gestuelle associée à la nourriture. C'est lui qui contrôlerait les gestes routiniers acquis par apprentissage. Son inactivation provoquerait plutôt l'anxiété et la dépression.

Cependant le cerveau ne se laisse pas décrire de façon aussi schématique. Certains sens, comme la vue, sont organisés de façon contralatérale⁴ alors que d'autres, comme l'olfaction, le seraient plutôt de façon ipsilatérale⁵. Il a été établi par exemple que l'aire du langage se situerait dans l'hémisphère gauche pour la majorité des êtres humains, ou que les informations olfactives étaient plutôt traitées par le cerveau droit chez l'animal (Brand, 1999).

⁴ C'est-à-dire du côté opposé.

⁵ C'est-à-dire du même côté.

Chaque hémicerveau a donc ses implications propres. Chez l'homme, le cerveau droit est utilisé pour reconnaître les visages ou étudier les propriétés d'un objet tandis que le cerveau gauche s'intéresse à la façon d'utiliser cet objet. Il pourrait vraisemblablement en être de même pour le monde animal. Ainsi les proies utilisent leur cerveau droit/œil gauche pour échapper aux prédateurs alors que ces derniers utilisent leur cerveau gauche/œil droit pour chasser. Cependant pour établir la latéralité cérébrale du cheval de façon certaine il faudrait effectuer des simulations sous IRM comme cela se pratique chez l'homme, afin de déterminer les zones activées par les stimuli. Malheureusement ce protocole ne semble pas envisageable en pratique. (Austin, et al. 2012, Dailly, et al. 1984, De Boyer Des Roches, et al. 2008, Larose, et al. 2006, Rogers, 2002, Rogers, et al. 2004, Warren-Smith, et al. 2010).

Pour conclure, le but ici n'est pas de définir le lien entre la latéralité exprimée par les chevaux et leur latéralité cérébrale. Il s'agit plutôt de comprendre certains aspects de la latéralité cérébrale en transposant au cheval ce qui est connu chez l'homme.

1.1.1 Le caractère inné de la latéralité neurologique

« Tout comme chez les humains le cheval est droitier ou gaucher. Cela a longtemps été attribué au fait que le poulain est incurvé à droite ou à gauche dans le ventre de sa mère ». (Gossin, 1986). Cette idée a traversé le globe suite à la publication du livre *Riding Logic* de Wilhelm Museler et fait encore autorité aujourd'hui dans les couloirs des écuries. Un groupe de chercheurs de l'université du Wisconsin⁶ a exploré cette affirmation, et rien ne semble confirmer l'influence de la position fœtale sur la latéralité motrice. Une étude similaire a été réalisée sur des bébés et n'a pas montré non plus de relation entre la position du fœtus *in utero* et la latéralité exprimée par ces bébés à leur naissance. Il semblerait en revanche que de nombreux fœtus expriment une préférence à porter un pouce à la bouche plutôt qu'un autre, indépendamment de leur position *in utero* ; d'où l'idée d'une latéralité motrice préexistante durant la gestation (Hepper et al. 1990).

Il est vraisemblable que l'idée selon laquelle la latéralité serait liée à l'incurvation du fœtus *in utero* trouve son origine dans le fait que le cheval s'incurve plus naturellement d'un côté que de l'autre du fait d'un étirement différentiel des muscles de son corps. En effet, un cheval s'incurve par exemple plus facilement à gauche car ses muscles de ce côté sont plus courts et plus contractés que ceux du côté droit (Beaupère, 2012).

En revanche, certains indices confirment que la latéralité existerait avant la naissance des individus, mais qu'elle ne s'exprime qu'après la maturation du cerveau. « Les vertébrés supérieurs naissent ambidextres du fait de la symétrie de leur cerveau, ce n'est que lorsque le cerveau se structure qu'une latéralité apparaît ». (Gossin, 1986). Le fait que les vertébrés supérieurs naissent sans exprimer de latéralité peut sembler contradictoire avec le caractère

⁶ États-Unis.

inné de celle-ci. Pourtant c'est bien parce qu'elle est présente avant la naissance qu'elle se met en place de façon spécifique chez chaque individu, indépendamment de son environnement. Sinon tous les chevaux d'un même élevage exprimeraient la même latéralité.

Enfin il a été émis l'hypothèse que le travail pouvait rendre le cheval ambidextre, voire inverser sa latéralité (Gossin, 1986). Cette affirmation serait à nuancer. « Ne serait-ce pas plutôt dans la façon de monter le cheval et de composer avec sa conformation et ses restrictions que la rectitude tant recherchée pourrait être obtenue ? Ainsi, par leur façon de monter les chevaux, les cavaliers semblent pouvoir influencer la latéralité de leur monture » (Beaupère, 2012).

Au vu de ces deux hypothèses, il est important dans un premier temps de se pencher sur la question de ce caractère inné de la latéralité puis de mettre en évidence l'influence du cavalier.

➤ **ÉTUDE N° 1: Sankey, 2011**

L'idéal serait d'effectuer les mesures sur des poulains à la naissance. Cela n'étant pas toujours possible, elles sont réalisées sur des poulains les plus jeunes possibles.

- Élément testé : Comportement de poulains en liberté au pré lorsqu'ils sont approchés par une femme en manteau vert sombre ;
- Effectif : 39 chevaux ;
- Race : Anglo-arabe et selle français ;
- Âge : 16 de 1 an et 23 de 2 ans ;
- Sexe : 1 an (10 pouliches et 6 hongres), 2 ans (15 pouliches et 8 hongres) ;
- Environnement : Au pré ;
- Protocole :
 - Acteur : Inconnu des chevaux, femme en manteau vert sombre ;
 - Lieu : Connu, au pré ;
 - Élément observé : Réaction du cheval en fonction de la zone d'approche. Cette réaction est qualifiée de réaction négative lorsque le cheval montre un comportement de défense (par exemple s'il baisse les oreilles, essaie de mordre, de fuir ou juste de se soustraire au contact imposé par la femme au manteau vert) et de réaction positive dans les autres cas ;
 - Fréquence/durée d'observation : Chaque cheval est approché 7 fois ;

- Modalité: Une femme en manteau vert sombre approche les chevaux, par la croupe, le flanc et l'épaule de chaque côté, ou par la tête. Partant d'un point situé à 8 m du cheval elle marche droit vers la cible choisie jusqu'à 20 cm du cheval puis étend son bras gauche pour toucher sa cible. Si un autre cheval coupe la trajectoire l'expérience est annulée et recommencée.

– Résultats⁷:

Chez les poulains de 1 an, 35,4% des approches par la droite se soldent par un contact (épaule $P=0,04$ ⁸, flanc $P=0,04$, croupe $P=0,2$) contre 29,2% pour celles effectuées par la gauche (épaule $P=0,04$, flanc $P=0,6$, croupe $P=0,1$). Les épaules droite et gauche ainsi que le flanc gauche semblent particulièrement difficiles à toucher. Les contacts par la droite entraînent plutôt des réactions positives alors qu'elles sont plutôt négatives par la gauche.

Les chevaux de 2 ans sont globalement plus faciles à approcher et tolèrent mieux le contact. 72,5% des approches par la droite se soldent par un contact (épaule $P=0,005$, flanc $P=0,5$, croupe $P=0,3$) contre 57,9% par la gauche (épaule $P=0,005$, flanc $P=0,2$, croupe $P=0,005$). Les chevaux expriment davantage de comportements positifs à l'approche des épaules et de la tête ainsi que de la croupe à droite.

– Remarques:

Dans cette étude, ni l'habillement, ni le sexe de la personne ne sont expliqués ni justifiés à moins que les auteurs ne cherchent à standardiser l'étude par un vêtement spécifique par exemple.

L'étude met en évidence l'affirmation selon laquelle le cheval à l'état naturel (ici représenté par le poulain de moins d'un an) réagit majoritairement comme une proie (réaction négative face à une approche par la gauche). Ce comportement s'atténue avec l'âge probablement du fait de l'apprentissage du poulain. En effet, à 2 ans, les poulains ont plutôt des réactions positives quel que soit le côté d'approche, tandis qu'à un an, ils réagissent plus souvent de manière négative à une approche par la gauche. Cependant l'étude montre que les résultats sont surtout significatifs pour l'approche des épaules et moins pour les autres parties du corps. Cela semble confirmer d'une part l'implication du phénomène d'habituation du cheval dans le résultat trouvé - car à cet âge, les jeunes

⁷ Dans la partie résultat de chaque étude mes réflexions et explications seront mise en évidence par une barre sur la gauche du paragraphe, et les notions importantes seront encadrées.

⁸ Durant toute cette étude bibliographique, les résultats statistiques seront donnés sous la forme ci-dessus. Suivant les tests effectués le P n'a pas toujours exactement la même signification. Une explication plus détaillée sera donnée en deuxième partie. Mais on peut considérer dès à présent que si $P < 0,05$ les deux variables ont 95% de chances d'être corrélées c'est-à-dire d'avoir un lien entre elles. Inversement si $P > 0,05$, les deux variables considérées sont indépendantes.

chevaux sont principalement manipulés au niveau de la tête et de l'avant-main - d'autre part l'implication du cerveau droit dans le ressenti des émotions et dans la gestion de l'espace nécessitant une réponse réflexe rapide. Cela explique également l'implication du cerveau gauche dans les réponses motrices non-réflexes et relevant de l'apprentissage. Il ne faut donc pas négliger le rôle important du dressage et de l'entraînement dans l'évaluation de la latéralité car ils familiarisent le cheval à un stimulus qui était nouveau pour le poulain de 1an.

Il s'avère, à travers cette observation, que le caractère inné de la latéralité paraît probable puisque les poulains de moins de un an expriment une préférence, et il semble que la latéralité puisse être légèrement modifiée par l'apprentissage⁹.

Cette étude suggère donc une forte probabilité du caractère inné de la latéralité, puisque celle-ci est présente dès l'âge d'un an. Elle peut ensuite se modifier légèrement avec la maturation de l'organisme et l'apprentissage, mais ne change en aucun cas de côté. Ainsi la latéralité neurologique serait présente dès la naissance. Elle est immuable pour toute la vie de l'animal ; un cheval gaucher ne deviendra pas droitier.

Le caractère ambidextre du nouveau-né n'est pas exploré ici car les poulains testés sont déjà trop âgés. Pour étudier ce caractère, il faudrait s'intéresser à des poulains de quelques jours tout au plus car l'apprentissage comme la maturation de l'organisme sont très rapides à cet âge.

⁹ Cette observation renvoie à ce qui a pu être observé chez l'être humain. En effet il est établi que la latéralité du cerveau humain est indéterminée jusqu'à l'âge de 5 ans. Puis, jusqu'à 7 ans elle s'établit avec l'apprentissage mais reste très malléable. À partir de 7 ans la latéralité est établie et seul un accident peut la modifier (Dailly 1984). Par exemple il est connu qu'après qu'une personne a perdu un sens, le cerveau compense en développant les zones des autres sens.

1.1.2 L'expression au niveau sensoriel de la latéralité neurologique

➤ ÉTUDE N° 2 : Larose, et al. 2006

- Élément testé : Influence de l'émotion sur la latéralité visuelle face à un stimulus inconnu ;
- Effectif : 65 chevaux ;
- Race : 19 trotteurs et 46 selles français ;
- Âge : De 2 à 3 ans ;
- Sexe : 35 mâles et 30 femelles ;
- Environnement : Un manège ;
- Protocole :
 - Objet : Inconnu, une cage en métal de 100x80x80 cm ;
 - Lieu : Connu, un manège ;
 - Observateurs : Deux personnes quelconques, placées dans les coins du manège opposés à la porte ;
 - Éléments observés : Comportement, narine utilisée, œil utilisé ;
 - Fréquence/durée d'observation : 31 relevés par cheval de 5 minutes chacun toutes les 10 secondes ;
 - Modalité : Les chevaux sont confrontés à une cage en métal de 1m³ environ, placée au centre du manège. Deux personnes, placées dans les coins opposés à la porte d'où le cheval est lâché, notent le comportement du cheval durant 5 minutes. L'une s'intéresse au comportement du cheval, l'autre à sa latéralité (œil et narine utilisés). Un indice d'émotivité est calculé en fonction du comportement de chaque cheval.
- Résultats :

Les auteurs rappellent que les trotteurs sont plus habitués à être abordés par les deux côtés alors que les selles français sont principalement abordés par la gauche.

Le sexe n'est corrélé ($P=0,27$) ni à la latéralité olfactive, ni à la latéralité visuelle. Par contre une corrélation entre l'émotion induite par l'objet et l'œil utilisé est mise en évidence. Les selles français, considérés comme moins émotifs par les auteurs, utilisent plutôt l'œil droit ($P=0,0078$), ce qui suggère l'implication de l'hémicerveau gauche, alors que les trotteurs utilisent l'œil gauche ($P=0,015$), d'autant plus s'ils sont émotifs (hémicerveau droit). Cependant, aucune corrélation entre la race et l'émotivité n'a été mise en évidence par l'étude statistique ($P=0,608$).

– Remarques :

Il est surprenant que les statistiques ne mettent pas en évidence de corrélation entre l'émotivité et la race, car dans le monde du cheval c'est une vérité établie. Cependant, les chevaux étudiés étant élevés de manière différente, il est possible que la différence de leur réaction ne soit pas directement liée à leur race mais plutôt à la façon dont ils ont été élevés. Les manipulations quotidiennes, comme par exemple un déboufrage en douceur ou plutôt brutal pourraient avoir un impact sur leur comportement adulte. Pour en avoir le cœur net il faudrait pouvoir mener cette étude avec des chevaux de races différentes, élevés dans les mêmes conditions.

Pour conclure, la présence de l'objet provoque une émotion objectivable par la réaction des chevaux. Ces différentes réactions suggèrent la latéralité des émotions présentées auparavant et l'implication spécifique respective des deux hémisphères cérébraux. Dans cette étude les statistiques semblent mettre en évidence que la tendance des selles français à utiliser l'œil droit (donc l'hémicerveau gauche) se renforce avec l'âge. La question de l'influence de la maturation et du dressage du cheval sur la latéralité exprimée peut à nouveau se poser.

➤ **ÉTUDE N° 3 : De Boyer des Roches, et al. 2008**

- Élément testé : Influence des émotions du cheval sur ses réactions face à des stimuli visuels et olfactifs ;
- Effectif : 38 Chevaux ;
- Race : Pur-sang arabe ;
- Âge : De 5 à 21 ans ;
- Sexe : Femelles dans leur dernier mois de gestation ;
- Environnement : Élevées de façon semblable dans des écuries en Tunisie.
- Protocole :
 - Objet : Trois types d'objets connus :
 - Un objet à connotation positive : le seau avec lequel les juments sont nourries ;
 - Un objet neutre : un cône orange utilisé habituellement dans l'écurie ;
 - Un objet à connotation négative : le T-shirt des soigneurs.
 - Lieu : Connu, dans le box des juments à un moment calme de la journée, c'est-à-dire entre 6h et 7h du matin ;
 - Éléments observés : Temps mis pour prendre contact avec l'objet, narine utilisée, œil utilisé ;
 - Fréquence/durée d'observation : 3 tests de 180 secondes maximum ;
 - Modalité : Un objet différent est placé dans le box face aux juments à une distance de 2m, donc dans son champ de vision binoculaire¹⁰.

Le temps que met la jument pour toucher l'objet est noté sachant que le test est négatif si elle n'établit aucun contact au bout de 180 secondes. La narine utilisée pour sentir cet objet est également relevée ainsi que la fréquence et la durée d'utilisation de chaque œil pour observer ce même objet.

¹⁰ Rappelons que le cheval a une vision binoculaire de 65 à 80 ° vers l'avant et monoculaire sur 110° de chaque côté (Austin et al. 2012).

– Résultats :

87% des juments touchent significativement plus le seau que le T-shirt ($P=0,004$), mais sans le sentir ($P<0,001$). À l'inverse, elles reniflent longuement le T-shirt avant de toucher. Le cône occupe une place intermédiaire puisqu'il est touché aussi souvent que le seau ($P=0,12$), mais moins rapidement ($P<0,01$). Une forte influence des émotions dans le comportement des juments est notée par les auteurs, même si cela n'est mis en évidence par aucune statistique¹¹.

Globalement les juments sentent davantage le T-shirt et le cône avec la narine droite (à 67 %) mais ce n'est pas statistiquement significatif ($P=0,09$). La différence d'appréhension entre ces deux objets n'est pas significative ($P>0,05$) même si l'utilisation de la narine droite semble plus fréquente pour le cône ($P=0,08$).

Enfin, l'œil droit est utilisé dans 66% des cas pour observer le cône et dans 39% des cas pour observer le seau ($P=0,01$). Pour observer le cône les juments utilisent autant la vision binoculaire que monoculaire ($P>0,05$), alors que pour observer le seau elles préfèrent la vision binoculaire ($P<0,0001$). Les auteurs l'expliquent par le fait que la vision binoculaire permettrait d'apprécier un objet à connotation positive en 3D. Par contre elles utilisent la vision monoculaire pour observer le T-shirt ($P=0,009$). Les objets à connotation positive et neutre semblent ne pas entraîner de latéralisation des sens tandis qu'un objet à connotation négative semble activer le cerveau droit qui est, rappelons-le, l'hémicerveau de la méfiance et de la peur chez la proie. Cela pourrait expliquer pourquoi les juments utilisent l'œil droit pour observer le cône ($P=0,024$) et plutôt le gauche pour observer le T-shirt ($P=0,019$).

Les émotions du cheval influencent effectivement sa latéralité sensorielle, visuelle et olfactive. Il semblerait se confirmer que les deux hémisphères soient impliqués dans les émotions positives mais que seul l'hémisphère droit contrôle les émotions négatives.

– Remarques :

Les tests statistiques de cette étude sont significatifs même si certains gagneraient à l'être davantage. Une synthèse permettrait de dire que le cerveau gauche étant celui de la découverte et de la recherche de nourriture, le cheval a tendance à appréhender spontanément un objet inconnu avec l'œil droit et que seule une mauvaise expérience l'amènera à utiliser par la suite son œil gauche face à cet objet suscitant une forte émotion négative.

¹¹ Ils graduent l'intensité et la qualité de l'émotion suscitée en fonction du temps et du comportement adopté par les juments pour toucher les différents objets.

➤ **ÉTUDE N° 4 : Farmer, et al. 2009**

- Élément testé : Œil utilisé pour appréhender un nouvel objet ou une personne inconnue ;
- Effectif : 55 chevaux ;

4 groupes de chevaux, dressés de deux manières différentes, sont constitués pour la réalisation de 4 tests distincts.

- Groupe 1 : 14 chevaux dressés de manière traditionnelle, ce groupe est donc plus familier à un abord par la gauche ;
- Groupe 2 : 12 chevaux (5 juments et 7 mâles) dressés à être abordés et montés indifféremment par les deux côtés ;
- Groupe 3 : 26 chevaux (11 juments et 15 mâles) dressés de manière traditionnelle ;
- Groupe 4 : 13 chevaux (4 juments et 9 mâles) dressés comme le groupe 2 avec lequel il a 10 chevaux en commun.

Le groupe 3 est composé de chevaux dressés de manière similaire au groupe 1 et le groupe 4 de manière similaire au groupe 2, mais chacun est utilisé pour des manipulations différentes. Les auteurs ont choisi de reformer des groupes pour chaque test ;

- Âge : De 2 à 23 ans ;
- Protocole :
 - Objets : Seaux de carottes ;
 - Acteur : Une personne, connue ou inconnue en fonction du test ;
 - Lieu : Connue, aire d'exercice ;
 - Élément observé : Œil utilisé pour observer la personne ;
 - Fréquence/durée d'observation : Chaque cheval passe 15 fois au total sur le dispositif avec ou sans personne. Les chevaux sont filmés et aucune limite de temps n'est donnée ;
 - Modalité : L'aire d'exercice se présente sous la forme d'un parcours comportant un obstacle que l'animal doit contourner pour accéder à deux seaux de carottes (un pour la gauche et un pour la droite). Préalablement à l'exercice proprement dit le cheval découvre le parcours en main et peut manger les carottes dans chaque seau.

Au moment de l'exercice, chaque cheval est lâché à l'entrée de l'aire d'exercice. Une personne se tient devant l'obstacle de sorte à obliger le cheval à la contourner par le côté de son choix. Lorsqu'il mange dans les seaux, il ne peut surveiller cette personne que d'un œil.

– Résultats :

Le premier test est réalisé avec le groupe 1, sans personne devant l'obstacle, puis avec une personne inconnue qui change à chaque passage d'un même cheval. 13 des 14 chevaux préfèrent utiliser l'œil gauche ($P=0,002$). La différence entre les deux situations (avec et sans la personne inconnue) est que la préférence exprimée est statistiquement significative dans le dispositif lorsque quelqu'un se tient devant l'obstacle, alors qu'elle ne l'est que pour 4 chevaux quand la personne est absente ($P=0,04$). L'utilisation de l'œil gauche peut être interprétée comme une activation de l'hémicerveau droit de la proie dans une situation d'évaluation de l'environnement.

La même expérience est réalisée avec le groupe 2 dressé à être abordé indifféremment à droite et à gauche. Chaque cheval passe à 13 reprises sur le dispositif mais cette fois alternativement avec une personne connue et une personne inconnue. L'expérience avec la personne connue identifie seulement deux chevaux latéralisés, un cheval latéralisé à gauche¹² et un cheval latéralisé à droite ($P=0,15$). Par contre avec la personne inconnue, 10 chevaux sur les 12 utilisent l'œil gauche ($P=0,038$), mais seulement 3 chevaux sont significativement latéralisés à gauche, et 2 à droite ($P=1 ; 1$ et $0,85$, et $P=0,08$ et $0,00$). La prédominance de l'utilisation de l'œil gauche montre bien, d'après les auteurs, que le dressage ne change pas la latéralité visuelle naturelle du cheval. En effet, quel que soit le côté par lequel les chevaux ont l'habitude d'être abordés, la préférence de l'œil gauche est constante. Il n'est pas impossible que le dressage influence légèrement la latéralité car la tendance est moins évidente dans les groupes 2 et 4, tous deux habitués à être manipulés des deux côtés. Mais ne serait-ce pas plutôt un phénomène de familiarisation et donc de modification des émotions suscitées qui ferait varier la latéralité ? Ainsi, un cheval ayant l'habitude d'être manipulé à droite est moins surpris par la présence de quelqu'un à sa droite.

La troisième expérience va permettre de valider cette affirmation. Les groupes 3 et 4 évoluent dans une aire d'exercice avec une personne connue. L'œil avec lequel ils regardent cette personne préférentiellement est noté. Il en ressort une dominance de l'œil gauche dans les deux groupes ($P=0,001$, $P=0,003$). Le dressage n'aurait alors pas d'influence sur la latéralité.

Cette étude permet de confirmer que la latéralité visuelle mise en évidence par les deux études précédentes n'est pas une latéralité acquise et modifiée par les manipulations humaines, mais une latéralité innée. Cette observation pourrait certainement être élargie à la latéralité sensorielle en général. Cependant pour valider le caractère inné de la latéralité il faudrait refaire la même expérience avec de très jeunes poulains.

¹² C'est-à-dire utilisant préférentiellement l'œil gauche de manière statistiquement significative.

– Remarques :

Toutes ces observations de la latéralité neurologique¹³ ne permettent cependant d'apprécier qu'un pan de la latéralité, à savoir la latéralité sensorielle¹⁴. Or, la latéralité dont il est question en équitation est la latéralité motrice du cheval¹⁵.

1.1.3 L'expression au niveau moteur de la latéralité neurologique

➤ **ÉTUDE N° 5 : McGreevy, Rogers, et al. 2005**

– Élément testé : Lien entre la latéralité motrice et la latéralité sensorielle :

Test 1

– Effectif : 106 chevaux ;

– Race : Pur-sang ;

– Âge : 20 de moins de 2 ans, 26 de 2 ans, 60 de plus de 2 ans ;

– Sexe : 43 mâles et 63 femelles ;

– Protocole :

○ Lieu : Connu, pâture ;

○ Éléments observés : Membre avancé pour brouter, postérieur soulagé, membre utilisé en premier lors de déplacement de troupeau ;

○ Fréquence/durée d'observation : Toutes les 60 secondes durant 2 heures ;

Pour chaque mesure, un indice de latéralité a été calculé : $(AD-AG) / (AD+AG) \times 100$, où AD est le nombre de fois où l'antérieur droit a été avancé. L'auteur choisit de qualifier de chevaux gauchers ceux qui avancent préférentiellement l'antérieur gauche et inversement. Cependant nous verrons par la suite que les chevaux qui avancent préférentiellement l'antérieur gauche sont en fait droitiers. Ainsi, pour éviter les confusions dans l'analyse de cette étude, nous parlerons de chevaux qui « avancent préférentiellement l'antérieur gauche » (ou le droit).

¹³ Dérivant de l'utilisation différentielle des deux hémisphères cérébraux.

¹⁴ Liée à l'utilisation des sens.

¹⁵ Relevant plutôt de la biomécanique du cheval.

Test 2

- Effectif : 157 chevaux dont 76 en commun avec le premier test ;
- Race : Pur-sang ;
- Age : Trois groupes : moins de 2 ans, 2 ans, et plus de 2 ans ;
- Sexe : 32 mâles et 125 femelles parmi lesquelles, 74 gestantes et 51 non gestantes, parmi elles 26 sont suitées¹⁶ ;
- Protocole :
 - o Objet : Inconnu, bac de crottin présenté à hauteur de narine ;
 - o Élément observé : Narine utilisée.

La narine utilisée par les chevaux pour sentir le bac de crottin a été relevée. Le nombre d'inhalations et la réaction du cheval ont été notés. Le lendemain 78 chevaux ont été testés à nouveau pour s'assurer que la réponse individuelle était similaire et donc confirmer l'absence de biais¹⁷ dans l'étude.

– Résultats :

Dans le test 1, les 50 premiers relevés ont été comparés à la totalité des relevés sur les 2 heures, afin de voir s'il existait une variation de résultat ou si la latéralité exprimée était la même. Les statistiques montrent que les résultats sont sensiblement les mêmes ($R^2=0,95$, $P=0,000^{18}$) ; peut-être n'est-il donc pas utile d'effectuer des relevés pendant 2 heures et qu'il suffirait de se limiter à 50 relevés par cheval.

Les chevaux qui avancent le membre gauche prédominant (52 chevaux préfèrent avancer l'antérieur gauche, 13 le droit et 41 n'ont pas de préférence). Il ressort que jusqu'à 2 ans la population d'ambidextres est importante et peu nombreux sont les chevaux qui préfèrent avancer l'antérieur droit ($P=0,005$). À plus de 2 ans, le nombre d'ambidextres diminue et celui des chevaux qui préfèrent avancer l'antérieur droit augmente. Cependant les chevaux qui préfèrent avancer l'antérieur gauche restent largement plus nombreux ($P=0,005$). Le sexe n'a pas d'influence sur la latéralité ($P=0,19$).

Pour ce qui est de soulager un postérieur il n'y a pas de comportement prédominant et il ne semble pas y avoir de corrélation avec le fait d'avancer un antérieur plutôt que l'autre ($P=0,34$). La fréquence de soulagement des postérieurs augmente avec l'âge ($P=0,004$) mais ne se modifie pas ($P=0,92$) ; c'est-à-dire que le pied choisi ne change pas.

¹⁶ Femelle qui allaite un poulain.

¹⁷ Existence d'un élément (relevant du protocole ou du cheval lui-même) qui fausse les résultats.

¹⁸ Ici, le test statistique utilisé est une régression linéaire. Une explication détaillée sera donnée en deuxième partie chapitre 4.2.1. Elle fournit en plus de la P-value un coefficient R^2 qui donne la force de la corrélation entre les deux variables. Ici, la P-value indiquée est nulle, ce qui est soit un manque de rigueur de la part de l'auteur qui n'a pas donné suffisamment de décimales, soit une erreur dans le test, car il est extrêmement rare de trouver une P-value nulle.

Par ailleurs, les jeunes se déplacent davantage ($P=0,000$) sans qu'aucune influence de latéralité soit mise en évidence.

Dans le second test, l'utilisation de la narine droite en premier semble dominer dans la grande majorité des cas ($P=0,00$). La narine utilisée en premier est souvent représentative de celle que le cheval va utiliser le plus souvent par la suite ($P=0,01$). Les poulains de moins de 4 ans utilisent préférentiellement la narine droite ($P=0,035$, $P=0,049$) mais cette préférence devient moins évidente avec l'âge ($P>0,05$). En outre plus les chevaux sont jeunes plus le nombre d'inhalations est important ($P=0,007$). Aucune corrélation avec le membre porté en avant en pâture n'a été retrouvée. Les mâles inhalent davantage que les femelles ($P=0,003$) et ce d'autant plus s'ils inhalent avec la narine gauche ($P=0,02$). De même les femelles gestantes inhalent davantage que les autres (pas de statistique) et ce d'autant plus qu'elles n'allaitent pas. Enfin le nombre d'inhalations diminue le second jour, ce qui signifie que plus un objet est connu, moins il est exploré (81% des cas).

« L'avancée du membre gauche, chez la majorité des chevaux, s'explique par une préférence du cheval droitier à mettre plus de poids sur l'antérieur droit car c'est son antérieur de prédilection, il est alors normal qu'il avance plus facilement l'épaule gauche » (P. Beaupère).

Pour conclure, cette étude ne met pas en évidence de relation entre la latéralité motrice et la latéralité sensorielle. Elles semblent être présentes de manière indépendante chez les chevaux, il est donc possible de s'intéresser uniquement à la latéralité motrice. Les études sur la latéralité sensorielle ont cependant permis de mettre en évidence l'existence de la latéralité chez le cheval et d'en comprendre certains aspects. En effet, les études analysées jusqu'ici démontrent que la latéralité est présente dès le plus jeune âge, et semble se renforcer ensuite du fait de l'entraînement et de la maturation de l'organisme.

Dans la suite il ne sera plus question que de la latéralité motrice du cheval puisque c'est elle qui est concernée lors du travail du cheval.

➤ **ÉTUDE N° 6 : Murphy, Sutherland, et al. 2005**

- Élément testé : Appréciation de la latéralité motrice ;
- Effectif : 40 chevaux ;
- Âge : Environ 4 ans ;
- Sexe : 20 hongres et 20 juments hors œstrus ;
- Protocole :
 - Lieu :
 - Connu, paddocks de tailles différentes ;
 - Aire d'exercice ;
 - Éléments observés :
 - Pied qui initie le déplacement au pas ou au trot ;
 - Le côté par lequel le cheval contourne un obstacle pour atteindre un poney attaché de l'autre côté de l'obstacle¹⁹ ;
 - Sens dans lequel le cheval commence à se rouler après une séance de travail.
 - Fréquence/durée d'observation :
 - 3 sessions d'observation, durant lesquelles le pied choisi pour initier le mouvement est relevé à 10 reprises ;
 - 2 sessions de 10 séries sur le dispositif avec un poney attaché. Les sessions sont réalisées à un jour d'intervalle ;
 - 20 relevés du sens de rotation lorsque le cheval se roule.
 - Conditions :
 - Non montés puis montés mais sans intervention du cavalier, son influence est discutable.
- Résultats :

Non montés, il ressort que 21 chevaux initient le mouvement du pied droit, 16 du gauche et 3 n'ont pas de préférence ($P < 0,01$). Ensuite, 18 chevaux contournent l'obstacle par la droite, 17 par la gauche, et 5 n'ont pas de préférence ($P < 0,02$). Montés, 22 chevaux le contournent par la droite, 12 par la gauche et 6 n'ont pas de préférence ($P < 0,01$). Enfin, 19 chevaux se roulent d'abord à droite, 15 à gauche et 6 n'ont pas de préférence ($P < 0,02$).

¹⁹ Les auteurs misent ici sur l'instinct grégaire du cheval qui recherche la proximité avec ses congénères.

Malgré ces résultats, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre le nombre de chevaux qui préfèrent la droite et ceux qui préfèrent la gauche ($P > 0,05$).

D'après les tests, les mâles sont globalement plutôt latéralisés à gauche et les femelles à droite ($P < 0,05$). Par contre le sexe n'influe pas sur le nombre d'individus présentant une latéralité par rapport à ceux qui ne présentent pas de latéralité ($P > 0,05$). Pourtant les auteurs croient remarquer que les femelles expriment plus fortement leur latéralité lorsqu'elles sont montées.

Il est intéressant de constater que les chevaux sont influencés par le cavalier. Cela montre que ce dernier peut avoir une influence sur la latéralité du cheval, même si aucune conclusion sur le biais introduit par le cavalier ne peut être tirée ici.²⁰

– Remarques :

L'influence du cavalier doit donc être explorée. Il peut être reproché à cette étude d'avoir en partie été réalisée cheval monté, car les résultats deviennent très discutables. En effet, même si le cavalier n'agit pas, sa simple présence sur la selle perturbe le cheval et sa biomécanique. Enfin, un doute peut être émis sur le type de latéralité testé lors du contournement de l'obstacle, car ce test ressemble à certains tests de latéralité visuelle²¹ vus précédemment (étude 5).

D'autre part, il semble difficile de conclure sur le lien entre la latéralité et le génome à partir de cette étude. Car même si les statistiques montrent des résultats significatifs de l'influence du sexe sur la latéralité, l'échantillon est relativement réduit (40 chevaux) et c'est la seule étude à faire ressortir un lien entre sexe et latéralité.

➤ **ÉTUDE N° 7 : Warren-Smith, et al. 2010**

- Élément testé : Préférence des chevaux à mettre l'un des antérieurs en protraction²² lorsqu'ils sont en pâture ;
- Effectif : 6 chevaux dont 1 étalon ;
- Âge : Adultes ;
- Environnement : Au pré de 5 ha supplémenté en luzerne et en pierres à sels. Les chevaux sont manipulés au moins une fois par jour ;

²⁰Cela peut rappeler à certains propriétaires un phénomène très fréquent chez leurs juments qui deviennent périodiquement particulièrement difficiles dans le travail. Comme cela pourrait plus ou moins correspondre au cycle ovarien, il est souvent avancé que les femelles seraient plus sujettes à des dorsalgies, ou à des douleurs ovariennes qui pourraient être mises en évidence par le seul poids du cavalier.

²¹ Qui est rappelons-le un aspect de la latéralité sensorielle.

²² C'est-à-dire que ce pied est porté en avant alors que l'autre reste sous le cheval.

- Protocole :
 - o Lieu : Connu, pré ;
 - o Observateur : Podomètre ;
 - o Élément observé : Antérieur en protraction ;
 - o Fréquence/durée d'observation : 8 heures par jour pendant 5 jours.

Un podomètre, protégé de manière adéquate, est fixé à chaque sabot. Ce système permet un nombre de relevés plus important, même si, selon l'étude 6, le nombre de relevés n'influence pas le résultat final. Le fait de ne pas avoir de présence humaine dans le champ de vision des chevaux évite les biais éventuels, dus à l'intervention de la latéralité sensorielle dans leur comportement. En effet, même s'il n'y a pas a priori de corrélation entre la latéralité motrice et la latéralité sensorielle (cf. étude 5), il n'est pas certain qu'elles soient totalement indépendantes et que l'une n'influence pas l'autre. Enfin cela permet d'éviter toute erreur de relevé due à un manque de visibilité de l'observateur.

- Résultats :

Les relevés permettent de calculer un indice de latéralité et un score. Le nombre de jours où le cheval montre une préférence de l'antérieur gauche est noté. L'antérieur gauche semble être davantage mis en protraction que le droit, mais seulement 2 des 6 chevaux sont constants et préfèrent avancer l'antérieur gauche durant les 5 jours (P=0,018).

L'étude montre que les chevaux semblent globalement préférer avancer l'antérieur gauche. Malgré l'effectif réduit (6 chevaux), une prédominance des droitiers est donc mise en évidence.

Elle montre aussi que la latéralité d'un cheval ne peut être définie avec une observation sur un seul jour puisque l'occurrence peut varier d'un jour à l'autre. Cela pourrait remettre en cause l'étude 5 qui n'a été réalisée que sur un jour et qui semblait dire que 50 relevés étaient suffisants. De ce fait, le relevé du membre en protraction lors de la pâture paraît être un critère discutable pour l'évaluation de la latéralité puisqu'il est inconstant et compliqué à mettre en place. De plus, les différentes études ne permettent pas de déterminer une durée pertinente d'observation. L'antérieur avancé préférentiellement ne sera donc pas un critère retenu dans le protocole de la partie II.

➤ **ÉTUDE N° 8 : Deuel et al. 1987**

- Élément testé : Le galop ;
- Effectif : 4 chevaux ;
- Race : Quarter horses américains ;
- Âge : 2 ans ;

– Protocole :

- Lieu : ligne droite de 115m, délimitée par un marquage au sol ;
- Observateur : Deux caméras hautes fréquences ;
- Éléments observés : Qualité et caractéristiques du galop ;
- Fréquence/durée d'observation : 62 films sont réalisés pour cette étude ;
- Modalités :
 - Tous les chevaux sont ferrés et harnachés de la même manière ;
 - Leur sabots sont marqués de couleurs vives ;
 - Ils sont montés par un même cavalier droitier ;
 - La mise au galop s'effectue avec le moins d'intervention possible.

Le galop étant une allure asymétrique, son étude est également importante dans l'exploration de la latéralité motrice. Les chevaux sont mis au galop avec les aides classiques du cavalier (jambes et rêne d'appui).

– Résultats :

Il ressort de cette étude que les chevaux galopent plus volontiers sur le pied gauche ($P < 0,025$), c'est-à-dire celui qui s'avance le plus pour terminer la foulée. Les foulées et la vitesse du galop à gauche²³ sont plus importantes ($P < 0,01$), et l'antérieur droit reste plus longtemps au contact du sol au galop à gauche que l'antérieur gauche au galop à droite ($P < 0,01$). Cela paraît logique car le cheval droitier préfère porter son poids sur l'antérieur droit.

Même si l'effectif n'est que de 4 chevaux, cela rejoint la configuration observée dans l'étude précédente : les chevaux montrent une préférence à avancer l'antérieur gauche. Il ressort donc que ce qui prédomine dans la latéralité, c'est plutôt le transfert du poids du corps sur l'antérieur de prédilection du cheval. Un cheval droitier est donc un cheval qui prend appui plutôt sur son antérieur droit et avance plus volontiers le gauche²⁴.

²³Le galop est une allure en 4 temps. Galop à droite : Poser du postérieur gauche, poser du diagonal gauche (antérieur gauche et postérieur droit), poser de l'antérieur droit et temps de suspension.



24



« Le report de poids sur l'antérieur gauche, pousse le cheval à « retomber » plus rapidement sur ce membre. Il y a alors un raccourcissement du mouvement de l'antérieur gauche, allant même, surtout si le mouvement est très prononcé, jusqu'à mettre en évidence une forte boiterie lorsque le cheval est monté. Cette boiterie est uniquement due à une erreur de locomotion et non à un problème physique. Cela trompe malheureusement un grand nombre de professionnels qui peuvent être tentés de traiter un problème là où il n'y en a pas. » (Beaupère, 2012)

➤ **ÉTUDE N° 9 : Williams, et al. 2007**

- Élément testé : Le galop ;
- Effectif : 9362 chevaux ;
- Race : Pur-sang, arabes et quarter horses américains (entraînés aux USA) ;
- Protocole : Observation de vidéos de courses et d'entraînement ;

Test 1 :

- Lieu :
 - 9116 chevaux, à la sortie du starting-gate, aux États-Unis où les courses se déroulent dans le sens antihoraire ;
 - 85 chevaux à Hong Kong et en Australie, où les courses se font dans le sens horaire.
- Élément observé : Pied au départ de la course.

Test 2 :

- Effectif : 209 chevaux ;
- Lieu : Connus, lors de leur entraînement matinal ;
- Élément observé : Transitions trot/galop.

Test 3 :

- Effectif : 12 pur-sang ;
- Lieu : En course ;
- Élément observé : Changements de pied lors d'une course.

Test 4 :

- Effectif : 5 pur-sang ;
- Lieu : Connus des chevaux en pré-entraînement²⁵ ;
- Élément observé : Différence entre les foulées d'un galop à droite avec celles d'un galop à gauche.

²⁵ C'est une préparation du cheval avant d'aller à l'entraînement. C'est-à-dire qu'ils sont habitués à l'entraînement et au sulky, ainsi qu'au déroulement d'une course.

– Résultats :

D'après les auteurs, il existe une préférence individuelle propre à chaque cheval et non une tendance pour une population donnée. Tous les chevaux de l'étude semblent globalement choisir d'eux-mêmes de galoper sur un pied, en changeant éventuellement de pied dans les virages. Les auteurs expliquent que le galop serait directement lié à la respiration, et aurait donc une influence sur les performances des chevaux durant la course. En effet, le cycle respiratoire est synchrone des foulées. L'inspiration commence au début de la phase de suspension et se termine lorsque le deuxième antérieur touche le sol. L'expiration a lieu durant toute la phase d'appui des antérieurs, aidée par le poids exercé sur la cage thoracique (Barrey, 2001). Les auteurs expliquent qu'au galop à droite le poumon droit, anatomiquement plus grand que le gauche²⁶, se remplirait davantage et permettrait ainsi une meilleure oxygénation de l'ensemble de l'organisme. Le cheval choisirait donc lui-même le pied lui permettant d'être le plus performant. Il ressort plus précisément de cette étude que dans 90% des cas les chevaux préfèrent galoper à droite indépendamment du sens de rotation à l'entraînement ($P < 0,01$), du sexe et de la race ($P = 0,99$). Ces résultats entrent en contradiction avec l'étude précédente.

Dans le test 2 les auteurs déterminent que sur 209 chevaux, $91\% \pm 0,004$ ($P < 0,01$) d'entre eux partent sur le pied droit lorsqu'ils initient le galop dans les transitions trot/galop, indépendamment du sexe ou de la race ($P = 0,99$). Sur 9116 chevaux, $89\% \pm 0,008$ ($P < 0,01$) partent sur le pied droit lorsqu'ils initient le galop à la sortie des starting-gates. Au contraire, l'observation des 12 pur-sang montre que globalement les chevaux commencent leur galop à gauche, le départ de la course se faisant dans un virage à gauche. À la sortie du virage ils changent de pied pour aborder la ligne droite, puis ils passent à nouveau sur le pied gauche à l'amorce du deuxième virage avant de finir sur le pied droit dans la dernière ligne droite (pas de statistique). Il ne semble pas y avoir de différence significative entre les foulées des galops à droite et celles des galops à gauche ($P = 0,29$). Enfin, les auteurs constatent que les chevaux avaient adapté leur galop (gauche ou droit) à la situation (virage ou ligne droite).

²⁶ En effet il est composé de 3 lobes alors que le gauche n'en possède que 2 et qu'il doit de plus laisser la place occupée par le cœur placé davantage en partie crâniale gauche dans la cage thoracique. En réalité, cette différence est minime et il n'est pas évident que cette différence soit assez significative pour avoir une telle influence sur l'oxygénation.

– Remarques :

Le fait que certains chevaux n'initient pas le galop sur leur pied de prédilection est peut-être à imputer au cavalier, qui impose sa latéralité à sa monture. Le type de galop étudié ici pourrait également jouer un rôle sur l'expression de la latéralité. En effet, les deux galops étudiés dans les études 8 et 9 relèvent d'une biomécanique totalement différente. Alors que le cheval de course galope en extension en tendant au maximum sa ligne du dessus, le cavalier d'équitation western rassemble son cheval au maximum pour obtenir de lui une grande maniabilité. Ainsi la différence de latéralité constatée entre ces deux études pourrait être due à la biomécanique différente de ces deux types de galop (Beaupère, 2012) et au but recherché dans chacun des galops (vitesse ou maniabilité). La théorie sur la taille des poumons peut être rappelée, mais elle reste hypothétique.

Du fait de l'influence possible du cavalier sur la latéralité des chevaux, il peut encore une fois être reproché à ces dernières études d'avoir été réalisées avec des chevaux montés. De plus, quelle que soit l'origine géographique des chevaux et donc leurs habitudes à l'entraînement (course dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire), tous initient la course majoritairement sur le pied qu'ils préfèrent. Il est intéressant de se demander si ce n'est pas l'entraînement, doublé de l'influence des cavaliers majoritairement droitiers, qui latéralisent ainsi les chevaux. Il faudrait observer la latéralité de chevaux non entraînés et non montés pour vérifier si la latéralité peut être modifiée par le travail et le cavalier. Enfin il serait intéressant d'étudier la conformation des chevaux pour identifier d'éventuelles dissymétries de l'appareil musculo-squelettique qui pourraient affecter la latéralité, au même titre que la taille différente des poumons qui pourrait exercer une influence.

1.1.4 L'interaction entre le cavalier et la latéralité neurologique

L'influence du cavalier semble être importante dans la latéralité motrice observée chez le cheval comme cela a été suggéré dans les études 8 et 9. Danièle Gossin rappelle dans son article que Podhajky disait dans son livre *L'équitation* « La plupart des chevaux neufs marchent droit... C'est seulement sous le poids du cavalier qu'apparaît la tendance à marcher de travers (note de Gossin : Observation juste et très rarement faite, mais l'auteur commet ici une erreur sur la cause). Presque tous les chevaux de selle ont ce défaut ; seul diffère le degré de leur flexion naturelle. » (Gossin, 1986). Danièle Gossin pense donc que les chevaux non débourrés²⁷ n'expriment pas encore de latéralité, et que c'est le fait d'être travaillés qui les pousse à exprimer une latéralité motrice²⁸. Par contre elle ne semble pas croire que la simple présence du cavalier sur le dos du cheval induise l'expression de la latéralité.

➤ ÉTUDE N° 10 : Austin et al. 2012

- Élément testé : Influence de l'homme sur la latéralité ;
- Effectif : 74 chevaux ;
- Race : Chevaux sauvages d'Australie issus de nombreux croisements entre différentes races de chevaux : arabes, australiens, shetland, quarter horses.

Groupe 1 : 20 individus sauvages depuis 2 à 5 générations ;

- Âge : 13 adultes et 7 poulains de moins de 2 ans ;
- Sexe : 10 mâles et 10 femelles ;

Groupe 2 : 54 individus sauvages depuis 10 à 20 générations ;

- Âge : 19 poulains et 35 adultes ;
- Sexe : 25 mâles et 29 femelles.
- Protocole :
 - Observateur : Vidéos et jumelles de 10m à 100m pour le groupe 1 de 20m à 200m pour le groupe 2 ;

²⁷ Dressage du cheval dans le but de lui apprendre à être sellé et à porter un cavalier sur son dos.

²⁸ Une étude a montré que des rats non manipulés ne présentent aucune latéralité contrairement à ceux qui ont été manipulés entre la naissance et le sevrage (Daily, 1984).

- Éléments observés :
 - Œil utilisé lors de contacts agressifs, lorsque le cheval fait le guet, ou lors d'observation induisant une réaction ;
 - Pied en protraction ;
- Fréquence/durée d'observation :
 1. Suivi pendant 94 jours ;
 2. Suivi pendant 55 jours.

– Résultats :

Aucune différence n'est observée, que ce soit entre les deux groupes ($P=0,079$) ou entre les sexes ($P=0,712$). C'est l'œil gauche qui semble être le plus utilisé. Lorsque les chevaux utilisent leur œil gauche leur tête monte plus haut et leurs réactions sont plus importantes. Cela confirme ce qui a déjà été mis en évidence sur l'implication de chaque hémisphère cérébral dans les émotions ($P<0,001$). Le groupe 2 (sauvages depuis plus longtemps) serait encore plus latéralisé à gauche (pas de statistique). En revanche, aucune préférence globale des chevaux à avancer un membre n'est mise en évidence ($P=0,07-0,09$), même si les jeunes auraient tendance à avancer l'antérieur droit plus que les adultes ($P<0,001$).

Chez les chevaux sauvages aucune préférence n'est donc observée. Les auteurs de cette étude démontrent que la latéralité pourrait bien être influencée par l'homme.

– Remarques :

Comme il a été suggéré dans l'étude 1, la latéralité motrice serait modifiée par le travail. C'est ce que confirme Drevemo en 1987 avec une étude sur dix trotteurs. Il compare un groupe de jeunes chevaux à l'entraînement avec un groupe non entraîné et montre qu'entre 12 et 18 mois les chevaux à l'entraînement se latéralisent davantage que les chevaux non entraînés. Il est d'ailleurs recommandé dans le monde du cheval de travailler son cheval autant à droite qu'à gauche. Cela permettrait de ne pas développer anatomiquement un côté plus que l'autre, d'un point de vue osseux et musculaire, tout en développant les hémisphères cérébraux de manière symétrique. Il est donc intéressant d'objectiver l'influence du travail sur la latéralité des chevaux.

➤ **ÉTUDE N° 11 : Wells et al. 2008**

- Élément testé : Influence d'un travail symétrique sur la latéralité des chevaux ;
- Effectif : 30 chevaux ;
- Race : Pur-sang, warmblood, arabe, et poney.

Groupe 1 : 15 chevaux ;

- Âge : De 5 à 20 ans ;
- Sexe : 12 mâles et 3 femelles.

Au travail depuis au moins 3 ans, et travaillés de manière égale à gauche et à droite.

Groupe 2 : 15 chevaux ;

- Âge : 1,5 à 3 ans ;
- Sexe : 11 mâles et 4 femelles.

Non débouffés et longés au maximum cinq fois dans leur vie.

- Protocole :
 - Lieu : Un rond de longe de 20 m de diamètre.
 - Élément observé :
 - Durée du galop ;
 - Pied choisi ;
 - Nombre de fois où il est désuni ;
 - Préférence des chevaux à avancer un antérieur plus de 10 secondes en pâture à 30 reprises comme l'indique le protocole de McGreevy et al. en 2005 (étude 5).
 - Fréquence/durée d'observation : Après un petit échauffement, 10 transitions trot/galop sont demandées à chaque main, en se limitant à une main par jour.

– Résultats :

L'entraînement ne semble pas avoir d'influence sur le temps pendant lequel le cheval garde le galop ($P=0,68$) ni sur le pied choisi pour galoper ($P=0,03$), les résultats à gauche et à droite étant semblables. Il semble que les plus jeunes se désunissent davantage que les plus âgés ($P=0,008$), mais aucune différence n'est notée entre la gauche et la droite ($P=0,98$). De plus, il y a une corrélation entre les paramètres. En effet, un cheval qui part

du mauvais pied et se désunit rapidement galopera moins longtemps ($R^2= 0,39$, $P=0,019$). En pâture, il semble que les chevaux plus âgés expriment une préférence à mettre l'antérieur droit en avant, ce qui n'est pas le cas des plus jeunes ($P=0,018$)²⁹.

Il semble donc une nouvelle fois que la latéralité du cheval s'affirme avec l'âge et la maturation de l'organisme. Mais la symétrie dans le travail³⁰ ne semble pas influencer la latéralité propre du cheval, elle ne semble ni la favoriser ni la réduire.

– Remarque :

Il est important de remarquer que dans cette étude un grand nombre de facteurs interviennent, la conclusion annoncée ici est donc discutable. Quoi qu'il en soit, cette étude montre qu'il peut être intéressant de regarder ce qu'il en est de l'influence du cavalier sur la latéralité de sa monture.

➤ **ÉTUDE N° 12 : Symes et al. 2009**

- Élément testé : Asymétrie du cavalier ;
- Effectif : 17 cavalières de bon niveau, montant leur propre cheval, avec leur matériel ;
- Protocole :
 - Lieu : Manège ;
 - Observateur : Deux caméras standards, placées à 1,3m de l'endroit de prise de vue matérialisé par des marqueurs. Les chevaux sont marqués avec des repères pour faciliter les mesures ;
 - Éléments observés :
 - Différence de longueur des jambes des cavalières ;
 - Rotation axiale du tronc de la cavalière ;
 - Amplitude de déplacement des épaules, sachant que lorsque la ligne des épaules de la cavalière est perpendiculaire à la colonne vertébrale du cheval la position est considérée comme neutre ;
 - Fréquence/durée d'observation : 4 fois à chaque allure, au pas, au trot et au galop aux deux mains.

²⁹ Ici la conclusion est inverse à celle des études précédentes qui se sont intéressées à l'antérieur mis en protraction. Une nouvelle fois le constat est fait que ce test n'est pas le test le plus pertinent pour évaluer la latéralité du cheval.

³⁰ Travail équilibré entre la main gauche et la main droite.

– Résultats :

Quelle que soit la main, lors des déplacements à cheval, les cavalières effectuent une rotation du tronc majoritairement dans le sens antihoraire autour de l'épaule gauche ce qui induit un mouvement plus important de l'épaule droite par rapport à la gauche. L'amplitude de ce mouvement augmente avec les allures et la vitesse ($P < 0,001$), sauf lors du galop à droite, où ce mouvement est diminué ($P > 0,05$).

– Remarques :

Au galop à gauche, l'épaule droite de la cavalière accompagne de manière fluide le mouvement du cheval au cours de la foulée, en effectuant une rotation vers l'avant et vers la gauche. L'épaule droite est donc la plus mobile. La rotation maximale de l'épaule droite est observée au poser de l'antérieur gauche, moment où cet antérieur est le plus en avant et où l'encolure est la plus basse. Au galop à droite, l'épaule gauche de la cavalière commence par accompagner le mouvement en sens horaire, mais sa progression s'arrête et le relais est repris par l'épaule droite, au moment du poser de l'antérieur droit et de l'extension maximale de l'encolure. Les épaules de la cavalière compensent donc le mouvement du cheval qui, lui, semble tomber à droite³¹. Non seulement les mouvements du cheval sont dissymétriques comme cela a été vu dans l'étude précédente, mais la cavalière n'accompagne pas le mouvement du galop de manière symétrique. Cela peut s'expliquer par le fait que les cavalières semblent préférer tourner leur buste dans le sens antihoraire, montrant ainsi qu'elles sont plus à l'aise à main gauche. En effet, lorsque la cavalière se met à cheval, son buste est naturellement tourné vers la gauche. Cela pourrait être lié à une jambe droite anatomiquement plus courte. Cependant d'après les auteurs, il ne semble pas que le raccourcissement de la jambe droite influence le mouvement des épaules.

La différence de mouvement du buste de la cavalière entre les deux types de galop serait donc le résultat de la conjonction entre la préférence de la cavalière à effectuer une rotation en sens antihoraire, et la dissymétrie propre du cheval. Ainsi, pour le galop à gauche, le cheval tend à faire bouger sa cavalière qui l'accompagne dans le même sens que la marche alors que pour un galop à droite le cheval cherche à faire tourner sa cavalière dans le sens horaire, mouvement auquel la cavalière s'oppose. Il reste à savoir si ce mouvement de buste est dû à la latéralité de la cavalière ou à celle de sa monture qui la pousse à effectuer cette rotation par une position particulière de l'encolure et de son centre de gravité. Il peut aussi s'agir d'une combinaison de ces deux actions qui s'opposent, sachant que cette rotation inverse intervient au moment de l'extension maximale de l'encolure au cours de la foulée.

³¹ Cela relève de la biomécanique propre du cheval, nous y reviendrons par la suite dans la partie définition.

Dans son livre *La torsion Physiologique en ostéopathie comparée de l'humain au quadrupède*, Yves Guillard explique que la facilité des cavalières à effectuer une rotation des épaules vers la gauche serait due à « la torsion physiologique³² ». Quant à la dissymétrie des jambes de la cavalière, il est légitime de se demander s'il s'agit réellement d'une différence de longueur ou si elle ne provient pas plutôt d'une asymétrie du bassin due à la torsion physiologique.

Il est regrettable de ne pas connaître la latéralité des cavalières. Il pourrait être intéressant de refaire cette expérience avec différents types de cavaliers, pour vérifier si leur comportement varie suivant leur latéralité. Cela permettrait peut-être d'éclaircir ce point. Il semble que lors de la rotation du buste du cavalier, un différentiel de tension intervient sur les rênes ce qui serait alors la cause ou la conséquence de ce mouvement de buste.

➤ **ÉTUDE N° 13 : Warren-Smith et al. 2007**

- Élément testé : Influence du cavalier sur la tension appliquée sur les rênes ;
- Effectif : 22 chevaux nourris avec des concentrés ;
- Environnement : Paddock de 15 ha ;
- Protocole :
 - Lieu : Rond de longe de 20m de diamètre ;
 - Éléments observés :
 - Tension sur les rênes ;
 - Fréquence cardiaque du cheval.

Tous les chevaux ont le même enrênement. Un détecteur mesure la tension appliquée à chaque rène sur un virage à gauche, un virage à droite, en ligne droite et lors de l'arrêt. Les chevaux sont menés d'abord en longues rênes³³ par la même personne puis montés successivement par trois cavaliers de niveau différent. Ni le sexe ni la latéralité de ceux-ci ne sont connus, ce qui est dommageable pour l'interprétation des résultats. La différence de tension exercée sur les rênes par les cavaliers débutants, de niveau moyen ou bon, est aussi examinée.

– Résultats :

Aucune relation entre la fréquence cardiaque et la tension sur les rênes n'est mise en évidence (P=0,359). Cela indiquerait une absence de douleur induite par le contact avec les rênes.

³² Définition partie II paragraphe 2.4.

³³ Pour le travail à pied du cheval les rênes sont semblables à celle utilisées lors de l'attelage.

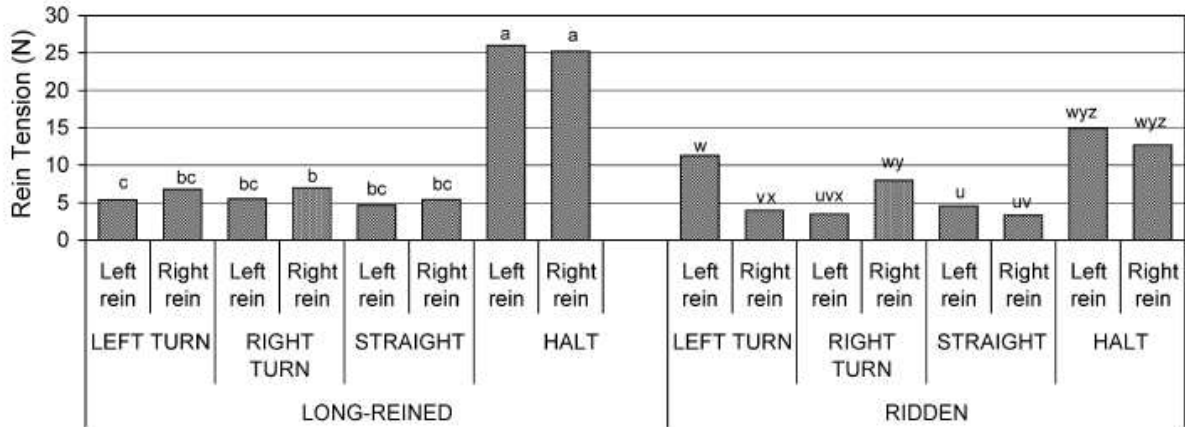


Fig. 2. (a) The rein tensions (N) recorded from horses as they were long-reined through a set course. Columns with different letters are significantly different ($P < 0.05$). (b) The rein tensions (N) recorded from horses as they were ridden through a set course. Columns with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

Figure 1 : Résultat du test de Warren-Smith et al. en 2007.

En longues rênes

Si l'on se réfère aux indications qui accompagnent l'histogramme, la différence de tension entre les deux rênes n'est pas significative en ligne droite et lors de l'arrêt ($P > 0,05$).

Pourtant, que ce soit lors d'un virage à gauche ou lors d'un virage à droite, les tensions appliquées sur la rêne droite sont supérieures à celles appliquées sur la rêne gauche. Ainsi, la tension exercée sur la rêne droite dans un virage à droite est plus importante que la tension sur la rêne gauche dans un virage à gauche ($P = 0,011$).

La tension exercée lors de l'arrêt est la plus importante de toutes les tensions relevées. Elle l'est aussi sur des chevaux moins expérimentés³⁴ ($P < 0,001$).

Cheval monté

Selon les indications portées au bas de l'histogramme, l'auteur trouve qu'il n'y a pas de différence significative entre les tensions appliquées aux deux rênes, lors de l'arrêt ou en ligne droite ($P > 0,05$), car les deux colonnes portent les mêmes lettres sur la figure 1).

Il est notable que la tension exercée sur la rêne gauche en virage à gauche et sur la rêne droite en virage à droite est très nettement supérieure aux autres tensions, y compris celles exercées en longues rênes (comparaison sur la rêne gauche dans le virage à gauche, lorsque le cheval est monté et en longue rêne ($P < 0,001$)). Parallèlement à cela et contrairement aux longues rênes, la tension exercée sur la rêne droite est généralement moins importante que celle exercée sur la rêne gauche, sauf lors de virages à droite ($P = 0,013$).

³⁴ Cela paraît intuitif car ayant moins d'expérience ils répondent moins bien aux aides qu'un cheval avec beaucoup de travail

Lors du virage à droite,

- la tension sur la rêne droite est plus importante que sur la rêne gauche ($P=0,013$) ;
- la tension sur la rêne droite lors du virage à droite est plus importante que la tension sur les rênes droites en ligne droite ($P<0,001$).

Lors du à virage à gauche,

- la tension sur la rêne droite est moins importante que la tension lors du virage à droite ou sur la rêne gauche en ligne droite ou encore sur les deux rênes lors de l'arrêt ($P<0,01$).

Globalement la tension appliquée sur les deux rênes sur cheval monté est inférieure aux tensions appliquées en longues rênes³⁵ :

- davantage de tension appliquée sur les rênes à l'arrêt, en longues rênes que cheval monté ($P=0,002$) ;
- davantage de tension sur la rêne droite en ligne droite ($P<0,001$).

Enfin, aucune différence entre les tensions exercées au trot et au pas n'a été mentionnée, sauf lors de la transition vers l'arrêt, où la tension est plus importante au trot ($P=0,013$).

L'âge du cheval n'a pas de lien avec la tension à exercer sur les rênes ($P>0,05$).

|| C'est plutôt le travail des chevaux qui fait varier les valeurs.

Un cheval beaucoup travaillé en dressage demande moins de tension sur la rêne droite en ligne droite, contrairement à un cheval de course ou un cheval moins travaillé qui en demande davantage. De plus, les tensions appliquées par des cavaliers débutants sont plus importantes.

|| D'autre part, il est dommage de ne pas connaître la latéralité de chaque cavalier car s'ils ne sont pas tous droitiers, cela pourrait affecter l'interprétation des résultats.

Globalement il se dégage de cette étude que, cheval monté, la rêne gauche semble être davantage sollicitée, sauf lors du virage à droite. À l'arrêt la tension appliquée sur un cheval monté est moins importante qu'en longues rênes ($P=0,002$).

³⁵ Sauf sur la rêne gauche dans le virage à gauche, lorsque le cheval est monté et en longue rêne.

– Remarques :

Tous ces résultats traduisent une asymétrie de tension exercée sur les rênes. Ces tensions diminuent avec l'expérience du couple cheval/cavalier et l'assiette du cavalier (qui accompagne l'action de ses mains). Ainsi, la tension lors de l'arrêt est beaucoup moins importante lorsque le cheval est monté, car le cavalier s'aide énormément de son assiette pour demander l'arrêt. L'histogramme montre que, lors d'un virage à droite, la tension exercée à droite est plus importante, ce qui traduit soit que les cavaliers sont droitiers et appliquent donc plus de force sur cette rêne, soit que les chevaux résistent à l'incurvation droite car ils sont naturellement plus incurvés à gauche. D'autre part, pour un cheval monté, une tension plus importante est mesurée sur la rêne gauche dans le virage à gauche et en ligne droite, ce qui peut s'expliquer par la tendance naturelle d'une majorité de cavaliers à tourner le buste dans le sens antihoraire. Il y a donc davantage de tension sur la rêne gauche. Plus généralement, la tension appliquée sur la rêne interne est plus forte et la différence est encore plus vraie à main gauche. De plus, sachant que les chevaux préfèrent mettre le poids de leur corps sur l'antérieur dominant (apparemment ici plus fréquemment le droit), ils ont donc tendance à s'échapper à droite. Pierre Beaupère avait remarqué l'existence de faux gauchers, c'est-à-dire de chevaux qui, en liberté, manifestent des caractères de gauchers – naturellement incurvés à droite, préférence à avancer l'antérieur gauche et à y reporter le poids de leur corps – mais qui deviennent droitiers lorsqu'ils sont enrênés, c'est-à-dire que la tension appliquée est plus importante sur la rêne droite. Or d'après les résultats de cette étude, cela peut être expliqué par la rotation du buste du cavalier.

Lorsque le cavalier demande une incurvation à gauche, le cheval droitier aura donc tendance à déporter le poids de son corps vers l'extérieur du cercle tandis que le cavalier cherchera à le ramener à gauche par une tension plus importante sur la rêne gauche. Dans le virage à droite, le cheval cherchera à résister à l'extension de son côté le plus court³⁶, le cavalier devra donc exercer une tension importante sur la rêne droite et le cheval résistera d'autant à l'incurvation sur cette même rêne (Beaupère, 2012).

³⁶ C'est-à-dire le gauche pour un cheval droitier.

➤ **ÉTUDE N° 14 : Kuhnke, et al. 2010**

Note préalable : Dans cette étude un cheval est abusivement qualifié de gaucher, s'il s'incurve naturellement à gauche. Or c'est tout le contraire. Aussi pour éviter toute confusion lors de l'analyse de la présente étude, seules seront utilisées les locutions « cheval incurvé à droite » ou « cheval incurvé à gauche » pour définir respectivement le cheval gaucher ou droitier.

- Élément testé : Tension exercée par le cheval sur les rênes ;
- Effectif : 11 cavaliers droitiers et deux chevaux, l'un « incurvé à droite » l'autre « incurvé à gauche » ;
- Protocole :
 - o Lieu : Cercles de 20 m sur du sable ;
 - o Élément observé : Les tensions sur les rênes mesurées par un système adapté ;
 - o Fréquence/durée d'observation : 3 cercles, un au pas, un au trot et un au galop dans chaque direction et 4 transitions pas/arrêt.

Pour définir la latéralité des cavaliers il leur est posé une série de huit questions à choix multiples comportant chacune 5 réponses possibles. Ils sont notés de -16 (les gauchers) à +16 (les droitiers). Pour participer à cette étude les cavaliers devaient avoir un score de valeur absolue supérieure à 8. Les chevaux sont testés selon un test proposé par Murphy et Arkins en 2008, confirmé dans la version modifiée de Van Heel en 2006 puis classés à l'issue d'un questionnaire soumis à leur propriétaire. Le test consiste à leur proposer des seaux de granulés disposés à 20 distances différentes afin d'évaluer leur latéralité.

- Résultats :

Le cheval naturellement incurvé à gauche présente les écarts type et les tensions moyennes les plus importantes, en particulier sur la rêne droite ($P=0,0001$, $P=0,0004$). Mais, c'est aussi avec lui que sont mesurées les tensions les plus faibles appliquées sur la rêne gauche.

Selon les auteurs et pour les deux chevaux, la tension sur la rêne que le cheval préfère (par exemple gauche pour le cheval naturellement incurvé à gauche) est plus continue³⁷ avec des pics de tension³⁸ plus importants. La tension appliquée sur la rêne externe³⁹ est plus importante que sur la rêne interne dans l'incurvation droite, mais aucune différence n'est vérifiée dans l'incurvation gauche. La tension appliquée sur la rêne interne est plus importante dans l'incurvation gauche que dans l'incurvation droite.

³⁷ Sans interruption.

³⁸ Brusque augmentation de la tension.

³⁹ Rêne gauche dans l'incurvation droite et inversement.

Pour le cheval naturellement incurvé à droite, la comparaison des deux directions, droite et gauche, conduit les auteurs à dire que la tension appliquée sur la rêne droite est plus importante sur une incurvation gauche que sur une incurvation droite⁴⁰. En revanche, la tension n'est pas significativement différente sur la rêne gauche entre les deux directions (P=0,48).

Ces résultats sont plus faciles à comprendre en considérant les observations de l'étude précédente. En effet, la rotation du buste du cavalier amène à une égalité des tensions entre celle appliquée par le cheval sur la rêne droite et celle appliquée par le cavalier sur la rêne gauche. Plus généralement, la tension augmente avec l'allure et si le couple se connaît, elle diminue et la différence gauche/droite s'atténue.

Comme le disent les auteurs, ces résultats semblent s'opposer à la littérature équestre, où il est dit que les chevaux naturellement incurvés à droite s'appuient majoritairement sur la rêne gauche et évitent le contact à droite (le cavalier ressent un cheval dur dans la bouche⁴¹ à gauche).

Il semble que les chevaux prennent le contact à droite quand ils sont seuls et enrênés. Montés, il y a davantage de tension à gauche, à cause de la latéralité des cavaliers. C'est la raison pour laquelle un grand nombre de chevaux sont parfois très durs à gauche, mais dès que le cavalier progresse, le constat est fait que le cheval tire en réalité plus à droite (P. Beaupère). Il sera donc retenu ce que disent les livres d'équitation pour l'établissement du modèle du cheval droitier.

Le schéma suivant peut être établi. Un cheval naturellement incurvé à gauche, tend mieux sa rêne droite, et fuit le contact à gauche. Le cavalier le sentira dur dans la bouche à droite, du côté où le cheval est plus long et plus souple, car il supporte mieux le contact de ce côté.

De plus, ce cheval transfère en permanence son centre de gravité sur l'antérieur droit et se couche sur le cercle à droite⁴² ou aurait tendance à tomber à droite⁴³ en ligne droite.

Son postérieur gauche plus faible a du mal à s'engager sous la masse, et les hanches chassent à l'extérieur. Il est alors plus facile pour ce cheval de s'incurver à gauche et de galoper à droite avec des foulées plus amples, étant plus à l'aise pour étendre son côté droit. Au galop à gauche, il doit particulièrement engager le postérieur gauche, ce qui lui est difficile, le galop est alors plutôt piqué avec des foulées courtes.

En extrapolant, la cadence sera ralentie à main droite, le postérieur gauche agissant moins dans la propulsion.

⁴⁰ Pas de chiffre statistique pour ce cas de figure.

⁴¹ Le cheval applique une résistance de ce côté sur le mors.

⁴² A l'intérieur de la courbe.

⁴³ Il a tendance à baisser la tête au moment où il pose l'antérieur droit au sol.

Ces caractéristiques sont, selon les articles précédents et la littérature équestre citée ci-dessus, celles d'un cheval droitier.

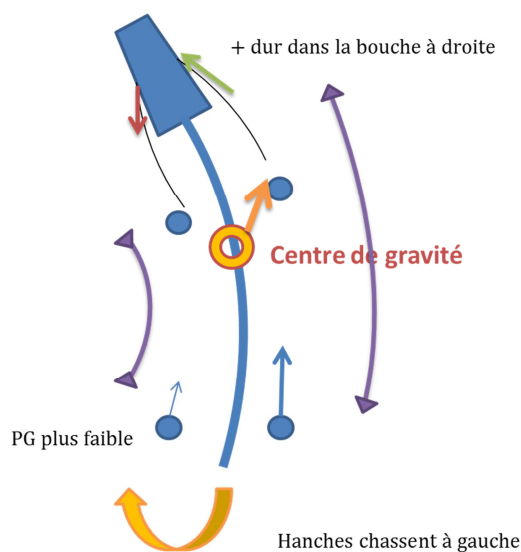


Figure 2 : Schéma d'un cheval droitier

– Remarques :

Pourtant, il peut apparaître, particulièrement au cavalier droitier, qu'il est plus ou moins facile de tourner à gauche avec un cheval naturellement incurvé à gauche. L'appréciation du cavalier sera différente en fonction de son niveau.

Cheval droitier :

En effet, le cercle à gauche, bien qu'étant sur l'inflexion naturelle du cheval, sera particulièrement difficile pour un cavalier débutant car il aura beau tendre sa rêne gauche avec une rêne d'ouverture, le cheval refusera le contact sur cette rêne et profitera d'avoir le poids de son corps sur l'antérieur droit pour fuir à l'extérieur de la courbe.

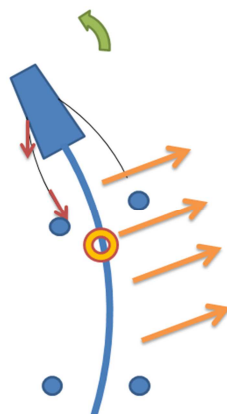


Figure 3 : Comportement du cheval droitier sur le cercle à gauche

Le cavalier débutant trouvera qu'il est bien plus facile de tourner à droite, car le cheval répondra mieux à sa rêne d'ouverture droite sur laquelle il prend appui, même si l'incurvation du cheval n'est pas idéale (les hanches fuient à l'extérieur et l'encolure est fléchie du mauvais côté, c'est-à-dire à gauche). Pour le cavalier plus confirmé, qui arrive par ses autres aides à gérer l'évasement⁴⁴ de la courbe du cheval, il sera plus facile de tourner à gauche, car l'incurvation à gauche est anatomiquement plus facile pour le cheval. Il faudra cependant veiller à ne pas tomber dans le piège du faux pli⁴⁵ avec un cheval qui s'incurve pour fuir le contact avec les rênes.

Le principal problème à retenir de cette étude est le nombre trop important de variables mis en jeu. « Qui peut dire si les chevaux sont dans la même attitude pour chaque test, quelle est l'influence de la vitesse, de l'activité, de la morphologie du cheval, de l'état de la selle. L'attitude seule peut tout changer, car certains chevaux, qui ont eu un contact très fort sur une rêne pendant longtemps, vont s'encapuchonner⁴⁶ et refuser tout contact avec la main pour éviter un contact douloureux. Dès lors, se borner à ne mesurer que le contact ou la différence de contact pour établir la latéralité du cheval ne donnera plus aucune différence, même avec un contact très léger. S'ils ne s'intéressent pas aux autres variables que le contact, les résultats vont être complètement faussés car c'est alors l'attitude qui est incorrecte et, même si le contact est a priori meilleur, le centre de gravité lui n'a pas changé de place ! » (P. Beaupère).



Figure 4 :

**Comportement du cheval
droitier sur le cercle à droite**

Cheval gaucher :

Lorsque le cavalier est droitier, il peut apparaître une discordance entre le cheval gaucher s'incurvant naturellement à droite, qui sollicite une tension importante et continue sur la rêne gauche, et le cavalier dont la main non dominante impose une tension discontinue sur la rêne gauche. Cela s'accompagne de pics de tension plus importants sur cette même rêne par le cavalier pour suivre la tension appliquée par sa monture. En incurvation droite, le pli est plus facile. La difficulté pour le cavalier sera alors d'adapter les tensions au cheval pour éviter la situation du faux pli.

⁴⁴ Se déplace latéralement et augmente la taille du cercle.

⁴⁵ Attitude dans laquelle se met le cheval pour se soustraire à l'action du cavalier. Il est incurvé du côté où il tourne mais ne prend aucun contact avec les rênes du cavalier.

⁴⁶ C'est une attitude que prend le cheval en arrondissant l'encolure vers le haut de façon exagérée. C'est une défense du cheval pour éviter de se tendre sur ses rênes.

Dans l'incurvation gauche, même si la flexion est plus difficile, le cavalier droitier, agit avec sa jambe droite pour ramener les hanches du cheval. L'action de sa main gauche doit, par définition, être discontinuée puisque c'est la main intérieure, et la main droite doit appliquer la tension nécessaire en tant que main extérieure, la situation semble être alors adéquate. Un cheval plutôt incurvé à droite semble surcharger son antérieur gauche et évite le contact avec la rêne droite. Ainsi dans l'incurvation gauche, côté difficile, le fait que le cavalier soit plutôt tourné en sens antihoraire peut l'aider, même s'il a tendance à mettre le poids de son corps à l'intérieur de la courbe et donc à surcharger d'autant l'antérieur gauche.

Inversement, ce même cavalier peut gêner un cheval naturellement incurvé à gauche sur un cercle à main droite, qui serait alors son côté difficile, en surchargeant l'antérieur droit (poids du corps à l'intérieur de la courbe), sur lequel le cheval transfère déjà son centre de gravité.

C'est donc sur le cercle à droite avec un cheval droitier (naturellement incurvé à gauche) que le cavalier ressentira le plus d'inconfort. Et comme il est dit dans l'article, c'est également avec ce type de couple que les tensions mesurées sont les plus importantes. Il faudrait refaire cette étude avec des cavaliers ambidextres et gauchers pour valider cette analyse. La réponse à la question de savoir quel est le couple idéal serait la suivante : un couple cavalier droitier/cheval gaucher serait préférable d'après ce qui vient d'être expliqué. Mais, cette proposition est à prendre avec une extrême précaution car elle s'oppose à l'intuition, ce qui rend légitime l'énorme doute sur cette proposition. D'autre part, ce qui est primordial dans le couple cavalier/cheval, c'est la capacité du cavalier à maîtriser sa propre latéralité afin de ne pas gêner sa monture. En outre, le plus important est qu'il compose avec les défauts et les asymétries de son cheval pour rendre le geste le plus juste et le plus symétrique possible.

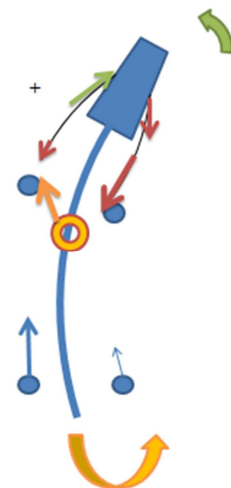


Figure 5 : Comportement du cheval gaucher sur le cercle à gauche

➤ **ÉTUDE N° 15 : Roepstorff et al. 2009**

- Élément testé : Influence du trot enlevé ;
- Effectif : 7 chevaux ;
- Race : Chevaux de sport ;
- Âge : 14 ans \pm 4,3 ;
- Sexe : 6 hongres et 1 étalon ;
- Protocole :
 - Lieu : Sur un tapis roulant ;
 - Observateur : Marqueurs et caméras infra-rouges ;
 - Élément observé : Report du poids du cavalier ;
 - Fréquence/durée d'observation : Unique.

Ce sont des chevaux d'un très bon niveau, montés au trot enlevé⁴⁷ à droite et à gauche par leur cavalier habituel.

– Résultats :

Selon les auteurs, le poids porté est plus important sur le diagonal⁴⁸ où le cavalier s'assoit ($P < 0,001$). Lorsque ce diagonal se pose au sol, le tuber coxae du cheval est plus bas et la protraction du postérieur est moins importante comparés à la position de leur équivalent controlatéral lorsque l'autre diagonal est à l'appui. De plus, la hauteur de la sixième vertèbre thoracique diminue par rapport à sa position durant le reste du cycle⁴⁹.

C'est donc sur le diagonal où le cavalier ne s'assoit pas que le cheval engage le moins le postérieur ($P = 0,001$). Le phénomène est plus visible sur le diagonal gauche ($P = 0,017$).

Ces trois études montrent bien que le cavalier, par sa présence sur le dos du cheval et sa latéralité propre, peut influencer la latéralité du cheval. La difficulté ici réside dans le fait que chaque cheval est unique avec ses restrictions propres auxquelles il faut ajouter celles induites par la dissymétrie de l'action du cavalier. Ces restrictions associées à la situation (vitesse, équilibre, asymétrie du mouvement), peuvent provoquer une réaction imprévisible propre à chaque cheval (Beaupère, 2012). Il semble donc indispensable de réaliser des tests non montés pour évaluer correctement la latéralité du cheval.

⁴⁷ C'est-à-dire que les chevaux sont au trot et que le cavalier se met en position d'équilibre (se lève sur ses étriers) sur un diagonal préalablement choisi. Lorsque l'autre diagonal se pose au sol il se rassoit dans la selle.

⁴⁸ Un diagonal est composé de l'antérieur correspondant et du postérieur opposé. Par exemple le diagonal droit correspond à l'antérieur droit associé au postérieur gauche.

⁴⁹ Au trot un cycle est composé du poser du diagonal gauche, un temps de suspension, le poser du diagonal droit et un autre temps de suspension.

– Remarques :

Différents moyens d'évaluer la latéralité des chevaux sans que ceux-ci ne soient montés pendant les tests pourraient être utilisés.

Comme l'avait remarqué Isabelle Burgaud dans son mémoire d'ostéopathie, le tapis roulant modifie la biomécanique du cheval et ne permet pas d'observer son mouvement naturel. La latéralité pourrait elle aussi être affectée. Le tapis roulant n'est donc pas idéal pour des mesures concernant l'appréciation de la latéralité motrice.

1.1.5 Conclusion sur la latéralité neurologique

La latéralité sensorielle établie semble correspondre aux données bibliographiques inspirées des autres espèces, dont l'homme. L'extrapolation des connaissances de la latéralité chez l'homme n'est donc pas forcément à écarter.

Il n'y a apparemment pas de lien entre la latéralité et le sexe des chevaux, bien que certaines études montrent qu'il pourrait en exister un (Murphy, Arkins, et al 2005 et Murphy, Sutherland, et al. 2005).

La race semble jouer un rôle sur la latéralité sensorielle, cela n'est que peu surprenant si l'on considère que cette dernière est très liée aux émotions. En effet, dans l'espèce équine, il existe des races réputées pour être émotives et d'autre plutôt placides. Cela suppose une composante génétique, et donc le caractère inné de la latéralité (qui se met en place très tôt au cours du développement fœtal). La latéralité n'est pour autant pas due à la position du fœtus *in utero*, mais à la maturation du système nerveux sous influences génétiques et environnementales. Le fœtus peut éventuellement s'incurver préférentiellement d'un côté *in utero*, traduisant alors la conséquence de l'expression de sa latéralité plutôt que la cause de celle-ci. La latéralisation étant concomitante de la maturation physique et neurologique du poulain (Drevemo et al. 1987), il semble erroné d'affirmer que les poulains naissent ambidextres. En effet, même si la latéralisation motrice et sensorielle ne s'est pas encore manifestée, la latéralité est bien présente (bien que non objectivable avant 1 an). Ainsi, une latéralité neurologique, présente avant la naissance, va entraîner une biomécanique différente entre les hémicorps droit et gauche, et induire une latéralité morphologique qui peut aboutir entre autres à ce qui est souvent observé chez le cheval, à savoir une incurvation naturelle préférentielle d'un côté.

Cette différence biomécanique s'exprime alors à différents niveaux ; un nombre important de chevaux adultes semble préférer avancer l'antérieur gauche, (Warren-Smith, et al. 2010), alors que les jeunes auraient plus tendance à avancer l'antérieur droit que les adultes du fait d'une latéralisation incomplète (Austin et al. 2012 et McGreevy et Rogers 2005). Chez les chevaux sauvages, en revanche, aucune préférence n'est mise en évidence. La latéralité pourrait donc bien être influencée par l'homme. De manière générale, les

chevaux galopent mieux à droite (Williams et al. 2007) et le diagonal gauche semble être le plus faible (Roepstorff et al. 2009).

Il est compréhensible que l'établissement d'un postulat de la latéralité dominante dans la population équine soit difficile à établir, d'autant que les études ne concordent pas toujours entre elles. Il est sûr que toutes les études réalisées cheval monté sont critiquables, car il a été montré que le cavalier, par sa latéralité propre, interagissait avec celle du cheval, ce qui peut conduire à des résultats erronés. Un travail équilibré du cheval aux deux mains en revanche n'a pas d'influence sur la latéralité. C'est donc bien la présence du cavalier et non le travail quotidien qui influence la latéralité propre du cheval. (Wells et al. 2008). En effet, c'est la biomécanique propre du cheval qui est déterminante dans sa latéralité.

Ce qui est important à retenir, c'est que le cavalier ne transforme pas la latéralité du cheval mais l'influence par sa présence sur la selle, de même que le cheval peut influencer la latéralité du cavalier à partir du moment où ce dernier est sur son dos. Il ne faut pas oublier que l'équitation est un échange, un partage qui repose sur une communication entre le cavalier et sa monture. Mais s'il a été établi de manière théorique qu'il était préférable d'associer un cavalier droitier à un cheval gaucher, le facteur primordial est la capacité du cavalier à maîtriser sa propre latéralité pour gêner le moins possible la biomécanique de son cheval. Il doit en effet composer avec les restrictions de sa monture pour arriver à les surmonter par un travail régulier et adapté.

L'étude d'Austin en 2012, montre que la latéralité entre les deux troupeaux sauvages n'est pas identique, or seul le patrimoine génétique est différent entre ces deux troupeaux. Latéralité et code génétique sont donc vraisemblablement liés.

1.2 La latéralité génétique

Certains chercheurs ont émis l'hypothèse de l'existence de gènes de la latéralité chez l'homme⁵⁰. Voyons ce qu'il en est chez le cheval.

➤ ÉTUDE N° 16 : McGreevy et al. 2005

- Élément testé : Latéralité de chevaux de races différentes ;
- Effectif : 186 chevaux ;
- Race : 106 pur-sang de l'étude de McGreevy de 2005, 40 trotteurs américains et 40 quarter horses ;
- Âge : Au moins 2 ans et débourrés.
- Protocole :
 - Lieu : Connu, en pâture ;
 - Observateur : Quelconque ;
 - Éléments observés :
 - L'antérieur mis en avant ;
 - Le postérieur éventuellement soulagé ;
 - Le comportement lors des mouvements de troupeaux ;
 - Fréquence/durée d'observation : durant 2h, avec un minimum de 50 relevés.
- Résultats :

Les pur-sang avancent plus significativement l'antérieur gauche ($P=0,000$) de même que les trotteurs ($P=0,002$), par contre cela est moins net pour les quarter horses ($P=0,117$). Il y aurait donc un lien entre la latéralité et la race des chevaux. Si tel est le cas, cette latéralité serait inscrite dans leur patrimoine génétique au même titre qu'elle l'est chez l'homme. La préférence de protraction s'accroît avec l'âge ($P=0,013$) ce qui laisse apparaître que la latéralisation du cheval se confirme au cours de sa maturation.

⁵⁰ Il a été émis l'hypothèse de gènes de droitier chez l'homme.

– Remarques :

Cette étude n'a été effectuée que sur 3 races. Il serait donc souhaitable d'en élargir l'éventail pour confirmer le lien entre latéralité et race équine. Les différents tests réalisés ici ne permettent que de supposer ce lien.

Selon Paine et al. en 2003, le sens de rotation des cheveux chez l'homme se met en place précocement lors du développement fœtal, soit entre 10 et 16 semaines in utero, juste avant le développement de l'encéphale entre 17 et 25 semaines. Il s'établirait alors une relation entre eux. Ce caractère serait le résultat de l'expression du code génétique dont la mise en place serait également influencée par des facteurs environnementaux (Klar, 2003). Il a aussi été avancé que le sens de rotation des épis est immuable pour toute la vie et serait fortement lié à la latéralité.

Bien que cette théorie puisse être discutable, différentes études ont été réalisées afin d'approfondir la composante génétique de la latéralité du cheval en s'inspirant d'observations faites chez l'homme.

➤ **ÉTUDE N° 17 : Murphy, Arkins, et al. 2008**

- Élément testé : Relation entre la latéralité motrice et le sens de rotation de l'épi en tête des chevaux ;
- Effectif : 219 chevaux ;
- Race : Pur-sang ;
- Âge : 4 à 6 ans ;
- Environnement : Issus de huit élevages distincts ;
- Sexe : 125 mâles et 94 femelles non gestantes.
- Protocole :
 - Observateur : Les chevaux sont distribués par groupes de six aux entraîneurs qui les connaissent bien et qui les classent en trois groupes : gauchers, droitiers ou ambidextres, en fonction de leur cadence et des sensations ressenties par les cavaliers dans leurs rênes ;
 - Élément observé : Sens de rotation de l'épi en tête lorsqu'il est unique. Un épi tourne dans le sens horaire (sens des aiguilles d'une montre) ou antihoraire (sens trigonométrique). Il est dit radial s'il ne présente pas de sens de rotation.

– Résultats :

Il est établi que les chevaux ayant un épi tournant dans le sens horaire sont droitiers et que ceux ayant un épi tournant dans le sens antihoraire sont gauchers ($P < 0,001$). L'épi des mâles tourne majoritairement dans le sens antihoraire ($P < 0,01$), ils sont donc plutôt gauchers (comme l'avait montré Jack Murphy en 2005). Aucune conclusion ne peut être tirée pour les femelles ($P = 0,07$). Et aucun lien entre épis radiaux et chevaux ambidextres n'a pu être établi ($P = 0,055$).

– Remarques :

Il est à noter que la population mâle est majoritaire dans l'étude ainsi que, plus largement, dans le monde du sport. Cela pourrait être un biais non maîtrisé de l'étude. Enfin, il n'est malheureusement pas décrit en détail comment est établie la latéralité des chevaux. Il faudra vérifier avec les tests réalisés en partie II de ce travail si la conclusion est identique. De plus le lien établi entre le développement du système nerveux et la mise en place de la pilosité est obscur, il demanderait des éclaircissements et une démonstration scientifique.

➤ **ÉTUDE N° 18 : Solis de Ovando, 2010**

- Élément testé : Relation entre le sens de rotation des épis et la latéralité motrice ;
- Effectif : 50 poulains ;
- Race : Pur-sang ;
- Âge : Moins de 1 an ;
- Sexe : 29 mâles et 21 femelles ;
- Environnement : 5 haras de la province de Nuble (Chili) ;
- Critère : Épi unique, poulain seulement manipulés.
- Protocole :
 - Opérateur : Même personne tenant le cheval en longe ;
 - Éléments observés :
 - Pied choisi pour initier le pas ;
 - Sens de rotation de l'épi, sachant que seuls les chevaux ayant un épi unique et ne boitant pas ont été retenus pour l'étude.

- Fréquence/durée d'observation : À 50 reprises.

Les clichés de l'épi sont pris à une distance de 50 cm avec un appareil photo Nikon Coolpix L4. La latéralité est évaluée selon le protocole décrit par Murphy et al. en 2005 (Étude 6). Les poulains sont évalués dans une zone connue en évitant tout stimulus extérieur. Le poulain est mis au carré dans une attitude naturelle et détendue. L'opérateur le fait avancer d'un pas. On note l'antérieur qui initie le mouvement. Un indice de latéralité est calculé.

– Résultats :

10% des épis sont en sens horaire, 32% en sens antihoraire et 48% radiaux ; 12% des chevaux sont droitiers, 44% gauchers et 44% ambidextres.

Dans cette étude, il n'existe statistiquement pas de relation entre le sens de rotation des épis et le sexe ($P=0,42$), il n'en existe pas non plus entre ce sens de rotation et la latéralité motrice ($P=0,29$), excepté pour les chevaux avec un épi radial qui sont ambidextres ($P=0,02$). L'étude montre uniquement que les mâles expriment une latéralité à gauche ou sont ambidextres ($P=0,003$), contrairement aux femelles ($P=0,42$).

– Remarques :

L'idée de recourir à des chevaux de moins de 1 an pour tester la latéralité innée semblait séduisante. Cependant, comme il a été vu auparavant, la latéralité ne se met en place que progressivement après la naissance et ne s'exprime de manière objectivable que tardivement (après l'âge d'un an). D'autre part, le test utilisé ne me semble pas être le meilleur pour explorer la latéralité car le lien entre la latéralité motrice et l'antérieur choisi pour initier le mouvement n'est pas probant. En effet, il n'est pas certain que le fait de commencer le pas par un membre plutôt que par l'autre ait une relation avec la latéralité motrice, de plus aucun article en faisant mention chez l'homme n'a été trouvé. L'observation de ce caractère est bien trop fastidieuse et son expression trop aléatoire pour en faire un critère fiable. Cela expliquerait également le résultat peu contrasté de cette étude.

➤ **ÉTUDE N° 19 : Savin et al. 2011**

- Élément testé : Sens de rotation de l'épi et latéralité du cheval ;
- Effectif : 22 chevaux ;
- Protocole :
 - Lieu : Au pré avec accès ad libitum à l'eau et au foin ;
 - Éléments observés :
 - Sens de rotation de l'épi en tête ;
 - Antérieur en protraction
 - Fréquence/durée d'observation : Une fois pendant plus de 4 heures.
- Résultats :

Les 9 chevaux ayant un épi dans le sens horaire sont beaucoup plus mobiles et semblent avancer plutôt l'antérieur gauche par rapport aux chevaux ayant un épi dans le sens antihoraire.

Dans cette étude, les chevaux avec un épi tournant dans le sens horaire sont droitiers et inversement.

– Remarques :

Dans ce test, la latéralité n'est observée que sur une journée et sur une courte durée. Or comme cela a été vu dans l'étude 7 la latéralité déduite par les relevés peut varier d'une journée à l'autre. Il convient là encore de rester prudent sur ce critère d'évaluation de la latéralité. De plus, les P-values ne sont pas données pour ces tests statistiques, ce qui ne permet pas de juger de leur fiabilité.

➤ **ÉTUDE N° 20 : Murphy, Arkins, et al 2005;**

- Élément testé : Antérieur présenté le premier à la naissance ;
- Effectif : 253 mères, seuls les 212 poulains qui n'ont qu'un seul épi ont été retenus ;
- Race : Pur-sang ;
- Âge : 101 mâles et 111 femelles ;
- Habitat : Dans 19 élevages d'Irlande.

– Protocole :

○ Éléments observés :

- L'antérieur qui se présente en premier lors de la mise bas ;
- Côté préféré du poulain pour téter sa mère ;
- Sens de l'épi en tête.

○ Fréquence/durée d'observation : 48h après la naissance.

– Résultats :

La majorité des mâles présentent l'antérieur gauche en premier, ils seraient donc plutôt gauchers. Ils ont, de plus, un épi dans le sens antihoraire. Inversement la majorité des femelles présentent l'antérieur droit et ont un épi dans le sens horaire. En revanche, aucun poulain ne montre de préférence pour téter sa mère d'un côté plutôt que de l'autre.

Il existe donc bien un lien entre le sens de rotation de l'épi en tête, le sexe du poulain et l'antérieur qu'il présente en premier. Cela confirme les études réalisées précédemment ($P < 0,01$). Les auteurs affirment ainsi que dans 34% des cas le sens de rotation de l'épi permet de déterminer de manière exacte la latéralité du cheval considéré ($P < 0,01$).

– Remarques :

Il paraît donc important de s'intéresser plus particulièrement aux poulains et jeunes chevaux dont la latéralité n'est pas encore établie. En effet, elle se met en place au fur et à mesure de la croissance et du développement. De plus, même si ce test paraît intéressant et fiable, le fait de ne pouvoir déterminer la latéralité exacte des chevaux que dans 34% des cas montre que la lecture de l'épi ne suffit pas à déterminer à elle seule la latéralité motrice d'un cheval.

Conclusion sur la latéralité génétique

Il semble de plus en plus certain que la latéralité motrice soit inscrite dans le code génétique. Résultat de l'expression du code génétique, la latéralisation du cheval induit une biomécanique spécifique qui peut entraîner des modifications anatomiques. Elle peut même agir en amont en influençant directement le phénotype. Le meilleur exemple étant le lien entre la latéralité motrice et l'épi en tête. Cet épi se présente ainsi comme l'un des indices physiques de la latéralité motrice du cheval et pourra être utilisé pour sa détermination.

1.3 La latéralité anatomique

1.3.1 Origine de la latéralité anatomique dans la conformation des poulains

➤ ÉTUDE N° 21 : Van Heel et al. 2006

- Élément testé : Conformation des poulains ;
- Effectif : 24 poulains ;
- Race : Warmblood ;
- Environnement : L'élevage où ils sont nés ;
- Protocole :

Test 1

- Lieu : Pâtture ;
- Observateur : Deux personnes ;
- Élément observé : Préférence des poulains à mettre un antérieur en protraction ;
- Fréquence/durée d'observation : Pendant un an, 8h par semaine toutes les 10 minutes.

La position des poulains est relevée dès que la distance entre les deux antérieurs est supérieure à l'équivalent de deux pieds du poulain et que ses carpes sont tendus. À partir de ces observations un indice de latéralité journalier est calculé (fréquence du pied gauche – fréquence du pied droit)/√ (fréquence du pied gauche + fréquence du pied droit).

Test 2

- Éléments observés :
 - Photographies des portions distales des antérieurs, prises à 3, 15, 27 et 55 semaines d'âge ;
 - Clichés plus globaux pris à 15 et 55 semaines.

Tous les clichés sont réalisés par une même personne de manière standardisée et de profil, parfaitement perpendiculairement au poulain. Les poulains sont munis de marqueurs et les mesures sont réalisées à l'aide du logiciel Metron. Les photographies à 27 semaines sont utilisées pour classer les poulains en deux groupes : symétrique, si l'inclinaison de la paroi du pied est la même sur les deux antérieurs, ou non symétrique dans le cas contraire. À partir des photographies globales un ratio est déterminé entre la longueur des pattes et celle de la tête.

Test 3

- Observateur : Système adapté ;

- Éléments observés :
 - Répartition des pressions entre les deux antérieurs
 - Distance entre le centre de pression et la pince⁵¹, mesurée à 3, 15, 27 et 55 semaines d'âge ;
- Fréquence/durée d'observation : À 5 reprises.

Test 4 : Test de préférence réalisé à 15, 27 et 55 semaines ;

- Lieu : Pâture ;
- Observateur : Caméra digitale et des repères (pastille de couleur blanche) placés de manière à pouvoir calculer les distances sur les images ;
- Élément observé : Distance entre les deux antérieurs, observée lorsque le poulain mange une friandise placée au sol à différentes distances devant lui⁵² ;
- Fréquence/durée d'observation : 5 fois pour établir une moyenne, puis à 15 reprises.

Pour réaliser le test de préférence il a été nécessaire d'établir au préalable une valeur de référence. À cet effet la distance entre les deux antérieurs est observée lorsque le poulain mange une friandise disposée sur une table à hauteur des pectoraux : dans la position prise par le poulain les deux antérieurs sont très peu écartés. Cette opération est répétée 5 fois par cheval et la moyenne sert de valeur de référence. Pour le test proprement dit, chaque essai ne représente un signe de latéralisation que si la distance entre les deux antérieurs est supérieure à la valeur de référence augmentée de 2 écarts types. Le test à 27 semaines est utilisé pour classer les poulains en 2 groupes, l'un latéralisé, l'autre non.

La moitié des poulains est parée⁵³ à 8, 12, 18 et 24 semaines puis toutes les 8 semaines à partir de l'âge de 28 semaines. Les expériences de pression et les photographies de conformation sont toujours réalisées 3 semaines après le parage.

La conformation la plus recherchée pour les chevaux de sport est celle qui correspond à de longues pattes, une petite tête et un garrot haut. Il s'agit de détecter une asymétrie physique, c'est-à-dire des pieds différents par leur forme et par leur taille. Cette asymétrie serait soit le résultat de la latéralité ou pourrait conduire à l'installation d'une latéralité. Son observation permettrait peut-être de prédire à terme une prédisposition d'un membre à des lésions.

⁵¹ Partie la plus crâniale du pied

⁵² D'une part cela oblige le poulain à se déplacer. D'autre part si la distance était constante le poulain risquerait d'effectuer toujours le même nombre de pas et de présenter toujours le même pied en premier, le résultat serait biaisé. Avec des distances différentes par contre le nombre de pas est différent. Si le pied avancé reste souvent le même, il s'agit alors d'un choix du poulain plutôt que d'un effet du hasard.

⁵³ Parrage = taille des sabots par un marréchal ferrant.

– Résultats :

À 27 semaines 5 poulains montrent une préférence à avancer le pied droit en pâture et 6 le gauche. Ces résultats sont fortement corrélés avec le test de préférence ($P < 0,001$) pour lequel les poulains, définis comme latéralisés par le test préalablement effectué, écartent davantage les antérieurs que les autres (coefficient de régression linéaire = 0,89, $P < 0,001$). Le test de préférence a, selon les auteurs, une forte valeur prédictive de la latéralité. Les observations sont ensuite corrélées avec les données radiographiques. Même si une forte préférence est notée chez certains poulains dès l'âge de 12 semaines, ce n'est qu'à 27 semaines que l'on note une conformation significativement différente entre les poulains des deux groupes ($P = 0,022$). L'inégalité de la forme des pieds serait donc directement liée à la latéralité. De même, la conformation petite tête/langues pattes/ garrot haut prédispose les poulains à être latéralisés (coefficient de régression linéaire = 0,48, $P < 0,001$ à 12 semaines et coefficient de régression linéaire = 0,51, $P < 0,001$ à 55 semaines). Le pied posé en avant le plus fréquemment présente une moins bonne conformation, à savoir une paroi moins inclinée par rapport au sol. Cela pourrait être dû à une augmentation de la distance entre le centre de pression et la pince, caractéristique qui s'accroît avec l'âge et en particulier à 55 semaines ($P = 0,044$). Le parage ne semble pas avoir d'influence sur la latéralité.

Globalement la moitié des poulains développe une latéralité au pré. De plus, la conformation physique pour laquelle ils sont sélectionnés (à savoir longues jambes, petite tête, garrot haut) les prédestine à développer une asymétrie physique. À partir de l'âge de 28 semaines ces déséquilibres physiques commencent à régresser. Parallèlement, le parage devient plus régulier à cet âge, le logement des poulains est réduit puisqu'ils sont mis en box et nourris avec du foin en hauteur. Ils n'ont donc plus à chercher leur nourriture au sol. Par ailleurs, la latéralisation du poulain s'accroît avec l'âge. Il en résulte une asymétrie physique persistante qui se renforce avec le temps et qui est corrélée avec la forme du pied en protraction. La maréchalerie ne semble pas avoir d'influence sur ce phénomène, mais elle peut en ralentir la progression. Cela peut être transposé au cheval adulte, même si pour celui-ci d'autres facteurs entrent également en jeu dans la mise en place de la latéralisation. Enfin l'étude confirme le fait que le poids du corps est reporté sur le membre en protraction, car ce pied a tendance à être plus évasé.

– Remarques :

La question qui se pose est celle d'un déséquilibre de conformation pouvant conduire à des lésions de surcharge à long terme. C'est ainsi qu'aux États-Unis les stud-books⁵⁴ des demi-sang américains (warmblood) rejettent les poulains présentant une asymétrie des pieds, bien qu'il n'ait pas été démontré que ce caractère soit héréditaire⁵⁵.

⁵⁴ Registre regroupant l'ensemble des règlements concernant une race équine et son élevage.

⁵⁵ D'après l'étude précédente, cette asymétrie serait due à la position adoptée par le poulain au pâturage.

➤ **ÉTUDE N° 22 : Van Heel et al. 2010**

- Élément testé : Lien entre l'asymétrie des antérieurs et la latéralité motrice ;
- Effectif : 17 chevaux de l'effectif de l'étude précédente ;
- Race : Warmblood ;
- Âge : 3 ans ;
- Sexe : 8 mâles et 9 femelles ;
- Environnement : Les chevaux sont très peu manipulés, n'ont jamais été longés, et sont parés tous les 2-3 mois ;
- Protocole :

Test 1

- Lieu : Cercle fermé de 10 m de diamètre sur sol mou ;
- Observateur : Quelconque, au centre du cercle ;
- Éléments observés :
 - Appréciation de la qualité de la transition trot/galop ;
 - Pied choisi par le cheval pour le galop (départ sur le bon pied ou non) ;
 - Fréquence des foulées du galop ;
- Fréquence/durée d'observation : 7 départs à main gauche et 7 à main droite puis à nouveau 8 départs à main gauche et 8 à main droite ;
- Modalité : Les chevaux sont échauffés 10 minutes avant le test. 2 indices de latéralité sont calculés.

Test 2

- Lieu : Paddock de 35m sur 15m comprenant un double⁵⁶ de 3m de large et 50 cm de haut espacé de 6,7 à 7,2 m ;
- Observateur : Une caméra digitale placée perpendiculairement à la trajectoire du cheval permet d'observer la position relative des antérieurs durant les différentes phases du saut et la technique utilisée par le cheval (très au-dessus de l'obstacle ou au contraire au ras de la barre) ;
- Élément observé : Pied initiant le saut du 2^{ème} obstacle d'un double au galop en liberté ;

⁵⁶ Dispositif d'obstacle comprenant deux obstacles séparées de une à trois foulées, à enchaîner sur une même ligne.

- Fréquence/durée d'observation : 15 sauts par cheval et par côté à 2 semaines d'intervalle ;
- Modalités : Les chevaux sont échauffés au trot et au galop durant 5 à 10 minutes avant le test. Les chevaux sont placés à 3 m du premier obstacle.

Comme dans l'étude précédente, les chevaux sont classés à l'aide d'un test de préférence. La conformation des chevaux est évaluée sur des photos du cheval muni de marqueurs. Les mesures de la tête, des pattes et la hauteur au garrot sont prises de manière bilatérale. L'angle des deux pieds antérieurs est également mesuré et une moyenne est calculée. Si les valeurs sont trop éloignées de la moyenne calculée avec ses propres mesures, le cheval est considéré comme dissymétrique sinon il est symétrique.

– Résultats :

Parmi les 7 chevaux présentant une asymétrie des pieds à 3 ans, seuls 2 ne la présentaient pas encore à 27 semaines. Cette asymétrie est significativement plus importante sur les chevaux exprimant une préférence à mettre un antérieur en protraction ($P < 0,001$). En effet la différence entre les 2 pieds est 4 fois plus importante que chez les chevaux qui n'expriment pas de préférence ($P < 0,05$). Il existe une relation de proportionnalité entre la préférence à mettre un pied en protraction et la différence d'angle entre les 2 pieds ($r^2 = 0,7$, $P < 0,001$). 4 chevaux expriment une préférence à mettre plutôt un pied en protraction. Ces 4 chevaux écartent davantage les antérieurs et ce de façon significative lors du test ($P < 0,05$). De plus, ils ont une petite tête et de longues jambes ($P = 0,04$). Aucune corrélation significative n'a été mise en évidence entre les différents mouvements observés dans les tests 1 et 2 et la latéralité des chevaux déterminée par les mesures.

De manière plus globale, les chevaux avec une petite tête et de longues jambes sont plus latéralisés. Les tests n'ont en revanche pas permis d'établir de lien entre la latéralité et le pied choisi par le cheval pour le départ au galop et pour les sauts.

– Remarques :

Cette étude présente plusieurs points négatifs :

Le galop en cercle peut influencer le cheval lorsqu'il prend le galop car il induit une incurvation du rachis.

Le test a été réalisé en hiver, période pendant laquelle les chevaux n'ont que peu l'occasion de pâturer. Or, selon les auteurs, dans un groupe donné le nombre de chevaux à exprimer une préférence augmente lorsqu'ils sont à l'extérieur et diminue en hiver lorsqu'ils restent au box.

De plus, les chevaux sont isolés durant ce test et sont donc dans une situation de stress pouvant provoquer de vives émotions susceptibles d'influencer la latéralité et peut-être certains biais.

1.3.2 Expression de la latéralité anatomique au niveau du squelette

Une première étude permet de comprendre les contraintes subies par les différentes parties du corps du cheval pouvant avoir un effet sur sa latéralité.

➤ ÉTUDE N° 23 : Davies et al. 1996

- Élément testé : Effet de la nature des sols sur les contraintes exercées sur la surface dorsale des métacarpes III ;
- Effectif : 12 chevaux ;
- Race : Trotteurs ;
- Âge : 6 yearlings (de 16 à 19 mois), 6 adultes de 4 à 8 ans ;
- Sexe : Yearlings (4 mâles et 2 pouliches), adultes (1 jument et 5 mâles) ;
- Protocole :
 - Lieu : Tapis roulant et différentes surfaces (sable, herbe, boue, ...), en ligne droite et en cercle de 10 à 15 m de diamètre ;
 - Observateur : Capteurs de contraintes implantés sous anesthésie générale sur les deux métacarpes ;
 - Élément observé : Contraintes exercées sur les métacarpes ;
 - Fréquence/durée d'observation : Dès le lendemain de la chirurgie et deux fois par jour durant une semaine, à 10 vitesses différentes (2, 4, 6, 8, 10, 12 et 14m/s) ;
 - Modalités : Avec ou sans cavalier pour les adultes, et avec des poids différents fixés à une sangle pour les plus jeunes.

Des études préliminaires effectuées par les mêmes auteurs en 1993 et 1994 ont établi que de fortes contraintes s'appliquent sur la face dorsale du métacarpe III du cheval, ce qui induit de vives douleurs et peut occasionner des plaies (Sore Shine). Ces contraintes semblent proportionnelles à la vitesse et, pour un même exercice, elles peuvent être jusqu'à 25% plus importantes chez les yearlings que chez les adultes. Cela pourrait prédisposer les poulains aux blessures.

Les chevaux sont euthanasiés à la fin de l'expérimentation pour récupérer les jauges de contraintes et les analyser.

– Résultats :

Les contraintes sont plus importantes sur le membre externe de la courbe, et ce d'autant plus que le diamètre du cercle se réduit. Elles sont plus importantes sur le membre opposé au galop, qui est également le membre extérieur à la courbe au galop à juste⁵⁷. La nature du sol, son inclinaison et le poids du cavalier n'ont pas d'influence sur les contraintes exercées sur les métacarpes. Par contre, ces dernières augmentent avec la vitesse et dans les courbes. Enfin, il semble que les contraintes appliquées sur les métacarpes des yearlings soient plus importantes que celles appliquées sur les métacarpes des chevaux plus âgés.

– Remarques :

Il faut noter cependant qu'aucune P-value n'apparaît dans cette étude et que de nombreux paramètres varient simultanément. Les résultats obtenus ne sont donc ni pertinents, ni significatifs, d'autant que les mesures ont été prises sur tapis roulant (biais évoqué dans l'étude 13).

Une deuxième étude présente les modifications anatomiques pouvant résulter de contraintes inégalement réparties sur les différentes parties du corps du cheval.

➤ **ÉTUDE N° 24 : Davies et al. 2005**

- Élément testé : Asymétrie des métacarpes ;
- Effectif : 40 chevaux ;
- Race : Pur-sang ;
- Âge : 2 à 6 ans ;
- Environnement : 2 écuries de course. Une des écuries entraîne 12 chevaux aux deux mains, l'autre entraîne les 28 restants uniquement à main gauche. Les chevaux sont à l'entraînement à grande vitesse ;
- Protocole :
 - Observateur : Radiographies en vue latéromédiale des deux métacarpes gauches et médiolatérale des droits, prises à l'aide d'appareils portables ;
 - Élément observé : Variation d'épaisseur de la corticale dorsale des métacarpes en fonction de l'asymétrie de longueur de ces mêmes métacarpes ;
 - Fréquence/durée d'observation : Les radiographies et les mesures sont prises à quelques jours d'intervalle, la moyenne des deux valeurs est utilisée pour l'étude ;

⁵⁷ Cela signifie que le cheval galope sur le pied droit (il finit sa foulée par l'antérieur droit) s'il tourne à droite, et inversement s'il tourne à gauche.

- Modalités de réalisation : Les cassettes sont tenues perpendiculairement aux rayons et en contact avec le membre. La longueur des diaphyses des métacarpes est mesurée à l'aide d'une règle en plastique entre le point le plus distal de l'articulation proximale et le point le plus proximal des condyles distaux. L'épaisseur des cortex dorsal et proximal ainsi que de la médulla est prise 2,5 cm distalement au foramen nourricier⁵⁸.

D'après les études préliminaires, il existe une relation linéaire entre la vitesse à l'entraînement et les contraintes exercées sur les métacarpes. Cette contrainte est d'autant plus forte que le métacarpe est long. L'épaisseur de la corticale serait aussi d'autant plus importante que le métacarpe est long, lorsque les chevaux sont entraînés à grande vitesse. Les auteurs citent une étude réalisée sur des pur-sang en Australie dont les métacarpes droits sont significativement plus longs ($P < 0.0001$). Si la longueur induit une différence de contrainte sur ces os, une différence similaire sur les corticales dorsales de ces mêmes os devrait être observée.

– Résultats :

Une relation de proportionnalité entre l'épaisseur de la corticale au niveau de la diaphyse et la longueur du métacarpe est mise en évidence. Mais aucune association individuelle n'est faite. Dans 60% des cas, l'épaisseur de la corticale droite est supérieure ou égale à celle de la gauche. Tous les métacarpes droits sont plus longs.

Chez les chevaux de course pour lesquels les membres sont soumis à de fortes contraintes à grande vitesse, une longueur des métacarpes située entre 25 et 30 cm est associée à une épaisseur donnée de la corticale, tant à gauche ($R^2=0,23$, $P=0,002$) qu'à droite ($R^2=0,3$, $P=0,0003$). D'après les auteurs et à l'échelle de l'échantillon, les métacarpes droits sont plus longs mais aussi plus sujets aux contraintes de pliage et donc aux fractures. En effet, le remodelage induit par les contraintes ne serait pas toujours optimum et même parfois hétérogène, présentant alors des zones de moindre résistance. À l'échelle individuelle en revanche, aucune relation directe entre la longueur du métacarpe et l'épaisseur de la corticale ($P=0,58$) n'a été mise en évidence. Des paramètres individuels, indépendants des contraintes, telles que l'alimentation, la conformation ou la biomécanique propre, peuvent avoir une influence. Il ne semble pas que les chevaux habitués à être entraînés à main gauche aient une différence d'épaisseur de corticale entre les deux membres. Selon les auteurs, les contraintes dues à l'exercice ne semblent pas prédominer dans l'apparition d'une asymétrie anatomique. Ce ne seraient donc pas les exercices auxquels sont soumis les chevaux qui induiraient la mise en place de la latéralité morphologique, mais plutôt l'existence d'une latéralité biomécanique permanente, propre à chaque cheval, qui aurait un impact plus important sur la latéralité anatomique.

⁵⁸ C'est-à-dire 2,5 cm en dessous lorsque le cheval est debout.

– Remarques :

L'épaisseur de la corticale dorsale du métacarpe aurait pu être un témoin des différentiels de contraintes exercées entre les membres du cheval et ainsi permettre d'objectiver la latéralité motrice du cheval. Mais elle ne constitue pas un critère à retenir pour établir la latéralité du cheval. En effet, elle donne des résultats à l'échelle de l'échantillon et non à l'échelle de l'individu.

➤ **ÉTUDE N° 25 : Brama et al. 2000**

- Élément testé : Consistance des cartilages des boulets ;
- Effectif : 6 chevaux ;
- Race : Warmblood ;
- Âge : De 5 à 9 ans ;
- Protocole :
 - Élément observé : Comparaison de la qualité des cartilages sur les deux antérieurs ;
 - Modalité de réalisation : Les chevaux sont préalablement euthanasiés. 28 sites ont été prélevés sur chaque articulation (12 sur la première phalange, 12 sur le métacarpe et 2 sur chaque sésamoïde) en réalisant des biopsies punch de 6 mm de diamètre jusqu'à l'os sous-chondral exclu. Ils sont ensuite colorés, visualisés au microscope et soumis à une analyse de l'hydratation, des glycosaminoglycanes (GAG), de l'ADN et du collagène ;
 - Fréquence/durée d'observation : Prélèvement dans les 4 heures suivant l'euthanasie des chevaux et après une inspection visuelle des surfaces articulaires.
- Résultats :

Les inspections macroscopiques et microscopiques montrent que les cartilages sont globalement sains et que leur composition est hétérogène suivant le site de prélèvement. Cela peut être expliqué, selon les auteurs, par une répartition hétérogène des pressions et des contraintes au sein de l'articulation. Il existe également une différence significative entre la composition en eau et en GAG des boulets gauche et droit ($P < 0,001$). Il semble en effet que sur les cartilages du boulet droit, la teneur en eau et en GAG soit plus importante ($P < 0,01$). Or les auteurs rappellent que la composition en GAG augmente avec la pression, ce qui rend le cartilage plus rigide et réduit ainsi le risque de lésions.

De ces trois dernières études, il ressort que les contraintes entre les membres droit et gauche sont dissymétriques et que chez la majorité des chevaux elles sont plus importantes sur le membre droit. Cela confirme ce qui a déjà pu être annoncé, à savoir que les chevaux reportent majoritairement leur poids sur l'antérieur droit. Cela induit que dans la population équine les droitiers prédominent. Ces résultats s'opposent à ceux montrés dans la partie consacrée à la latéralité neurologique où le nombre de gauchers prédominait.

1.3.3 Expression de la latéralité anatomique au niveau de la boîte cornée

➤ ÉTUDE N° 26 : Decurnex et al. 2009

- Élément testé : Influence du travail sur la taille des pieds ;
- Effectif : 37 chevaux (dont seulement 32 chevaux ont été conservés dans l'étude) ;
- Race : Pur-sang ;
- Âge : De 2 à 3 ans ;
- Sexe : 20 pouliches, 12 hongres et 5 entiers ;
- Environnement : Entraînés dans la même écurie et de la même manière, en sens antihoraire. Le maréchal ferrant s'occupe des chevaux toutes les 3 à 6 semaines ;
- Protocole :
 - Élément observé : Circonférence des deux pieds antérieurs des chevaux à l'entraînement, mesurée au niveau de la couronne à l'aide d'un mètre ruban ;
 - Fréquence/durée d'observation : Chaque semaine les mesures sont effectuées sur 16 mois, c'est-à-dire sur deux périodes d'entraînement pour chaque cheval ;
 - Modalité : Les mesures ne sont prises que lorsque le cheval est au carré⁵⁹. Aucune mesure n'est prise sur les chevaux au repos au paddock, sachant que 60% des chevaux sont à l'entraînement en même temps.

– Résultats :

L'étude met en évidence une diminution de la circonférence du pied lors de l'exercice et une augmentation après les périodes de repos ($P < 0,0001$). Or, les auteurs rappellent que les chevaux à l'entraînement ne sortent que 5 à 6 h par semaine à la différence des chevaux au repos qui peuvent se déplacer et galoper quand bon leur semble. Ainsi, le déplacement, et donc le nombre de foulées, a une influence sur le développement et l'évasement du pied. Celui-ci semble ainsi subir beaucoup plus de contraintes en liberté.

⁵⁹ C'est-à-dire à l'arrêt, ses pieds formant un rectangle.

Il n'y a que très peu de différence significative entre les deux périodes d'entraînement (gauche $P=0,37$, droite $P=0,42$). D'après les auteurs, si le parage ne semble pas avoir d'influence sur la circonférence du pied, un bon parage peut tout de même permettre une meilleure répartition des contraintes sur le pied et une locomotion optimale du cheval. Alors qu'un mauvais parage peut avoir des conséquences néfastes en induisant un développement inadapté du pied. Selon les auteurs, les fers ne semblent pas non plus avoir d'influence sur le développement du pied.

La circonférence en couronne⁶⁰ est souvent plus importante sur le pied droit, ce qui correspond à un report de poids plus important sur le pied droit. Il y aurait donc une prédominance de droitiers. Ce résultat conduit à penser que la circonférence du pied augmente avec la contrainte c'est-à-dire lorsque le cheval y reporte le poids de son corps. Or la forme du pied et la pousse de la corne sont directement liées aux contraintes appliquées. Les chevaux présentant une boiterie chronique sont particulièrement révélateurs de ce phénomène. Ils présentent souvent un pied plus serré et plus haut sur le membre boiteux, supportant moins le poids du cheval. Le poids du cavalier et l'intensité des exercices ou la manière de les conduire pourraient-ils également influencer la taille du pied ? L'étude suivante va permettre de clarifier ce point.

➤ **ÉTUDE N° 27 : Wilson et al. 2009**

- Élément testé : Relation entre la hauteur des antérieurs et la taille globale du pied ;
- Effectif : 34 chevaux ;
- Race : « Chevaux de loisir » ;
- Âge : De 5 à 25 ans ;
- Protocole :
 - Observateur : Quelconque, mais le même pour l'ensemble des observations ;
 - Éléments observés :
 - Largeur du pied au niveau de la couronne et de la sole (évasement) ;
 - Hauteur du boulet ;
 - Longueur de l'os métacarpien III, du carpe, du coude, de la pointe de l'épaule, et de la scapula ;
 - Fréquence/durée d'observation : À 3 reprises.

⁶⁰ C'est ainsi que l'on nomme la limite entre la boîte cornée du pied et le reste du membre. Elle correspond à l'endroit où s'arrêtent les poils.

– Résultats :

L'augmentation de l'évasement du sabot gauche est corrélée négativement⁶¹ avec la longueur du métacarpe gauche (P=0,001) et la hauteur du coude gauche (P=0,001). Elle est corrélée positivement avec la hauteur du boulet droit (P=0,045), la longueur du métacarpe droit (P=0,001) et la hauteur du coude droit (P=0,007). De même, l'augmentation de l'évasement du sabot droit est corrélée négativement avec la hauteur du coude gauche (P=0,02) et positivement avec la hauteur du boulet droit (P=0,003) ainsi qu'avec la pointe de l'épaule droite (P=0,023). En résumé et selon les auteurs, l'évasement des deux pieds augmente lorsque les hauteurs de coude et de métacarpe diminuent à gauche et que celles de droite augmentent. Les mesures prises ici portent sur l'évasement du pied, mais les auteurs supposent que cet évasement est directement corrélé avec une diminution de l'angle de la boîte cornée par rapport au sol.

Une jambe courte aurait donc des sabots plus évasés (P<0,05). Ainsi, la jambe la plus courte serait aussi celle où la pression est la plus forte. Or, l'angle du pied qui supporte la plus forte pression est moins grand. Il semble que pour 59% des chevaux de l'étude, le pied gauche soit plus évasé. Le cheval appliquerait donc davantage de poids sur son membre gauche, comme il avait été conclu dans la partie traitant de la latéralité neurologique.

➤ **ÉTUDE N° 28 : Colborne et al. 2009**

- Élément testé : Répartition des centres de pression sur les quatre membres ;
- Effectif : 9 chevaux ;
- Race : Pur-sang ;
- Âge : 5 ans en moyenne ;
- Sexe : 1 jument et 8 mâles ;
- Protocole :
 - Lieu : Marcher en main au pas sur une plateforme de mesure de 60 cm sur 90cm ;
 - Élément observé : Mesure de la pression sous chaque pied ;
 - Fréquence/durée d'observation : 5 fois de suite.

⁶¹ C'est-à-dire qu'ils sont inversement proportionnels.

– Résultats :

Les auteurs écrivent que pour tous les chevaux les mouvements des postérieurs sont constants et similaires. Pour 7 des chevaux les mouvements des antérieurs sont asymétriques. Sur l'antérieur gauche le poids est porté plutôt à l'intérieur⁶² du pied. Inversement, il est porté à l'extérieur pour le pied droit ($P < 0,0001$). Pour les deux autres chevaux, le poids serait interne⁶³ sur les deux pieds. Mais aucun lien direct entre la taille des pieds et le poids du corps n'a pu être établi.

La répartition des points de pression sur les antérieurs peut aller dans le sens d'un report du poids du corps sur l'antérieur droit comme il a été vu avec les études précédentes. Ainsi, la dissymétrie anatomique des membres des chevaux témoigne de leur latéralité motrice et peut servir de point de repère pour l'établir⁶⁴.

– Remarques :

Il peut être reproché à cette étude le manque de test statistique et le faible effectif utilisé. Il en découle que les résultats ne sont pas très probants.

1.3.4 Conclusion sur la latéralité anatomique

Il semble que la conformation grandes jambes et petite tête prédispose le cheval à une latéralisation morphologique. Cela apparaît comme une évidence mécanique lorsque l'on regarde le cheval prendre sa nourriture au sol. La dissymétrie morphologique est particulièrement visible au niveau des pieds. (Van Heel et al. 2006). La latéralité motrice peut donc induire une dissymétrie anatomique, comme par exemple la répétition d'un différentiel de contraintes qui peut conduire à un épaississement hétérogène de la corticale dorsale des métacarpes du côté des contraintes les plus importantes. Le membre concerné est alors davantage sujet à des lésions osseuses (Davies et al. 2005). La latéralisation provoque également, sur le membre subissant plus de pression, une désorganisation du cartilage qui est alors de moindre qualité (Brama et al. 2000). Enfin, le pied subissant le plus de contraintes est souvent plus évasé (Decurnex et al. 2009). Pour la grande majorité des chevaux le membre le plus concerné par cette dissymétrie anatomique serait l'antérieur droit, ce qui est en contradiction avec ce qui a été vu dans la partie 1.1.3.

⁶² Sur le côté médial du pied.

⁶³ Sur le côté médial du pied.

⁶⁴ En effet, la locomotion asymétrique du cheval induit en permanence des différentiels de pression qui, à long terme, induisent des dissymétries anatomique et morphologique visuellement objectivables.

1.4 Conclusion sur les connaissances actuelles de la latéralité motrice

La latéralité neurologique gouvernée par les gènes, semble être le fondement de la latéralité globale du cheval. Celle-ci s'exprime à différents niveaux, d'abord sensoriel puis morphologique sous l'influence de la biomécanique du cheval. Cette asymétrie motrice est ressentie par le cavalier, mais souvent modifiée par sa latéralité et sa biomécanique propres. La question n'est donc pas de savoir quel cheval faut-il pour quel cavalier ? Mais comment le cavalier peut-il maîtriser au mieux sa propre asymétrie et composer avec celle du cheval ? Ensuite, même si la tendance n'est pas évidente dans la recherche bibliographique, il semble ressortir que les chevaux droitiers sont majoritaires. Enfin, il semble que la latéralité motrice commence à s'exprimer de manière objectivable entre 12 et 18 mois et qu'elle soit installée à partir de 2 ans, ce qui me semble être l'âge idéal à partir duquel les poulains peuvent être testés.

2. Définition de la latéralité motrice du cheval

2.1 Définitions existants dans la littérature

G. Azmar a défini en 1975 la latéralité chez l'Homme comme étant « les caractères et les états des asymétries fonctionnelles observées au niveau des éléments corporels (main, œil, pied) et qui se traduisent par une prévalence d'un élément sur son homologue lors de conduites spontanées ou dirigées ». Il définit également la latéralisation comme étant « les processus sur lesquels reposent l'orientation et l'organisation de la prévalence, que ces processus soient d'origine interne (facteurs maturationnels, neurobiologiques et neuropathologiques) ou externe (expériences motrices du sujet, pressions socioculturelles) ». (Dailly, 1984)

La latéralisation s'établit donc avec la maturation de l'organisme. Même si une influence de l'environnement est possible, la latéralité est unique, déterminée génétiquement lors de la croissance embryonnaire et présente dès la naissance.

La latéralité peut être décomposée en latéralité morphologique et en latéralité neurologique qui elle-même se subdivise en latéralités motrice (ou fonctionnelle) et sensorielle. Toutes ces latéralités sont interdépendantes et présentes chez un même cheval à des degrés divers, mais il est important de noter qu'elles ne vont pas obligatoirement toutes dans le même sens.

La latéralité sensorielle se caractérise par la prédominance de l'utilisation d'un côté de l'organe sensoriel⁶⁵ dans une situation particulière. C'est ainsi, par exemple, qu'ont été mis en évidence chez l'homme un œil directeur et un œil moteur, utilisés chacun dans une situation bien particulière.

D'un point de vue moteur, chez 70 à 80% des mammifères supérieurs, l'hémisphère dominant serait l'hémisphère gauche (qui contrôle l'hémicorps droit)⁶⁶. Le fait d'être latéralisé conférerait un avantage à un individu par rapport à celui qui ne serait pas latéralisé⁶⁷. Elle permet la séparation des tâches de l'intégration cérébrale. Ainsi chez l'homme, il a été démontré que les gauchers ont une meilleure mémoire auditive alors que

⁶⁵ Lorsque celui-ci est composé d'une partie droite et d'une partie gauche.

⁶⁶ Il existe une latéralité des mouvements en fonction de la zone correspondante au cortex moteur. Par exemple, pour être précis, le lancer se fait à l'amble (comme aux fléchettes). Par contre si l'on recherche la puissance, c'est l'inverse, comme lors du lancer du javelot.

⁶⁷ Une étude s'est intéressée à des poussins. Elle a montré que les poussins latéralisés sont plus efficaces que les poussins non latéralisés car cela permet à chaque hémisphère cérébral de contrôler une action. Plusieurs tâches peuvent alors être réalisées simultanément. (Lesley et al. 2000)

pour les droitiers c'est la mémoire visuelle qui prédomine (Chaudhary et al. 2009)⁶⁸. Cela rappelle le lien existant entre la latéralité motrice et la latéralité neurologique.

Jack Murphy redéfinit en 2005 la latéralité comme : « l'occurrence de la réalisation d'un geste de manière unilatérale ». Il est donc important de garder à l'esprit que la latéralité correspond à une utilisation prédominante et non pas exclusive d'un membre.

Le cheval étant un quadrupède, il est difficile de savoir comment se traduit sa latéralité. Doit-elle être considérée plutôt sur l'avant ou sur l'arrière-main ? Ainsi G. Azmar propose trois façons d'étudier la latéralité : la latéralité antérieure, la latéralité postérieure, et la latéralité oculaire. Comme la latéralité oculaire tient davantage de la latéralité sensorielle, elle ne sera pas traitée ici. Par contre, pour ce qui est de la latéralité motrice, doit-on plutôt étudier une dissymétrie antérieure ou postérieure ?

Les postérieurs sont particulièrement sollicités lorsque l'on travaille à cheval⁶⁹. L'avant-main est plutôt impliquée dans l'incurvation, lors de déplacements latéraux ou encore lorsque l'on demande au cheval d'élever ses allures. Il ne faut donc se limiter ni à l'arrière-main du cheval, ni à son avant-main pour étudier sa latéralité.

Un grand nombre de remarques et d'observations, pouvant aider à comprendre ce qui se passe à cheval, ont été proposées par des professionnels du cheval.

À la longe :

Podhajsky (directeur de l'école d'équitation de Vienne et médaillé olympique en dressage) remarque dans son livre que la majorité des chevaux est plus facile à longer⁷⁰ à gauche et que certains sont même réticents à être longés à main droite.

À cheval :

- Les épaules

Michel Robert (cavalier international de Concours de Saut d'Obstacle et membre de l'équipe de France) remarque lors du congrès Ain formation cheval⁷¹ de 2008 que les chevaux ont tendance à s'échapper plutôt d'un côté (propre à chacun) en utilisant une épaule plutôt que l'autre.

⁶⁸ Dans certains sports comme l'escrime ou le tennis, les gauchers sont favorisés car l'inversion de leur latéralité par rapport à la majorité de la population leur permet d'avoir d'autres atouts dans certaines situations. (Brullebaut et al. 1981)

⁶⁹ La mise au galop est initiée par un des deux postérieurs par exemple, ou bien aussi à l'obstacle car il est préférable d'avoir un cheval sur les hanches pour préparer le saut.

⁷⁰ Lorsque que l'on travaille un cheval à pied en général sur un cercle en le tenant à l'aide d'une longe

⁷¹ Congrès s'adressant aux professionnels du cheval.

- L'incurvation

À cheval, une asymétrie de la latéroflexion se constate en ligne droite. De plus, le cheval tourne souvent plus facilement d'un côté. Du côté où le cheval est le moins à l'aise, il est plus rigide. Le cavalier est également moins à l'aise à cette main car la colonne vertébrale du cheval est plus rigide. D'après Michel Robert, le côté le plus souple serait celui où tombe la crinière.

- Les postérieurs

Généralement l'un des postérieurs est plus faible, il a moins d'énergie et moins de masse musculaire. Lorsqu'il vient sous la masse du cheval il provoque l'enfoncement du cavalier dans sa selle. Cela peut accentuer une éventuelle douleur dorsale de l'animal⁷². D'après Michel Robert c'est le postérieur gauche qui serait généralement le plus faible.

Pour Waldemar Seunig, auteur de référence en équitation, la latéralité se traduit lors du travail par une fuite du postérieur le plus faible qui se soustrait à la contrainte en allant de côté plutôt que de s'engager sous la masse.

Enfin, Dreyhausen, instructeur d'équitation dans l'armée au cours du siècle dernier, disait que de nombreux chevaux ont tendance à marcher de biais avec les hanches décalées vers la droite. Ils fléchissent le postérieur droit plus que le gauche et donnent moins de propulsion vers l'avant à droite.

La propulsion de la masse est donc assurée surtout par le postérieur gauche plus puissant. Cela a été mesuré dans un travail de Kévin Aujol réalisé à l'École Nationale d'Équitation en 2007, au cours duquel il a montré que les vecteurs à gauche au niveau des postérieurs sont plus importants.

À présent que le point a été fait sur les différentes facettes de la latéralité du cheval et leur traduction à cheval, il est possible d'en faire un bilan et de proposer un schéma du cheval droitier par exemple.

2.2 Proposition de définition d'un cheval latéralisé

La prédominance d'un type de cheval (gaucher ou droitier) dans la population équine n'est pas facile à établir, car en fonction des études et du test réalisé, les tendances s'inversent. De plus, ce que certains qualifient de cheval gaucher sera défini comme droitier par d'autres. Des caractéristiques théoriques d'un cheval entièrement droitier ont été

⁷² Les zones douloureuses sont remarquables chez un cheval, car, comme elles travaillent en général moins musculairement, cela conduit à une amyotrophie. Elle est alors un témoin et permet de localiser une douleur chez le cheval.

établies cependant⁷³. La synthèse de tous les éléments trouvés dans la littérature conduit à émettre l'hypothèse suivante :

Un cheval droitier est un cheval qui :

- a une facilité d'incurvation à gauche ;
- avance préférentiellement l'antérieur gauche ;
- part plus facilement au galop sur le pied droit ;
- est plus dur dans la bouche à droite ;
- tombe plutôt à droite ;
- a son postérieur gauche plus faible (qui a du mal à s'engager sous la masse) ;
- a la pointe de sa hanche gauche plus en avant⁷⁴ (parascoliose gauche d'après Yves Guillard, cela sera expliqué dans la suite) ;
- se traverse à gauche sur un cercle à main droite ;
- réduit la cadence lorsqu'il passe d'une incurvation gauche à une incurvation droite.

Enfin certains ont mis en évidence une relation entre l'épi de la tête ou la taille des membres et la latéralité chez l'homme. Par exemple, les droitiers ont des muscles à droite plus développés qu'à gauche. Il s'agit d'une résultante de la latéralité neurologique. En effet, si un membre est davantage sollicité que l'autre, il augmentera sa masse musculaire⁷⁵. Mais la latéralité neurologique est difficile d'accès. Il est plus judicieux de considérer la latéralité morphologique qui est directement mesurable. Ainsi, un cheval droitier aura plutôt :

- un épi en tête dans le sens horaire ;
- la crinière à gauche⁷⁶ ;
- un pied droit plus large, la corticale du métacarpien droit plus épaisse, et un métacarpien droit plus long (le poids repose plutôt sur l'antérieur droit).

Toutes ces observations conduisent à penser que la latéralité d'un individu, quelle que soit son espèce, ne peut être déterminée de façon correcte à travers un test unique. Il convient donc de définir un ensemble de tests sur au moins trois items : la latéralité morphologique, fonctionnelle et sensorielle. De plus, la latéralité n'est pas une notion binaire. Il paraît plus pertinent de considérer la latéralité sur une échelle qui pourrait aller par exemple, de -100 pour les gauchers purs à +100 pour les droitiers purs⁷⁷.

⁷³ La dénomination de droitier a été choisie ici car elle paraît être en accord avec le plus grand nombre.

⁷⁴ Parascoliose gauche d'après Yves Guillard, cela sera expliqué dans la partie II correspondante.

⁷⁵ Plus ce membre sera puissant, plus il sera tentant de s'en servir, c'est un peu un cercle vicieux.

⁷⁶ Sur proposition du cavalier qui a donné l'idée à Isabelle Burgaud du sujet de ma thèse. Et parce qu'on en entend souvent parler comme critère de latéralité chez le cheval. Mais cela n'a jamais été étudié à ma connaissance.

⁷⁷ Sur la même idée que le protocole établi pour l'homme en Annexe 1.

2.3 Orientation de la méthode expérimentale

La latéralité semble donc être l'expression du code génétique. Celui-ci détermine une utilisation asymétrique de l'encéphale. Le message nerveux étant alors latéralisé, l'organisme répond de manière asymétrique, tant sur le plan sensoriel que sur le plan moteur. L'élément principalement retenu pour l'élaboration de ce protocole est l'induction d'une biomécanique dissymétrique à l'origine d'une asymétrie anatomique. Ces deux derniers paramètres sont intéressants dans l'étude de la latéralité motrice du cheval, car ils représentent un moyen objectif, puisque mesurable, d'accéder à la latéralité. Il est également nécessaire de rappeler que la latéralité ne sera pas établie de façon binaire, mais bien sur une échelle variant du gaucher parfait au droitier parfait.

Toutes les études issues de la bibliographie ont cherché à mettre en évidence la latéralité à différents niveaux à l'aide de tests très variés.

- Latéralité du comportement :
 - réaction en fonction de la zone d'approche du corps par une personne ;
 - narine utilisée ;
 - œil utilisé ;
 - temps nécessaire avant d'entrer en contact avec un objet.

- Latéralité du geste :
 - antérieur en protraction pour brouter en pâture ;
 - postérieur soulagé ;
 - membre utilisé en premier lors de déplacements de troupeaux ;
 - test de préférence (McGreevy et al. en 2005) : la distance entre les deux antérieurs est observée lorsque le cheval mange une friandise placée au sol ;
 - pied qui initie le déplacement au pas ou au trot ;
 - côté par lequel le cheval contourne un obstacle pour atteindre un poney attaché à l'opposé de l'obstacle ;
 - sens dans lequel le cheval commence à se rouler après une séance de travail ;
 - qualité du galop ;
 - fréquence du galop ;
 - durée du galop ;
 - pied choisi principalement pour le galop ;
 - pied au départ de la course de galop ;
 - transition trot/galop ;
 - changement de pied lors d'une course de galop ;
 - différence entre les foulées d'un galop à droite et celles d'un galop à gauche ;

- nombre de fois où le cheval se désunit ;
- pied initiant le saut du 2^{ème} obstacle d'un double au galop en liberté ;
- antérieur qui se présente en premier lors de la mise bas ;
- côté préféré du poulain pour téter sa mère ;
- incurvation naturelle.

- Latéralité dans l'équitation :

- différence de longueur des jambes des cavalières ;
- rotation axiale du tronc de la cavalière ;
- amplitude de déplacement des épaules de la cavalière ;
- report du poids du cavalier ;
- tensions sur les rênes.

- Latéralité dans l'anatomie :

- sens de rotation de l'épi en tête ;
- répartition des pressions entre les deux antérieurs ;
- distance entre le centre de pression et la pince ;
- contraintes sur les deux métacarpes ;
- variation d'épaisseur de la corticale dorsale des métacarpes en fonction de l'asymétrie de longueur de ces mêmes métacarpes ;
- comparaison de la qualité des cartilages sur les deux antérieurs ;
- circonférence des deux pieds antérieurs au niveau de la couronne ;
- largeur du pied au niveau de la couronne et de la sole ;
- hauteur en talon et en pince ;
- hauteur du boulet ;
- longueur des différents segments des antérieurs ;
- mesure de pression sous chaque pied.

La description d'un cheval droitier étant posée et une liste de différents tests établie, il devient possible de mettre en place un protocole pour établir la latéralité d'un cheval donné. Parmi ceux qui ont été énoncés, différents paramètres ont été retenus pour tester la latéralité, d'une part pour leur facilité de réalisation par quiconque et d'autre part en raison de leur pertinence :

- côté de la crinière ;
- sens de rotation de l'épi en tête ;
- côté où le cheval s'incurve le mieux ;
- pied sur lequel le cheval part le plus facilement au galop ;
- côté de la bouche du cheval où le cavalier sent une résistance ;
- côté vers lequel un changement de direction induit un ralentissement de la cadence.

L'étude bibliographique indique qu'il est important de réaliser les tests sur des chevaux matures de plus de deux ans, non montés pour s'affranchir de l'influence du cavalier sur la latéralité motrice du cheval. Il est préférable de même de limiter les races utilisées pour réduire les variations génétiques induites par ce caractère. Il est également important de réaliser les expériences dans un endroit calme et sans stimulus visuel extérieur pour ne pas agir sur l'émotivité du cheval. C'est sur ces bases qu'un protocole a pu être mis en place pour déterminer la latéralité motrice du cheval.

**Partie II : Mesures expérimentales en vue de la
détermination d'une latéralité chez le cheval**

L'objectif de cette expérimentation est de mettre en évidence l'éventuelle présence d'une latéralité chez le cheval et, si elle existe, d'établir un protocole simple pour la déterminer.

- Élément testé : La latéralité motrice du cheval

1. Les chevaux étudiés

Il a été décidé, dans cette étude, d'établir un état des lieux spécifique au moment de la prise des mesures, afin de vérifier si les chevaux engagés dans cette expérience présentaient effectivement une latéralité.

- Effectif : 31 chevaux d'instruction de l'École Nationale d'Équitation (ENE) ;
- Race : 2 anglo arabe, 1 KWPN⁷⁸, 1 cheval de selle et 27 selle français ;
- Âge : 7 à 12 ans ;

Les chevaux sélectionnés ont tous plus de 7 ans car à cet âge ils sont stabilisés dans leur travail et leurs allures. Par contre ils ont moins de 12 ans pour que leurs allures ne soient pas trop perturbées par des lésions ostéo-articulaires dégénératives ;

- Sexe : 15 juments et 16 hongres ;
- Environnement :

L'échantillon retenu est considéré comme homogène du point de vue du travail et du mode de vie. Les chevaux sont arrivés dans les écuries de formation à l'âge de 3-4 ans. Depuis ils ont tous les mêmes conditions de vie. Ils vivent dans des boxes semblables, dans une même écurie avec des litières comparables, ils sont nourris aux mêmes heures, de la même façon, avec le même aliment, et l'abreuvement est identique.

Tous sortent entre une et deux heures par jour pour travailler. Du point de vue de l'utilisation sportive le lot est homogène, avec autant de chevaux de chaque discipline (dressage, concours complet ou saut d'obstacle).

Comme les chevaux d'instruction sont montés par différents cavaliers, ces derniers risquent moins d'influencer la latéralité des chevaux. La latéralité du cavalier peut en effet induire des restrictions de mouvement comme l'ont montré les études 12 et 15, et modifier à l'usage la locomotion du cheval. Le facteur humain pouvant influencer la latéralité propre du cheval ne devrait pas interférer sur ces tests d'autant qu'ils se font en l'absence de cavalier.

⁷⁸ Race de cheval de sport hollandais.

Ne sont sélectionnés que les chevaux ne présentant pas de problème locomoteur clinique qui pourrait fausser les résultats. Ils sont en effet régulièrement suivis par le service vétérinaire de l'école d'équitation et leurs allures sont évaluées lors des prises de mesures. Ceux qui boitent ont été écartés.

2. Différentes méthodes d'évaluation de la latéralité

Les 31 chevaux de cette étude vont être soumis à 4 approches de la latéralité :

- Des mesures accélérométriques de la latéralité permettant de la quantifier ;
- Un questionnaire remis au cavalier qui témoignera de ce qu'il connaît de la biomécanique de son cheval ;
- Des tests cliniques réalisés afin de parvenir à déceler l'incurvation naturelle du cheval ;
- Un test ostéopathique : la torsion physiologique.

2.1 Capteurs Equimetrix (Barrey 1994)

Equimetrix a été proposé et prêté par Sophie Biau suite à l'étude réalisée par Kévin Aujol à l'ENE en 2007. Les vecteurs relevés par le système Equimetrix dans cette dernière étude avaient une plus forte intensité à gauche, ce qui traduit une asymétrie dans la locomotion des chevaux. L'idée a donc été d'utiliser les capteurs accélérométriques pour explorer l'hypothèse de l'existence d'une latéralité motrice chez le cheval et d'établir l'aptitude de ce dispositif à déterminer la latéralité motrice.

– Protocole :

- Acteur : Connu, soigneur ;
- Lieu : Connu, allée calme de l'école, rectiligne avec un sol régulier et plat en goudron ;
- Élément observé : Relevé des capteurs accélérométriques ;
- Fréquence/durée d'observation : 1 aller-retour par cheval.
- Modalités :
 - Test réalisé sur chevaux non montés :

Le soigneur mène le cheval en longe en ligne droite sur 50 mètres. L'aller se fait au pas, le retour au trot. La longe est tenue longue pour que le cheval soit influencé le moins possible.

- Fixation des capteurs :

Le système mis au point par Éric Barrey est composé d'un boîtier d'enregistrement de fréquences d'acquisition de 100 Hz et d'un capteur 3D comportant 3 accéléromètres moulés ensemble.

Le boîtier et le capteur sont fixés à une sangle ajustée sur le cheval de telle sorte que le capteur soit plaqué contre le sternum. Cette zone anatomique correspond à une surface plane proche du centre de gravité du cheval. Ainsi placé le capteur détecte très précisément les déplacements du cheval dans l'espace et permet d'enregistrer ses mouvements dorso-ventraux, cranio-caudaux et latéraux.



Photographie 1 : Sangle munie du dispositif Equimetrix ajustée au cheval.



Photographie 2 : Capteur centré sur le sternum.

2.2 Le questionnaire (Annexe 2)

Les remarques sur la locomotion générale du cheval sont consignées sur le questionnaire remis au cavalier.

– Protocole :

○ Éléments observés :

Ce questionnaire permet d'enregistrer les commémoratifs⁷⁹ sur le cheval :

- Discipline ;
- Côté de la crinière ;
- Sens de l'épi en tête ;

Et d'autre part le ressenti du cavalier :

- Avis général sur son cheval ;
- Incurvation de son cheval : s'il le sent plutôt incurvé à droite ou à gauche ;
- Galop : à quelle main le cheval présente plus de facilité à partir au galop ;
- Résistance dans la bouche : s'il a noté une résistance plus importante d'un côté que de l'autre dans la bouche de son cheval ;
- Ralentissement de la cadence lors de changements de main et à quelle main il est le plus marqué.

2.3 Le test clinique

– Protocole :

○ Éléments observés :

Selon le protocole de mobilisation décrit par JM Denoix dans son livre *Approche de la kinésithérapie du cheval*, qui consiste en trois tests pour évaluer la flexibilité de l'axe vertébral :

- **Test de latéoflexion et rotation combinées en région cervicale crâniale et caudale.** La latéoflexion vertébrale (rapprochement des apophyses transverses du côté concave) n'intervient en effet jamais seule. Elle est toujours accompagnée d'une rotation axiale des vertèbres les unes par rapport aux autres (décalage de l'apophyse transverse par rapport au plat des apophyses transverses voisines).

Pour cela une carotte est déplacée en direction de l'épaule au-dessus de la pointe du coude puis en direction du pli du grasset⁸⁰. Cette manipulation va

⁷⁹ C'est-à-dire l'histoire du cheval.

⁸⁰ Attiré par cet appât il va ainsi tourner la tête avec l'incurvation désirée.

ouvrir les foramens intervertébraux du côté de la convexité - soit du côté opposé à la carotte, et étirer les muscles cervicaux dorsaux et intertransversaires.

Cela permet de noter une restriction de mobilité au niveau des cervicales à droite ou à gauche.

- **Test de latéroflexion et rotation combinées thoraco-lombaire.** Pour déclencher une latéroflexion gauche il faut exercer une stimulation cutanée simultanément en deux points : latéralement, à la pointe de l'ischium droit et en regard des dernières côtes à gauche. À droite, la stimulation sera exécutée de manière symétrique (pointe de l'ischium gauche et dernières côtes droites).
- **Test de la mobilité sacro-iliaque.**

Une pression digitale ponctiforme unilatérale est appliquée au niveau de l'articulation sacro-iliaque à gauche, puis à droite, pour stimuler une extension de la région correspondante.

- **Fréquence/durée d'observation:** L'ensemble des tests est réalisé deux fois à gauche puis deux fois à droite par le même opérateur afin de garder une constance dans les manipulations. Une fois tous les tests réalisés ils sont repris mais en commençant cette fois par la droite. Cela permet d'éviter un biais si le mouvement à gauche libère le côté droit et inversement, ou de s'assurer que l'exercice a été bien compris par le cheval.

2.4 Tests ostéopathiques

Avant de commencer il convient de rappeler quelques hypothèses de travail. Tout d'abord, le Mouvement Respiratoire Primaire ou MRP, décrit par Sutherland au début du XX^{ème} siècle, est un mouvement initié au niveau du crâne, plus particulièrement au niveau de l'os sphénoïde, clé de voûte des articulations intracrâniennes. Dans cette hypothèse, l'os sphénoïde permet la transmission des mouvements crâniens à toute la colonne vertébrale puis à tout l'organisme. Sa fréquence, d'une dizaine de mouvements par minute, est suivie par tous les tissus de l'organisme. Le MRP commence dès le quatrième mois de gestation. Un cycle complet comprend une flexion et une extension, encore appelés inspiration et expiration, en rapport avec le terme de respiration. (Guillard, 2013)

Lors de la flexion, la symphyse sphéno-basilaire⁸¹ entraîne une descente des fascias⁸² en rotation externe (pour se représenter ce mouvement, il faut penser à l'image d'une fontaine dont l'eau est projetée vers le haut et retombe vers le sol). En extension, les fascias remontent en rotation interne (chemin inverse).

⁸¹ Articulation du crâne située à sa base.

⁸² Tissus fibro-élastiques qui recouvrent ou enveloppent une structure anatomique.

Dans une seconde hypothèse de travail, il semble exister un troisième axe de rotation antéropostérieur passant par l'ombilic autour duquel cette symphyse serait en rotation. En flexion, cette rotation se fait dans le sens des aiguilles d'une montre et elle s'annule en extension. De plus, lors de la flexion de l'articulation sphéno-basilaire, le gros intestin tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. C'est cette dernière rotation qu'Yves Guillard a appelée « torsion physiologique ». Cela reste une théorie émise par ce dernier et bien qu'aucun article scientifique appuyé sur des tests statistiques n'ait été écrit, elle résonne assez bien avec la théorie de la latéralité motrice du cheval car elle permet d'expliquer en partie les asymétries anatomiques et de locomotion observées lors des tests précédents. Il peut donc être intéressant de déceler à partir de ce travail un lien possible entre la torsion physiologique et la latéralité motrice du cheval. Suivant l'orientation de la torsion physiologique, on parle de parascoliose droite ou de parascoliose gauche. Cependant, aucune étude scientifique ne permet d'établir la limite entre une parascoliose physiologique et une parascoliose pathologique.

– Protocole :

- Acteur : Inconnu, moi-même ;
- Lieu : Connu, box ;
- Élément observé : Sens de la torsion physiologique ;
- Fréquence/durée d'observation : Une seule fois.

Les mains sont posées sur chaque pointe de la hanche, et le mouvement de torsion proposé est noté 1 pour une parascoliose⁸³ à droite et -1 pour une parascoliose à gauche.



Parascoliose gauche



Parascoliose droite

Photos Bernard Bruges-Renard

Photographie 3 : Illustration des parascolioses (Guillard. 2013).

⁸³ Pointe de la hanche droite plus en avant = parascoliose droite.

3. Description des variables

3.1 Relevés Equimetric : variables quantitatives continues

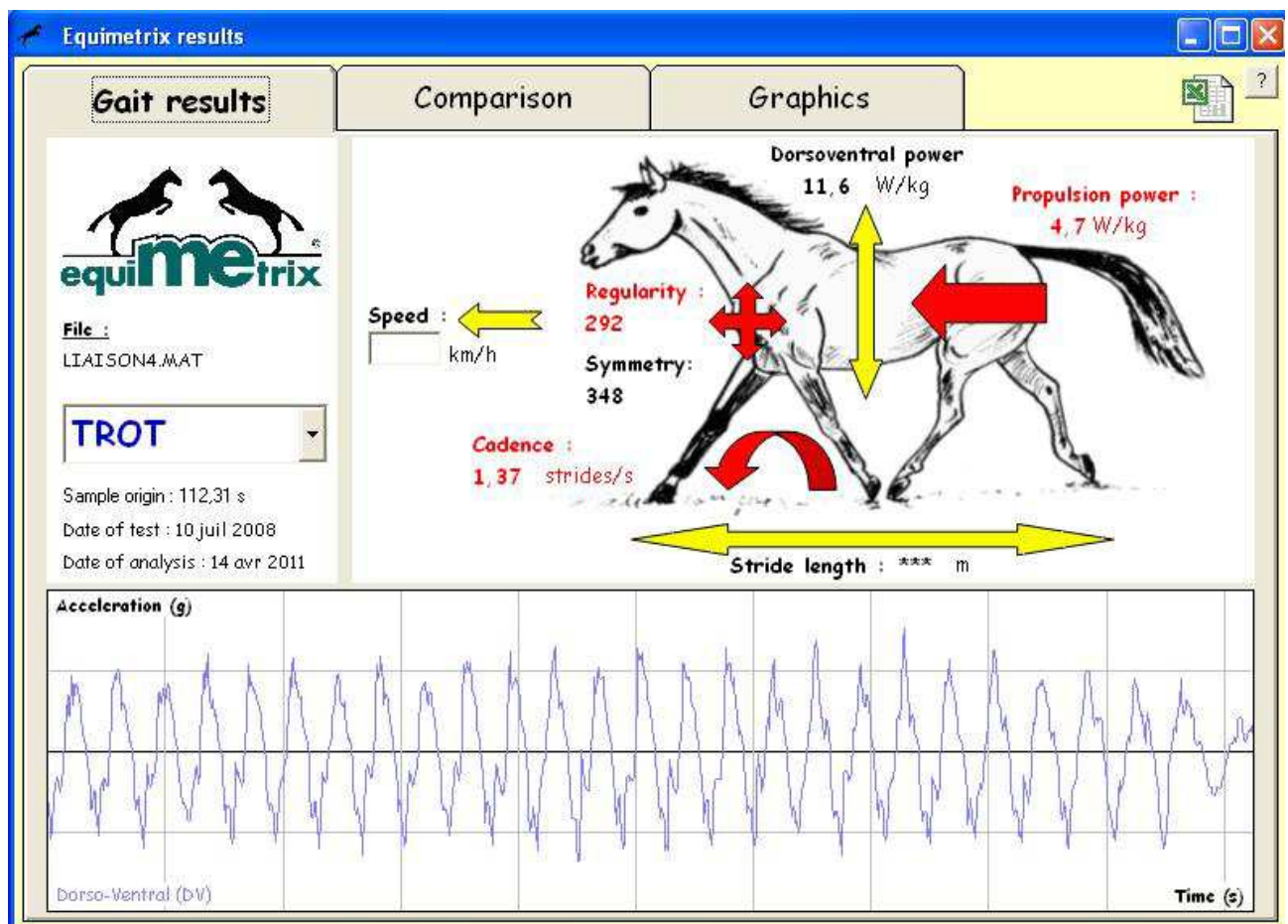


Figure 6 : Exemple de relevé Equimetric.

- La fréquence (ou cadence) : donne le nombre de foulées du cheval par seconde, elle est exprimée en cycles par seconde et traduit le rythme des foulées.
- La symétrie : compare les composantes droite et gauche de la foulée. Elle peut traduire une boiterie. Elle est au maximum de 350 pour un cheval parfaitement symétrique. De la même manière le logiciel standardise les valeurs à partir de cette valeur sur le lot testé.
- La régularité : mesure la constance de l'amplitude du déplacement dorsoventral entre les foulées successives. Elle traduit une possible modification de la foulée au cours du temps. Elle est étalonnée de façon arbitraire par le logiciel entre 0 et 450 (450 correspondant à un cheval parfaitement régulier). Il s'agit d'un score normalisé établi

par le logiciel qui a pour objectif de quantifier la répétitivité des accélérations dorso-ventrales de l'échantillon choisi.

- Le déplacement dorsoventral : amplitude en centimètres entre le point le plus haut et le point le plus bas de la trajectoire du capteur.
- La puissance dorsoventrale : puissance mécanique instantanée moyenne développée par le cheval sur la verticale (vecteur force dorsoventrale multiplié par vecteur vitesse dorsoventrale). Elle exprime l'effort du cheval à s'élever. En tant que puissance massique elle s'exprime en Watts par kilogramme et traduit la capacité du cheval, identifié à sa masse, à développer une puissance.
- La puissance de propulsion : puissance mécanique instantanée moyenne développée par le cheval de l'arrière vers l'avant (vecteur force horizontale multiplié par vecteur vitesse horizontale). Elle témoigne à la fois de l'effort de propulsion et de freinage du cheval. Elle s'exprime en Watts par kilogramme.
- La puissance médiolatérale : puissance mécanique instantanée moyenne développée par le cheval de droite à gauche ou de gauche à droite (vecteur force latérale multiplié par vecteur vitesse latérale). Elle renseigne sur l'effort vers la droite ou vers la gauche. Elle s'exprime en Watts par kilogramme.
- La puissance totale : moyenne des trois puissances. D'un point de vue équestre, elle représente l'amplitude et la rapidité des mouvements dans chacune des dimensions. Elle s'exprime en Watts par kilogramme.
- Caractéristiques de la force de poussée à gauche :
 - Module G : moyenne des modules (longueur) des vecteurs accélérométriques vers la gauche. Il traduit la puissance développée à gauche par le cheval identifié à sa masse. Elle est exprimée en grammes.
 - Temps G : temps moyen que passe le cheval en appui à gauche. Il est exprimé en pourcentage du temps total de la foulée.
 - Angle G : moyenne des angles à gauche, c'est-à-dire, angle entre l'horizontale du côté gauche (angle zéro) et le vecteur accélérométrique à gauche. Il donne la direction de la force développée à gauche.

Le raisonnement est identique à droite. Le zéro de l'angle restant le même.

3.2 Questionnaire

3.2.1 Commémoratifs : variables qualitatives discontinues

- Discipline : Concours de Sauts d'Obstacles (CSO), Concours Complet d'Équitation (CCE), Dressage.
- Crinière : côté de l'encolure où tombe la crinière, notée 2 à droite et -2 à gauche, ou 1 et -1 si elle tombe en majorité respectivement à droite ou à gauche.
- Épi : seuls les chevaux ayant un seul épi en tête sont retenus comme cela a été fait dans l'étude de Murphy en 2008. Il est noté -1 s'il tourne dans le sens trigonométrique ou antihoraire, 1 dans le sens horaire et 0 s'il est radial.

3.2.2 Ressenti du cavalier : variables quantitatives discontinues

(Norme : -1 pour gauche, 1 pour droite)

- Incurvation : côté où le cheval s'incurve le mieux.
- Galop : pied sur lequel le cheval part le plus facilement au galop.
- Dureté bouche : côté de la bouche du cheval où le cavalier sent une résistance et où la force de tension sur la rêne est la plus importante.
- Cadence ralentie : côté vers lequel un changement de direction induit un ralentissement de la cadence.
- Globale : sentiment général du cavalier sur son cheval, lui permettant de dire qu'il est plutôt gaucher ou plutôt droitier.

3.3 Tests cliniques et ostéopathiques

- **LFCCrG** : test de latéroflexion et rotation combinées en région cervicale crâniale vers la gauche. Un 0 est noté s'il n'y a pas de réponse⁸⁴, 1 si la réponse est timide et 2 en cas de réponse franche. Ce barème est également appliqué aux 3 variables ci-après. Une autre variable plus globale est calculée pour simplifier l'interprétation des statistiques : LFCCr = LFCCrG + LFCCrD).
- **LFCCdG** : test de latéroflexion et rotation combinées en région cervicale caudale vers la gauche.
- **LFCbG** : test de latéroflexion et rotation combinées thoraco-lombaire vers la gauche.
- **Sacro-iliaque G** : mobilité de l'articulation sacro-iliaque à gauche.
La réflexion est similaire pour la droite.
- **Torsion** : sens de la torsion physiologique. Notée 1 si elle va vers la droite, et -1 vers la gauche.

4. Analyse statistique

4.1 Préliminaires à l'analyse statistique

Toutes les variables du test Equimetrix, du questionnaire au cavalier, de l'examen clinique et des tests ostéopathiques sont soumises à analyse statistique. Avant de commencer l'étude statistique sur l'effectif de 31 chevaux, il faut préciser que 2 valeurs quantitatives anormales ont pu être observées (en gris dans l'Annexe 3 : la variable « P_temps D » du cheval 18 et dans l'Annexe 4 : la variable « T_angle D » du cheval 17). Ces deux valeurs seront considérées dans l'étude comme valeurs manquantes, au même titre que celles pour lesquelles il n'y a pas de résultat. Ces dernières concernent les variables qualitatives pour lesquelles aucune réponse n'a pu être obtenue. Pour les variables relatives à l'équitation, cela est dû à l'absence du cavalier et pour les tests de mobilisation, à un manque de coopération du cheval.

D'après l'Annexe 6, toutes les variables semblent suivre une loi normale⁸⁵, à l'exception de la variable « T_Déplacement_Dorsoventral », qui ne sera donc pas incluse dans l'analyse statistique. De même, la variable « P_Puissance_Médiolatérale » sera exclue car elle ne varie que très faiblement d'un cheval à l'autre (Annexe 3).

⁸⁴ Cheval qui ne se plie pas.

⁸⁵ Car la forme des courbes observées sont proches de celle d'une cloche renversée.

4.2 Tests utilisés pour l'analyse statistique

L'analyse statistique est réalisée avec l'aide de M. Vincent Auvigné et du logiciel Epi Info™ 3.5.4 (Epi Info™ Help Desk Centers for Disease Control and Prevention 1600 Clifton Rd, Mail Stop E-91, Atlanta, GA 30333). Trois tests différents sont utilisés :

- La régression linéaire pour étudier les variables continues issues d'Equimetrix entre elles ;
- Le test de Fisher pour étudier les variables discontinues issues du questionnaire, des tests cliniques et ostéopathiques entre elles ;
- Le test de Wilcoxon pour confronter les variables continues et discontinues.

4.2.1 Régression linéaire (Annexe 9)

Les variables continues mesurées par Equimetrix sont traitées entre elles par une régression linéaire qui est un outil statistique permettant d'étudier les relations entre deux variables quantitatives continues. Trois paramètres principaux décrivent les résultats d'une régression linéaire :

- La P-value est la probabilité que la différence observée soit due au hasard. Du fait de l'impossibilité d'écarter avec certitude le fait du hasard, un seuil de 5% de chance que la différence observée soit due au hasard est fixé. C'est son examen en priorité qui permet de retenir les corrélations significatives. Une corrélation significative est donc admise lors que la P-value est inférieure à 0,05 ($P < 0,05$).
- R^2 , appelé coefficient de détermination, donne la force de la corrélation entre les deux variables choisies. Plus il est proche de 1, plus la corrélation mise en évidence est significative.
- Le coefficient directeur de la droite de régression. S'il est positif les deux variables corrélées évoluent dans le même sens, s'il est négatif, elles évoluent en sens contraire.

Selon cette règle le nombre de corrélations significatives observées est important du fait des nombreux tests effectués. Afin d'améliorer la précision des résultats statistiques, 3 seuils sont définis pour partager les cas où 5% des corrélations trouvées peuvent être dues au hasard :

- Un premier seuil relatif aux variables faiblement corrélées pour des $P < 0,05$ et des $R^2 > 0,14$;
- Un deuxième seuil pour les variables modérément corrélées pour des $P < 0,01$ et $R^2 > 0,22$;
- Un troisième seuil pour les variables fortement corrélées pour $P < 0,001$ et $R^2 > 0,35$.

28 variables continues ont été testées. Dans le tableau des résultats (Annexe 9) les 40 corrélations dont la P-value est inférieure à 0,05, sont considérées comme significatives et mises en évidence par des codes couleur identiques pour tous les tests. Les coefficients directeurs négatifs sont colorés en bleu et les positifs en orangé.

4.2.2 Test de Fisher (Annexe 12)

Le test de Fisher est utilisé pour étudier la relation entre les variables issues du questionnaire, des tests cliniques et ostéopathiques. De même que précédemment, un seuil de 0,05 est choisi pour établir les corrélations significatives entre deux variables, et les trois mêmes seuils de détermination ont été établis.

4.2.3 Test de Wilcoxon (Annexe 10 et 11)

Le test non paramétrique de Wilcoxon est utilisé pour confronter les variables issues d'Equimetrix et les variables issues du questionnaire, des tests cliniques et ostéopathiques. Il a été préféré au test de comparaison des moyennes de Student pour sa pertinence mieux adaptée aux faibles échantillons de cette étude. Les seuils choisis ainsi que les codes couleur sont les mêmes que pour les régressions linéaires. Lorsque les variables sont significativement distinctes, la case est barrée en diagonale. Dans la deuxième série de tableaux rapportant les moyennes des variables continues en fonction des variables qualitatives, les valeurs les plus importantes sont grisées.

4.3 Résultats de l'analyse statistique des variables Equimetrix : Régression linéaire (Annexe 9)

Dans cette partie, les résultats statistiques sont agrémentés de quelques schémas afin de les rendre plus lisibles, une véritable analyse en sera faite dans la partie discussion.

4.3.1 Au pas

Les corrélations significatives sont les suivantes :

Une faible corrélation positive est mise en évidence entre :

- la puissance dorsoventrale et la puissance de propulsion ($R^2=0,14$; $P=0,04$) ;
- la puissance dorsoventrale et le module à gauche ($R^2=0,13$; $P=0,04$) ;
- le module à droite et l'angle à droite ($R^2=0,20$; $P=0,01$) ;
- le module à droite et l'angle à gauche ($R^2=0,14$; $P=0,04$).

Une corrélation positive moyenne est mise en évidence entre :

- la fréquence des foulées et la puissance dorsoventrale ($R^2=0,21$; $P=0,01$) ;

- la fréquence des foulées et la puissance de propulsion ($R^2=0,24$; $P=0,005$) ;
- la puissance dorsoventrale et l'angle à gauche ($R^2=0,22$; $P=0,01$) ;
- l'angle à droite et le temps à droite ($R^2=0,25$; $P=0,005$).

Il existe une corrélation négative moyenne entre :

- l'angle à gauche et le temps à gauche ($R^2=0,1$; $P=0,04$) ;
- la fréquence des foulées et le déplacement dorsoventral ($R^2=0,27$; $P=0,003$) ;
- le temps à gauche et le temps à droite ($R^2=0,30$; $P=0,001$).

Il existe une forte corrélation positive entre :

- la fréquence des foulées et la puissance totale ($R^2=0,38$; $P=0,002$) ;
- la puissance dorsoventrale et la puissance totale ($R^2=0,35$; $P=0,0004$) ;
- la puissance de propulsion et la puissance totale ($R^2=0,73$; $P<0,00001$) ;
- le module à droite et le temps à droite ($R^2=0,44$; $P=0,00008$) ;
- le module à gauche et le temps à gauche ($R^2=0,35$; $P=0,00001$).

Il existe une forte corrélation négative entre :

- le module à droite et le temps à gauche ($R^2=0,42$; $P=0,00009$) ;
- le module à gauche et le temps à droite ($R^2=0,5$; $P=0,0004$).

Bilan :

Les valeurs moyennes permettent de schématiser des vecteurs Equimétrix (Figure 7). Il est important de noter que l'analyse statistique ne permet pas de dégager des corrélations entre les modules et les angles entre eux⁸⁶.



Figure 7 : Vecteurs accélérométriques au pas.

⁸⁶ Rappel :

- module : longueur du vecteur,
- angle : entre le vecteur et le zéro placé à l'horizontale du côté gauche du cheval,
- temps : en % par rapport à la durée totale de la foulée.

Dans le schéma des corrélations (Figure 8 ci-après) l'épaisseur des traits est proportionnelle à la valeur de R^2 , la couleur rouge correspond aux corrélations positives et la bleue aux corrélations négatives.

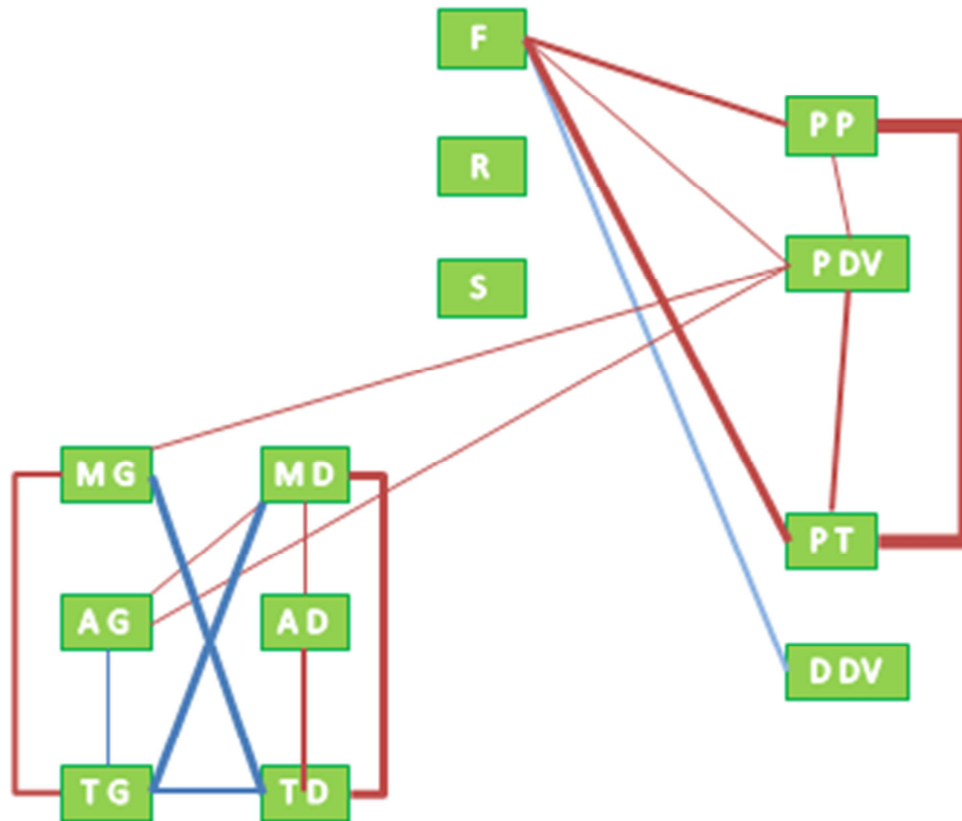


Figure 8 : Schéma des corrélations entre les variables continues au pas.

L'interprétation de ce schéma permet de dire que la fréquence des foulées est moyennement corrélée positivement avec les différentes composantes de la puissance mécanique instantanée développée par le cheval et négativement avec le déplacement dorsoventral de son centre de gravité. Les puissances sont corrélées positivement entre elles de manière plus ou moins forte.

La régression linéaire indique que le temps à gauche est corrélé positivement au module à gauche et négativement au temps et au module à droite, et inversement. Modules et temps évolueraient donc de manière significative dans le même sens tandis que les données des vecteurs⁸⁷ à droite et à gauche évolueraient en sens inverse.

⁸⁷ Module, temps et argument.

4.3.2 Au trot

Les régressions linéaires mettent en évidence une faible corrélation positive entre :

- la puissance de propulsion et la puissance médiolatérale ($R^2=0,15$; $P=0,03$) ;
- la puissance totale et le temps à gauche ($R^2=0,14$; $P=0,04$) ;
- le module à droite et le temps à droite ($R^2=0,15$; $P=0,03$).

Il existe une faible corrélation négative moyenne entre :

- la fréquence et le module à gauche ($R^2=0,17$; $P=0,02$) ;
- la puissance totale et l'angle à gauche ($R^2=0,17$; $P=0,02$).

Une corrélation positive moyenne est mise en évidence entre :

- la puissance dorsoventrale et la puissance totale ($R^2=0,30$; $P=0,001$) ;
- la puissance dorsoventrale et le temps à droite ($R^2=0,28$; $P=0,002$) ;
- la puissance dorsoventrale et le temps à gauche ($R^2=0,21$; $P=0,01$) ;
- la puissance médiolatérale et l'angle à droite ($R^2=0,31$; $P=0,001$) ;
- la puissance totale et l'angle à droite ($R^2=0,29$; $P=0,002$) ;
- le module à gauche et le temps à gauche ($R^2=0,25$; $P=0,004$).

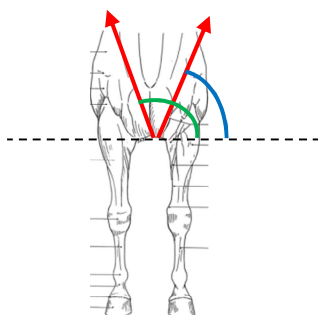
Il existe une forte corrélation positive entre :

- la puissance de propulsion et la puissance totale ($R^2=0,49$; $P=0,00001$) ;
- la puissance médiolatérale et la puissance totale ($R^2=0,37$; $P=0,0003$) ;
- le module à droite et le module à gauche ($R^2=0,5$; $P=0,000009$).

Il existe une forte corrélation négative entre :

- la fréquence et le déplacement dorsoventral ($R^2=0,66$; $P<0,00001$) ;
- la puissance médiolatérale et l'angle à gauche ($R^2=0,35$; $P=0,0004$) ;
- l'angle à gauche et l'angle à droite ($R^2=0,62$; $P<0,00001$).

Bilan :



	Angle	Module	Temps
D :	113°	3,7 g	23,92 %
G :	70°	3,6 g	22,55 %

Figure 9 : Vecteurs accélérométriques au trot.

Au trot les modules sont corrélés entre eux et avec le temps de façon ipsilatérale c'est-à-dire qu'il existe une forte corrélation entre le module à droite et le module à gauche. Les corrélations sont plus faibles entre le module à gauche et le temps à gauche et encore plus faibles entre le module à droite et le temps à droite. Les deux angles sont très corrélés négativement.

Une fois encore les puissances développées par le cheval sont corrélées positivement et la fréquence des foulées est fortement corrélée négativement au déplacement dorsoventral. La puissance dorsoventrale apparaît corrélée positivement aux deux temps, ce qui confirme la remarque précédente et laisse supposer qu'un cheval qui passe plus de temps à l'appui a besoin de développer plus de puissance pour élever ses allures.

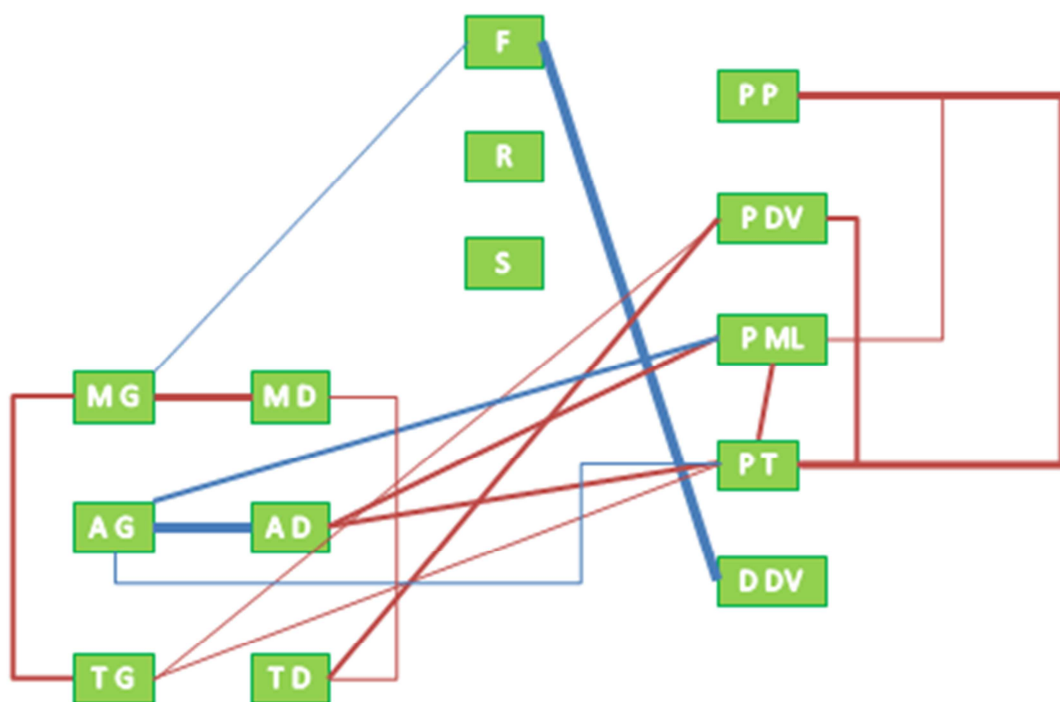


Figure 10 : Schéma des corrélations entre les variables continues au trot.

4.3.3 Confrontation entre le trot et le pas

La confrontation des variables au pas et des variables au trot met en évidence une corrélation de la fréquence ($R^2=0,19$; $P=0,02$), de la symétrie ($R^2=0,20$; $P=0,01$), de la puissance de propulsion ($R^2=0,16$; $P=0,03$) et enfin de la puissance totale ($R^2=0,13$; $P=0,04$).

4.4 Résultats de l'analyse statistique des variables discontinues : Test de Fisher

Le test de Fisher met en évidence une faible corrélation positive entre :

- la latéroflexion cervicale haute à droite et la latéroflexion cervicale basse à droite (P=0,04) ;
- la latéroflexion cervicale haute à gauche et la latéroflexion cervicale basse à gauche (P=0,04) ;
- le côté de la bouche le plus dur et la latéroflexion cervicale basse (P=0,03).

Une faible corrélation négative entre :

- l'incurvation naturelle et le côté de la bouche le plus dur (P=0,02) ;
- l'incurvation naturelle et le côté de la cadence ralentie (P=0,04) ;
- le côté du galop le plus facile et le côté de la cadence ralentie (P=0,04) ;
- le côté du galop le plus facile et le côté de la bouche le plus dur (P=0,04) ;
- la latéroflexion cervicale basse et la mobilisation sacro-iliaque plus importante à gauche (P=0,03).

Une corrélation positive moyenne est mise en évidence entre :

- le côté de l'incurvation naturelle et le côté de la crinière (P=0,002) ;
- le côté de l'incurvation naturelle et la latéralité globale du cheval (P=0,01) ;
- le côté du galop le plus facile et la latéralité globale du cheval (P=0,01) ;
- le côté de la cadence ralentie et le côté de la bouche le plus dur (P=0,01) ;
- la latéroflexion cervicale haute et la latéroflexion cervicale basse à droite (P=0,01).

Il existe une corrélation négative moyenne entre la mobilité sacro-iliaque gauche et la latéroflexion thoraco-lombaire droite (P=0,003) ;

Il existe une forte corrélation négative entre :

- la latéralité globale du cheval et le côté de la bouche le plus dur (P=0,0009) ;
- la latéralité globale du cheval et le côté de la cadence ralentie (P=0,0001).

Bilan :

Les résultats trouvés sont ainsi en accord avec la bibliographie. Un cheval ayant la crinière à gauche (supposé droitier) s'incurve mieux à gauche. Il est plus dur dans la bouche à droite et ralentit la cadence en incurvation droite (incurvation plus difficile). De plus, le côté de la bouche le plus dur et celui où la cadence ralentit sont corrélés⁸⁸. La dureté dans la bouche est liée à la mobilité cervicale basse, elle-même légèrement liée à la mobilité cervicale haute. Les mobilités cervicales basse et sacro-iliaque seraient légèrement liées, elles-mêmes liées à la mobilité thoraco-lombaire⁸⁹.

⁸⁸ Le cheval est plus dur dans la bouche de son côté le plus long car il a plus de facilité à tendre ce côté et à prendre contact avec le mors.

⁸⁹ Pour résumer, ces incurvations sont plus faciles à droite pour un cheval naturellement incurvé à droite.

4.5 Confrontation des variables continues et discontinues : Test non paramétrique de Wilcoxon

4.5.1 Au pas (Annexe 10)

Selon la définition proposée en partie I pour un cheval droitier, le test de Wilcoxon au pas met en évidence une faible corrélation positive entre :

- un cheval qui s'incurve mieux à gauche et le temps passé à l'appui à gauche (P=0,03) ;
- **un cheval qui ralentit la cadence en incurvation droite et le temps passé en appui à droite (P=0,04)⁹⁰ ;**
- un cheval gaucher selon le cavalier et le temps passé à l'appui à gauche (P=0,04) ;
- un cheval qui réalise plus facilement une latéoflexion cervicale haute à gauche, et la puissance dorsoventrale (P=0,03) ;
- un cheval qui réalise plus facilement la latéoflexion cervicale basse à gauche et le temps passé à l'appui à gauche (P=0,04) ;
- un cheval ayant une meilleure mobilité sacro-iliaque à gauche et le temps passé à l'appui gauche (P=0,04).

Mais également :

- **un cheval qui réalise plus facilement la latéoflexion cervicale basse à droite et le temps passé en appui à gauche (P=0,04).**

Il existe une faible corrélation négative entre :

- un cheval plus à l'aise au galop à droite et l'angle à droite (P=0,02) ;
- un cheval plus à l'aise au galop à droite et le temps passé à l'appui à droite (P=0,03) ;
- **un cheval qui ralentit la cadence en incurvation droite et le module à gauche (P=0,04) ;**
- un cheval qui réalise plus facilement une latéoflexion cervicale haute à gauche, et le déplacement dorsoventral (P=0,01) ;
- un cheval qui réalise plus facilement des latéoflexions cervicales hautes à gauche et le déplacement dorsoventral (P=0,01) (et inversement une **faible**

⁹⁰ Certaines corrélations sont en gras dans ce test statistique car elles font l'objet d'une réflexion en discussion.

corrélation positive entre un cheval qui réalise des latéroflexions cervicales hautes à droite et le déplacement dorsoventral ($P=0,04$).

Mais également :

- un cheval qui réalise plus facilement la latéroflexion cervicale basse à droite et la fréquence des foulées ($P=0,04$) ;
- **un cheval qui réalise plus facilement la latéroflexion cervicale basse à droite et le module à droite ($P=0,01$) ;**
- un cheval ayant une meilleure mobilité sacro-iliaque à droite et le déplacement dorsoventral ($P=0,01$) ;
- un cheval ayant une meilleure mobilité sacro-iliaque à droite et l'angle à gauche ($P=0,04$).

Une corrélation positive moyenne est mise en évidence entre :

- la crinière à gauche et le temps passé à l'appui à gauche ($P=0,005$).

Le test de Wilcoxon ne montre pas de corrélation forte entre les variables continues et discontinues, mais montre l'indépendance des variables suivantes entre elles ($P=1$) :

- l'incurvation naturelle et le temps passé à l'appui à droite ;
- l'incurvation naturelle et la puissance totale ;
- la dureté dans la bouche et le module à droite ;
- la dureté dans la bouche et la puissance totale ;
- la latéralité globale selon le cavalier et la symétrie ;
- la latéralité globale selon le cavalier et le temps passé à l'appui à gauche.

Bilan :

Au pas un cheval droitier semble avoir des variables plus élevées à gauche par rapport à la droite, en particulier pour le temps passé en appui à gauche. De plus, il semble présenter une puissance dorsoventrale plus élevée et un déplacement dorsoventral plus faible que le cheval gaucher.

4.5.2 Au trot (Annexe 11)

À nouveau, selon la définition proposée en partie I pour un cheval droitier, le test de Wilcoxon au trot met en évidence une faible corrélation positive entre :

- un cheval ayant un épi dans le sens horaire et la puissance de propulsion ($P=0,04$) ;
- un cheval qui réalise plus facilement la latéroflexion cervicale basse à gauche et la puissance de propulsion ($P=0,02$).

Mais aussi :

- un cheval ayant une meilleure mobilité sacro-iliaque à droite et la puissance totale ($P=0,04$) ;
- un cheval qui réalise plus facilement la latéoflexion cervicale haute à droite et le temps passé à l'appui à droite ($P=0,04$) ;

Une corrélation négative faible est mise en évidence entre :

- **un cheval ayant un épi dans le sens horaire et temps passé à l'appui à droite ($P=0,04$) ;**
- un cheval portant la crinière à gauche et la fréquence des foulées ($P=0,05$) ;
- **un cheval portant la crinière à gauche et temps passé à l'appui à droite ($P=0,04$) ;**
- un cheval ayant une parascoliose gauche et le déplacement dorsoventral ($P=0,04$).

Enfin une corrélation positive moyenne entre :

- un cheval qui réalise plus facilement la latéoflexion cervicale basse à droite et la symétrie ($P=0,01$).

Le test de Wilcoxon ne montre pas de corrélation forte entre les variables continues et discontinues, mais montre l'indépendance des variables suivantes entre elles ($P=1$) :

- le côté de la crinière et le temps passé à l'appui à gauche ;
- le côté de ralentissement de la cadence et la symétrie ;
- le côté de ralentissement de la cadence et la puissance totale ;
- le côté de la bouche le plus dur et le module à droite ;
- la latéralité globale et la symétrie ;
- la latéralité globale et le temps passé à l'appui à gauche ;

Bilan :

Au trot un cheval droitier semble passer plus de temps en appui à droite contrairement au trot. De plus, il semble présenter une puissance de propulsion plus élevée et un déplacement dorsoventral plus faible (comme au pas) que le cheval gaucher.

5. Discussion

5.1 Retour sur les résultats statistiques

Si l'intuition conduit à ne vérifier que certaines corrélations, la subtilité des différents liens qui peuvent exister entre les variables conduit à les confronter toutes deux à deux par les tests statistiques, afin de ne pas prendre le risque de passer à côté d'une corrélation qui ne serait pas intuitive. Cela permettra en outre au lecteur de valider ou non des corrélations qui lui ont paru intuitives.

Il faut préciser aussi qu'il existe un certain nombre de contradictions, présentées ci-après, entre les résultats obtenus et la définition donnée de la latéralité, et par ailleurs entre les résultats statistiques eux-mêmes. Ces contradictions entre les résultats statistiques existent, soit parce que les critères analysés ne sont pas adaptés à l'étude de la latéralité, soit parce que notre échantillon est trop petit et que les caractéristiques individuelles de la latéralité des chevaux sont trop éloignées de celles du cheval type, défini au paragraphe 2.2. Ces contradictions empêchent d'établir une règle générale permettant de déterminer la latéralité d'un cheval.

5.1.1 Dans les régressions linéaires (variables Equimetrix)

- La fréquence des foulées est corrélée positivement aux puissances au pas et au trot, et négativement au module à gauche au trot. Or, le module à gauche et la puissance dorsoventrale sont corrélés positivement au pas. Ces deux résultats inverses vis-à-vis du module à gauche peuvent s'expliquer par la biomécanique différente du pas et du trot. En effet, contrairement au pas, le trot est une allure sautée.
- Au pas, les puissances sont corrélées positivement aux valeurs à gauche⁹¹, alors qu'au trot c'est plutôt aux valeurs à droite. Au trot, la puissance dorsoventrale est corrélée positivement aux temps passés à l'appui à droite et à gauche. Par ailleurs, les modules droit et gauche sont corrélés positivement au trot. L'intuition dicterait que les temps et les modules sont corrélés de manière inverse. Module et temps ne sont donc peut-être pas les critères les plus fiables pour déterminer la latéralité d'un cheval.
- Les temps d'appui étant exprimés en pourcentage de la foulée, ils évoluent en sens opposé comme le veut la logique. En revanche, il ne faut pas se méprendre sur les apparentes contradictions des données sur l'angle à gauche. En effet, au pas le mouvement semble avoir une composante latérale forte, comme le montre la figure 3, avec un déplacement latéral plus important que dans les autres plans de l'espace. Les

⁹¹ Les valeurs des composantes des vecteurs à gauche (module, angle, argument) augmentent en même temps que la valeur des puissances.

angles sont donc plus proches de l'horizontale⁹². Les deux angles prenant leur zéro au même endroit pour avoir une évolution symétrique, ils doivent évoluer en sens opposé (Figure 11).

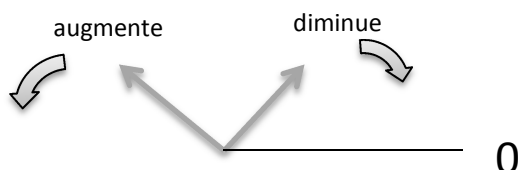


Figure 11 : Schéma explicatif des angles droit et gauche des vecteurs Equimetrix.

De plus, il semble que lorsque le temps augmente, le vecteur se rapproche de l'horizontale. Le fait que le temps et l'angle soient corrélés positivement à droite et négativement à gauche suit donc cette logique. Cela explique de la même manière la corrélation positive entre le module à droite et l'angle à gauche. Enfin, lorsque l'angle à gauche augmente le vecteur « se verticalise », il est donc en toute logique corrélé positivement à la puissance, car le cheval développe plus de puissance pour se projeter vers le haut.

- Au trot, il semble également logique que les angles soient corrélés de manière inverse aux puissances médiolatérale et totale. En effet, si le zéro est du même côté et si les déplacements médiolatéraux augmentent, l'angle du même côté que le zéro (le gauche) diminue, alors que l'autre augmente.

5.1.2 Dans le test de Fisher (variables discontinues)

- Il faut noter au préalable que les cavaliers font une erreur en définissant comme droitier un cheval qui s'incurve mieux à droite. Pour les analyses qui suivent il en sera tenu compte et cette erreur sera évitée.
- Dans ce paragraphe les contradictions apparaissent en gras : Il est étonnant de mettre en évidence qu'un cheval qui **galope mieux à droite** ralentit la cadence en **incurvation gauche**⁹³ et qu'il est plus dur dans la bouche à droite. Cela ne correspond pas à la définition établie. De la même manière, un **cheval gaucher** d'après le cavalier (donc droitier selon la définition puisqu'il s'incurve mieux à gauche), **galope mieux à gauche**⁹⁴, alors qu'il est plus dur dans la bouche à droite et ralentit la cadence en incurvation droite. Malheureusement aucune explication logique à ces incohérences n'a été trouvée.

⁹² Il faut rappeler que la puissance médiolatérale n'entre pas dans l'étude statistique car elle est constante pour tous les chevaux.

⁹³ Un cheval qui galope mieux à droite s'incurve mieux à droite.

⁹⁴ Un cheval gaucher galope mieux à droite.

5.1.3 Dans le test de Wilcoxon (confrontation des variables continues et discontinues)

- Les relations contradictoires avec le reste des résultats apparaissent en gras dans la partie qui expose les résultats de l'analyse statistique (paragraphe 4.5).
- L'incurvation naturelle, la latéralité globale et le côté de la crinière (caractères forts de la mise en évidence de la latéralité) n'étant pas liés aux temps passés à l'appui à droite et à gauche, ou de manière inconstante, ces données ne sont peut-être pas suffisamment pertinentes pour déterminer la latéralité. D'autant que l'opposition biomécanique entre le trot et le pas⁹⁵, mise en évidence avec les régressions linéaires, ne se dégage pas dans ce test statistique. De plus, le seul lien qui se dégagerait entre les variables qualitatives et quantitatives semble être le temps, mais de manière inconstante et dont il vient d'être démontré qu'il n'est pas le meilleur critère d'après les remarques faites sur les régressions linéaires.

Nous allons pourtant essayer de dégager une tendance générale qui se retrouve majoritairement dans la bibliographie.

Tout d'abord la corrélation des différentes puissances entre elles n'est que la confirmation d'une intuition, de même que la corrélation négative entre la fréquence et le déplacement dorsoventral (puisque la vitesse des chevaux est considérée comme constante⁹⁶). De plus l'augmentation de la fréquence des foulées demande au cheval de développer une puissance plus importante, la corrélation positive de la fréquence et des puissances n'est donc pas surprenante. De même qu'au trot une corrélation positive de la puissance dorsoventrale et des temps apparaît intuitivement car plus long est le temps passé à l'appui plus forte devra être la puissance nécessaire pour provoquer l'impulsion. Il en est de même pour les corrélations positives à droite et négatives à gauche des puissances médiolatérale et totale avec les angles.

Ensuite, les tests de Fisher confirment qu'un cheval droitier parfait :

- a une facilité d'incurvation à gauche ;
- est plus dur dans la bouche à droite ;
- porte la crinière à gauche ;
- a une meilleure latéroflexion cervicale haute et basse à gauche, lombosacrée à gauche et sacro-iliaque à gauche.

⁹⁵ La composante du pas étant plutôt horizontale et celle du trot plutôt verticale.

⁹⁶ Cette hypothèse peut être retenue car l'opérateur était toujours le même et s'est efforcé de marcher à la même vitesse.

Néanmoins, restent à approfondir la main où le galop est le plus facile et le côté où le cheval diminue sa cadence lorsqu'il change d'incurvation. Les tests réalisés ne permettent pas de donner une réponse. Si les tests statistiques mettent en évidence des corrélations entre les différents tests cliniques, il faudrait cependant les refaire sur un échantillon plus important pour valider leur pertinence dans l'établissement de la latéralité.

Les variables droite et gauche évoluent en sens contraire, faisant ressortir des mesures Equimetrix un effet miroir, témoin du caractère symétrique des deux allures étudiées. De plus il se dégage des tests statistiques une différence de biomécanique entre le trot et le pas.

Au pas, le module est plus important et s'accompagne de ce même côté⁹⁷ d'un temps passé à l'appui plus long lorsque le cheval prend de l'élan sur ce membre pour développer la puissance nécessaire à sa propulsion. Le temps est également inversement proportionnel au module du côté opposé. On observe qu'au pas ce sont les modules qui s'opposent et semblent être déterminants dans la locomotion, alors qu'au trot ce sont plutôt les angles qui sont concernés⁹⁸. Cependant, les mesures indiquent que dans l'effectif choisi pour l'étude la majorité des chevaux présentent des valeurs pour les composantes temps et module du vecteur à droite plus importantes et des vecteurs plus verticaux à gauche, ce qui contredit l'hypothèse d'une biomécanique différente entre le trot et le pas. Le mouvement se faisant en ligne droite et de manière la plus symétrique possible, il faut imaginer que pour développer la même puissance un cheval passe moins de temps en appui à droite. Les contraintes instantanées sont alors peut-être beaucoup plus importantes sur l'antérieur droit. Le cheval doit en effet développer la même puissance en un temps réduit et compenser les forces développées à gauche afin d'évoluer en ligne droite. Il sollicite donc davantage l'antérieur droit. De plus, les vecteurs à droite étant plus horizontaux, cela confirme que les chevaux tombent majoritairement plutôt à droite. Ainsi, les contraintes plus importantes sur le membre antérieur droit sont mesurables par des indices physiques (comme la présence d'un pied plus large à droite) comme cela a été évoqué dans l'étude 26 de la partie bibliographique. L'échantillon utilisé pour la présente étude contiendrait donc une majorité de droitiers. De plus, la tendance trouvée ici confirme l'observation de Kevin Aujol qui avait noté des vecteurs plus importants au niveau des postérieurs gauches. Or, d'après la définition, les chevaux droitiers présentent une faiblesse du postérieur gauche. Une étude plus ciblée serait nécessaire pour clarifier ce point.

Ainsi, les tests statistiques confirment certains critères de la définition établie en première partie, ils vont donc pouvoir être utilisés pour établir la latéralité des chevaux. Mais la relation entre les données Equimetrix et les caractéristiques de la latéralité du cheval, établies en partie I, semble difficile à établir avec certitude.

⁹⁷ C'est-à-dire gauche s'il était question du module à gauche, et inversement à droite.

⁹⁸ Cela est lié au fait que la composante du pas est plutôt horizontale et celle du trot plutôt verticale.

5.2 Retour sur ce travail

La principale difficulté de ce travail a été de devoir proposer un protocole avant même que ne soit totalement maîtrisée la notion de latéralité chez le cheval. Le protocole expérimental est basé sur un travail bibliographique et sur une compréhension de la latéralité largement inspirée des différents articles analysés dans la première partie. Ce protocole restait insatisfaisant car il ne permettait pas d'objectiver et d'expliquer complètement le lien avec les sensations ressenties à cheval. En outre, nombre de propos contradictoires ont été recueillis auprès des différents interlocuteurs lors de débats à propos de la latéralité motrice du cheval. Cela suppose qu'il existe de nombreux biais dans le protocole mis en œuvre. Reste une certitude : le caractère unique de la latéralité du cheval demeure⁹⁹, quelles que soient l'approche et l'interprétation choisies. La nécessité d'interpréter les résultats obtenus et d'en donner une explication appliquée à l'équitation telle que nous la connaissons nous a conduits à reconnaître le manque de précision de la bibliographie quant à la définition de la latéralité du cheval. Aucun texte ne permettait de comprendre ce qu'est concrètement la latéralité. Un nouveau travail de recherche a donc été entrepris. Ce n'est qu'au terme de nombreux échanges avec des professionnels de différentes spécialités et grâce à l'exploitation d'articles scientifiques et de vulgarisation, qu'une définition convenable de la latéralité chez le cheval a pu être trouvée. Les critères retenus jusqu'alors manquant de pertinence, il s'est avéré nécessaire d'en définir de nouveaux pour parfaire le protocole de détermination de la latéralité du cheval. Ce sera l'objet du paragraphe 5.5.

5.3 Retour sur l'étude bibliographique

Il n'y a pas de constante dans les différentes études analysées et il n'existe pas de méthode standardisée pour trouver la latéralité propre d'un cheval. Le nombre de chevaux, leur race, leur sexe, leur activité, le geste testé et le moyen de l'apprécier varient dans chaque cas. La latéralité est encore une notion très vague et peu étudiée alors qu'elle représente une problématique quotidienne des professionnels du cheval.

Les références bibliographiques sont extraites de journaux scientifiques aussi souvent que possible, mais aussi de journaux de vulgarisation. De plus, certains articles sont parfois vieillissants. Cependant, le choix des articles permettant de faire le point sur les connaissances actuelles a été limité par le manque de sources documentaires. Il faut par ailleurs rester prudent à la lecture des articles : dans celui de Warren-Smith et al. 2007, par exemple, une erreur persistait dans le texte sur l'analyse de l'histogramme (Figure 1). Or, une inversion droite/gauche peut être un vrai problème dans l'interprétation des résultats de l'étude. Au vu de la problématique il est important de garder un œil critique sur ces différentes études, qui, par leurs protocoles, ne sont pas toujours très fiables, Van Hel et al.

⁹⁹ Un cheval a une latéralité donnée et immuable (Etude 1).

en 2006 fait par exemple varier plusieurs facteurs à la fois¹⁰⁰. L'interprétation des résultats peut alors devenir douteuse.

La lecture de ces références bibliographiques reste enrichissante à condition cependant de veiller à la rigueur des protocoles mis en œuvre et des conclusions qui en sont tirées. Le fait d'effectuer de nombreux recoupements entre les résultats de toutes les études permet aussi de limiter les erreurs.

5.4 Retour sur le protocole proposé

Plusieurs biais peuvent être relevés dans cette étude. Le premier concerne le choix des variables testées. En effet, nombre d'entre elles peuvent être contestées. C'est malheureusement le propre de l'étude d'un sujet à cause polyfactorielle, comme la latéralité. Par exemple, la variable « côté de la crinière » s'est révélée d'un emploi délicat. Il aurait fallu considérer que le critère « côté de la crinière » était le côté où se posait la crinière à sa base, ce qui aurait évité d'avoir des chevaux avec « une crinière hésitante ». Cependant, la considération de cette variable en l'état a permis de mettre en évidence le nombre de chevaux avec une crinière hésitante. Bien que cela rende encore plus difficile l'interprétation des résultats, et si la crinière en est effectivement un témoin de la latéralité, la difficulté d'établir son côté montre également la complexité de la compréhension de la latéralité dans toutes ses composantes.

En second lieu, l'échantillon choisi n'étant pas homogène, sa taille de 31 chevaux n'est pas assez importante pour réaliser une étude statistique significative. La raison essentielle de cette taille réduite est le manque de moyens. Pour cette même raison, sont étudiées seulement 4 races de chevaux, alors qu'il aurait fallu :

- soit constituer un échantillon totalement disparate, ce qui semble compliqué pour réunir des chevaux vivant dans des environnements comparables.
- soit n'en utiliser qu'une, les résultats en auraient été plus homogènes, mais se seraient alors limités à l'étude de la latéralité d'une seule race, ce qui n'était pas le propos de ce travail.

L'avantage d'utiliser seulement 4 races est d'éviter une trop grande dispersion des résultats dans la taille d'effectif imposée.

À cela s'ajoute l'absence de mesures pour certains chevaux, soit par défaut de cavalier soit par manque de coopération du cheval. De plus, deux valeurs anormales dans le tableau des résultats sont considérées comme valeurs manquantes.

Les informations recueillies auprès des cavaliers concernent des variables qualitatives, sur lesquelles une réserve peut être émise quant à leur interprétation. En effet, le cavalier influe sur la latéralité de sa monture. Le ressenti peut donc être différent d'un

¹⁰⁰ S'y ajoute le fait de parer ou non les chevaux.

cavalier à l'autre pour un même cheval et son témoignage reste une information subjective. Sans pour autant s'en affranchir complètement, le biais issu du ressenti du cavalier a été limité en prenant des chevaux d'instruction qui ne sont pas toujours montés par le même cavalier et en demandant l'avis de l'instructeur quand cela était possible.

Les tests de mobilisation clinique et ostéopathique aussi peuvent être faussés par le cheval lui-même (du fait de courbatures par exemple) ou par l'opérateur (du fait de sa dextérité). Leur interprétation nécessite une certaine prudence.

Du fait de la nécessité de les faire progresser en ligne droite, les chevaux sont menés en longe par un opérateur, ce qui peut introduire un biais dans les données. En effet d'après les deux schémas et la situation de l'expérimentation ci-après, les vecteurs moyens peuvent indiquer un évitement de l'opérateur par le cheval.

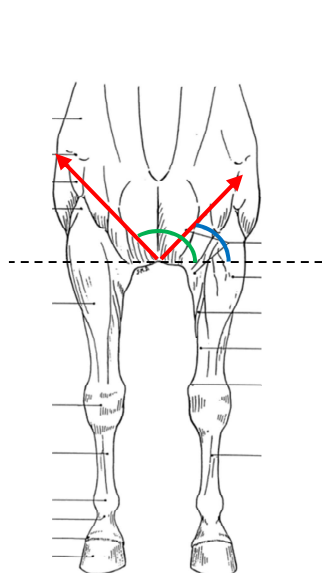


Figure 7 :

Vecteurs accélérométriques
au pas.



<http://www.google.fr/images>

Figure 12 :

Situation expérimentale.

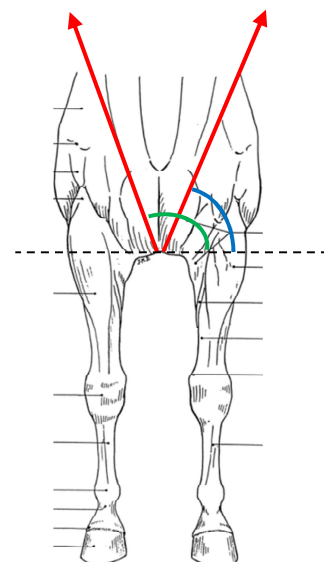


Figure 9 :

Vecteurs accélérométriques
au trot.

La moyenne du module à droite étant plus importante, la force développée de ce côté est donc supérieure. Cela entraînerait un déplacement du centre de gravité vers la droite pour la majorité des chevaux. Comme les chevaux sont menés par un homme placé à leur gauche le cheval pourrait tout simplement déporter son poids du corps vers la droite en voulant éviter l'homme. D'après les données bibliographiques, il y a davantage de chevaux droitiers. Or ces derniers ont une tendance naturelle à déplacer le poids de leur corps à droite, ce qui expliquerait d'une part un module plus important et d'autre part un vecteur plus horizontal à droite (angle à droite plus grand). Pour clarifier ce point, il faudrait pouvoir effectuer ces mesures avec un cheval qui se déplacerait en liberté en ligne droite, ce qui constituerait une autre difficulté dans la mise en place d'un protocole standardisé.

Le pas et le trot étant deux allures symétriques, il serait intéressant d'étudier la biomécanique de ces mêmes chevaux dans une allure dissymétrique, comme le galop, afin de vérifier si ce qui a été observé peut être confirmé de manière plus significative.

5.5 Retour sur la latéralité dans l'équitation et le protocole

Selon le Général L'Hotte « l'inflexion par côté de la tige vertébrale ne se manifeste pas seulement lorsque le cavalier la provoque. Elle existe, a priori, à des degrés divers chez tous les chevaux. » (Gossin, 1986). « La combattre est une tâche qui incombe au cavalier pendant tout son travail jusqu'à l'ultime mise au point du cheval d'école » (Podhajsky, 1967). Est-ce vraiment une fin en soi ? Est-ce réellement un combat ? L'avis de L'Hotte est préférable sur ce point : « l'écuyer rencontre là une source intarissable de résistances. L'œuvre est longue à accomplir et réclame tout le talent de l'écuyer. La position rigoureusement droite ne peut être obtenue qu'à l'aide d'un travail aussi persévérant qu'intelligent. » On pourrait ajouter : du cavalier comme du cheval. Selon la célèbre citation de D'Auvergne, écuyer en chef de l'école militaire au XVIII^{ème} siècle : « L'homme de cheval passe sa vie à corriger cette imperfection. »

Estimer la latéralité motrice grâce à des indicateurs simples constituerait une aide précieuse pour le cavalier et l'entraîneur, afin de mieux assortir le couple cavalier/cheval et d'en améliorer l'entraînement. Cette étude devrait être étendue à un plus grand nombre de chevaux pour comprendre les effets induits sur la latéralité par des paramètres tels que le sexe, la latéralité du cavalier ou le niveau de performance, tels qu'ils sont décrits dans la littérature. Il serait également intéressant de parvenir à standardiser l'évaluation de cette latéralité afin que les études puissent être reliées entre elles et qu'une définition commune de la latéralité voie le jour. L'uniformisation des concepts et des notions permettrait en effet de créer un paradigme auquel toutes les personnes concernées par l'univers du cheval pourraient se référer.

Le protocole d'évaluation de la latéralité motrice du cheval pourrait comporter les critères suivants :

- Côté de la crinière : si elle n'est pas unilatérale, prendre le côté duquel tombe la crinière au niveau de sa base ;
- Sens de rotation de l'épi en tête : à condition qu'il soit unique ;
- Taille des pieds antérieurs : mesure de la circonférence au niveau de la couronne à l'aide d'un mètre ruban ;
- Symétrie de la croupe : évaluation sur des clichés pris à une distance à déterminer et à partir de mesures réalisées avec le logiciel Metron ;
- Galop le plus confortable ;
- Plutôt que d'effectuer des tests de latéoflexion cervicale, l'attitude du cheval en liberté pourrait être observée sur une durée qui reste à déterminer. Le côté où il s'incurve de manière majoritaire serait alors noté. Ou encore, un test au trot à la longe sur un petit cercle pourrait être réalisé en relevant l'attitude du cheval : incurvation, dureté dans la bouche, évasement du cercle, regarder si le cheval se traverse ou s'il porte une hanche plus en avant que l'autre ;
- Répartition des pressions sur les membres, mesurées à l'aide de capteurs de pression adaptés placés sous chaque pied. L'idéal serait que chaque capteur puisse indiquer également l'évolution de la répartition sur un même pied au cours de la foulée.

Il semble qu'Equimetrix ne soit pas l'outil adapté à l'évaluation de la latéralité motrice du cheval, en particulier dans les conditions où il a été utilisé ici. Le capteur serait peut-être plus efficace s'il était placé au sommet de la croupe, ou bien utilisé pour effectuer des mesures lors d'un galop.

Reste aussi à classer sur une échelle l'influence de chacun de ces critères afin de conclure au degré de latéralité motrice du cheval. Pour connaître sa latéralité absolue, il faudrait intégrer les critères sensoriels à l'instar des premières études analysées.

Conclusion

La latéralité est une problématique essentielle à prendre en compte en équitation. Il faut également retenir qu'elle n'est pas binaire, droitier pur ou gaucher pur, et que chaque cheval a son degré de latéralité avec une biomécanique propre. Tout le talent du cavalier réside dans la maîtrise de cette biomécanique.

Il ne s'agit pas ici d'imposer des restrictions aux cavaliers mais plutôt de les aider dans leur pratique de l'équitation. La recherche de la latéralité du cheval n'est pas une fin en soi. Il est évidemment possible pour un cavalier gaucher de monter un cheval droitier tout à fait correctement et dans la décontraction. L'essentiel pour le cavalier est de maîtriser sa propre latéralité pour ne pas handicaper sa monture. L'idéal étant de parvenir à composer également avec la latéralité du cheval afin d'obtenir la symétrie recherchée dans sa locomotion.

Cette étude a montré que la détermination de la seule latéralité motrice chez le cheval est déjà complexe, de sorte que l'établissement d'un meilleur diagnostic nécessite encore de parfaire le protocole proposé.

Par ce travail j'espère néanmoins avoir sensibilisé les cavaliers à l'importance de la prise en compte de la latéralité motrice de leur cheval et les avoir aidés dans la compréhension des difficultés qu'ils rencontrent chaque jour en travaillant leur cheval. Cela leur permettra peut-être de mieux adapter les exercices montés à chaque cheval, d'éviter certaines lésions ostéo-articulaires ou musculaires irréversibles, de faire progresser l'efficacité de l'entraînement, ou tout simplement d'améliorer le confort de vie du cheval.

Annexe 1 : Questionnaire de Oldfield

THE ASSESSMENT AND ANALYSIS OF HANDEDNESS: THE EDINBURGH INVENTORY

111

Have you ever had any tendency to left-handedness ?

YES

NO

Please indicate your preferences in the use of hands in the following activities by putting + in the appropriate column. Where the preference is so strong that you would never try to use the other hand unless absolutely forced to, put ++. If in any case you are really indifferent put + in both columns.

Some of the activities require both hands. In these cases the part of the task, or object, for which hand-preference is wanted is indicated in brackets.

Please try to answer all the questions, and only leave a blank if you have no experience at all of the object or task.

		R	L
1	Writing		
2	Drawing		
3	Throwing		
4	Scissors		
5	Comb		
6	Toothbrush		
7	Knife (without fork)		
8	Spoon		
9	Hammer		
10	Screwdriver		
11	Tennis Racket		
12	Knife (with fork)		
13	Cricket bat (lower hand)		
14	Golf Club (lower hand)		
15	Broom (upper hand)		
16	Rake (upper hand)		
17	Striking Match (match)		
18	Opening box (lid)		
19	Dealing cards (card being dealt)		
20	Threading needle (needle or thread according to which is moved)		
40	Which foot do you prefer to kick with?		
41	Which eye do you use when using only one?		

Annexe 2 : Questionnaire au cavalier

CHEVAL :

Date : /06/2011

Partie cavalier

Âge : ans

Sexe : F M

Race :

Activité : 1h 2h plus, combien

Discipline : CCE CSO Dressage

Cavalier :

Soigneur :

Côté de la crinière : D G

Nombre d'épis en tête avec une rotation dans le sens :

.....Horaire Trigonométrique

Globalement incurvé à : D G

Facilité de départ au galop : D G

Dureté dans la bouche : D G

Remarques :

.....

.....

.....

.....

Cadence lors de changement de direction
ralentit-elle plutôt vers

D G

Vous pensez que votre cheval est :

Droitier Gaucher

Partie Vété

Latéroflexion et rotation cervicale
crâniale

...G ...D

Latéroflexion et rotation cervicale caudale

...G ...D

Latéroflexion et rotation thoraco-
lombaire

...G ...D

Mobilité sacro-iliaque.

...G ...D

Torsion physiologique

G D

Annexe 3 : Tableau des valeurs au pas

Cheval	P_Fréquence	P_Régularité	P_Symétrie	P_Déplacement Dorsoventral	P_Puissance Dorsoventrale	P_Puissance de propulsion	P_Puissance Médiolatérale	P_Puissance Totale	P_module G	P_angle G	P_temps G	P_module D	P_angle D	P_temps D
1	0,83	251	160	2	0,50	1,20	1,00	2,50	0,80	50,00	12,00	2,28	120,00	26,00
2	0,93	220	247	2	0,50	1,50	2,00	3,80	1,46	36,00	23,00	1,86	126,00	23,00
3	0,88	247	147	3	0,50	1,40	1,00	2,60	0,75	56,00	20,00	3,20	146,00	41,00
4	0,83	242	179	3	0,40	1,30	1,00	2,60	1,10	47,00	21,00	2,60	147,00	29,00
5	0,93	255	174	3	1,10	1,70	1,00	4,20	2,07	63,00	23,00	2,46	131,00	24,00
6	0,83	261	117	2	0,50	0,70	1,00	2,40	1,10	37,00	13,00	2,66	141,00	32,00
7	0,88	272	218	2	0,50	1,00	1,00	2,40	1,25	60,00	19,00	2,40	141,00	32,00
8	0,93	167	200	2	0,60	1,20	1,00	2,60	1,42	49,50	20,00	2,28	130,00	27,00
9	0,83	241	169	2	0,40	0,90	1,00	2,00	1,60	40,00	24,50	1,65	119,00	22,00
10	0,88	204	164	2	0,50	1,60	1,00	3,30	2,60	36,00	36,00	1,36	141,00	17,00
11	0,83	188	178	2	0,60	1,40	1,00	3,00	2,30	41,00	28,00	1,80	140,00	20,00
12	0,83	209	249	4	0,40	1,50	1,00	2,70	1,10	54,00	16,00	2,60	141,00	31,00
13	0,88	227	165	3	0,70	1,20	1,00	2,90	1,46	46,00	21,00	2,02	125,00	22,00
14	0,83	203	195	2	0,30	1,10	1,00	2,30	1,70	31,50	24,00	1,60	134,00	26,00
15	0,88	212	159	2	0,40	1,60	1,00	3,50	1,87	37,00	27,00	1,48	135,00	21,00
16	0,88	230	162	2	0,50	1,10	1,00	2,90	1,37	42,00	22,00	2,53	150,00	30,00
17	1,03	197	210	1	0,70	1,60	1,00	3,60	1,90	44,50	20,00	2,30	134,00	23,00
18	0,83	285	177	3	0,60	1,00	1,00	2,60	1,90	56,00	25,00	1,30	114,00	
19	0,83	259	137	3	0,70	1,70	1,00	3,70	1,80	54,00	22,00	2,05	135,00	22,00
20	0,93	121	117	1	0,50	1,00	1,00	2,80	0,90	45,00	20,00	2,30	138,00	32,00
21	0,83	236	156	3	0,50	0,90	1,00	2,00	1,60	53,00	24,00	2,00	132,00	26,00
22	0,88	189	218	2	0,70	1,30	1,00	3,10	2,80	54,00	20,00	3,80	135,00	24,00
23	1,03	229	163	1	0,80	1,70	1,00	3,90	1,55	46,00	17,00	2,60	129,00	24,00
24	0,83	130	149	3	0,70	1,30	1,00	3,00	1,91	59,00	21,00	1,60	120,00	18,00
25	0,78	175	172	2	0,50	1,20	1,00	2,70	1,93	46,00	27,00	1,47	117,00	19,00
26	0,88	156	306	2	0,60	0,90	1,00	2,40	1,86	48,00	31,00	1,33	131,00	18,00
27	0,93	214	144	2	0,50	1,80	1,00	3,70	1,59	37,50	25,00	2,13	148,00	23,00
28	0,83	168	247	2	0,50	1,10	1,00	2,60	1,50	54,00	21,00	1,73	138,00	19,00
29	0,83	166	387	2	0,50	0,80	1,00	2,70	1,60	48,00	26,00	2,25	142,00	28,00
30	0,88	225	248	3	0,60	1,20	1,00	2,60	1,50	32,00	27,50	1,76	134,00	25,00
31	0,83	198	171	3	0,50	0,70	1,00	2,10	1,60	35,00	29,00	1,00	130,00	22,00

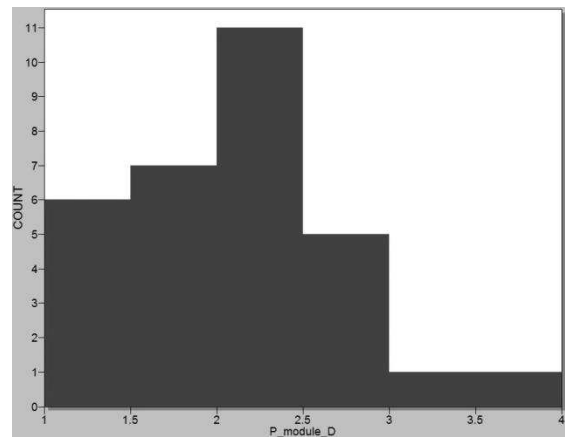
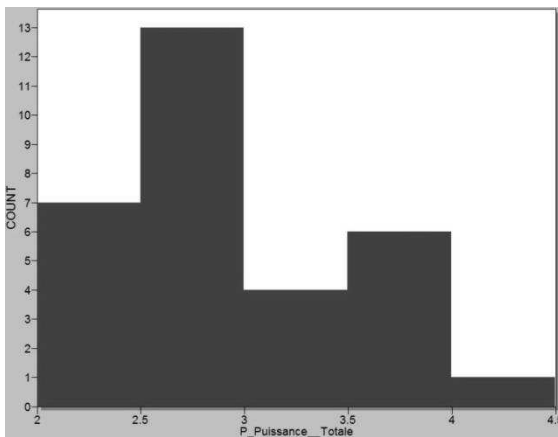
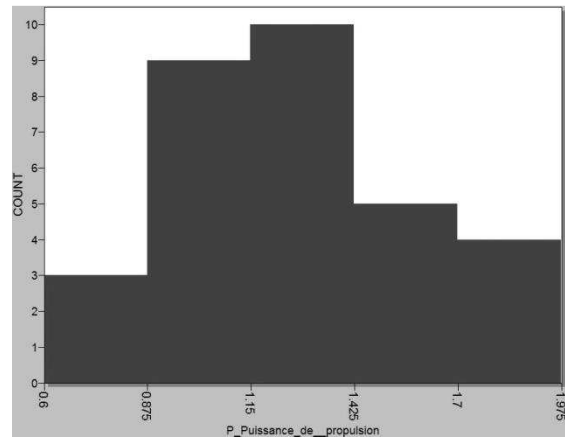
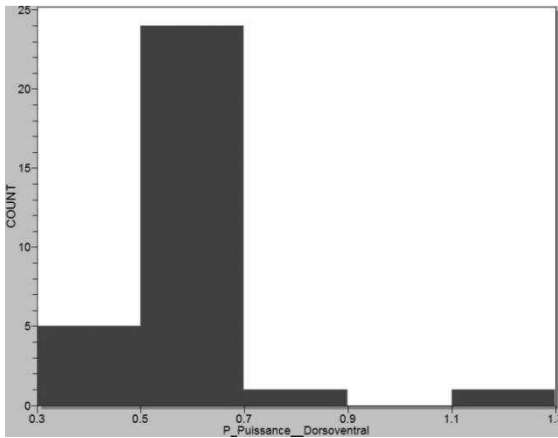
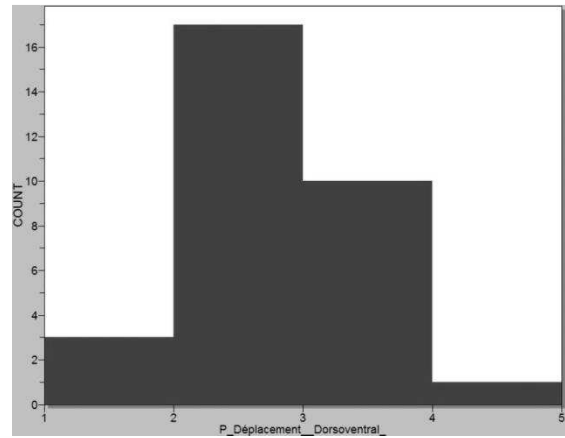
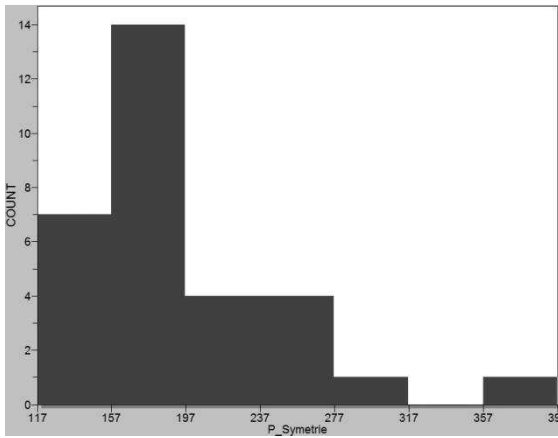
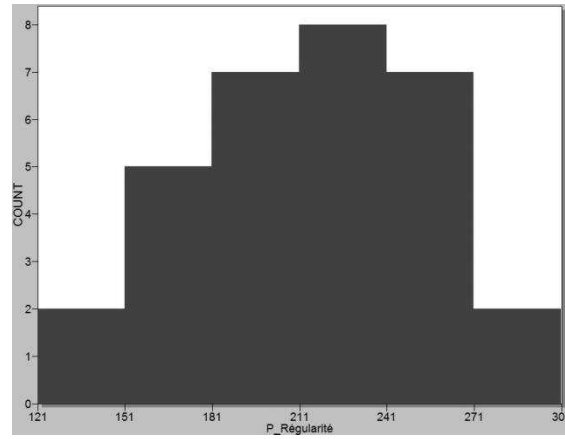
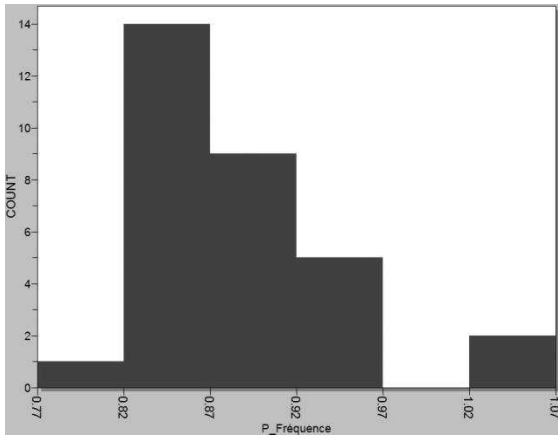
Annexe 4 : Tableau des valeurs au trot

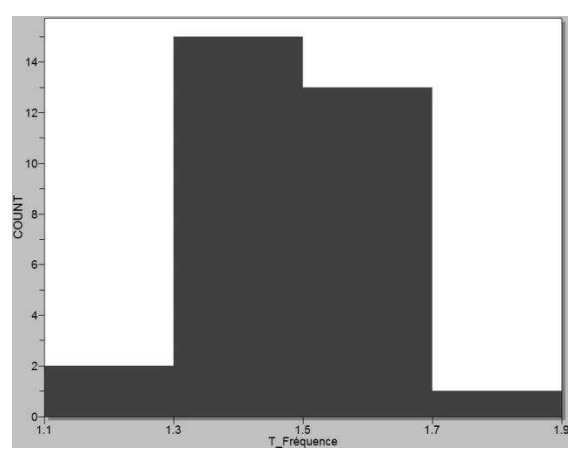
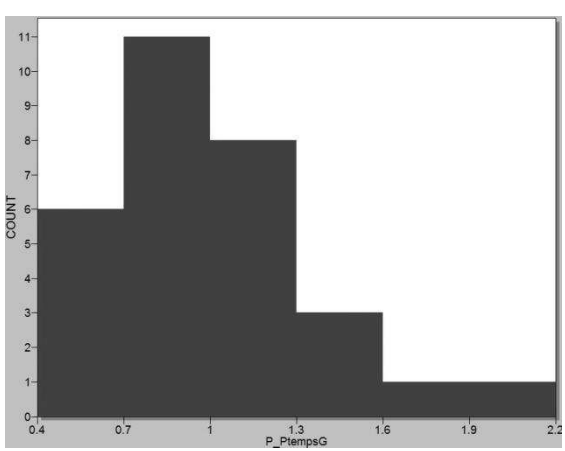
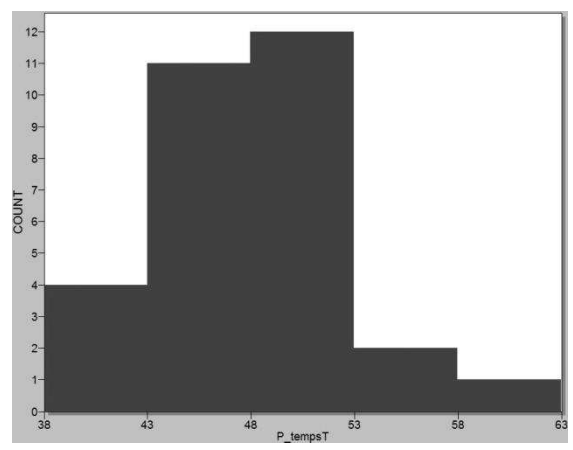
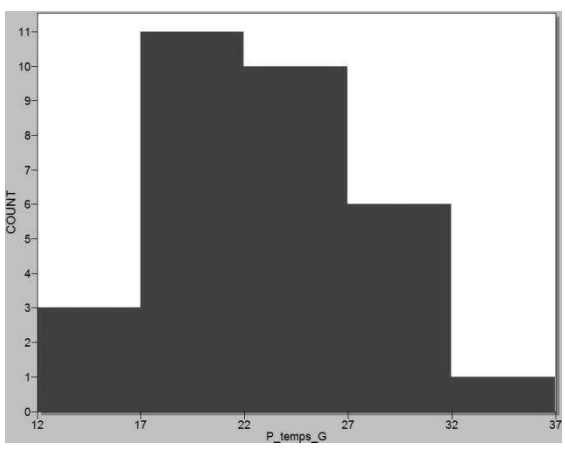
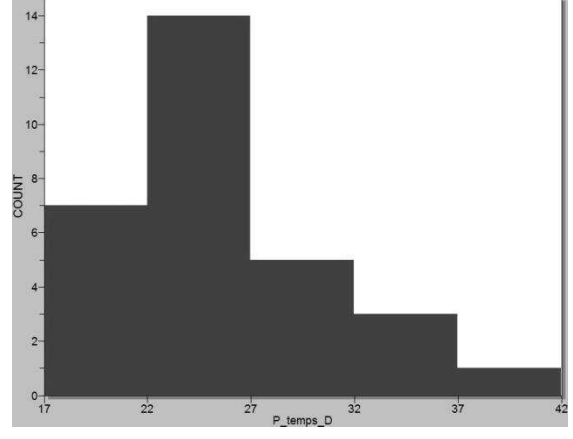
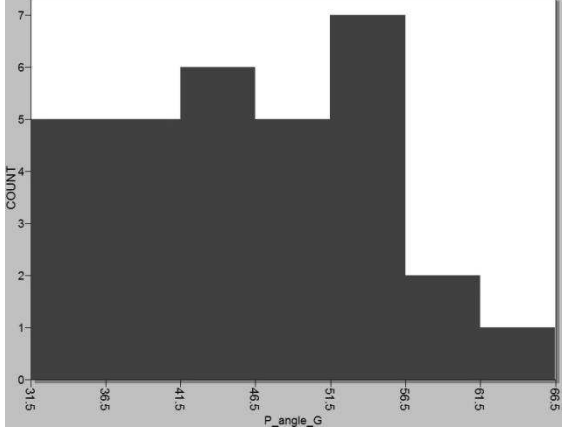
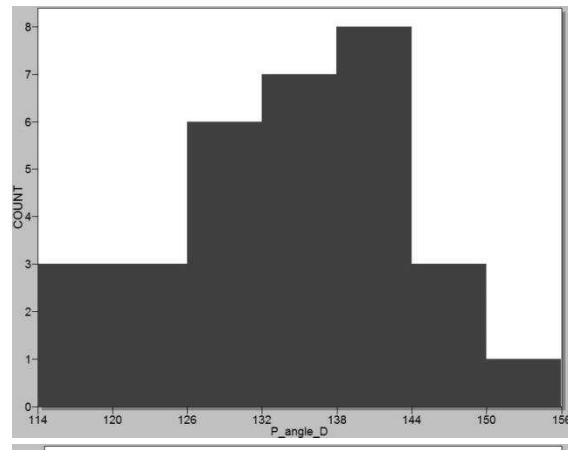
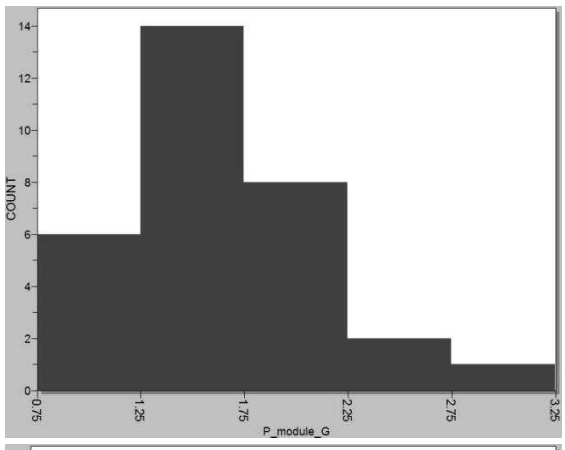
Cheval	T_Fréquence	T_Régularité	T_Symétrie	T_Déplacement Dorsoventral	T_Puissance Dorsoventrale	T_Puissance de propulsion	T_Puissance Médiolatérale	T_Puissance Totale	T_module G	T_angle G	T_temps G	T_module D	T_angle D	T_temps D
1	1,51	343	362	5	6,70	8,80	3,00	18,90	3,20	69,00	22,00	2,86	123,00	19,00
2	1,71	334	265	5	11,80	4,40	4,00	19,80	3,45	71,00	25,00	3,36	118,00	25,00
3	1,46	380	234	6	7,40	5,20	5,00	17,20	2,74	73,00	18,00	3,30	112,00	22,00
4	1,56	303	348	6	7,60	9,50	7,00	23,90	3,10	65,00	23,00	3,20	124,00	24,00
5	1,56	319	208	6	7,90	6,10	5,00	18,60	3,20	69,00	20,00	3,36	116,00	23,50
6	1,51	335	190	7	11,20	4,20	3,00	18,40	3,45	72,00	22,00	3,71	111,00	24,00
7	1,56	409	252	5	7,60	4,00	3,00	14,90	3,10	63,00	22,00	3,60	121,00	28,00
8	1,51	322	186	6	9,20	5,40	4,00	18,70	3,39	71,00	22,00	3,90	117,60	29,00
9	1,37	297	210	9	9,70	5,20	2,00	16,80	3,90	73,00	26,00	3,60	111,00	22,00
10	1,42	300	223	8	8,40	7,50	4,00	19,60	3,75	71,00	23,00	3,18	112,00	21,50
11	1,22	354	261	12	11,70	3,90	3,00	18,50	5,20	71,00	27,00	4,55	116,00	26,00
12	1,42	392	252	8	9,00	6,20	4,00	18,80	2,80	75,50	21,00	3,60	107,00	26,00
13	1,46	343	257	6	8,80	7,20	3,00	18,60	3,00	72,00	23,50	3,40	104,00	23,00
14	1,51	340	242	5	6,60	4,30	2,00	12,90	4,40	71,00	20,00	6,60	105,00	24,00
15	1,51	364	195	5	8,80	4,70	1,00	14,80	3,56	77,00	22,00	2,78	104,00	24,00
16	1,32	371	272	11	12,10	4,20	3,00	19,10	3,12	69,00	20,00	5,30	121,00	30,00
17	1,51	302	207	6	10,30	5,20	2,00	17,80	3,00	75,00	20,00	4,00		28,00
18	1,37	259	204	8	7,40	5,90	6,00	19,70	3,60	63,00	24,00	3,30	121,00	23,00
19	1,37	283	250	9	12,90	6,90	5,00	25,20	4,07	65,00	24,00	4,80	119,00	29,00
20	1,51	346	210	5	7,80	4,50	6,00	18,00	3,30	68,00	25,00	3,30	118,00	21,00
21	1,17	241	111	8	6,40	3,90	3,00	13,40	3,70	73,00	21,00	3,80	113,00	22,00
22	1,46	342	310	6	7,20	3,70	2,00	13,20	2,80	73,00	19,00	3,00	106,00	25,00
23	1,51	286	199	7	10,80	6,30	4,00	21,10	4,20	65,00	27,00	3,80	123,00	23,00
24	1,37	319	231	9	8,50	2,40	3,00	14,30	3,47	72,00	23,00	3,60	107,00	24,00
25	1,42	353	251	8	10,60	5,00	3,00	18,20	4,16	70,00	28,00	3,40	111,00	22,00
26	1,46	292	395	6	7,40	3,40	4,00	14,80	3,35	70,00	22,00	1,76	116,00	19,00
27	1,42	358	229	6	7,50	5,90	2,00	15,30	3,37	72,00	21,50	3,26	115,00	22,00
28	1,32	284	237	9	8,60	4,40	4,00	16,60	3,90	73,00	20,60	3,55	108,00	24,00
29	1,51	299	301	6	7,60	4,20	4,00	15,40	2,70	67,00	20,00	3,20	116,00	26,00
30	1,56	393	236	5	7,50	4,30	4,00	15,90	3,16	65,00	22,50	2,97	119,00	19,50
31	1,32	310	227	9	9,00	3,90	3,00	15,40	7,90	73,00	25,00	7,30	103,00	23,00

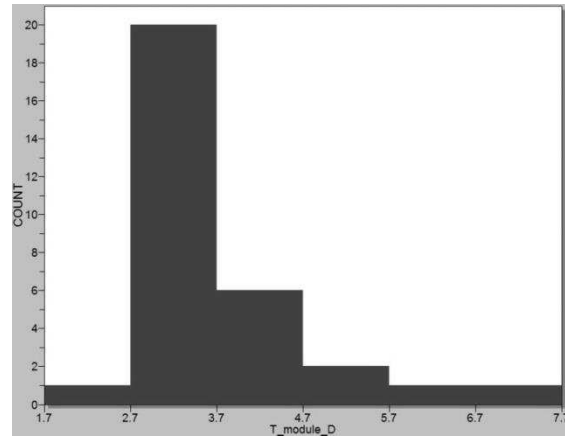
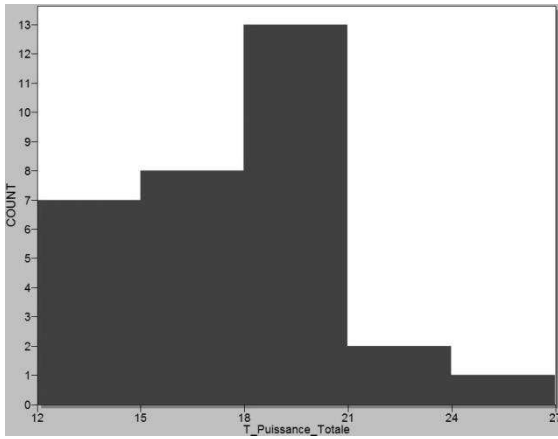
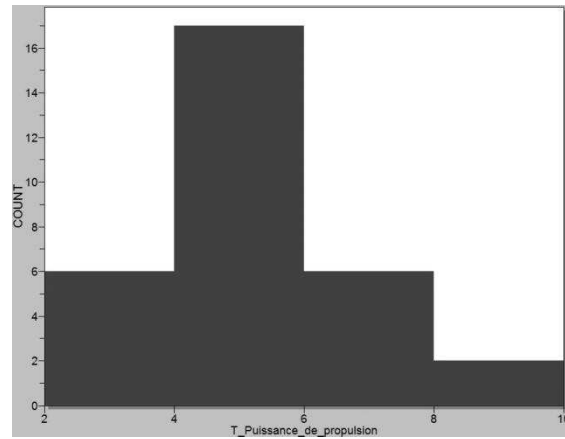
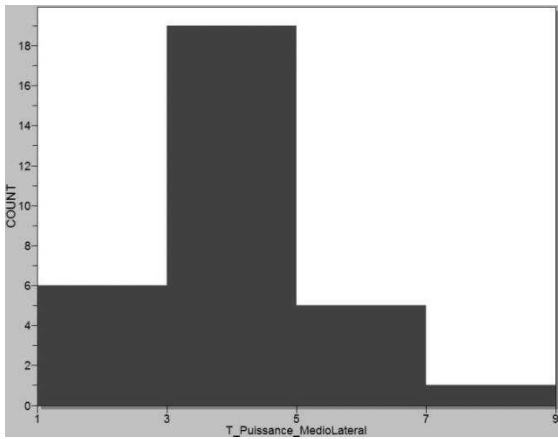
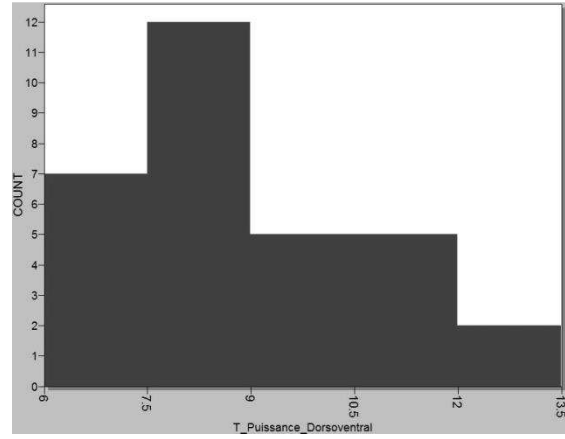
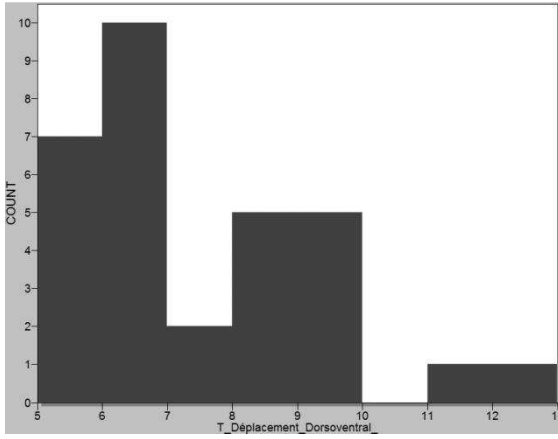
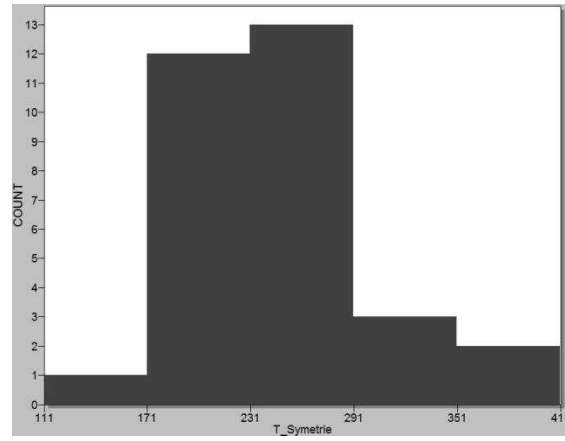
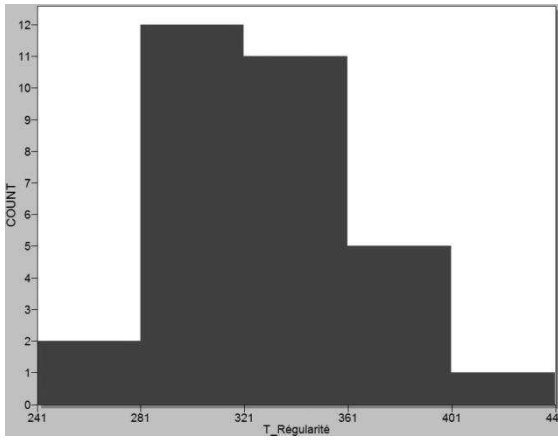
Annexe 5 : Tableau des variables qualitatives

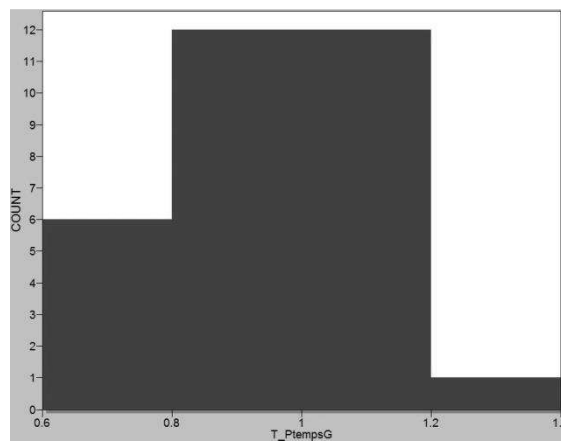
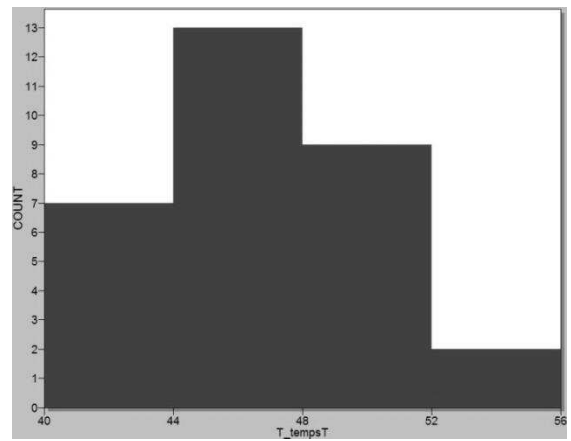
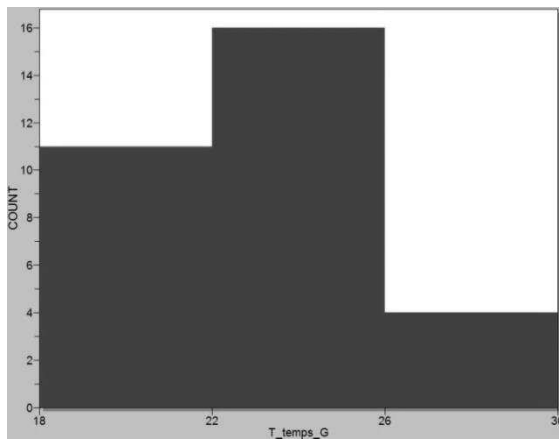
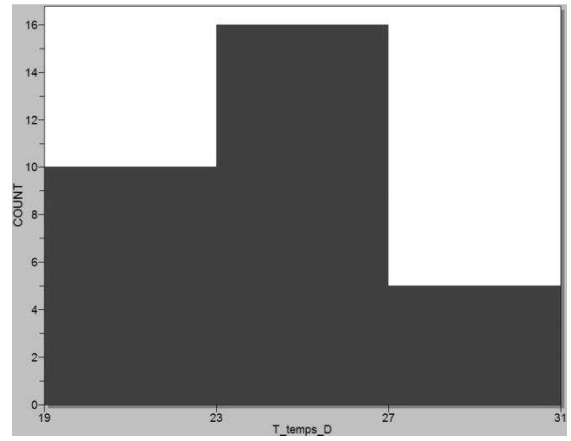
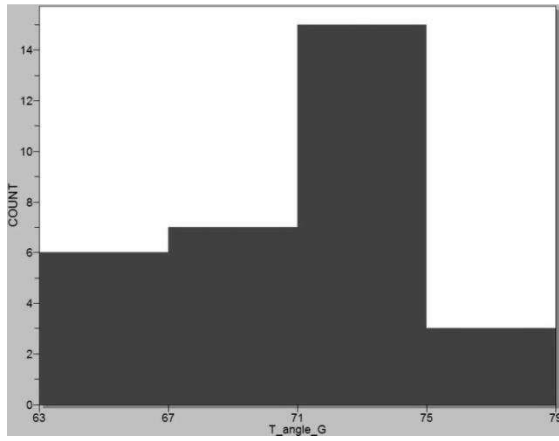
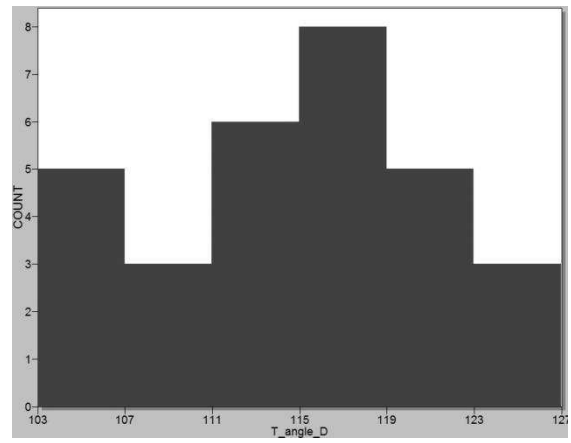
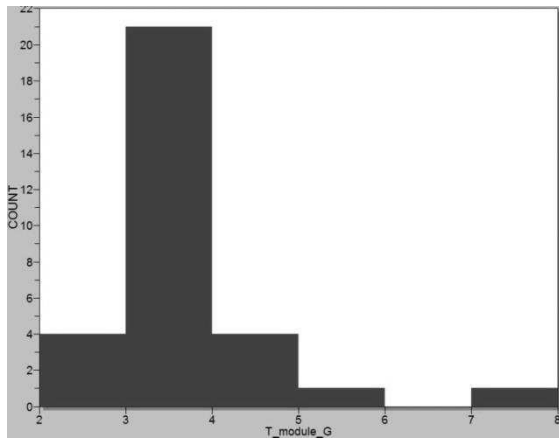
Cheval	discipline	crinière	épis	incurvation	galop	dureté bouche	cadence ralentie	globale	LFCCrG	LFCCrD	LFCCr	LFCCdG	LFCCdD	LFCCd	LFcbG	LFcbD	LFcb	Sacroiliaque G	sacroiliaque D	sacroiliaque	Torsion
1	CSO	1	1	1	1	-1		1	2	2	0	1	2	1	0	1	1	0	1	1	-1
2	CCE	1		1	1	-1	-1	1	2	2	0	2	1	-1	2	1	-1	1	2	1	-1
3	CSO	-1							2	2	0	0	1	1	2	1	-1	2	1	-1	-1
4	CSO	2	1						2	2	0	2	1	-1	1	2	1	2	1	-1	-1
5	CSO	2	-1						2	2	0	1	0	-1	1	0	-1	0	1	1	1
6	CSO	2		1	-1		1	-1	2	2	0	1	0	-1	2	1	-1	2	1	-1	-1
7	CCE		-1						2	2	0	0	1	1	2	1	-1	2	1	-1	-1
8	D	2	-1	1	1	-1	-1	1	2	1	-1	1	0	-1	0	1	1	1	2	1	-1
9	CCE	-1	1						2	2	0	2	1	-1	2	1	-1	1	2	1	-1
10	CCE	-2	-1	1	1	-1	-1	1	2	2	0	1	2	1	1	2	1	1	2	1	-1
11	CCE	2	-1						2	1	-1	2	1	-1	2	1	-1	1	2	1	1
12	CSO	2	1						1	2	1	0	1	1	1	0	-1	0	1	1	1
13	D	2	1	1	1	-1	-1	1	2	2	0	0	1	1	1	2	1	1	0	-1	-1
14	CCE	-2	-1						2	2	0	1	1	0	2	1	-1	2	2	0	-1
15	CCE	2		1	1		-1	1	2	2	0	2	2	0	1	2	1	2	1	-1	-1
16	CCE	-1		-1	-1	-1	1	-1	2	2	0	2	1	-1	1	2	1	1	2	1	1
17	D	1		1	-1	-1	-1	1	2	1	-1	1	0	-1	1	0	-1	0	1	1	-1
18	D	2	1	1	1	-1	-1	1	2	2	0	2	1	-1	1	0	-1	1	0	-1	-1
19	D	-2	1	-1	1	1	1	-1	2	2	0	2	2	0	2	1	-1	2	1	-1	-1
20	CSO	2	1	1	-1	1	1	-1	2	2	0	2	2	0			0				
21	D	-2	1						2	2	0	1	2	1	1	2	1	2	1	-1	-1
22	D	1	-1	1	1	-1	-1	1	2	2	0	2	1	-1	2	1	-1	2	1	-1	-1
23	CSO	1	1						1	0	-1	0	0	0	2	1	-1	1	2	1	-1
24	CCE	2							2	2	0	1	2	1	2	1	-1	2	0	-1	1
25	CSO	-2	1	-1	1	-1	-1	1	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	1	-1	1
26	CSO	-1							2	2	0	1	2	1	2	1	-1	1	0	-1	1
27	D	-2		-1	-1	1		-1	2	2	0	2	2	0	2	1	-1	1	2	1	-1
28	D	2		1	1	-1	-1	1	2	2	0	1	2	1	2	1	-1	2	1	-1	-1
29	CCE	2	-1	-1	-1	1		-1	1	1	0	1	2	1	2	1	-1	1	2	1	-1
30	D	-1	1	-1	1	1	1	-1	2	2	0	1	1	0	2	1	-1	1	0	-1	-1
31	D	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	2	2	0	1	2	1	2	1	-1	2	1	-1	-1

Annexe 6 : Histogrammes des variables quantitatives









Annexe 7 : Résultat des statistiques analytiques

Variable	effectif	moyenne	Variance	Écart type	Minimum	25%	Médiane	75%	Maximum
P_Fréquence	31	0,87	0,00	0,06	0,78	0,83	0,88	0,88	1,03
P_Régularité	31	212,16	1626,41	40,33	121,00	188,00	214,00	242,00	285,00
P_Symétrie	31	189,84	3148,67	56,11	117,00	159,00	172,00	218,00	387,00
P_Déplacement Dorsoventral	31	2,29	0,48	0,69	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00
P_Puissance Dorsoventrale	31	0,56	0,02	0,15	0,30	0,50	0,50	0,60	1,10
P_Puissance de Propulsion	31	1,25	0,10	0,31	0,70	1,00	1,20	1,50	1,80
P_Puissance Médiolatérale	31	1,03	0,03	0,18	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
P_Puissance Totale	31	2,88	0,33	0,58	2,00	2,50	2,70	3,30	4,20
P_module G	31	1,61	0,22	0,47	0,75	1,37	1,60	1,90	2,80
P_angle G	31	46,39	74,45	8,63	31,50	37,50	46,00	54,00	63,00
P_temps G	31	22,74	25,01	5,00	12,00	20,00	22,00	26,00	36,00
P_module D	31	2,08	0,35	0,59	1,00	1,60	2,05	2,46	3,80
P_angle D	31	133,68	87,43	9,35	114,00	129,00	134,00	141,00	150,00
P_temps D	30	24,87	28,33	5,32	17,00	22,00	24,00	28,00	41,00
T_Fréquence	31	1,45	0,01	0,11	1,17	1,37	1,46	1,51	1,71
T_Régularité	31	328,16	1596,34	39,95	241,00	299,00	334,00	354,00	409,00
T_Symétrie	31	243,71	3111,75	55,78	111,00	208,00	236,00	261,00	395,00
T_Déplacement Dorsoventral	31	7,00	3,47	1,86	5,00	6,00	6,00	8,00	12,00
T_Puissance Dorsoventrale	31	8,84	3,15	1,78	6,40	7,50	8,50	10,30	12,90
T_Puissance de Propulsion	31	5,18	2,47	1,57	2,40	4,20	4,70	6,10	9,50
T_Puissance Médiolatérale	31	3,58	1,78	1,34	1,00	3,00	3,00	4,00	7,00
T_Puissance Totale	31	17,54	8,20	2,86	12,90	15,30	18,00	18,90	25,20
T_module G	31	3,61	0,93	0,96	2,70	3,10	3,39	3,90	7,90
T_angle G	31	70,21	13,06	3,61	63,00	68,00	71,00	73,00	77,00
T_temps G	31	22,55	6,08	2,46	18,00	20,60	22,00	24,00	28,00
T_module D	31	3,72	1,14	1,07	1,76	3,20	3,40	3,80	7,30
T_angle D	30	113,92	39,89	6,32	103,00	108,00	115,50	119,00	124,00
T_temps D	31	23,92	8,05	2,84	19,00	22,00	24,00	26,00	30,00
P_tempsT	31	46,47	11,60	3,41	40,00	44,00	46,50	50,00	53,00
P_tempsG	31	0,96	0,03	0,16	0,67	0,82	0,96	1,09	1,27
crinière	31	0,42	2,72	1,65	-2	-1	1	2	2
épis	31	0,10	0,69	0,83	-1	-1	0	1	1
incurvation	19	0,26	0,98	0,99	-1	-1	1	1	1
galop	19	0,26	0,98	0,99	-1	-1	1	1	1
dureté bouche	18	-0,22	0,89	0,94	-1	-1	-1	1	1
cadence ralentie	19	-0,21	0,84	0,92	-1	-1	-1	1	1
globale	19	0,16	1,03	1,01	-1	-1	1	1	1
LFCCr	31	-0,10	0,16	0,40	-1	0	0	0	1
LFCCd	31	0,03	0,77	0,88	-1	-1	0	1	1
LFCb	31	-0,42	0,78	0,89	-1	-1	-1	1	1
sacroiliaque	31	-0,13	1,05	1,02	-2	-1	-1	1	1
torsion	30	-0,53	0,74	0,86	-1	-1	-1	-1	1

Annexe 8 : Fréquence des variables qualitatives

cadence ralentie	Fréquence	%	Cumulés
manquant	15	48,40%	48,40%
-1	10	32,30%	80,60%
1	6	19,40%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

crinière	Fréquence	%	Cumulés
manquant	1	3,20%	3,20%
-1	12	38,70%	41,90%
1	18	58,10%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

discipline	Fréquence	%	Cumulés
CCE	10	32,30%	32,30%
CSO	10	32,30%	64,50%
D	11	35,50%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

dureté bouche	Fréquence	%	Cumulés
manquant	15	48,40%	48,40%
-1	10	32,30%	80,60%
1	6	19,40%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

épis	Fréquence	%	Cumulés
manquant	10	32,30%	32,30%
-1	9	29,00%	61,30%
1	12	38,70%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

galop	Fréquence	%	Cumulés
manquant	12	38,70%	38,70%
-1	7	22,60%	61,30%
1	12	38,70%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

globale	Fréquence	%	Cumulés
manquant	12	38,70%	38,70%
-1	8	25,80%	64,50%
1	11	35,50%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

incurvation	Fréquence	%	Cumulés
manquant	12	38,70%	38,70%
-1	7	22,60%	61,30%
1	12	38,70%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCbD	Fréquence	%	Cumulés
manquant	1	3,20%	3,20%
0	4	12,90%	16,10%
1	19	61,30%	77,40%
2	7	22,60%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCbG	Fréquence	%	Cumulés
manquant	1	3,20%	3,20%
0	2	6,50%	9,70%
1	10	32,30%	41,90%
2	18	58,10%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCCdD	Fréquence	%	Cumulés
0	5	16,10%	16,10%
1	13	41,90%	58,10%
2	13	41,90%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCCdG	Fréquence	%	Cumulés
0	5	16,10%	16,10%
1	14	45,20%	61,30%
2	12	38,70%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCCd	Fréquence	%	Cumulés
-1	11	35,50%	35,50%
0	8	25,80%	61,30%
1	12	38,70%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCCrD	Fréquence	%	Cumulés
0	1	3,20%	3,20%
1	4	12,90%	16,10%
2	26	83,90%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCCrG	Fréquence	%	Cumulés
1	3	9,70%	9,70%
2	28	90,30%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

LFCCr	Fréquence	%	Cumulés
-1	4	12,90%	12,90%
0	26	83,90%	96,80%
1	1	3,20%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

sacroiliaque_D	Fréquence	%	Cumulés
manquant	1	3,20%	3,20%
0	5	16,10%	19,40%
1	15	48,40%	67,70%
2	10	32,30%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

sacroiliaque_G	Fréquence	%	Cumulés
manquant	1	3,20%	3,20%
0	4	12,90%	16,10%
1	13	41,90%	58,10%
2	13	41,90%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

sacroiliaque	Fréquence	%	Cumulés
manquant	1	3,20%	3,20%
-1	16	51,60%	54,80%
0	1	3,20%	58,10%
1	13	41,90%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

torsion	Fréquence	%	Cumulés
manquant	1	3,20%	3,20%
-1	23	74,2%	77,4%
1	7	22,6%	100,00%
Total	31	100,00%	100,00%

Annexe 9 : Résultats des régressions linéaires¹⁰¹

- Au pas

X	Y	P-value	r ²	coefficient directeur (a)	Écart type de a	ordonnée à l'origine (b)	Écart type de b
P_Fréquence	P_Symétrie	0,86	0,00	0,00	0,00	0,88	0,04
P_Fréquence	P_module_D	0,11	0,09	0,03	0,02	0,81	0,04
P_Fréquence	P_module_G	0,90	0,00	0,00	0,02	0,87	0,04
P_Fréquence	P_angle_D	0,47	0,02	0,00	0,00	0,76	0,15
P_Fréquence	P_angle_G	0,76	0,00	0,00	0,00	0,89	0,06
P_Fréquence	P_temps_D	0,76	0,00	0,00	0,00	0,86	0,05
P_Fréquence	P_temps_G	0,44	0,02	0,00	0,00	0,91	0,05
P_Fréquence	P_Puissance_Dorsoventrale	0,01	0,21	0,18	0,06	0,77	0,04
P_Fréquence	P_Puissance_de_Propulsion	0,005	0,24	0,09	0,03	0,76	0,04
P_Fréquence	P_Puissance__Totale	0,0002	0,38	0,06	0,02	0,69	0,04
P_Fréquence	P_Déplacement_Dorsoventral	0,003	0,27	-0,04	0,01	0,97	0,03
P_Régularité	P_Symétrie	0,13	0,08	-0,20	0,13	250,19	25,34
P_Régularité	P_Fréquence	0,79	0,00	-35,43	129,23	243,05	112,92
P_Régularité	P_module_D	0,32	0,03	12,63	12,37	185,93	26,70
P_Régularité	P_module_G	0,29	0,04	-16,95	15,66	239,44	26,21
P_Régularité	P_angle_D	0,98	0,00	0,03	0,80	208,87	107,32
P_Régularité	P_angle_G	0,60	0,01	0,46	0,86	190,90	40,73
P_Régularité	P_temps_D	0,06	0,12	2,52	1,29	146,98	32,70
P_Régularité	P_temps_G	0,18	0,06	-2,00	1,45	257,61	33,75
P_Régularité	P_Puissance_Dorsoventrale	0,74	0,00	16,74	49,81	202,82	28,75
P_Régularité	P_Puissance_de_Propulsion	0,58	0,01	13,25	23,97	195,67	30,74
P_Régularité	P_Puissance_Totale	0,85	0,00	2,49	12,94	204,99	37,96
P_Régularité	P_Déplacement_Dorsoventral	0,08	0,10	18,46	10,26	169,89	24,51
P_Symétrie	P_module_D	0,79	0,00	-4,64	17,50	199,48	37,76
P_Symétrie	P_module_G	0,53	0,01	13,90	22,07	167,47	36,95
P_Symétrie	P_angle_D	0,70	0,01	0,43	1,11	132,23	148,94
P_Symétrie	P_angle_G	0,79	0,00	0,33	1,21	174,65	56,88
P_Symétrie	P_temps_D	0,61	0,01	-1,04	2,02	216,03	51,21
P_Symétrie	P_temps_G	0,23	0,00	2,51	2,03	132,74	47,25
P_Symétrie	P_Puissance_Dorsoventrale	0,73	0,05	-24,15	69,30	203,31	40,00
P_Symétrie	P_Puissance_de_Propulsion	0,25	0,05	-38,55	32,76	237,84	42,00
P_Symétrie	P_Puissance_Totale	0,55	0,01	-10,96	17,90	221,39	52,51
P_Symétrie	P_Déplacement_Dorsoventral	0,99	0,01	0,17	15,05	189,45	35,95
P_Puissance_Dorsoventrale	P_module_D	0,26	0,04	0,05	0,05	0,45	0,10
P_Puissance_Dorsoventrale	P_module_G	0,04	0,13	0,12	0,06	0,37	0,09
P_Puissance_Dorsoventrale	P_angle_D	0,22	0,05	0,00	0,00	1,05	0,39
P_Puissance_Dorsoventrale	P_angle_G	0,01	0,22	0,01	0,00	0,18	0,14
P_Puissance_Dorsoventrale	P_temps_D	0,23	0,05	-0,01	0,01	0,72	0,13

..... P-value < 0,05

..... P-value < 0,01

■ P-value < 0,001

¹⁰¹ Les valeurs des P-value sont arrondies à deux décimales dans ce tableau sauf pour certaines où la P-value est faible et dont les valeurs sont arrondies à la première décimale non nulle.

P_Puissance_Dorsoventrale	P_temps_G	0,68	0,01	0,00	0,01	0,61	0,13
P_Puissance_Dorsoventrale	P_Puissance_de_Propulsion	0,04	0,14	0,18	0,08	0,33	0,11
P_Puissance_Dorsoventrale	P_Puissance_Totale	0,0004	0,35	0,16	0,04	0,11	0,11
P_Puissance_de_Propulsion	P_module_D	0,28	0,04	0,10	0,10	1,03	0,21
P_Puissance_de_Propulsion	P_module_G	0,16	0,07	0,17	0,12	0,97	0,20
P_Puissance_de_Propulsion	P_angle_D	0,43	0,02	0,01	0,01	0,59	0,82
P_Puissance_de_Propulsion	P_angle_G	0,69	0,01	0,00	0,01	1,12	0,31
P_Puissance_de_Propulsion	P_temps_D	0,30	0,04	-0,01	0,01	1,54	0,28
P_Puissance_de_Propulsion	P_temps_G	0,99	0,00	0,00	0,01	1,24	0,27
P_Puissance_de_Propulsion	P_Puissance_Totale	<0,000001	0,73	0,46	0,05	-0,07	0,15
P_Puissance_Totale	P_module_D	0,32	0,03	0,18	0,18	2,51	0,38
P_Puissance_Totale	P_module_G	0,06	0,12	0,42	0,22	2,20	0,36
P_Puissance_Totale	P_angle_D	0,61	0,01	0,01	0,01	2,08	1,53
P_Puissance_Totale	P_angle_G	0,75	0,00	0,00	0,01	2,69	0,59
P_Puissance_Totale	P_temps_D	0,18	0,06	-0,03	0,02	3,58	0,51
P_Puissance_Totale	P_temps_G	0,95	0,00	0,00	0,02	2,85	0,50
P_Déplacement_Dorsoventral	P_module_D	0,76	0,00	-0,07	0,22	2,43	0,47
P_Déplacement_Dorsoventral_	P_module_G	0,60	0,01	-0,14	0,27	2,52	0,46
P_Déplacement_Dorsoventral_	P_angle_D	0,82	0,00	0,00	0,01	2,70	1,84
P_Déplacement_Dorsoventral_	P_angle_G	0,09	0,10	0,03	0,01	1,13	0,67
P_Déplacement_Dorsoventral_	P_temps_D	0,52	0,01	0,02	0,02	1,87	0,62
P_Déplacement_Dorsoventral_	P_temps_G	0,84	0,00	0,01	0,03	2,17	0,60
P_Déplacement_Dorsoventral	P_Puissance_Dorsoventrale	0,89	0,00	0,12	0,86	2,23	0,50
P_Déplacement_Dorsoventral_	P_Puissance_de_Propulsion	0,93	0,00	-0,04	0,41	2,34	0,53
P_Déplacement_Dorsoventral_	P_Puissance_Totale	0,26	0,04	-0,25	0,22	3,01	0,64
P_module_D	P_module_G	0,23	0,05	-0,28	0,23	2,53	0,39
P_module_D	P_angle_D	0,01	0,20	0,03	0,01	-1,70	1,42
P_module_D	P_angle_G	0,04	0,14	0,03	0,01	0,89	0,56
P_module_D	P_temps_D	0,00008	0,44	0,07	0,02	0,29	0,40
P_module_D	P_temps_G	0,00009	0,42	-0,08	0,02	3,83	0,39
P_module_G	P_angle_D	0,33	0,03	-0,01	0,01	2,82	1,23
P_module_G	P_angle_G	0,84	0,00	0,00	0,01	1,71	0,48
P_module_G	P_temps_D	0,0004	0,50	-0,06	0,01	3,17	0,30
P_module_G	P_temps_G	0,00001	0,35	0,06	0,01	0,34	0,33
P_angle_D	P_angle_G	0,49	0,02	-0,14	0,20	140,18	9,41
P_angle_D	P_temps_D	0,00	0,25	0,82	0,27	113,86	6,84
P_angle_D	P_temps_G	0,96	0,00	-0,02	0,35	134,07	8,08
P_angle_G	P_temps_D	0,30	0,04	0,32	0,30	38,20	7,60
P_angle_G	P_temps_G	0,04	0,14	-0,64	0,30	60,92	6,92
P_temps_D	P_temps_G	0,00	0,30	-0,58	0,17	37,97	3,84

• Au Trot

X	Y	P-value	r ²	coefficient directeur (a)	Écart type de a	ordonnée à l'origine (b)	Écart type de b
T_Régularité	T_Symétrie	0,33	0,03	0,13	0,13	296,84	32,69
T_Régularité	T_Fréquence	0,07	0,11	121,93	63,84	151,60	92,71
T_Régularité	T_module_D	0,90	0,00	-0,90	6,94	331,49	26,84
T_Régularité	T_module_G	0,24	0,05	-9,05	7,51	360,85	28,06
T_Régularité	T_angle_D	0,66	0,01	-0,53	1,20	389,51	137,22
T_Régularité	T_angle_G	0,64	0,01	0,97	2,05	260,09	143,75
T_Régularité	T_temps_D	0,60	0,01	1,38	2,60	295,05	62,66
T_Régularité	T_temps_G	0,43	0,02	-2,39	2,98	382,12	67,52
T_Régularité	T_Puissance_Dorsoventrale	0,94	0,00	0,30	4,18	325,55	37,64
T_Régularité	T_Puissance_de_Propulsion	0,56	0,01	-2,75	4,69	342,43	25,37
T_Régularité	T_Puissance_Médiolatérale	0,20	0,06	-7,11	5,39	353,63	20,57
T_Régularité	T_Puissance_Totale	0,35	0,03	-2,43	2,55	370,75	45,33
T_Régularité	T_Déplacement_Dorsoventral	0,20	0,06	-5,13	3,87	364,04	28,00
T_Fréquence	T_Symétrie	0,15	0,07	0,00	0,00	1,32	0,09
T_Fréquence	T_module_D	0,08	0,10	-0,03	0,02	1,57	0,07
T_Fréquence	T_module_G	0,02	0,17	-0,05	0,02	1,62	0,07
T_Fréquence	T_angle_D	0,18	0,06	0,00	0,00	0,94	0,37
T_Fréquence	T_angle_G	0,21	0,05	-0,01	0,01	1,94	0,39
T_Fréquence	T_temps_D	0,83	0,00	0,00	0,01	1,49	0,17
T_Fréquence	T_temps_G	0,56	0,01	-0,01	0,01	1,56	0,19
T_Fréquence	T_Puissance_Dorsoventrale	0,66	0,01	-0,01	0,01	1,49	0,10
T_Fréquence	T_Puissance_de_Propulsion	0,23	0,05	0,02	0,01	1,37	0,07
T_Fréquence	T_Puissance_Médiolatérale	0,37	0,03	0,01	0,02	1,40	0,06
T_Fréquence	T_Puissance_Totale	0,43	0,02	0,01	0,01	1,35	0,13
T_Fréquence	T_Déplacement_Dorsoventral	>0,000001	0,66	-0,05	0,01	1,78	0,05
T_Symétrie	T_module_D	0,17	0,06	-13,30	9,37	293,18	36,24
T_Symétrie	T_module_G	0,34	0,03	-10,25	10,57	280,75	39,50
T_Symétrie	T_angle_D	0,23	0,05	2,00	1,64	16,91	187,33
T_Symétrie	T_angle_G	0,23	0,05	-3,43	2,80	484,16	196,46
T_Symétrie	T_temps_D	0,47	0,02	-2,63	3,62	306,61	87,12
T_Symétrie	T_temps_G	0,66	0,01	-1,85	4,19	285,43	95,00
T_Symétrie	T_Puissance_Dorsoventrale	0,53	0,01	-3,73	5,79	276,64	52,18
T_Symétrie	T_Puissance_de_Propulsion	0,24	0,05	7,80	6,43	203,29	34,77
T_Symétrie	T_Puissance_Médiolatérale	0,42	0,02	6,30	7,67	221,16	29,24
T_Symétrie	T_Puissance_Totale	0,54	0,01	2,23	3,59	204,64	63,84
T_Symétrie	T_Déplacement_Dorsoventral	0,43	0,02	-4,38	5,50	274,34	39,82
T_Puissance_Dorsoventrale	T_module_D	0,13	0,08	0,47	0,30	7,11	1,15
T_Puissance_Dorsoventrale	T_module_G	0,22	0,05	0,42	0,33	7,32	1,24
T_Puissance_Dorsoventrale	T_angle_D	0,56	0,01	0,03	0,05	5,25	6,06
T_Puissance_Dorsoventrale	T_angle_G	0,88	0,00	0,01	0,09	7,83	6,41
T_Puissance_Dorsoventrale	T_temps_D	0,002	0,28	0,33	0,10	0,86	2,37
T_Puissance_Dorsoventrale	T_temps_G	0,01	0,21	0,33	0,12	1,39	2,70
T_Puissance_Dorsoventrale	T_Puissance_de_Propulsion	0,81	0,00	-0,05	0,21	9,11	1,13

T_Puissance_Dorsoventrale	T_Puissance_Médiolatérale	0,69	0,01	-0,10	0,25	9,19	0,94
T_Puissance_Dorsoventrale	T_Puissance_Totale	0,001	0,30	0,34	0,10	2,84	1,71
T_Puissance_de_Propulsion	T_module_D	0,35	0,03	-0,26	0,27	6,14	1,04
T_Puissance_de_Propulsion	T_module_G	0,32	0,03	-0,30	0,30	6,26	1,11
T_Puissance_de_Propulsion	T_angle_D	0,05	0,13	0,09	0,05	-5,15	5,10
T_Puissance_de_Propulsion	T_angle_G	0,18	0,06	-0,11	0,08	12,69	5,51
T_Puissance_de_Propulsion	T_temps_D	0,52	0,01	-0,07	0,10	6,79	2,46
T_Puissance_de_Propulsion	T_temps_G	0,63	0,01	0,06	0,12	3,90	2,68
T_Puissance_de_Propulsion	T_Puissance_Médiolatérale	0,03	0,15	0,46	0,20	3,53	0,77
T_Puissance_de_Propulsion	T_Puissance_Totale	0,00002	0,49	0,38	0,07	-1,54	1,30
T_Puissance_Médiolatérale	T_module_D	0,31	0,04	-0,24	0,23	4,47	0,88
T_Puissance_Médiolatérale	T_module_G	0,42	0,02	-0,21	0,25	4,34	0,95
T_Puissance_Médiolatérale	T_angle_D	0,002	0,31	0,12	0,03	-9,58	3,77
T_Puissance_Médiolatérale	T_angle_G	0,0004	0,35	-0,22	0,06	19,04	3,88
T_Puissance_Médiolatérale	T_temps_D	0,65	0,01	-0,04	0,09	4,53	2,10
T_Puissance_Médiolatérale	T_temps_G	0,60	0,01	0,05	0,10	2,38	2,27
T_Puissance_Médiolatérale	T_Puissance_Totale	0,0003	0,37	0,29	0,07	-1,41	1,22
T_Puissance_Totale	T_module_D	0,89	0,00	-0,07	0,50	17,79	1,92
T_Puissance_Totale	T_module_G	0,80	0,00	-0,14	0,55	18,06	2,06
T_Puissance_Totale	T_angle_D	0,002	0,29	0,25	0,07	-10,76	8,38
T_Puissance_Totale	T_angle_G	0,02	0,17	-0,33	0,13	40,66	9,41
T_Puissance_Totale	T_temps_D	0,20	0,06	0,24	0,18	11,78	4,38
T_Puissance_Totale	T_temps_G	0,04	0,14	0,43	0,20	7,84	4,55
T_module_D	T_module_G	0,000009	0,50	0,79	0,15	0,88	0,54
T_module_D	T_angle_D	0,17	0,07	-0,04	0,03	8,76	3,58
T_module_D	T_angle_G	0,70	0,01	0,02	0,06	2,22	3,85
T_module_D	T_temps_D	0,03	0,15	0,15	0,06	0,20	1,55
T_module_D	T_temps_G	0,66	0,01	0,04	0,08	2,92	1,82
T_module_G	T_angle_D	0,13	0,08	-0,04	0,03	8,59	3,19
T_module_G	T_angle_G	0,62	0,01	0,03	0,05	1,89	3,47
T_module_G	T_temps_D	0,74	0,00	-0,02	0,06	4,13	1,52
T_module_G	T_temps_G	0,004	0,25	0,20	0,06	-0,79	1,43
T_angle_D	T_angle_G	0,00	0,62	-1,40	0,21	212,05	14,39
T_angle_D	T_temps_D	0,70	0,01	0,17	0,43	109,89	10,25
T_angle_D	T_temps_G	0,39	0,03	0,42	0,48	104,39	10,89
T_angle_G	T_temps_D	0,92	0,00	-0,03	0,24	70,80	5,70
T_angle_G	T_temps_G	0,17	0,06	-0,37	0,26	78,60	5,97
T_temps_D	T_temps_G	0,33	0,03	-0,21	0,21	28,61	4,77

Confrontation Pas/Trot

P_Fréquence	T_Fréquence	0,02	0,19	0,23	0,09	0,54	0,13
P_Symétrie	T_Symétrie	0,01	0,20	0,45	0,17	80,55	41,77
P_Régularité	T_Régularité	0,92	0,00	0,02	0,19	205,86	61,94
P_Déplacement_Dorsoventral_	T_Déplacement_Dorsoventral	0,33	0,03	0,07	0,07	1,82	0,49
P_Puissance_Dorsoventrale	T_Puissance_Dorsoventrale	0,46	0,02	0,01	0,02	0,46	0,14
P_Puissance_de_Propulsion	T_Puissance_de_Propulsion	0,03	0,16	0,08	0,03	0,84	0,18
P_Puissance_Totale	T_Puissance_Totale	0,04	0,13	0,07	0,04	1,58	0,62
P_angle_D	T_angle_D	0,62	0,01	0,14	0,28	117,54	32,32
P_angle_G	T_angle_G	0,27	0,04	-0,49	0,43	80,43	30,51
P_module_D	T_module_D	0,28	0,04	-0,11	0,10	2,49	0,39
P_module_G	T_module_G	0,31	0,04	0,09	0,09	1,28	0,33
P_temps_D	T_temps_D	0,38	0,03	0,31	0,34	17,47	8,30
P_temps_G	T_temps_G	0,26	0,04	0,43	0,37	13,16	8,36
P_tempsT	T_tempsT	0,25	0,05	-0,31	0,26	61,82	12,24

Annexe 10 : Résultats du test de Wilcoxon au pas

épis	P_Fréquence	0,35
épis	P_Symétrie	0,05
épis	P_Régularité	0,14
épis	P_module_D	0,86
épis	P_module_G	0,05
épis	P_angle_D	0,12
épis	P_angle_G	0,89
épis	P_temps_D	0,79
épis	P_temps_G	0,24
épis	P_Puissance_Dorsoventrale	0,77
épis	P_Puissance_de_Propulsion	0,86
épis	P_Déplacement_Dorsoventral	0,29
épis	P_Puissance_Totale	0,69

galop	P_Fréquence	0,45
galop	P_Symétrie	0,27
galop	P_Régularité	0,50
galop	P_module_D	0,09
galop	P_module_G	0,29
galop	P_angle_D	0,02
galop	P_angle_G	0,19
galop	P_temps_D	0,03
galop	P_temps_G	0,67
galop	P_Puissance_Dorsoventrale	0,32
galop	P_Puissance_de_Propulsion	0,12
galop	P_Déplacement_Dorsoventral	0,11
galop	P_Puissance_Totale	0,77

crinière	P_Fréquence	0,39
crinière	P_Symétrie	0,33
crinière	P_Régularité	0,58
crinière	P_module_D	0,05
crinière	P_module_G	0,61
crinière	P_angle_D	0,64
crinière	P_angle_G	0,09
crinière	P_temps_D	0,41
crinière	P_temps_G	0,005
crinière	P_Puissance_Dorsoventrale	0,19
crinière	P_Puissance_de_Propulsion	0,44
crinière	P_Déplacement_Dorsoventral	0,42
crinière	P_Puissance_Totale	0,09

cadence ralentie	P_Fréquence	0,50
cadence ralentie	P_Symétrie	0,08
cadence ralentie	P_Régularité	0,28
cadence ralentie	P_module_D	0,36
cadence ralentie	P_module_G	0,04
cadence ralentie	P_angle_D	0,10
cadence ralentie	P_angle_G	0,17
cadence ralentie	P_temps_D	0,04
cadence ralentie	P_temps_G	0,96
cadence ralentie	P_Puissance_Dorsoventrale	0,68
cadence ralentie	P_Puissance_de_Propulsion	0,11
cadence ralentie	P_Déplacement_Dorsoventral	0,43
cadence ralentie	P_Puissance_Totale	0,23

incurvation	P_Fréquence	0,20
incurvation	P_Symétrie	0,87
incurvation	P_Régularité	0,93
incurvation	P_module_D	0,50
incurvation	P_module_G	0,64
incurvation	P_angle_D	0,31
incurvation	P_angle_G	0,37
incurvation	P_temps_D	1,00
incurvation	P_temps_G	0,03
incurvation	P_Puissance_Dorsoventrale	0,74
incurvation	P_Puissance_de_Propulsion	0,86
incurvation	P_Déplacement_Dorsoventral	0,14
incurvation	P_Puissance_Totale	1,00

dureté bouche	P_Fréquence	0,86
dureté bouche	P_Symétrie	0,51
dureté bouche	P_Régularité	0,52
dureté bouche	P_module_D	1,00
dureté bouche	P_module_G	0,96
dureté bouche	P_angle_D	0,14
dureté bouche	P_angle_G	0,19
dureté bouche	P_temps_D	0,37
dureté bouche	P_temps_G	0,23
dureté bouche	P_Puissance_Dorsoventrale	0,80
dureté bouche	P_Puissance_de_Propulsion	0,62
dureté bouche	P_Déplacement_Dorsoventral	0,53
dureté bouche	P_Puissance_Totale	1,00

globale	P_Fréquence	0,73
globale	P_Symétrie	0,19
globale	P_Régularité	0,68
globale	P_module_D	0,34
globale	P_module_G	0,17
globale	P_angle_D	0,02
globale	P_angle_G	0,17
globale	P_temps_D	0,04
globale	P_temps_G	0,56
globale	P_Puissance_Dorsoventrale	0,55
globale	P_Puissance_de_Propulsion	0,18
globale	P_Déplacement_Dorsoventral	0,53
globale	P_Puissance_Totale	0,59

LFcb	P_Fréquence	0,93
LFcb	P_Symétrie	0,19
LFcb	P_Régularité	0,14
LFcb	P_module_D	0,91
LFcb	P_module_G	0,55
LFcb	P_angle_D	0,73
LFcb	P_angle_G	0,81
LFcb	P_temps_D	0,97
LFcb	P_temps_G	0,99
LFcb	P_Puissance_Dorsoventrale	0,43
LFcb	P_Puissance_de_Propulsion	0,77
LFcb	P_Déplacement_Dorsoventral	0,27
LFcb	P_Puissance_Totale	0,94

LFCCr	P_Fréquence	0,09
LFCCr	P_Symétrie	0,26
LFCCr	P_Régularité	0,44
LFCCr	P_module_D	0,28
LFCCr	P_module_G	0,38
LFCCr	P_angle_D	0,56
LFCCr	P_angle_G	0,60
LFCCr	P_temps_D	0,47
LFCCr	P_temps_G	0,20
LFCCr	P_Puissance_Dorsoventrale	0,03
LFCCr	P_Puissance_de_Propulsion	0,17
LFCCr	P_Déplacement_Dorsoventral	0,01
LFCCr	P_Puissance_Totale	0,33

LFCCd	P_Fréquence	0,37
LFCCd	P_Symétrie	0,27
LFCCd	P_Régularité	0,51
LFCCd	P_module_D	0,31
LFCCd	P_module_G	0,63
LFCCd	P_angle_D	0,97
LFCCd	P_angle_G	0,08
LFCCd	P_temps_D	0,74
LFCCd	P_temps_G	0,65
LFCCd	P_Puissance_Dorsoventrale	0,70
LFCCd	P_Puissance_de_Propulsion	0,17
LFCCd	P_Déplacement_Dorsoventral	0,19
LFCCd	P_Puissance_Totale	0,13

sacroiliaque	P_Fréquence	0,10
sacroiliaque	P_Symétrie	0,71
sacroiliaque	P_Régularité	0,76
sacroiliaque	P_module_D	0,34
sacroiliaque	P_module_G	0,92
sacroiliaque	P_angle_D	0,92
sacroiliaque	P_angle_G	0,14
sacroiliaque	P_temps_D	0,74
sacroiliaque	P_temps_G	0,89
sacroiliaque	P_Puissance_Dorsoventrale	0,21
sacroiliaque	P_Puissance_de_Propulsion	0,15
sacroiliaque	P_Déplacement_Dorsoventral	0,07
sacroiliaque	P_Puissance_Totale	0,06

LFCCrD	P_Fréquence	0,17
LFCCrD	P_Symétrie	0,17
LFCCrD	P_Régularité	0,09
LFCCrD	P_Puissance_Dorsoventrale	0,11
LFCCrD	P_Puissance_de_Propulsion	0,34
LFCCrD	P_Déplacement_Dorsoventral	0,22
LFCCrD	P_Puissance_Totale	0,04
LFCCrD	P_module_D	0,41
LFCCrD	P_module_G	0,63
LFCCrD	P_angle_D	0,59
LFCCrD	P_angle_G	0,97
LFCCrD	P_temps_D	0,99
LFCCrD	P_temps_G	0,40

LFCCrG	P_Fréquence	0,97
LFCCrG	P_Symétrie	0,12
LFCCrG	P_Régularité	0,50
LFCCrG	P_Puissance_Dorsoventrale	0,89
LFCCrG	P_Puissance_de_Propulsion	0,61
LFCCrG	P_Déplacement_Dorsoventral	0,35
LFCCrG	P_Puissance_Totale	0,82
LFCCrG	P_module_D	0,11
LFCCrG	P_module_G	0,44
LFCCrG	P_angle_D	0,44
LFCCrG	P_angle_G	0,50
LFCCrG	P_temps_D	0,20
LFCCrG	P_temps_G	0,25

LFCbD	P_Fréquence	0,71
LFCbD	P_Symétrie	0,21
LFCbD	P_Régularité	0,55
LFCbD	P_Puissance_Dorsoventrale	0,25
LFCbD	P_Puissance_de_Propulsion	0,40
LFCbD	P_Déplacement_Dorsoventral	0,40
LFCbD	P_Puissance_Totale	0,32
LFCbD	P_module_D	0,70
LFCbD	P_module_G	0,55
LFCbD	P_angle_D	0,72
LFCbD	P_angle_G	0,15
LFCbD	P_temps_D	0,65
LFCbD	P_temps_G	0,37

LFCCdD	P_Fréquence	0,04
LFCCdD	P_Symétrie	0,19
LFCCdD	P_Régularité	0,09
LFCCdD	P_Puissance_Dorsoventrale	0,05
LFCCdD	P_Puissance_de_Propulsion	0,54
LFCCdD	P_Déplacement_Dorsoventral	0,38
LFCCdD	P_Puissance_Totale	0,17
LFCCdD	P_module_D	0,01
LFCCdD	P_module_G	0,53
LFCCdD	P_angle_D	0,75
LFCCdD	P_angle_G	0,97
LFCCdD	P_temps_D	0,06
LFCCdD	P_temps_G	0,04

LFCbG	P_Fréquence	0,69
LFCbG	P_Symétrie	0,91
LFCbG	P_Régularité	0,39
LFCbG	P_Puissance_Dorsoventrale	0,96
LFCbG	P_Puissance_de_Propulsion	0,54
LFCbG	P_Déplacement_Dorsoventral	0,41
LFCbG	P_Puissance_Totale	0,24
LFCbG	P_module_D	0,74
LFCbG	P_module_G	0,21
LFCbG	P_angle_D	0,34
LFCbG	P_angle_G	0,68
LFCbG	P_temps_D	0,51
LFCbG	P_temps_G	0,17

LFCCdG	P_Fréquence	0,55
LFCCdG	P_Symétrie	0,52
LFCCdG	P_Régularité	0,21
LFCCdG	P_Puissance_Dorsoventrale	0,67
LFCCdG	P_Puissance_de_Propulsion	0,25
LFCCdG	P_Déplacement_Dorsoventral	0,20
LFCCdG	P_Puissance_Totale	0,56
LFCCdG	P_module_D	0,07
LFCCdG	P_module_G	0,07
LFCCdG	P_angle_D	0,72
LFCCdG	P_angle_G	0,22
LFCCdG	P_temps_D	0,20
LFCCdG	P_temps_G	0,04

sacroiliaque_G	P_Fréquence	0,06
sacroiliaque_G	P_Symétrie	0,31
sacroiliaque_G	P_Régularité	0,71
sacroiliaque_G	P_Puissance_Dorsoventrale	0,38
sacroiliaque_G	P_Puissance_de_Propulsion	0,22
sacroiliaque_G	P_Déplacement_Dorsoventral	0,25
sacroiliaque_G	P_Puissance_Totale	0,43
sacroiliaque_G	P_module_D	0,20
sacroiliaque_G	P_module_G	0,94
sacroiliaque_G	P_angle_D	0,72
sacroiliaque_G	P_angle_G	0,13
sacroiliaque_G	P_temps_D	0,51
sacroiliaque_G	P_temps_G	0,04

sacroiliaque_D	P_Fréquence	0,38
sacroiliaque_D	P_Symétrie	0,70
sacroiliaque_D	P_Régularité	0,33
sacroiliaque_D	P_Puissance_Dorsoventrale	0,09
sacroiliaque_D	P_Puissance_de_Propulsion	0,57
sacroiliaque_D	P_Déplacement_Dorsoventral	0,55
sacroiliaque_D	P_Puissance_Totale	0,01
sacroiliaque_D	P_module_D	0,06
sacroiliaque_D	P_module_G	0,68
sacroiliaque_D	P_angle_D	0,09
sacroiliaque_D	P_angle_G	0,04
sacroiliaque_D	P_temps_D	0,18
sacroiliaque_D	P_temps_G	0,11

torsion	P_Fréquence	0,41
torsion	P_Symétrie	0,57
torsion	P_Régularité	0,10
torsion	P_Puissance_Dorsoventrale	0,38
torsion	P_Puissance_de_Propulsion	0,64
torsion	P_Déplacement_Dorsoventral	0,35
torsion	P_Puissance_Totale	0,42
torsion	P_module_D	0,70
torsion	P_module_G	0,15
torsion	P_angle_D	0,83
torsion	P_angle_G	0,21
torsion	P_temps_D	0,25
torsion	P_temps_G	0,39

crinière	P_temps_G							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	12	312	26,00	19,68	4,44	20	24,75	36
D	18	374	20,78	19,01	4,36	12	21	28

incurvation	P_temps_G							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	7	179	25,50	7,25	2,69	22	26	29
D	12	258	21,50	38,82	6,23	12	20,5	36

galop	P_angle_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	7	983	140,43	51,29	7,16	130	141	150
D	12	1550	129,17	75,79	8,70	114	132	141

galop	P_temps_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	7	190	27,14	19,48	4,41	22	28	32
D	11	245	22,27	79,65	8,92	114	130	141

globale	P_angle_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	8	1118	139,75	47,64	6,9	130	139,5	150
D	11	1415	128,64	9,82	3,13	17	22	27

globale	P_temps_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	8	214	26,75	18,5	4,3	22	26,5	32
D	10	221	22,1	10,1	3,18	17	22,5	27

cadence ralentie	P_module_G							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	10	18,8	1,88	0,23	0,48	1,42	1,885	2,8
D	6	8,27	1,38	0,11	0,33	0,9	1,435	1,8

cadence ralentie	P_temps_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	9	195	21,67	9,25	3,04	17	22	27
D	6	163	27,17	22,57	4,75	22	27,5	32

LFCCr	P_Déplacement_Dorsoventral_							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	4	6	1,50	0,33	0,58	1	1,5	2
0	26	61	2,35	0,32	0,56	1	2	3
D	1	4	4,00	0,00	0,00	4	4	4

LFCCr	P_Puissance_Dorsoventrale							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	4	2,7	0,68	0,01	0,10	0,6	0,65	0,8
0	26	14,2	0,55	0,02	0,15	0,3	0,5	1,1
D	1	0,4	0,40	0,00	0,00	0,4	0,4	0,4

LFCCrD	P_Déplacement_Dorsoventral							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	1	1	1,00	0,00	0,00	1	1	1
1	4	7	1,75	0,25	0,50	1	2	2
2	26	63	2,42	0,41	0,64	1	2	4

LFCCdD	P_Fréquence							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	4,75	0,95	0,01	0,08	0,83	0,93	1,03
1	13	11,2	0,86	0,00	0,03	0,83	0,88	0,93
2	13	11,1	0,85	0,00	0,04	0,78	0,83	0,93

LFCCdD	P_module_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	12,3	2,46	0,03	0,17	2,28	2,46	2,66
1	13	29,1	2,24	0,50	0,71	1,3	2,02	3,8
2	13	23	1,77	0,18	0,43	1	1,73	2,3

LFCCdD	P_temps_G							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	93	18,60	14,30	3,78	13	20	23
1	13	291	22,38	11,63	3,41	16	22	28
2	13	321	24,69	34,73	5,89	12	25	36

LFCCdG	P_temps_G							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	93	18,60	4,30	2,07	16	19	21
1	14	328	23,39	41,93	6,48	12	23,5	36
2	12	285	23,71	7,75	2,78	20	23,75	28

sacroiliaque_G	P_temps_G							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	4	71	17,75	22,92	4,79	12	18	23
1	13	326	25,08	24,29	4,93	17	25	36
2	13	288	22,15	17,31	4,16	13	21	29

sacroiliaque_D	P_Déplacement_Dorsoventral							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	14	2,80	0,20	0,45	2	3	3
1	15	37	2,47	0,55	0,74	1	2	4
2	10	19	1,90	0,10	0,32	1	2	2

sacroiliaque_D	P_angle_G							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	241	48,20	111,20	10,55	32	48	59
1	15	745	49,63	71,02	8,43	35	53	63
2	10	408	40,75	33,35	5,77	31,5	40,5	49,5

Annexe 11 : Résultats du test de Wilcoxon au trot

épis	T_Fréquence	0,61
épis	T_Symétrie	0,75
épis	T_Régularité	0,57
épis	T_module_D	0,41
épis	T_module_G	0,80
épis	T_angle_D	0,16
épis	T_angle_G	0,47
épis	T_temps_D	0,04
épis	T_temps_G	0,07
épis	T_Déplacement_Dorsoventral	0,77
épis	T_Puissance_Dorsoventrale	0,80
épis	T_Puissance_de_Propulsion	0,04
épis	T_Puissance_Médiolatérale	0,24
épis	T_Puissance_Totale	0,06

galop	T_Fréquence	0,79
galop	T_Symétrie	0,55
galop	T_Régularité	0,67
galop	T_module_D	0,12
galop	T_module_G	0,27
galop	T_angle_D	0,89
galop	T_angle_G	0,64
galop	T_temps_D	0,52
galop	T_temps_G	0,29
galop	T_Déplacement_Dorsoventral	0,57
galop	T_Puissance_Dorsoventrale	0,53
galop	T_Puissance_de_Propulsion	0,08
galop	T_Puissance_Médiolatérale	0,41
galop	T_Puissance_Totale	0,20

crinière	T_Fréquence	0,05
crinière	T_Symétrie	0,88
crinière	T_Régularité	0,90
crinière	T_module_D	0,53
crinière	T_module_G	0,53
crinière	T_angle_D	0,63
crinière	T_angle_G	0,98
crinière	T_temps_D	0,04
crinière	T_temps_G	1,00
crinière	T_Déplacement_Dorsoventral	0,27
crinière	T_Puissance_Dorsoventrale	0,51
crinière	T_Puissance_de_Propulsion	0,46
crinière	T_Puissance_Médiolatérale	0,43
crinière	T_Puissance_Totale	0,19

cadence ralentie	T_Fréquence	0,70
cadence ralentie	T_Symétrie	1,00
cadence ralentie	T_Régularité	0,33
cadence ralentie	T_module_D	0,17
cadence ralentie	T_module_G	0,79
cadence ralentie	T_angle_D	0,26
cadence ralentie	T_angle_G	0,14
cadence ralentie	T_temps_D	0,78
cadence ralentie	T_temps_G	0,58
cadence ralentie	T_Déplacement_Dorsoventral	0,44
cadence ralentie	T_Puissance_Dorsoventrale	0,33
cadence ralentie	T_Puissance_de_Propulsion	0,10
cadence ralentie	T_Puissance_Médiolatérale	0,40
cadence ralentie	T_Puissance_Totale	1,00

incurvation	T_Fréquence	0,18
incurvation	T_Symétrie	0,20
incurvation	T_Régularité	0,35
incurvation	T_module_D	0,33
incurvation	T_module_G	0,67
incurvation	T_angle_D	0,62
incurvation	T_angle_G	0,14
incurvation	T_temps_D	0,83
incurvation	T_temps_G	0,77
incurvation	T_Déplacement_Dorsoventral	0,14
incurvation	T_Puissance_Dorsoventrale	0,45
incurvation	T_Puissance_de_Propulsion	0,29
incurvation	T_Puissance_Médiolatérale	0,97
incurvation	T_Puissance_Totale	0,50

dureté bouche	T_Fréquence	0,78
dureté bouche	T_Symétrie	0,45
dureté bouche	T_Régularité	0,74
dureté bouche	T_module_D	0,96
dureté bouche	T_module_G	1,00
dureté bouche	T_angle_D	0,96
dureté bouche	T_angle_G	0,30
dureté bouche	T_temps_D	0,59
dureté bouche	T_temps_G	0,66
dureté bouche	T_Déplacement_Dorsoventral	0,66
dureté bouche	T_Puissance_Dorsoventrale	0,83
dureté bouche	T_Puissance_de_Propulsion	0,38
dureté bouche	T_Puissance_Médiolatérale	0,50
dureté bouche	T_Puissance_Totale	0,13

globale	T_Fréquence	0,70
globale	T_Symétrie	1,00
globale	T_Régularité	0,41
globale	T_module_D	0,30
globale	T_module_G	0,77
globale	T_angle_D	0,45
globale	T_angle_G	0,15
globale	T_temps_D	0,93
globale	T_temps_G	1,00
globale	T_Déplacement_Dorsoventral	0,50
globale	T_Puissance_Dorsoventrale	0,56
globale	T_Puissance_de_Propulsion	0,09
globale	T_Puissance_Médiolatérale	0,49
globale	T_Puissance_Totale	0,51

LFcb	T_Fréquence	0,99
LFcb	T_Symétrie	0,97
LFcb	T_Régularité	0,56
LFcb	T_module_D	0,66
LFcb	T_module_G	0,71
LFcb	T_angle_D	0,85
LFcb	T_angle_G	0,64
LFcb	T_temps_D	0,25
LFcb	T_temps_G	0,13
LFcb	T_Déplacement_Dorsoventral	0,79
LFcb	T_Puissance_Dorsoventrale	0,84
LFcb	T_Puissance_de_Propulsion	0,17
LFcb	T_Puissance_Médiolatérale	0,73
LFcb	T_Puissance_Totale	0,43

LFCCr	T_Fréquence	0,86
LFCCr	T_Symétrie	0,27
LFCCr	T_Régularité	0,31
LFCCr	T_module_D	0,07
LFCCr	T_module_G	0,27
LFCCr	T_angle_D	0,25
LFCCr	T_angle_G	0,28
LFCCr	T_temps_D	0,10
LFCCr	T_temps_G	0,55
LFCCr	T_Déplacement_Dorsoventral	0,62
LFCCr	T_Puissance_Dorsoventrale	0,08
LFCCr	T_Puissance_de_Propulsion	0,54
LFCCr	T_Puissance_Médiolatérale	0,79
LFCCr	T_Puissance_Totale	0,32

LFCCd	T_Fréquence	0,37
LFCCd	T_Symétrie	0,38
LFCCd	T_Régularité	0,55
LFCCd	T_module_D	0,61
LFCCd	T_module_G	0,19
LFCCd	T_angle_D	0,32
LFCCd	T_angle_G	0,39
LFCCd	T_temps_D	0,07
LFCCd	T_temps_G	0,33
LFCCd	T_Déplacement_Dorsoventral	0,33
LFCCd	T_Puissance_Dorsoventrale	0,13
LFCCd	T_Puissance_de_Propulsion	0,65
LFCCd	T_Puissance_Médiolatérale	0,90
LFCCd	T_Puissance_Totale	0,18

sacroiliaque	T_Fréquence	0,65
sacroiliaque	T_Symétrie	0,99
sacroiliaque	T_Régularité	0,94
sacroiliaque	T_module_D	0,22
sacroiliaque	T_module_G	0,34
sacroiliaque	T_angle_D	0,14
sacroiliaque	T_angle_G	0,99
sacroiliaque	T_temps_D	0,60
sacroiliaque	T_temps_G	0,45
sacroiliaque	T_Déplacement_Dorsoventral	0,36
sacroiliaque	T_Puissance_Dorsoventrale	0,09
sacroiliaque	T_Puissance_de_Propulsion	0,22
sacroiliaque	T_Puissance_Médiolatérale	0,37
sacroiliaque	T_Puissance_Totale	0,04

LFCCrD	T_Fréquence	0,76
LFCCrD	T_Symétrie	0,45
LFCCrD	T_Régularité	0,41
LFCCrD	T_Puissance_Dorsoventrale	0,22
LFCCrD	T_Puissance_Médiolatérale	0,79
LFCCrD	T_Puissance_de_Propulsion	0,47
LFCCrD	T_Puissance_Totale	0,34
LFCCrD	T_Déplacement_Dorsoventral	0,92
LFCCrD	T_module_D	0,29
LFCCrD	T_module_G	0,34
LFCCrD	T_angle_D	0,25
LFCCrD	T_angle_G	0,43
LFCCrD	T_temps_D	0,04
LFCCrD	T_temps_G	0,28

LFCCrG	T_Fréquence	0,61
LFCCrG	T_Symétrie	0,71
LFCCrG	T_Régularité	0,69
LFCCrG	T_Puissance_Dorsoventrale	0,53
LFCCrG	T_Puissance_Médiolatérale	0,30
LFCCrG	T_Puissance_de_Propulsion	0,42
LFCCrG	T_Puissance_Totale	0,37
LFCCrG	T_Déplacement_Dorsoventral	0,73
LFCCrG	T_module_D	0,87
LFCCrG	T_module_G	0,30
LFCCrG	T_angle_D	0,68
LFCCrG	T_angle_G	0,66
LFCCrG	T_temps_D	0,33
LFCCrG	T_temps_G	0,79

LFCbD	T_Fréquence	0,71
LFCbD	T_Symétrie	0,44
LFCbD	T_Régularité	0,86
LFCbD	T_Puissance_Dorsoventrale	0,96
LFCbD	T_Puissance_Médiolatérale	0,47
LFCbD	T_Puissance_de_Propulsion	0,12
LFCbD	T_Puissance_Totale	0,29
LFCbD	T_Déplacement_Dorsoventral	0,84
LFCbD	T_module_D	0,79
LFCbD	T_module_G	0,41
LFCbD	T_angle_D	0,87
LFCbD	T_angle_G	0,89
LFCbD	T_temps_D	0,60
LFCbD	T_temps_G	0,47

LFCCdD	T_Fréquence	0,07
LFCCdD	T_Symétrie	0,01
LFCCdD	T_Régularité	0,09
LFCCdD	T_Puissance_Dorsoventrale	0,20
LFCCdD	T_Puissance_Médiolatérale	0,96
LFCCdD	T_Puissance_de_Propulsion	0,57
LFCCdD	T_Puissance_Totale	0,24
LFCCdD	T_Déplacement_Dorsoventral	0,81
LFCCdD	T_module_D	0,20
LFCCdD	T_module_G	0,26
LFCCdD	T_angle_D	0,53
LFCCdD	T_angle_G	0,89
LFCCdD	T_temps_D	0,12
LFCCdD	T_temps_G	0,75

LFCbG	T_Fréquence	0,60
LFCbG	T_Symétrie	0,57
LFCbG	T_Régularité	0,88
LFCbG	T_Puissance_Dorsoventrale	0,81
LFCbG	T_Puissance_Médiolatérale	0,83
LFCbG	T_Puissance_de_Propulsion	0,02
LFCbG	T_Puissance_Totale	0,13
LFCbG	T_Déplacement_Dorsoventral	0,39
LFCbG	T_module_D	0,87
LFCbG	T_module_G	0,33
LFCbG	T_angle_D	0,31
LFCbG	T_angle_G	0,72
LFCbG	T_temps_D	0,93
LFCbG	T_temps_G	0,61

LFCCdG	T_Fréquence	0,62
LFCCdG	T_Symétrie	0,56
LFCCdG	T_Régularité	0,09
LFCCdG	T_Puissance_Dorsoventrale	0,30
LFCCdG	T_Puissance_Médiolatérale	0,80
LFCCdG	T_Puissance_de_Propulsion	0,28
LFCCdG	T_Puissance_Totale	0,23
LFCCdG	T_Déplacement_Dorsoventral	0,74
LFCCdG	T_module_D	0,84
LFCCdG	T_module_G	0,19
LFCCdG	T_angle_D	0,61
LFCCdG	T_angle_G	0,79
LFCCdG	T_temps_D	0,69
LFCCdG	T_temps_G	0,13

sacroiliaque_G	T_Fréquence	0,45
sacroiliaque_G	T_Symétrie	0,92
sacroiliaque_G	T_Régularité	0,80
sacroiliaque_G	T_Puissance_Dorsoventrale	0,65
sacroiliaque_G	T_Puissance_Médiolatérale	0,71
sacroiliaque_G	T_Puissance_de_Propulsion	0,08
sacroiliaque_G	T_Puissance_Totale	0,09
sacroiliaque_G	T_Déplacement_Dorsoventral	0,66
sacroiliaque_G	T_module_D	0,70
sacroiliaque_G	T_module_G	0,70
sacroiliaque_G	T_angle_D	0,14
sacroiliaque_G	T_angle_G	0,23
sacroiliaque_G	T_temps_D	0,78
sacroiliaque_G	T_temps_G	0,11

sacroiliaque_D	T_Fréquence	0,96
sacroiliaque_D	T_Symétrie	0,89
sacroiliaque_D	T_Régularité	0,89
sacroiliaque_D	T_Puissance_Dorsoventrale	0,23
sacroiliaque_D	T_Puissance_Médiolatérale	0,59
sacroiliaque_D	T_Puissance_de_Propulsion	0,72
sacroiliaque_D	T_Puissance_Totale	0,64
sacroiliaque_D	T_Déplacement_Dorsoventral	0,90
sacroiliaque_D	T_module_D	0,21
sacroiliaque_D	T_module_G	0,41
sacroiliaque_D	T_angle_D	0,63
sacroiliaque_D	T_angle_G	0,27
sacroiliaque_D	T_temps_D	0,18
sacroiliaque_D	T_temps_G	0,29

torsion	T_Fréquence	0,15
torsion	T_Symétrie	0,14
torsion	T_Régularité	0,25
torsion	T_Puissance_Dorsoventrale	0,22
torsion	T_Puissance_Médiolatérale	0,74
torsion	T_Puissance_de_Propulsion	0,16
torsion	T_Puissance_Totale	0,98
torsion	T_Déplacement_Dorsoventral	0,04
torsion	T_module_D	0,60
torsion	T_module_G	0,94
torsion	T_angle_D	0,81
torsion	T_angle_G	0,84
torsion	T_temps_D	0,60
torsion	T_temps_G	0,45

épis	T_temps_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
T	9	226	25,11	5,80	2,41	21,5	25	29
H	12	274	22,79	7,34	2,71	19	22,5	29

épis	T_Puissance_de_Propulsion							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	9	43	4,78	1,68	1,30	3,7	4,2	7,5
D	12	73,7	6,14	3,04	1,74	3,9	6,05	9,5

crinière	T_Fréquence							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	12	16,8	1,40	0,01	0,10	1,17	1,42	1,56
D	18	26,5	1,47	0,01	0,11	1,22	1,51	1,71

crinière	T_temps_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	12	276	23,00	11,05	3,32	19	22	30
D	18	438	24,31	5,33	2,31	19	24	29

sacroiliaque	T_Puissance_Totale							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
G	16	275	17,16	12,03	3,47	13,2	16,25	25,2
O	1	12,9	12,90	0,00	0,00	12,9	12,9	12,9
D	13	238	18,34	2,77	1,66	15,3	18,7	21,1

LFCCrD	T_temps_D							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	1	23	23,00	0,00	0,00	23	23	23
1	4	109	27,25	2,25	1,50	26	27	29
2	26	610	23,44	7,35	2,71	19	23,25	30

LFCCdD	T_Symétrie							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	990	198,00	97,50	9,87	186	199	208
1	13	3343	257,15	1471,47	38,36	204	252	348
2	13	3222	247,85	5190,47	72,04	111	231	395

LFCCdG	T_Puissance_de_Propulsion							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
0	5	6,8	1,36	0,07	0,27	1	1,4	1,7
1	14	16	1,14	0,11	0,33	0,7	1,15	1,7
2	12	15,8	1,32	0,09	0,29	0,9	1,3	1,8

torsion	T_Déplacement_Dorsoventral							
	Obs	Total	Moyenne	Variance	Écart type	Minimum	Médiane	Maximum
-1	23	152	6,61	2,16	1,47	5	6	9
1	7	60	8,57	5,29	2,30	6	8	12

Annexe 12 : Résultats du test de Fisher

CRINIÈRE

épis	-1	1	TOTAL
-1,00	3	5	8
Row %	37,5	62,5	100
Col %	37,5	41,7	40
1,00	5	7	12
Row %	41,7	58,3	100
Col %	62,5	58,3	60
TOTAL	8	12	20
Row %	40	60	100
Col %	100	100	100

0,61

CADENCE RALENTIE

épis	-1	1	TOTAL
-1,00	3	1	4
Row %	75	25	100
Col %	50	25	40
1,00	3	3	6
Row %	50	50	100
Col %	50	75	60
TOTAL	6	4	10
Row %	60	40	100
Col %	100	100	100

0,45

LFCCDD

épis	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	4	3	9
Row %	22,2	44,4	33,3	100
Col %	66,7	40	37,5	42,9
1,00	1	6	5	12
Row %	8,3	50	41,7	100
Col %	33,3	60	62,5	57,1
TOTAL	3	10	8	21
Row %	14,3	47,6	38,1	100
Col %	100	100	100	100

0,66

INCURVATION

épis	-1	1	TOTAL
-1,00	2	3	5
Row %	40	60	100
Col %	40	42,9	41,7
1,00	3	4	7
Row %	42,9	57,1	100
Col %	60	57,1	58,3
TOTAL	5	7	12
Row %	41,7	58,3	100
Col %	100	100	100

0,69

LFCCR

épis	-1	0	1	TOTAL
-1,00	2	7	0	9
Row %	22,2	77,8	0	100
Col %	66,7	41,2	0	42,9
1,00	1	10	1	12
Row %	8,3	83,3	8,3	100
Col %	33,3	58,8	100	57,1
TOTAL	3	17	1	21
Row %	14,3	81	4,8	100
Col %	100	100	100	100

0,48

LFCCDG

épis	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	6	2	9
Row %	11,1	66,7	22,2	100
Col %	25	66,7	25	42,9
1,00	3	3	6	12
Row %	25	25	50	100
Col %	75	33,3	75	57,1
TOTAL	4	9	8	21
Row %	19	42,9	38,1	100
Col %	100	100	100	100

0,16

GALOP

épis	-1	1	TOTAL
-1,00	2	3	5
Row %	40	60	100
Col %	66,7	33,3	41,7
1,00	1	6	7
Row %	14,3	85,7	100
Col %	33,3	66,7	58,3
TOTAL	3	9	12
Row %	25	75	100
Col %	100	100	100

0,36

LFCCR

épis	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	3	6	9
Row %	0	33,3	66,7	100
Col %	0	100	35,3	42,9
1,00	1	0	11	12
Row %	8,3	0	91,7	100
Col %	100	0	64,7	57,1
TOTAL	1	3	17	21
Row %	4,8	14,3	81	100
Col %	100	100	100	100

0,08

LFCB

épis	-1	0	1	TOTAL
-1,00	7	0	2	9
Row %	77,8	0	22,2	100
Col %	53,8	0	33,3	42,9
1,00	6	2	4	12
Row %	50	16,7	33,3	100
Col %	46,2	100	66,7	57,1
TOTAL	13	2	6	21
Row %	61,9	9,5	28,6	100
Col %	100	100	100	100

0,31

GLOBALE

épis	-1	1	TOTAL
-1,00	2	3	5
Row %	40	60	100
Col %	40	42,9	41,7
1,00	3	4	7
Row %	42,9	57,1	100
Col %	60	57,1	58,3
TOTAL	5	7	12
Row %	41,7	58,3	100
Col %	100	100	100

0,69

LFCCRD

épis	1	2	TOTAL
-1,00	1	8	9
Row %	11,1	88,9	100
Col %	33,3	44,4	42,9
1,00	2	10	12
Row %	16,7	83,3	100
Col %	66,7	55,6	57,1
TOTAL	3	18	21
Row %	14,3	85,7	100
Col %	100	100	100

0,08

LFCBD

épis	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	7	1	9
Row %	11,1	77,8	11,1	100
Col %	33,3	58,3	20	45
1,00	2	5	4	11
Row %	18,2	45,5	36,4	100
Col %	66,7	41,7	80	55
TOTAL	3	12	5	20
Row %	15	60	25	100
Col %	100	100	100	100

0,32

DURETÉ BOUCHE

épis	-1	1	TOTAL
-1,00	3	2	5
Row %	60	40	100
Col %	42,9	40	41,7
1,00	4	3	7
Row %	57,1	42,9	100
Col %	57,1	60	58,3
TOTAL	7	5	12
Row %	58,3	41,7	100
Col %	100	100	100

0,69

LFCCD

épis	-1	0	1	TOTAL
-1,00	4	1	4	9
Row %	44,4	11,1	44,4	100
Col %	57,1	16,7	50	42,9
1,00	3	5	4	12
Row %	25	41,7	33,3	100
Col %	42,9	83,3	50	57,1
TOTAL	7	6	8	21
Row %	33,3	28,6	38,1	100
Col %	100	100	100	100

0,30

LFCBG

épis	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	2	6	9
Row %	11,1	22,2	66,7	100
Col %	50	28,6	54,5	45
1,00	1	5	5	11
Row %	9,1	45,5	45,5	100
Col %	50	71,4	45,5	55
TOTAL	2	7	11	20
Row %	10	35	55	100
Col %	100	100	100	100

0,55

SACROILIAQUE

épis	-1	0	1	TOTAL
-1,00	3	1	5	9
Row %	33,3	11,1	55,6	100
Col %	30	100	55,6	45
1,00	7	0	4	11
Row %	63,6	0	36,4	100
Col %	70	0	44,4	55
TOTAL	10	1	9	20
Row %	50	5	45	100
Col %	100	100	100	100

0,28

GALOP

crinière	-1	1	TOTAL
-1	3	4	7
Row %	42,9	57,1	100
Col %	42,9	33,3	36,8
1	4	8	12
Row %	33,3	66,7	100
Col %	57,1	66,7	63,2
TOTAL	7	12	19
Row %	36,8	63,2	100
Col %	100	100	100

0,525839

LFCCRD

crinière	0	1	2	TOTAL
-1	0	0	12	12
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	48	40
1	1	4	13	18
Row %	5,6	22,2	72,2	100
Col %	100	100	52	60
TOTAL	1	4	25	30
Row %	3,3	13,3	83,3	100
Col %	100	100	100	100

0,1353

SACROILIAQUE_D

épis	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	5	9
Row %	0	44,4	55,6	100
Col %	0	40	71,4	45
1,00	3	6	2	11
Row %	27,3	54,5	18,2	100
Col %	100	60	28,6	55
TOTAL	3	10	7	20
Row %	15	50	35	100
Col %	100	100	100	100

0,10

GLOBALE

crinière	-1	1	TOTAL
-1	5	2	7
Row %	71,4	28,6	100
Col %	62,5	18,2	36,8
1	3	9	12
Row %	25	75	100
Col %	37,5	81,8	63,2
TOTAL	8	11	19
Row %	42,1	57,9	100
Col %	100	100	100

0,067397

LFCCRG

crinière	1	2	TOTAL
-1	0	12	12
Row %	0	100	100
Col %	0	44,4	40
1	3	15	18
Row %	16,7	83,3	100
Col %	100	55,6	60
TOTAL	3	27	30
Row %	10	90	100
Col %	100	100	100

0,200985

SACROILIAQUE_G

épis	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	4	4	9
Row %	11,1	44,4	44,4	100
Col %	33,3	44,4	50	45
1,00	2	5	4	11
Row %	18,2	45,5	36,4	100
Col %	66,7	55,6	50	55
TOTAL	3	9	8	20
Row %	15	45	40	100
Col %	100	100	100	100

0,88

DURETÉ BOUCHE

crinière	-1	1	TOTAL
-1	3	4	7
Row %	42,9	57,1	100
Col %	30	66,7	43,8
1	7	2	9
Row %	77,8	22,2	100
Col %	70	33,3	56,3
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,181818

LFCCD

crinière	-1	0	1	TOTAL
-1	2	5	5	12
Row %	16,7	41,7	41,7	100
Col %	18,2	62,5	45,5	40
1	9	3	6	18
Row %	50	16,7	33,3	100
Col %	81,8	37,5	54,5	60
TOTAL	11	8	11	30
Row %	36,7	26,7	36,7	100
Col %	100	100	100	100

0,135

TORSION

épis	-1	1	TOTAL
-1,00	7	2	9
Row %	77,8	22,2	100
Col %	43,8	50	45
1,00	9	2	11
Row %	81,8	18,2	100
Col %	56,3	50	55
TOTAL	16	4	20
Row %	80	20	100
Col %	100	100	100

0,63

CADENCE RALENTIE

crinière	-1	1	TOTAL
-1	2	4	6
Row %	33,3	66,7	100
Col %	20	66,7	37,5
1	8	2	10
Row %	80	20	100
Col %	80	33,3	62,5
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,091908

LFCCDD

crinière	0	1	2	TOTAL
-1	0	5	7	12
Row %	0	41,7	58,3	100
Col %	0	41,7	53,8	40
1	5	7	6	18
Row %	27,8	38,9	33,3	100
Col %	100	58,3	46,2	60
TOTAL	5	12	13	30
Row %	16,7	40	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,1116

INCURVATION

crinière	-1	1	TOTAL
-1	6	1	7
Row %	85,7	14,3	100
Col %	85,7	8,3	36,8
1	1	11	12
Row %	8,3	91,7	100
Col %	14,3	91,7	63,2
TOTAL	7	12	19
Row %	36,8	63,2	100
Col %	100	100	100

0,002

LFCCR

crinière	-1	0	1	TOTAL
-1	0	12	0	12
Row %	0	100	0	100
Col %	0	48	0	40
1	4	13	1	18
Row %	22,2	72,2	5,6	100
Col %	100	52	100	60
TOTAL	4	25	1	30
Row %	13,3	83,3	3,3	100
Col %	100	100	100	100

0,1353

LFCCDG

crinière	0	1	2	TOTAL
-1	1	6	5	12
Row %	8,3	50	41,7	100
Col %	25	42,9	41,7	40
1	3	8	7	18
Row %	16,7	44,4	38,9	100
Col %	75	57,1	58,3	60
TOTAL	4	14	12	30
Row %	13,3	46,7	40	100
Col %	100	100	100	100

0,8039

LFCB				
crinière	-1	0	1	TOTAL
-1	8	1	3	12
Row %	66,7	8,3	25	100
Col %	40	50	37,5	40
1	12	1	5	18
Row %	66,7	5,6	27,8	100
Col %	60	50	62,5	60
TOTAL	20	2	8	30
Row %	66,7	6,7	26,7	100
Col %	100	100	100	100

0,9492

SACROILIAQUE G				
crinière	0	1	2	TOTAL
-1	0	6	6	12
Row %	0	50	50	100
Col %	0	46,2	50	41,4
1	4	7	6	17
Row %	23,5	41,2	35,3	100
Col %	100	53,8	50	58,6
TOTAL	4	13	12	29
Row %	13,8	44,8	41,4	100
Col %	100	100	100	100

0,1908

CADENCE RALENTIE			
incurvation	-1	1	TOTAL
-1,00	1	4	5
Row %	20	80	100
Col %	10	66,7	31,3
1,00	9	2	11
Row %	81,8	18,2	100
Col %	90	33,3	68,8
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,04

LFCBD				
crinière	0	1	2	TOTAL
-1	0	8	4	12
Row %	0	66,7	33,3	100
Col %	0	44,4	57,1	41,4
1	4	10	3	17
Row %	23,5	58,8	17,6	100
Col %	100	55,6	42,9	58,6
TOTAL	4	18	7	29
Row %	13,8	62,1	24,1	100
Col %	100	100	100	100

0,1644

TORSION			
crinière	-1	1	TOTAL
-1	9	3	12
Row %	75	25	100
Col %	40,9	42,9	41,4
1	13	4	17
Row %	76,5	23,5	100
Col %	59,1	57,1	58,6
TOTAL	22	7	29
Row %	75,9	24,1	100
Col %	100	100	100

0,630718

LFCCR			
incurvation	-1	0	TOTAL
-1,00	0	7	7
Row %	0	100	100
Col %	0	41,2	36,8
1,00	2	10	12
Row %	16,7	83,3	100
Col %	100	58,8	63,2
TOTAL	2	17	19
Row %	10,5	89,5	100
Col %	100	100	100

0,39

LFCBG				
crinière	0	1	2	TOTAL
-1	0	3	9	12
Row %	0	25	75	100
Col %	0	30	52,9	41,4
1	2	7	8	17
Row %	11,8	41,2	47,1	100
Col %	100	70	47,1	58,6
TOTAL	2	10	17	29
Row %	6,9	34,5	58,6	100
Col %	100	100	100	100

0,2366

GALOP			
incurvation	-1	1	TOTAL
-1,00	4	3	7
Row %	57,1	42,9	100
Col %	57,1	25	36,8
1,00	3	9	12
Row %	25	75	100
Col %	42,9	75	63,2
TOTAL	7	12	19
Row %	36,8	63,2	100
Col %	100	100	100

0,18

LFCCRD			
incurvation	1	2	TOTAL
-1,00	1	6	7
Row %	14,3	85,7	100
Col %	33,3	37,5	36,8
1,00	2	10	12
Row %	16,7	83,3	100
Col %	66,7	62,5	63,2
TOTAL	3	16	19
Row %	15,8	84,2	100
Col %	100	100	100

0,70

SACROILIAQUE				
crinière	-1	0	1	TOTAL
-1	7	1	4	12
Row %	58,3	8,3	33,3	100
Col %	46,7	100	30,8	41,4
1	8	0	9	17
Row %	47,1	0	52,9	100
Col %	53,3	0	69,2	58,6
TOTAL	15	1	13	29
Row %	51,7	3,4	44,8	100
Col %	100	100	100	100

0,3341

GLOBALE			
incurvation	-1	1	TOTAL
-1,00	6	1	7
Row %	85,7	14,3	100
Col %	75	9,1	36,8
1,00	2	10	12
Row %	16,7	83,3	100
Col %	25	90,9	63,2
TOTAL	8	11	19
Row %	42,1	57,9	100
Col %	100	100	100

0,01

LFCCRG			
incurvation	1	2	TOTAL
-1,00	1	6	7
Row %	14,3	85,7	100
Col %	100	33,3	36,8
1,00	0	12	12
Row %	0	100	100
Col %	0	66,7	63,2
TOTAL	1	18	19
Row %	5,3	94,7	100
Col %	100	100	100

SACROILIAQUE D				
crinière	0	1	2	TOTAL
-1	2	5	5	12
Row %	16,7	41,7	41,7	100
Col %	40	35,7	50	41,4
1	3	9	5	17
Row %	17,6	52,9	29,4	100
Col %	60	64,3	50	58,6
TOTAL	5	14	10	29
Row %	17,2	48,3	34,5	100
Col %	100	100	100	100

0,7805

DURETÉ BOUCHE			
incurvation	-1	1	TOTAL
-1,00	2	5	7
Row %	28,6	71,4	100
Col %	20	83,3	43,8
1,00	8	1	9
Row %	88,9	11,1	100
Col %	80	16,7	56,3
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,02

LFCCD				
incurvation	-1	0	1	TOTAL
-1,00	1	4	2	7
Row %	14,3	57,1	28,6	100
Col %	14,3	66,7	33,3	36,8
1,00	6	2	4	12
Row %	50	16,7	33,3	100
Col %	85,7	33,3	66,7	63,2
TOTAL	7	6	6	19
Row %	36,8	31,6	31,6	100
Col %	100	100	100	100

0,15

LFCDD				
incurvation	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	2	5	7
Row %	0	28,6	71,4	100
Col %	0	33,3	50	36,8
1,00	3	4	5	12
Row %	25	33,3	41,7	100
Col %	100	66,7	50	63,2
TOTAL	3	6	10	19
Row %	15,8	31,6	52,6	100
Col %	100	100	100	100

0,28

SACROILIAQUE			
incurvation	-1	1	TOTAL
-1,00	4	3	7
Row %	57,1	42,9	100
Col %	40	37,5	38,9
1,00	6	5	11
Row %	54,5	45,5	100
Col %	60	62,5	61,1
TOTAL	10	8	18
Row %	55,6	44,4	100
Col %	100	100	100

0,65

DURETÉ BOUCHE			
galop	-1	1	TOTAL
-1,00	1	4	5
Row %	20	80	100
Col %	10	66,7	31,3
1,00	9	2	11
Row %	81,8	18,2	100
Col %	90	33,3	68,8
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,04

LFCDDG				
incurvation	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	3	4	7
Row %	0	42,9	57,1	100
Col %	0	33,3	44,4	36,8
1,00	1	6	5	12
Row %	8,3	50	41,7	100
Col %	100	66,7	55,6	63,2
TOTAL	1	9	9	19
Row %	5,3	47,4	47,4	100
Col %	100	100	100	100

0,65

SACROILIAQUE_D				
incurvation	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	3	3	7
Row %	14,3	42,9	42,9	100
Col %	33,3	33,3	50	38,9
1,00	2	6	3	11
Row %	18,2	54,5	27,3	100
Col %	66,7	66,7	50	61,1
TOTAL	3	9	6	18
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,79

CADENCE RALENTIE			
galop	-1	1	TOTAL
-1,00	1	4	5
Row %	20	80	100
Col %	10	66,7	31,3
1,00	9	2	11
Row %	81,8	18,2	100
Col %	90	33,3	68,8
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,04

LFCB				
incurvation	-1	0	1	TOTAL
-1,00	5	1	1	7
Row %	71,4	14,3	14,3	100
Col %	45,5	50	16,7	36,8
1,00	6	1	5	12
Row %	50	8,3	41,7	100
Col %	54,5	50	83,3	63,2
TOTAL	11	2	6	19
Row %	57,9	10,5	31,6	100
Col %	100	100	100	100

0,46

SACROILIAQUE_G				
incurvation	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	3	7
Row %	0	57,1	42,9	100
Col %	0	44,4	42,9	38,9
1,00	2	5	4	11
Row %	18,2	45,5	36,4	100
Col %	100	55,6	57,1	61,1
TOTAL	2	9	7	18
Row %	11,1	50	38,9	100
Col %	100	100	100	100

0,49

LFCCR			
galop	-1	0	TOTAL
-1,00	1	6	7
Row %	14,3	85,7	100
Col %	50	35,3	36,8
1,00	1	11	12
Row %	8,3	91,7	100
Col %	50	64,7	63,2
TOTAL	2	17	19
Row %	10,5	89,5	100
Col %	100	100	100

0,61

LFCBD				
incurvation	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	5	2	7
Row %	0	71,4	28,6	100
Col %	0	45,5	40	38,9
1,00	2	6	3	11
Row %	18,2	54,5	27,3	100
Col %	100	54,5	60	61,1
TOTAL	2	11	5	18
Row %	11,1	61,1	27,8	100
Col %	100	100	100	100

0,48

TORSION			
incurvation	-1	1	TOTAL
-1,00	5	2	7
Row %	71,4	28,6	100
Col %	31,3	100	38,9
1,00	11	0	11
Row %	100	0	100
Col %	68,8	0	61,1
TOTAL	16	2	18
Row %	88,9	11,1	100
Col %	100	100	100

0,14

LFCCRD			
galop	1	2	TOTAL
-1,00	2	5	7
Row %	28,6	71,4	100
Col %	66,7	31,3	36,8
1,00	1	11	12
Row %	8,3	91,7	100
Col %	33,3	68,8	63,2
TOTAL	3	16	19
Row %	15,8	84,2	100
Col %	100	100	100

0,30

LFCBG				
incurvation	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	1	6	7
Row %	0	14,3	85,7	100
Col %	0	16,7	60	38,9
1,00	2	5	4	11
Row %	18,2	45,5	36,4	100
Col %	100	83,3	40	61,1
TOTAL	2	6	10	18
Row %	11,1	33,3	55,6	100
Col %	100	100	100	100

0,11

GLOBALE			
galop	-1	1	TOTAL
-1,00	6	1	7
Row %	85,7	14,3	100
Col %	75	9,1	36,8
1,00	2	10	12
Row %	16,7	83,3	100
Col %	25	90,9	63,2
TOTAL	8	11	19
Row %	42,1	57,9	100
Col %	100	100	100

0,01

LFCCRG			
galop	1	2	TOTAL
-1,00	1	6	7
Row %	14,3	85,7	100
Col %	100	33,3	36,8
1,00	0	12	12
Row %	0	100	100
Col %	0	66,7	63,2
TOTAL	1	18	19
Row %	5,3	94,7	100
Col %	100	100	100

0,37

LFCCD				
galop	-1	0	1	TOTAL
-1,00	3	2	2	7
Row %	42,9	28,6	28,6	100
Col %	42,9	33,3	33,3	36,8
1,00	4	4	4	12
Row %	33,3	33,3	33,3	100
Col %	57,1	66,7	66,7	63,2
TOTAL	7	6	6	19
Row %	36,8	31,6	31,6	100
Col %	100	100	100	100

0,92

LFCBG				
galop	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	2	4	6
Row %	0	33,3	66,7	100
Col %	0	33,3	40	33,3
1,00	2	4	6	12
Row %	16,7	33,3	50	100
Col %	100	66,7	60	66,7
TOTAL	2	6	10	18
Row %	11,1	33,3	55,6	100
Col %	100	100	100	100

0,55

DURETÉ BOUCHE			
globale	-1	1	TOTAL
-1,00	1	6	7
Row %	14,3	85,7	100
Col %	10	100	43,8
1,00	9	0	9
Row %	100	0	100
Col %	90	0	56,3
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,0009

LFCCDD				
galop	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	1	4	7
Row %	28,6	14,3	57,1	100
Col %	66,7	16,7	40	36,8
1,00	1	5	6	12
Row %	8,3	41,7	50	100
Col %	33,3	83,3	60	63,2
TOTAL	3	6	10	19
Row %	15,8	31,6	52,6	100
Col %	100	100	100	100

0,33

SACROILIAQUE			
galop	-1	1	TOTAL
-1,00	2	4	6
Row %	33,3	66,7	100
Col %	20	50	33,3
1,00	8	4	12
Row %	66,7	33,3	100
Col %	80	50	66,7
TOTAL	10	8	18
Row %	55,6	44,4	100
Col %	100	100	100

0,20

CADENCE RALENTIE			
Globale	-1	1	TOTAL
-1,00	0	6	6
Row %	0	100	100
Col %	0	100	37,5
1,00	10	0	10
Row %	100	0	100
Col %	100	0	62,5
TOTAL	10	6	16
Row %	62,5	37,5	100
Col %	100	100	100

0,0001

LFCCDG				
galop	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	3	7
Row %	0	57,1	42,9	100
Col %	0	44,4	33,3	36,8
1,00	1	5	6	12
Row %	8,3	41,7	50	100
Col %	100	55,6	66,7	63,2
TOTAL	1	9	9	19
Row %	5,3	47,4	47,4	100
Col %	100	100	100	100

0,65

SACROILIAQUE_D				
galop	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	3	3	6
Row %	0	50	50	100
Col %	0	33,3	50	33,3
1,00	3	6	3	12
Row %	25	50	25	100
Col %	100	66,7	50	66,7
TOTAL	3	9	6	18
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,32

LFCCR			
globale	-1	0	TOTAL
-1,00	0	8	8
Row %	0	100	100
Col %	0	47,1	42,1
1,00	2	9	11
Row %	18,2	81,8	100
Col %	100	52,9	57,9
TOTAL	2	17	19
Row %	10,5	89,5	100
Col %	100	100	100

0,32

LFCB				
galop	-1	0	1	TOTAL
-1,00	5	1	1	7
Row %	71,4	14,3	14,3	100
Col %	45,5	50	16,7	36,8
1,00	6	1	5	12
Row %	50	8,3	41,7	100
Col %	54,5	50	83,3	63,2
TOTAL	11	2	6	19
Row %	57,9	10,5	31,6	100
Col %	100	100	100	100

0,46

SACROILIAQUE_G				
galop	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	3	2	6
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	50	33,3	28,6	33,3
1,00	1	6	5	12
Row %	8,3	50	41,7	100
Col %	50	66,7	71,4	66,7
TOTAL	2	9	7	18
Row %	11,1	50	38,9	100
Col %	100	100	100	100

0,85

LFCCRD			
globale	1	2	TOTAL
-1,00	1	7	8
Row %	12,5	87,5	100
Col %	33,3	43,8	42,1
1,00	2	9	11
Row %	18,2	81,8	100
Col %	66,7	56,3	57,9
TOTAL	3	16	19
Row %	15,8	84,2	100
Col %	100	100	100

0,62

LFCBD				
galop	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	4	1	6
Row %	16,7	66,7	16,7	100
Col %	50	36,4	20	33,3
1,00	1	7	4	12
Row %	8,3	58,3	33,3	100
Col %	50	63,6	80	66,7
TOTAL	2	11	5	18
Row %	11,1	61,1	27,8	100
Col %	100	100	100	100

0,71

TORSION			
galop	-1	1	TOTAL
-1,00	5	1	6
Row %	83,3	16,7	100
Col %	31,3	50	33,3
1,00	11	1	12
Row %	91,7	8,3	100
Col %	68,8	50	66,7
TOTAL	16	2	18
Row %	88,9	11,1	100
Col %	100	100	100

0,57

LFCCRG			
globale	1	2	TOTAL
-1,00	1	7	8
Row %	12,5	87,5	100
Col %	100	38,9	42,1
1,00	0	11	11
Row %	0	100	100
Col %	0	61,1	57,9
TOTAL	1	18	19
Row %	5,3	94,7	100
Col %	100	100	100

0,42

LFCCD				
globale	-1	0	1	TOTAL
-1,00	2	4	2	8
Row %	25	50	25	100
Col %	28,6	66,7	33,3	42,1
1,00	5	2	4	11
Row %	45,5	18,2	36,4	100
Col %	71,4	33,3	66,7	57,9
TOTAL	7	6	6	19
Row %	36,8	31,6	31,6	100
Col %	100	100	100	100

0,33

LFCBG				
globale	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	1	6	7
Row %	0	14,3	85,7	100
Col %	0	16,7	60	38,9
1,00	2	5	4	11
Row %	18,2	45,5	36,4	100
Col %	100	83,3	40	61,1
TOTAL	2	6	10	18
Row %	11,1	33,3	55,6	100
Col %	100	100	100	100

0,11

CADENCE RALENTIE			
dureté bouche	-1	1	TOTAL
-1,00	8	1	9
Row %	88,9	11,1	100
Col %	100	20	69,2
1,00	0	4	4
Row %	0	100	100
Col %	0	80	30,8
TOTAL	8	5	13
Row %	61,5	38,5	100
Col %	100	100	100

0,01

LFCCDD				
globale	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	2	5	8
Row %	12,5	25	62,5	100
Col %	33,3	33,3	50	42,1
1,00	2	4	5	11
Row %	18,2	36,4	45,5	100
Col %	66,7	66,7	50	57,9
TOTAL	3	6	10	19
Row %	15,8	31,6	52,6	100
Col %	100	100	100	100

0,76

SACROILIAQUE			
globale	-1	1	TOTAL
-1,00	4	3	7
Row %	57,1	42,9	100
Col %	40	37,5	38,9
1,00	6	5	11
Row %	54,5	45,5	100
Col %	60	62,5	61,1
TOTAL	10	8	18
Row %	55,6	44,4	100
Col %	100	100	100

0,65

LFCCR			
dureté bouche	-1	0	TOTAL
-1,00	1	9	10
Row %	10	90	100
Col %	100	60	62,5
1,00	0	6	6
Row %	0	100	100
Col %	0	40	37,5
TOTAL	1	15	16
Row %	6,3	93,8	100
Col %	100	100	100

0,63

LFCCDG				
globale	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	4	8
Row %	0	50	50	100
Col %	0	44,4	44,4	42,1
1,00	1	5	5	11
Row %	9,1	45,5	45,5	100
Col %	100	55,6	55,6	57,9
TOTAL	1	9	9	19
Row %	5,3	47,4	47,4	100
Col %	100	100	100	100

0,68

SACROILIAQUE_D				
globale	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	3	3	7
Row %	14,3	42,9	42,9	100
Col %	33,3	33,3	50	38,9
1,00	2	6	3	11
Row %	18,2	54,5	27,3	100
Col %	66,7	66,7	50	61,1
TOTAL	3	9	6	18
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,79

LFCCRD			
dureté bouche	1	2	TOTAL
-1,00	1	9	10
Row %	10	90	100
Col %	50	64,3	62,5
1,00	1	5	6
Row %	16,7	83,3	100
Col %	50	35,7	37,5
TOTAL	2	14	16
Row %	12,5	87,5	100
Col %	100	100	100

0,63

LFCB				
globale	-1	0	1	TOTAL
-1,00	6	1	1	8
Row %	75	12,5	12,5	100
Col %	54,5	50	16,7	42,1
1,00	5	1	5	11
Row %	45,5	9,1	45,5	100
Col %	45,5	50	83,3	57,9
TOTAL	11	2	6	19
Row %	57,9	10,5	31,6	100
Col %	100	100	100	100

0,31

SACROILIAQUE_G				
globale	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	3	7
Row %	0	57,1	42,9	100
Col %	0	44,4	42,9	38,9
1,00	2	5	4	11
Row %	18,2	45,5	36,4	100
Col %	100	55,6	57,1	61,1
TOTAL	2	9	7	18
Row %	11,1	50	38,9	100
Col %	100	100	100	100

0,49

LFCCRG			
dureté bouche	1	2	TOTAL
-1,00	0	10	10
Row %	0	100	100
Col %	0	66,7	62,5
1,00	1	5	6
Row %	16,7	83,3	100
Col %	100	33,3	37,5
TOTAL	1	15	16
Row %	6,3	93,8	100
Col %	100	100	100

0,38

LFCBD				
globale	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	6	1	7
Row %	0	85,7	14,3	100
Col %	0	54,5	20	38,9
1,00	2	5	4	11
Row %	18,2	45,5	36,4	100
Col %	100	45,5	80	61,1
TOTAL	2	11	5	18
Row %	11,1	61,1	27,8	100
Col %	100	100	100	100

0,21

TORSION			
globale	-1	1	TOTAL
-1,00	6	1	7
Row %	85,7	14,3	100
Col %	37,5	50	38,9
1,00	10	1	11
Row %	90,9	9,1	100
Col %	62,5	50	61,1
TOTAL	16	2	18
Row %	88,9	11,1	100
Col %	100	100	100

0,64

LFCCD				
dureté bouche	-1	0	1	TOTAL
-1,00	5	1	4	10
Row %	50	10	40	100
Col %	100	20	66,7	62,5
1,00	0	4	2	6
Row %	0	66,7	33,3	100
Col %	0	80	33,3	37,5
TOTAL	5	5	6	16
Row %	31,3	31,3	37,5	100
Col %	100	100	100	100

0,03

LFCCDD

dureté bouche	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	5	4	10
Row %	10	50	40	100
Col %	100	83,3	44,4	62,5
1,00	0	1	5	6
Row %	0	16,7	83,3	100
Col %	0	16,7	55,6	37,5
TOTAL	1	6	9	16
Row %	6,3	37,5	56,3	100
Col %	100	100	100	100

0,23

SACROILIAQUE

dureté bouche	-1	1	TOTAL
-1,00	5	5	10
Row %	50	50	100
Col %	62,5	71,4	66,7
1,00	3	2	5
Row %	60	40	100
Col %	37,5	28,6	33,3
TOTAL	8	7	15
Row %	53,3	46,7	100
Col %	100	100	100

0,57

LFCCRD

cadence rалentie	1	2	TOTAL
-1,00	2	8	10
Row %	20	80	100
Col %	100	57,1	62,5
1,00	0	6	6
Row %	0	100	100
Col %	0	42,9	37,5
TOTAL	2	14	16
Row %	12,5	87,5	100
Col %	100	100	100

0,38

LFCCDG

dureté bouche	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	4	5	10
Row %	10	40	50	100
Col %	100	57,1	62,5	62,5
1,00	0	3	3	6
Row %	0	50	50	100
Col %	0	42,9	37,5	37,5
TOTAL	1	7	8	16
Row %	6,3	43,8	50	100
Col %	100	100	100	100

0,71

SACROILIAQUE_D

dureté bouche	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	4	4	10
Row %	20	40	40	100
Col %	66,7	66,7	66,7	66,7
1,00	1	2	2	5
Row %	20	40	40	100
Col %	33,3	33,3	33,3	33,3
TOTAL	3	6	6	15
Row %	20	40	40	100
Col %	100	100	100	100

1,00

LFCCD

cadence rалentie	-1	0	1	TOTAL
-1,00	5	2	3	10
Row %	50	20	30	100
Col %	71,4	40	75	62,5
1,00	2	3	1	6
Row %	33,3	50	16,7	100
Col %	28,6	60	25	37,5
TOTAL	7	5	4	16
Row %	43,8	31,3	25	100
Col %	100	100	100	100

0,45

LFCB

dureté bouche	-1	0	1	TOTAL
-1,00	4	1	5	10
Row %	40	10	50	100
Col %	44,4	50	100	62,5
1,00	5	1	0	6
Row %	83,3	16,7	0	100
Col %	55,6	50	0	37,5
TOTAL	9	2	5	16
Row %	56,3	12,5	31,3	100
Col %	100	100	100	100

0,11

SACROILIAQUE_G

dureté bouche	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	6	3	10
Row %	10	60	30	100
Col %	100	66,7	60	66,7
1,00	0	3	2	5
Row %	0	60	40	100
Col %	0	33,3	40	33,3
TOTAL	1	9	5	15
Row %	6,7	60	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,74

LFCCDD

cadence rалentie	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	4	4	10
Row %	20	40	40	100
Col %	66,7	66,7	57,1	62,5
1,00	1	2	3	6
Row %	16,7	33,3	50	100
Col %	33,3	33,3	42,9	37,5
TOTAL	3	6	7	16
Row %	18,8	37,5	43,8	100
Col %	100	100	100	100

0,93

LFCBD

dureté bouche	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	5	4	10
Row %	10	50	40	100
Col %	100	50	100	66,7
1,00	0	5	0	5
Row %	0	100	0	100
Col %	0	50	0	33,3
TOTAL	1	10	4	15
Row %	6,7	66,7	26,7	100
Col %	100	100	100	100

0,15

TORSION

dureté bouche	-1	1	TOTAL
-1,00	8	2	10
Row %	80	20	100
Col %	61,5	100	66,7
1,00	5	0	5
Row %	100	0	100
Col %	38,5	0	33,3
TOTAL	13	2	15
Row %	86,7	13,3	100
Col %	100	100	100

0,43

LFCCDG

cadence rалentie	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	4	5	10
Row %	10	40	50	100
Col %	100	57,1	62,5	62,5
1,00	0	3	3	6
Row %	0	50	50	100
Col %	0	42,9	37,5	37,5
TOTAL	1	7	8	16
Row %	6,3	43,8	50	100
Col %	100	100	100	100

0,71

LFCBG

dureté bouche	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	4	4	10
Row %	20	40	40	100
Col %	100	100	44,4	66,7
1,00	0	0	5	5
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	55,6	33,3
TOTAL	2	4	9	15
Row %	13,3	26,7	60	100
Col %	100	100	100	100

0,08

LFCCR

cadence rалentie	-1	0	TOTAL
-1,00	2	8	10
Row %	20	80	100
Col %	100	57,1	62,5
1,00	0	6	6
Row %	0	100	100
Col %	0	42,9	37,5
TOTAL	2	14	16
Row %	12,5	87,5	100
Col %	100	100	100

0,38

LFCB

cadence rалentie	-1	0	1	TOTAL
-1,00	5	1	4	10
Row %	50	10	40	100
Col %	55,6	50	80	62,5
1,00	4	1	1	6
Row %	66,7	16,7	16,7	100
Col %	44,4	50	20	37,5
TOTAL	9	2	5	16
Row %	56,3	12,5	31,3	100
Col %	100	100	100	100

0,62

LFCBD				
cadence ralentie	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	4	4	10
Row %	20	40	40	100
Col %	100	50	80	66,7
1,00	0	4	1	5
Row %	0	80	20	100
Col %	0	50	20	33,3
TOTAL	2	8	5	15
Row %	13,3	53,3	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,30

TORSION			
cadence ralentie	-1	1	TOTAL
-1,00	9	1	10
Row %	90	10	100
Col %	69,2	50	66,7
1,00	4	1	5
Row %	80	20	100
Col %	30,8	50	33,3
TOTAL	13	2	15
Row %	86,7	13,3	100
Col %	100	100	100

0,57

LFCCDD				
LFCCr	0	1	2	TOTAL
-1,00	3	1	0	4
Row %	75	25	0	100
Col %	60	7,7	0	12,9
0,00	2	11	13	26
Row %	7,7	42,3	50	100
Col %	40	84,6	100	83,9
1,00	0	1	0	1
Row %	0	100	0	100
Col %	0	7,7	0	3,2
TOTAL	5	13	13	31
Row %	16,1	41,9	41,9	100
Col %	100	100	100	100

0,01

LFCBG				
cadence ralentie	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	5	4	10
Row %	10	50	40	100
Col %	100	83,3	50	66,7
1,00	0	1	4	5
Row %	0	20	80	100
Col %	0	16,7	50	33,3
TOTAL	1	6	8	15
Row %	6,7	40	53,3	100
Col %	100	100	100	100

0,32

LFCCRD				
LFCCr	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	3	0	4
Row %	25	75	0	100
Col %	100	75	0	12,9
0,00	0	1	25	26
Row %	0	3,8	96,2	100
Col %	0	25	96,2	83,9
1,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	3,8	3,2
TOTAL	1	4	26	31
Row %	3,2	12,9	83,9	100
Col %	100	100	100	100

0,0001

LFCCDG				
LFCCr	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	2	1	4
Row %	25	50	25	100
Col %	20	14,3	8,3	12,9
0,00	3	12	11	26
Row %	11,5	46,2	42,3	100
Col %	60	85,7	91,7	83,9
1,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	20	0	0	3,2
TOTAL	5	14	12	31
Row %	16,1	45,2	38,7	100
Col %	100	100	100	100

0,20

SACROILIAQUE			
cadence ralentie	-1	1	TOTAL
-1,00	6	4	10
Row %	60	40	100
Col %	60	80	66,7
1,00	4	1	5
Row %	80	20	100
Col %	40	20	33,3
TOTAL	10	5	15
Row %	66,7	33,3	100
Col %	100	100	100

0,43

LFCCRG			
LFCCr	1	2	TOTAL
-1,00	1	3	4
Row %	25	75	100
Col %	33,3	10,7	12,9
0,00	1	25	26
Row %	3,8	96,2	100
Col %	33,3	89,3	83,9
1,00	1	0	1
Row %	100	0	100
Col %	33,3	0	3,2
TOTAL	3	28	31
Row %	9,7	90,3	100
Col %	100	100	100

0,003

LFCB				
LFCCr	-1	0	1	TOTAL
-1,00	3	0	1	4
Row %	75	0	25	100
Col %	14,3	0	12,5	12,9
0,00	17	2	7	26
Row %	65,4	7,7	26,9	100
Col %	81	100	87,5	83,9
1,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	4,8	0	0	3,2
TOTAL	21	2	8	31
Row %	67,7	6,5	25,8	100
Col %	100	100	100	100

0,93

SACROILIAQUE_D				
cadence ralentie	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	5	3	10
Row %	20	50	30	100
Col %	66,7	62,5	75	66,7
1,00	1	3	1	5
Row %	20	60	20	100
Col %	33,3	37,5	25	33,3
TOTAL	3	8	4	15
Row %	20	53,3	26,7	100
Col %	100	100	100	100

0,91

LFCCD				
LFCCr	-1	0	1	TOTAL
-1,00	3	1	0	4
Row %	75	25	0	100
Col %	27,3	12,5	0	12,9
0,00	8	7	11	26
Row %	30,8	26,9	42,3	100
Col %	72,7	87,5	91,7	83,9
1,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	8,3	3,2
TOTAL	11	8	12	31
Row %	35,5	25,8	38,7	100
Col %	100	100	100	100

0,27

LFCBD				
LFCCr	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	3	0	4
Row %	25	75	0	100
Col %	25	15,8	0	13,3
0,00	2	16	7	25
Row %	8	64	28	100
Col %	50	84,2	100	83,3
1,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	25	0	0	3,3
TOTAL	4	19	7	30
Row %	13,3	63,3	23,3	100
Col %	100	100	100	100

0,07

SACROILIAQUE_G				
cadence ralentie	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	5	4	10
Row %	10	50	40	100
Col %	100	71,4	57,1	66,7
1,00	0	2	3	5
Row %	0	40	60	100
Col %	0	28,6	42,9	33,3
TOTAL	1	7	7	15
Row %	6,7	46,7	46,7	100
Col %	100	100	100	100

0,65

LFCBG				
LFCCr	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	1	2	4
Row %	25	25	50	100
Col %	50	10	11,1	13,3
0,00	1	8	16	25
Row %	4	32	64	100
Col %	50	80	88,9	83,3
1,00	0	1	0	1
Row %	0	100	0	100
Col %	0	10	0	3,3
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100

0,34

TORSION			
LFCCr	-1	1	TOTAL
-1,00	3	1	4
Row %	75	25	100
Col %	13	14,3	13,3
0,00	20	5	25
Row %	80	20	100
Col %	87	71,4	83,3
1,00	0	1	1
Row %	0	100	100
Col %	0	14,3	3,3
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,18

LFCCDG				
LFCCrD	0	1	2	TOTAL
0,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	20	0	0	3,2
1,00	0	3	1	4
Row %	0	75	25	100
Col %	0	21,4	8,3	12,9
2,00	4	11	11	26
Row %	15,4	42,3	42,3	100
Col %	80	78,6	91,7	83,9
TOTAL	5	14	12	31
Row %	16,1	45,2	38,7	100
Col %	100	100	100	100

0,14

SACROILIAQUE				
LFCCr	-1	0	1	TOTAL
-1,00	0	0	4	4
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	30,8	13,3
0,00	16	1	8	25
Row %	64	4	32	100
Col %	100	100	61,5	83,3
1,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	7,7	3,3
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,10

LFCCRG			
LFCCrD	1	2	TOTAL
0,00	1	0	1
Row %	100	0	100
Col %	33,3	0	3,2
1,00	1	3	4
Row %	25	75	100
Col %	33,3	10,7	12,9
2,00	1	25	26
Row %	3,8	96,2	100
Col %	33,3	89,3	83,9
TOTAL	3	28	31
Row %	9,7	90,3	100
Col %	100	100	100

0,003

LFCB				
LFCCrD	-1	0	1	TOTAL
0,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	4,8	0	0	3,2
1,00	3	0	1	4
Row %	75	0	25	100
Col %	14,3	0	12,5	12,9
2,00	17	2	7	26
Row %	65,4	7,7	26,9	100
Col %	81	100	87,5	83,9
TOTAL	21	2	8	31
Row %	67,7	6,5	25,8	100
Col %	100	100	100	100

0,93

SACROILIAQUE_D				
LFCCr	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	1	3	4
Row %	0	25	75	100
Col %	0	6,7	30	13,3
0,00	5	13	7	25
Row %	20	52	28	100
Col %	100	86,7	70	83,3
1,00	0	1	0	1
Row %	0	100	0	100
Col %	0	6,7	0	3,3
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,33

LFCCD				
LFCCrD	-1	0	1	TOTAL
0,00	0	1	0	1
Row %	0	100	0	100
Col %	0	12,5	0	3,2
1,00	3	0	1	4
Row %	75	0	25	100
Col %	27,3	0	8,3	12,9
2,00	8	7	11	26
Row %	30,8	26,9	42,3	100
Col %	72,7	87,5	91,7	83,9
TOTAL	11	8	12	31
Row %	35,5	25,8	38,7	100
Col %	100	100	100	100

0,19

LFCBD				
LFCCrD	0	1	2	TOTAL
0,00	0	1	0	1
Row %	0	100	0	100
Col %	0	5,3	0	3,3
1,00	1	3	0	4
Row %	25	75	0	100
Col %	25	15,8	0	13,3
2,00	3	15	7	25
Row %	12	60	28	100
Col %	75	78,9	100	83,3
TOTAL	4	19	7	30
Row %	13,3	63,3	23,3	100
Col %	100	100	100	100

0,68

SACROILIAQUE_G				
LFCCr	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	3	0	4
Row %	25	75	0	100
Col %	25	23,1	0	13,3
0,00	2	10	13	25
Row %	8	40	52	100
Col %	50	76,9	100	83,3
1,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	25	0	0	3,3
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,03

LFCCDD				
LFCCrD	0	1	2	TOTAL
0,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	20	0	0	3,2
1,00	2	1	1	4
Row %	50	25	25	100
Col %	40	7,7	7,7	12,9
2,00	2	12	12	26
Row %	7,7	46,2	46,2	100
Col %	40	92,3	92,3	83,9
TOTAL	5	13	13	31
Row %	16,1	41,9	41,9	100
Col %	100	100	100	100

0,04

LFCBG				
LFCCrD	0	1	2	TOTAL
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	5,6	3,3
1,00	1	1	2	4
Row %	25	25	50	100
Col %	50	10	11,1	13,3
2,00	1	9	15	25
Row %	4	36	60	100
Col %	50	90	83,3	83,3
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100

0,53

SACROILIAQUE

LFCCrD	-1	0	1	TOTAL
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	7,7	3,3
1,00	0	0	4	4
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	30,8	13,3
2,00	16	1	8	25
Row %	64	4	32	100
Col %	100	100	61,5	83,3
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,10

SACROILIAQUE_D

LFCCrD	0	1	2	TOTAL
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	10	3,3
1,00	0	1	3	4
Row %	0	25	75	100
Col %	0	6,7	30	13,3
2,00	5	14	6	25
Row %	20	56	24	100
Col %	100	93,3	60	83,3
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,18

SACROILIAQUE_G

LFCCrD	0	1	2	TOTAL
0,00	0	1	0	1
Row %	0	100	0	100
Col %	0	7,7	0	3,3
1,00	1	3	0	4
Row %	25	75	0	100
Col %	25	23,1	0	13,3
2,00	3	9	13	25
Row %	12	36	52	100
Col %	75	69,2	100	83,3
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,27

TORSION

LFCCrD	-1	1	TOTAL
0,00	1	0	1
Row %	100	0	100
Col %	4,3	0	3,3
1,00	3	1	4
Row %	75	25	100
Col %	13	14,3	13,3
2,00	19	6	25
Row %	76	24	100
Col %	82,6	85,7	83,3
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,85

LFCCD

LFCCrG	-1	0	1	TOTAL
1,00	0	1	2	3
Row %	0	33,3	66,7	100
Col %	0	12,5	16,7	9,7
2,00	11	7	10	28
Row %	39,3	25	35,7	100
Col %	100	87,5	83,3	90,3
TOTAL	11	8	12	31
Row %	35,5	25,8	38,7	100
Col %	100	100	100	100

0,38

LFCCDD

LFCCrG	0	1	2	TOTAL
1,00	1	1	1	3
Row %	33,3	33,3	33,3	100
Col %	20	7,7	7,7	9,7
2,00	4	12	12	28
Row %	14,3	42,9	42,9	100
Col %	80	92,3	92,3	90,3
TOTAL	5	13	13	31
Row %	16,1	41,9	41,9	100
Col %	100	100	100	100

0,70

LFCCDG

LFCCrG	0	1	2	TOTAL
1,00	2	1	0	3
Row %	66,7	33,3	0	100
Col %	40	7,1	0	9,7
2,00	3	13	12	28
Row %	10,7	46,4	42,9	100
Col %	60	92,9	100	90,3
TOTAL	5	14	12	31
Row %	16,1	45,2	38,7	100
Col %	100	100	100	100

0,04

LFCCB

LFCCrG	-1	0	1	TOTAL
1,00	3	0	0	3
Row %	100	0	0	100
Col %	14,3	0	0	9,7
2,00	18	2	8	28
Row %	64,3	7,1	28,6	100
Col %	85,7	100	100	90,3
TOTAL	21	2	8	31
Row %	67,7	6,5	25,8	100
Col %	100	100	100	100

0,45

LFCCBD

LFCCrG	0	1	2	TOTAL
1,00	1	2	0	3
Row %	33,3	66,7	0	100
Col %	25	10,5	0	10
2,00	3	17	7	27
Row %	11,1	63	25,9	100
Col %	75	89,5	100	90
TOTAL	4	19	7	30
Row %	13,3	63,3	23,3	100
Col %	100	100	100	100

0,41

LFCBG

LFCCrG	0	1	2	TOTAL
1,00	0	1	2	3
Row %	0	33,3	66,7	100
Col %	0	10	11,1	10
2,00	2	9	16	27
Row %	7,4	33,3	59,3	100
Col %	100	90	88,9	90
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100

0,88

SACROILIAQUE

LFCCrG	-1	0	1	TOTAL
1,00	0	0	3	3
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	23,1	10
2,00	16	1	10	27
Row %	59,3	3,7	37	100
Col %	100	100	76,9	90
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,11

SACROILIAQUE_D

LFCCrG	0	1	2	TOTAL
1,00	0	1	2	3
Row %	0	33,3	66,7	100
Col %	0	6,7	20	10
2,00	5	14	8	27
Row %	18,5	51,9	29,6	100
Col %	100	93,3	80	90
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,40

SACROILIAQUE_G

LFCCrG	0	1	2	TOTAL
1,00	1	2	0	3
Row %	33,3	66,7	0	100
Col %	25	15,4	0	10
2,00	3	11	13	27
Row %	11,1	40,7	48,1	100
Col %	75	84,6	100	90
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,24

TORSION

LFCCrG	-1	1	TOTAL
1,00	2	1	3
Row %	66,7	33,3	100
Col %	8,7	14,3	10
2,00	21	6	27
Row %	77,8	22,2	100
Col %	91,3	85,7	90
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,56

LFCCDD				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
-1,00	4	7	0	11
Row %	36,4	63,6	0	100
Col %	80	53,8	0	35,5
0,00	1	2	5	8
Row %	12,5	25	62,5	100
Col %	20	15,4	38,5	25,8
1,00	0	4	8	12
Row %	0	33,3	66,7	100
Col %	0	30,8	61,5	38,7
TOTAL	5	13	13	31
Row %	16,1	41,9	41,9	100
Col %	100	100	100	100
0,01				

LFCBG				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	5	5	11
Row %	9,1	45,5	45,5	100
Col %	50	50	27,8	36,7
0,00	0	1	6	7
Row %	0	14,3	85,7	100
Col %	0	10	33,3	23,3
1,00	1	4	7	12
Row %	8,3	33,3	58,3	100
Col %	50	40	38,9	40
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100
0,55				

TORSION			
LFCCd	-1	1	TOTAL
-1,00	8	3	11
Row %	72,7	27,3	100
Col %	34,8	42,9	36,7
0,00	6	1	7
Row %	85,7	14,3	100
Col %	26,1	14,3	23,3
1,00	9	3	12
Row %	75	25	100
Col %	39,1	42,9	40
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100
0,80			

LFCCDG				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	7	11
Row %	0	36,4	63,6	100
Col %	0	28,6	58,3	35,5
0,00	1	2	5	8
Row %	12,5	25	62,5	100
Col %	20	14,3	41,7	25,8
1,00	4	8	0	12
Row %	33,3	66,7	0	100
Col %	80	57,1	0	38,7
TOTAL	5	14	12	31
Row %	16,1	45,2	38,7	100
Col %	100	100	100	100
0,01				

SACROILIAQUE				
LFCCd	-1	0	1	TOTAL
-1,00	4	0	7	11
Row %	36,4	0	63,6	100
Col %	25	0	53,8	36,7
0,00	4	1	2	7
Row %	57,1	14,3	28,6	100
Col %	25	100	15,4	23,3
1,00	8	0	4	12
Row %	66,7	0	33,3	100
Col %	50	0	30,8	40
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100
0,20				

LFCCDG				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
0,00	1	4	0	5
Row %	20	80	0	100
Col %	20	28,6	0	16,1
1,00	4	2	7	13
Row %	30,8	15,4	53,8	100
Col %	80	14,3	58,3	41,9
2,00	0	8	5	13
Row %	0	61,5	38,5	100
Col %	0	57,1	41,7	41,9
TOTAL	5	14	12	31
Row %	16,1	45,2	38,7	100
Col %	100	100	100	100
0,02				

LFCB				
LFCCd	-1	0	1	TOTAL
-1,00	8	0	3	11
Row %	72,7	0	27,3	100
Col %	38,1	0	37,5	35,5
0,00	5	2	1	8
Row %	62,5	25	12,5	100
Col %	23,8	100	12,5	25,8
1,00	8	0	4	12
Row %	66,7	0	33,3	100
Col %	38,1	0	50	38,7
TOTAL	21	2	8	31
Row %	67,7	6,5	25,8	100
Col %	100	100	100	100
0,16				

SACROILIAQUE_D				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
-1,00	1	5	5	11
Row %	9,1	45,5	45,5	100
Col %	20	33,3	50	36,7
0,00	1	3	3	7
Row %	14,3	42,9	42,9	100
Col %	20	20	30	23,3
1,00	3	7	2	12
Row %	25	58,3	16,7	100
Col %	60	46,7	20	40
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100
0,58				

LFCB				
LFCCd	-1	0	1	TOTAL
0,00	4	0	1	5
Row %	80	0	20	100
Col %	19	0	12,5	16,1
1,00	10	0	3	13
Row %	76,9	0	23,1	100
Col %	47,6	0	37,5	41,9
2,00	7	2	4	13
Row %	53,8	15,4	30,8	100
Col %	33,3	100	50	41,9
TOTAL	21	2	8	31
Row %	67,7	6,5	25,8	100
Col %	100	100	100	100
0,02				

LFCBD				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
-1,00	3	6	2	11
Row %	27,3	54,5	18,2	100
Col %	75	31,6	28,6	36,7
0,00	0	5	2	7
Row %	0	71,4	28,6	100
Col %	0	26,3	28,6	23,3
1,00	1	8	3	12
Row %	8,3	66,7	25	100
Col %	25	42,1	42,9	40
TOTAL	4	19	7	30
Row %	13,3	63,3	23,3	100
Col %	100	100	100	100
0,52				

SACROILIAQUE_G				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
-1,00	2	6	3	11
Row %	18,2	54,5	27,3	100
Col %	50	46,2	23,1	36,7
0,00	0	3	4	7
Row %	0	42,9	57,1	100
Col %	0	23,1	30,8	23,3
1,00	2	4	6	12
Row %	16,7	33,3	50	100
Col %	50	30,8	46,2	40
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100
0,57				

LFCBD				
LFCCd	0	1	2	TOTAL
0,00	2	3	0	5
Row %	40	60	0	100
Col %	50	15,8	0	16,7
1,00	2	8	3	13
Row %	15,4	61,5	23,1	100
Col %	50	42,1	42,9	43,3
2,00	0	8	4	12
Row %	0	66,7	33,3	100
Col %	0	42,1	57,1	40
TOTAL	4	19	7	30
Row %	13,3	63,3	23,3	100
Col %	100	100	100	100
0,20				

LFCBG				
LFCCdD	0	1	2	TOTAL
0,00	1	2	2	5
Row %	20	40	40	100
Col %	50	20	11,1	16,7
1,00	0	5	8	13
Row %	0	38,5	61,5	100
Col %	0	50	44,4	43,3
2,00	1	3	8	12
Row %	8,3	25	66,7	100
Col %	50	30	44,4	40
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100

0,54

TORSION			
LFCCdD	-1	1	TOTAL
0,00	4	1	5
Row %	80	20	100
Col %	17,4	14,3	16,7
1,00	10	3	13
Row %	76,9	23,1	100
Col %	43,5	42,9	43,3
2,00	9	3	12
Row %	75	25	100
Col %	39,1	42,9	40
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,98

SACROILIAQUE				
LFCCdG	-1	0	1	TOTAL
0,00	3	0	2	5
Row %	60	0	40	100
Col %	18,8	0	15,4	16,7
1,00	7	1	6	14
Row %	50	7,1	42,9	100
Col %	43,8	100	46,2	46,7
2,00	6	0	5	11
Row %	54,5	0	45,5	100
Col %	37,5	0	38,5	36,7
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,87

SACROILIAQUE				
LFCCdD	-1	0	1	TOTAL
0,00	1	0	4	5
Row %	20	0	80	100
Col %	6,3	0	30,8	16,7
1,00	7	1	5	13
Row %	53,8	7,7	38,5	100
Col %	43,8	100	38,5	43,3
2,00	8	0	4	12
Row %	66,7	0	33,3	100
Col %	50	0	30,8	40
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,33

LFCB				
LFCCdG	-1	0	1	TOTAL
0,00	4	0	1	5
Row %	80	0	20	100
Col %	19	0	12,5	16,1
1,00	10	0	4	14
Row %	71,4	0	28,6	100
Col %	47,6	0	50	45,2
2,00	7	2	3	12
Row %	58,3	16,7	25	100
Col %	33,3	100	37,5	38,7
TOTAL	21	2	8	31
Row %	67,7	6,5	25,8	100
Col %	100	100	100	100

0,47

SACROILIAQUE_D				
LFCCdG	0	1	2	TOTAL
0,00	1	3	1	5
Row %	20	60	20	100
Col %	20	20	10	16,7
1,00	3	7	4	14
Row %	21,4	50	28,6	100
Col %	60	46,7	40	46,7
2,00	1	5	5	11
Row %	9,1	45,5	45,5	100
Col %	20	33,3	50	36,7
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,81

SACROILIAQUE_D				
LFCCdD	0	1	2	TOTAL
0,00	0	3	2	5
Row %	0	60	40	100
Col %	0	20	20	16,7
1,00	3	5	5	13
Row %	23,1	38,5	38,5	100
Col %	60	33,3	50	43,3
2,00	2	7	3	12
Row %	16,7	58,3	25	100
Col %	40	46,7	30	40
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,70

LFCBD				
LFCCdG	0	1	2	TOTAL
0,00	1	3	1	5
Row %	20	60	20	100
Col %	25	15,8	14,3	16,7
1,00	2	10	2	14
Row %	14,3	71,4	14,3	100
Col %	50	52,6	28,6	46,7
2,00	1	6	4	11
Row %	9,1	54,5	36,4	100
Col %	25	31,6	57,1	36,7
TOTAL	4	19	7	30
Row %	13,3	63,3	23,3	100
Col %	100	100	100	100

0,75

SACROILIAQUE_G				
LFCCdG	0	1	2	TOTAL
0,00	1	2	2	5
Row %	20	40	40	100
Col %	25	15,4	15,4	16,7
1,00	3	5	6	14
Row %	21,4	35,7	42,9	100
Col %	75	38,5	46,2	46,7
2,00	0	6	5	11
Row %	0	54,5	45,5	100
Col %	0	46,2	38,5	36,7
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,58

SACROILIAQUE_G				
LFCCdD	0	1	2	TOTAL
0,00	2	2	1	5
Row %	40	40	20	100
Col %	50	15,4	7,7	16,7
1,00	1	7	5	13
Row %	7,7	53,8	38,5	100
Col %	25	53,8	38,5	43,3
2,00	1	4	7	12
Row %	8,3	33,3	58,3	100
Col %	25	30,8	53,8	40
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,27

LFCBG				
LFCCdG	0	1	2	TOTAL
0,00	0	2	3	5
Row %	0	40	60	100
Col %	0	20	16,7	16,7
1,00	2	4	8	14
Row %	14,3	28,6	57,1	100
Col %	100	40	44,4	46,7
2,00	0	4	7	11
Row %	0	36,4	63,6	100
Col %	0	40	38,9	36,7
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100

0,64

TORSION			
LFCCdG	-1	1	TOTAL
0,00	4	1	5
Row %	80	20	100
Col %	17,4	14,3	16,7
1,00	11	3	14
Row %	78,6	21,4	100
Col %	47,8	42,9	46,7
2,00	8	3	11
Row %	72,7	27,3	100
Col %	34,8	42,9	36,7
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,93

LFCBD				
LFCb	0	1	2	TOTAL
-1,00	4	17	0	21
Row %	19	81	0	100
Col %	100	89,5	0	70
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	14,3	3,3
1,00	0	2	6	8
Row %	0	25	75	100
Col %	0	10,5	85,7	26,7
TOTAL	4	19	7	30
Row %	13,3	63,3	23,3	100
Col %	100	100	100	100

0,00

SACROILIAQUE_G				
LFCb	0	1	2	TOTAL
-1,00	3	9	9	21
Row %	14,3	42,9	42,9	100
Col %	75	69,2	69,2	70
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	7,7	3,3
1,00	1	4	3	8
Row %	12,5	50	37,5	100
Col %	25	30,8	23,1	26,7
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,83

SACROILIAQUE_D				
LFCbD	0	1	2	TOTAL
0,00	1	3	0	4
Row %	25	75	0	100
Col %	20	20	0	13,3
1,00	3	8	8	19
Row %	15,8	42,1	42,1	100
Col %	60	53,3	80	63,3
2,00	1	4	2	7
Row %	14,3	57,1	28,6	100
Col %	20	26,7	20	23,3
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,59

LFCBG				
LFCb	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	17	21
Row %	0	19	81	100
Col %	0	40	94,4	70
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	5,6	3,3
1,00	2	6	0	8
Row %	25	75	0	100
Col %	100	60	0	26,7
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100

0,001

TORSION			
LFCb	-1	1	TOTAL
-1,00	16	5	21
Row %	76,2	23,8	100
Col %	69,6	71,4	70
0,00	0	1	1
Row %	0	100	100
Col %	0	14,3	3,3
1,00	7	1	8
Row %	87,5	12,5	100
Col %	30,4	14,3	26,7
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,15

SACROILIAQUE_G				
LFCbD	0	1	2	TOTAL
0,00	3	1	0	4
Row %	75	25	0	100
Col %	75	7,7	0	13,3
1,00	1	9	9	19
Row %	5,3	47,4	47,4	100
Col %	25	69,2	69,2	63,3
2,00	0	3	4	7
Row %	0	42,9	57,1	100
Col %	0	23,1	30,8	23,3
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,003

SACROILIAQUE				
LFCb	-1	0	1	TOTAL
-1,00	11	1	9	21
Row %	52,4	4,8	42,9	100
Col %	68,8	100	69,2	70
0,00	1	0	0	1
Row %	100	0	0	100
Col %	6,3	0	0	3,3
1,00	4	0	4	8
Row %	50	0	50	100
Col %	25	0	30,8	26,7
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,85

LFCBG				
LFCbD	0	1	2	TOTAL
0,00	0	4	0	4
Row %	0	100	0	100
Col %	0	40	0	13,3
1,00	2	0	17	19
Row %	10,5	0	89,5	100
Col %	100	0	94,4	63,3
2,00	0	6	1	7
Row %	0	85,7	14,3	100
Col %	0	60	5,6	23,3
TOTAL	2	10	18	30
Row %	6,7	33,3	60	100
Col %	100	100	100	100

0,00

TORSION			
LFCbD	-1	1	TOTAL
0,00	2	2	4
Row %	50	50	100
Col %	8,7	28,6	13,3
1,00	16	3	19
Row %	84,2	15,8	100
Col %	69,6	42,9	63,3
2,00	5	2	7
Row %	71,4	28,6	100
Col %	21,7	28,6	23,3
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,32

SACROILIAQUE_D				
LFCb	0	1	2	TOTAL
-1,00	4	10	7	21
Row %	19	47,6	33,3	100
Col %	80	66,7	70	70
0,00	0	1	0	1
Row %	0	100	0	100
Col %	0	6,7	0	3,3
1,00	1	4	3	8
Row %	12,5	50	37,5	100
Col %	20	26,7	30	26,7
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,87

SACROILIAQUE				
LFCbD	-1	0	1	TOTAL
0,00	1	0	3	4
Row %	25	0	75	100
Col %	6,3	0	23,1	13,3
1,00	10	1	8	19
Row %	52,6	5,3	42,1	100
Col %	62,5	100	61,5	63,3
2,00	5	0	2	7
Row %	71,4	0	28,6	100
Col %	31,3	0	15,4	23,3
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,58

SACROILIAQUE				
LFCbG	-1	0	1	TOTAL
0,00	0	0	2	2
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	15,4	6,7
1,00	5	0	5	10
Row %	50	0	50	100
Col %	31,3	0	38,5	33,3
2,00	11	1	6	18
Row %	61,1	5,6	33,3	100
Col %	68,8	100	46,2	60
TOTAL	16	1	13	30
Row %	53,3	3,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,41

SACROILIAQUE D

LFCbG	0	1	2	TOTAL
0,00	0	1	1	2
Row %	0	50	50	100
Col %	0	6,7	10	6,7
1,00	2	6	2	10
Row %	20	60	20	100
Col %	40	40	20	33,3
2,00	3	8	7	18
Row %	16,7	44,4	38,9	100
Col %	60	53,3	70	60
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,81

SACROILIAQUE D

SI	0	1	2	TOTAL
-1,00	5	11	0	16
Row %	31,3	68,8	0	100
Col %	100	73,3	0	53,3
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	10	3,3
1,00	0	4	9	13
Row %	0	30,8	69,2	100
Col %	0	26,7	90	43,3
TOTAL	5	15	10	30
Row %	16,7	50	33,3	100
Col %	100	100	100	100

0,00

SACROILIAQUE G

SI D	0	1	2	TOTAL
0,00	0	4	1	5
Row %	0	80	20	100
Col %	0	30,8	7,7	16,7
1,00	4	0	11	15
Row %	26,7	0	73,3	100
Col %	100	0	84,6	50
2,00	0	9	1	10
Row %	0	90	10	100
Col %	0	69,2	7,7	33,3
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,00

SACROILIAQUE G

LFCbG	0	1	2	TOTAL
0,00	1	1	0	2
Row %	50	50	0	100
Col %	25	7,7	0	6,7
1,00	3	4	3	10
Row %	30	40	30	100
Col %	75	30,8	23,1	33,3
2,00	0	8	10	18
Row %	0	44,4	55,6	100
Col %	0	61,5	76,9	60
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,08

SACROILIAQUE G

SI	0	1	2	TOTAL
-1,00	0	4	12	16
Row %	0	25	75	100
Col %	0	30,8	92,3	53,3
0,00	0	0	1	1
Row %	0	0	100	100
Col %	0	0	7,7	3,3
1,00	4	9	0	13
Row %	30,8	69,2	0	100
Col %	100	69,2	0	43,3
TOTAL	4	13	13	30
Row %	13,3	43,3	43,3	100
Col %	100	100	100	100

0,00

TORSION

SI D	-1	1	TOTAL
0,00	3	2	5
Row %	60	40	100
Col %	13	28,6	16,7
1,00	12	3	15
Row %	80	20	100
Col %	52,2	42,9	50
2,00	8	2	10
Row %	80	20	100
Col %	34,8	28,6	33,3
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,63

TORSION

LFCbG	-1	1	TOTAL
0,00	2	0	2
Row %	100	0	100
Col %	8,7	0	6,7
1,00	7	3	10
Row %	70	30	100
Col %	30,4	42,9	33,3
2,00	14	4	18
Row %	77,8	22,2	100
Col %	60,9	57,1	60
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,65

TORSION

SI	-1	1	TOTAL
-1,00	13	3	16
Row %	81,3	18,8	100
Col %	56,5	42,9	53,3
0,00	1	0	1
Row %	100	0	100
Col %	4,3	0	3,3
1,00	9	4	13
Row %	69,2	30,8	100
Col %	39,1	57,1	43,3
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,64

TORSION

SI G	-1	1	TOTAL
0,00	2	2	4
Row %	50	50	100
Col %	8,7	28,6	13,3
1,00	10	3	13
Row %	76,9	23,1	100
Col %	43,5	42,9	43,3
2,00	11	2	13
Row %	84,6	15,4	100
Col %	47,8	28,6	43,3
TOTAL	23	7	30
Row %	76,7	23,3	100
Col %	100	100	100

0,36

Bibliographie

- Austin N.P., Rogers L.J. Asymmetry of flight and escape turning responses in horses. University of New England, Armidale, NSW, Australia, 2007. 12(5), 464-74.
- Austin, N.P., Rogers, L.J. Limb preferences and lateralization of aggression, reactivity and vigilance in feral horses, *Equus caballus.*, *Animal Behaviour*, 2012, 83(1), 239-247.
- Barrey E. Inter-limb Coordination. In : Back W. and Clayton H., *Equine Locomotion.*, London, 1st Ed, W. B. Saunders, 2001, 92.
- Barrey, E., Hermelin, M., Vaudelin, J.L., Poirel, D. and Valette, J.P. Utilisation of an accelerometric device in equine gait analysis. *Equine vet. J., Suppl.* 1994, 17, 7-12.
- Beaupère, P., *Equilibre et rectitude*, 1^{er} Ed, PRB Dressage, Aywaille, 2012, 362p.
- Brama, P.A.J., Tekoppele, J.M., Bank, R.A., Karssenbergh, D., Barneveld, A., van Weeren, P.R. Topographical mapping of biochemical properties of articular cartilage in the equine fetlock joint. *Equine Veterinary Journal*, 2000, 32(1), 19-26.
- Brand G. La latéralisation olfactive chez l'homme. *Neurophysiol Clin*, 1999 ; 29 : 495-506
- Brullebaut J. Gillot G. L'influence d'une recherche sur la latéralité dans l'entraînement de rugbymen, *Revue STAPS*, 1981, 4 (2), 43-55.
- Carrasco Lucero, F.C. Asociación entre la dirección del remolino facial y la preferencia de lateralidad motora en caballos chilenos, de seis criaderos de la provincia de Curicó. Th Méd.Vét. Universidad de Concepción. Chile : 2010 ; 22.
- Chaudhary, S. Narkeesh, A. Gupta, N. Cognition in relation with hand dominance. *Physiotherapy and Occupational Therapy Journal*, 2009, 2 (3), 111-117.
- Colborne, G.R., Heaps, L.A., Franklin, S.H. Horizontal moment around the hoof's centre of pressure during walking in a straight line. *Equine Veterinary Journal*, 2009, 41(3), 242-246.
- Dailly, R. Moscato, M. Latéralisation Et Latéralité Chez L'enfant. Editions Bruxelles : P. Mardaga, 1984, 268p.
- Dalin, G. Magnusson, L.E. and Thafvelin, B.C. Retrospective study of hindquarter asymmetry in Standardbred trotters and its correlation with performance, *Equine Vet. J.* 1985, 17, 292-296.
- Davies, H.M.S., The effects of different exercise conditions on metacarpal bone strains in thoroughbred racehorses. *Pferdeheilkunde*, 1996, 12(4), 666-670.
- Davies, H.M.S. Watson, K.M. Third metacarpal bone laterality asymmetry and midshaft dimensions in Thoroughbred racehorses. *Australian Veterinary Journal*, 2005, 83(4), 224-226.
- De Boyer Des Roches A., Richard-Yris, M-A., Henry, S., Hausberger, M.. Laterality and emotions: Visual laterality in the domestic horse (*Equus caballus*) differs with objects' emotional value. *Physiology & Behavior*, 2008, 94 (3) 487-490.

- Decurnex, V., Anderson, G.A., Davies, H.M.S. Influence of different exercise regimes on the proximal hoof circumference in young Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 2009, 41(3) 233-236.
- Deuel, N.R., Lawrence, L.M. Laterality in the gallop gait of horses. *Journal of biomechanics*, 1987, 20(6), 645-649.
- Drevemo, S. Fredricson, I. Hjerten G. and McMiken, D. Early development of gait asymmetries in trotting standardbred colts, *Equine Vet. J.* 1987, 19, 189–191.
- Denoix, J.M. Pailloux, J.P. Approche de la kinésithérapie du cheval. Maloine, Paris, 2005, 291p.
- Farmer, K., Krueger, K.; Byrne, R. Visual laterality in the domestic horse (*Equus caballus*) interacting with humans. *Animal Cognition*, 2010, 13, 229-238.
- Goble, D. J. Upper Limb asymmetries in the Utilization of Movement-related Sensory Feedback. Th Philosophie : Michigan : 2007 ; 150.
- Gossin, D. Un cheval droit : Pourquoi ? Comment ?, *Plaisirs Equestres*, 1986, 148, 41-45.
- Guillard, Y. La torsion Physiologique en ostéopathie comparée de l'humain au quadrupède. Sully, Vannes, 2013, 287p.
- Hammond, G.R. Correlates of human handedness in primary motor cortex: a review and hypothesis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2002, 26, 285-292.
- Hepper, Peter G, Shahidullah, S. & White, R. Origins of fetal handedness. *Nature*. 1990, 347, 431-431.
- Klar AJ. Human handedness and scalp hair-whorl direction develop from a common genetic mechanism. *Genetics*, 2003, 165: 269–276.
- Komarkova, M. Bartosova, J. Lateralized suckling in domestic horses (*Equus caballus*). *Animal Cognition*, 2013, 16(3), 343-349.
- Kuhnke, S., Dumbell, L., Gauly, M., Johnson, J.L., McDonald, K., König von Borstel, U. A comparison of rein tension of the rider's dominant and non-dominant hand and the influence of the horse's laterality. *Comparative Exercise Physiology*, 2010, 7, 57-63.
- Larose, C., Richard-Yris M.A., Hausberger, M., Rogers, L. Laterality of horses associated with emotionality in novel situations. *Laterality*, 2006, 11(4), 355-367.
- McGreevy, P.D., Rogers, L.J. Motor and sensory laterality in Thoroughbred horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 2005, 92 (4), 337–352.
- McGreevy, P.D., Thomson, P.C. Differences in motor laterality between breeds of performance horse. *Applied Animal Behaviour Science*, 2006, 99, 183-190.
- Murphy J, Arkins S. Lateralised motor behaviour, suckling preference and facial hair whorls in the neonatal foal. In: Agricultural Research Forum. 2005, 56.
- Murphy, J., Sutherland, A., Arkins, S. Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Applied Animal Behaviour Science*, 2005, 91 (3–4), 297-310.

- Murphy, J., Sutherland, A., Arkins, S., Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Applied Animal Behaviour Science*, 2005, 91 (3–4), 297–310
- Murphy, J., Arkins S. Facial hair whorls (trichoglyphs) and the incidence of motor laterality in the horse. *Behaviour Processes*, 2008, 79, 7-12.
- Oldfield, RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 1971, 9(1):97-113.
- Podhajsky A. The Complete Training of Horse and Rider. *The Sportsman's Press*. 1967.
- Roepstorff, L., Egenvall, A., Rhodin, M., Byström, A., Johnston, C., van Weeren, P.R., Weishaupt, M. Kinetics and kinematics of the horse comparing left and right rising trot. *Equine Veterinary Journal*, 2009, 41(3), 292-6.
- Rogers L. J. Lateralization in vertebrates: Its early evolution, general pattern, and development. *Advances in the Study of Behavior*, 2002, 31, 107–161.
- Rogers L.J., Zucca, P. and Vallortigara G. Advantages of having a lateralized brain. *Proc Biol Sci.*, 2004, 271(6), 420–422.
- Sankey, C., Henry, S., Clouard, C., Richard-Yris ,M.A., Hausberger, M. Asymmetry of behavioral responses to a human approach in young naive vs. trained horses. *Physiology and Behavior*, 2011, 104(3), 464-468.
- Sathiamoorthy, A., Sathiamoorthy, S.S., Limb dominance and motor conduction velocity of Médiane and ulnar nerves. *Indian journal of physiology and pharmacology*, 1990, 34, 51-53.
- Savin, H., Randle, H. The relationship between facial whorl characteristics and laterality exhibited in horses. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 2011, 6(5), 295-296.
- Solís de Ovando, G. N. A. correlación entre el patrón del remolino facial y la lateralidad motora en potrillos pura sangre menores a un año de edad. *Th Méd.Vét. Universidad de Concepción. Chile* : 2010 ; 26.
- Symes, D., Ellis, R. A preliminary study into rider asymmetry within equitation. *The veterinary Journal*, 2009, 181, 34-37.
- van Heel M.C.V., van Dierendonck M.C., Kroekenstoel A.M., Back W. Lateralised motor behaviour leads to increased unevenness in front feet and asymmetry in athletic performance in young mature Warmblood horses. *Equine Veterinary Journal*, 2010, 42(5), 444-450.
- van Heel, M.C.V., Kroekenstoel, A.M., van Dierendonck, M.C., vanWeeren, P.R., Back, W. Uneven feet in a foal may develop as a consequence of lateral grazing behaviour induced by conformational traits. *Equine Veterinary Journal*. 2006, 38, 646-651.
- Warren-Smith, A., McGreevy, P. The use of pedometers to estimate motor laterality in grazing horses. *Journal of Veterinary Behavior*, 2010, 5(4), 177-179.

- Warren-Smith, A.K., Curtis, R. A., Greetham, L., McGreevy, P.D. Rein contact between horse and handler during specific equitation movements, *Applied Animal Behaviour Science*, 2007, 108, 157-169.
- Wells, A.E.D., Blache, D. Horses do not exhibit motor bias when their balance is challenged. *Animal*, 2008, 2(11), 1645-1650.
- Williams, D.E., Norris, B.J. Laterality in stride pattern preferences in racehorses. *Animal Behaviour*, 2007, 74(4), 941–950.
- Wilson, G.H., Mcdonald, K., O'Connell, M.J. Skeletal forelimb measurements and hoof spread in relation to asymmetry in the bilateral forelimb of horses. *Equine Veterinary Journal*, 2009, 41(3), 238-241.

MOTOR LATERALITY OF THE HORSE

SUMMARY

Laterality is an important issue to consider when riding. It is not binary; each horse has its degree of laterality with its own biomechanics. The talent of the rider lies in the mastery of the biomechanics.

However, this study should not be considered as a constraint. The search for the laterality of the horse is not an end in itself. The key for the rider is to control his own laterality so as not to hamper his mount. The ideal is to manage to deal also with the horse laterality in order to achieve an apparent symmetry in locomotion.

KEYWORDS

- Horse,
- Locomotor system
- Riding
- Biomechanics
- Osteopathy
- Anatomy
- Neurology

LA LATÉRALITÉ MOTRICE DU CHEVAL

RESUME

La latéralité est une problématique essentielle à prendre en compte en équitation. Elle n'est pas binaire, chaque cheval a son degré de latéralité avec une biomécanique propre. Tout le talent du cavalier réside dans la maîtrise de cette biomécanique.

Cependant, il ne faut pas prendre ce travail comme une contrainte. La recherche de la latéralité du cheval n'est pas une fin en soi. L'essentiel pour le cavalier est de dominer sa propre latéralité pour ne pas handicaper sa monture. L'idéal étant de parvenir à composer également avec la latéralité du cheval afin de parvenir à une symétrie apparente dans sa locomotion.

MOTS CLES

- Cheval
- Appareil locomoteur
- Équitation
- Biomécanique
- Ostéopathie
- Anatomie
- Neurologie

JURY

Président : Monsieur François Gouin Professeur à la faculté de médecine de Nantes

Rapporteur : Madame Claire DOUART, Maître de conférence agrégé à Oniris.

Assesseur : Monsieur Éric GONYENVALLE, Maître de conférence à Oniris

ADRESSE DE L'AUTEUR

N° Rue 14 allée de Berval Braz
Code Postal-Ville 56890 SAINT AVE

Nom de l'imprimeur

Imprimerie de la faculté des Sciences de Nantes