

INTRODUCTION	4
I- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	5
A- Terminologie de la locomotion	5
1- Allures du cheval	5
2- « Foulée » du membre antérieur du cheval	5
3- Saut	6
B- Comportement du cheval au cours du saut	6
II- MATERIELS ET METHODE	10
A- Sujets	10
B- Enregistrement	11
1- Aire d'enregistrement	11
2- Procédure d'enregistrement	14
C- Réalisation des tests de saut	16
1- Position des marqueurs	16
2- Habituation	16
3- Déroulement des tests	18
D- Analyse des films	18
1- Numérisation des films	18
2- Reconstruction 3-D	18
E- Analyse des données	19
1- Variables étudiées	19
2- Tests statistiques	20
III- RESULTATS	21
A- Analyse qualitative des comportements angulaires	21
1- Choix du cheval-type	21
2- Décours angulaire du boulet antérieur	21
3- Décours angulaire du carpe	23
4- Décours angulaire du coude	24
B- Analyse quantitative des comportements angulaires	26
1- Comportement angulaire des articulations du membre leader	27

a-	Boulet antérieur	27
b-	Carpe	31
c-	Coude	34
2-	Comportement angulaire des articulations du membre non-leader	36
a-	Boulet antérieur	36
b-	Carpe	37
c-	Coude	37
3-	Comparaison du comportement du membre leader par rapport à celui du membre non-leader	38
a-	Boulet antérieur	38
b-	Carpe	39
c-	Coude	39
C-	Analyse des variabilités intra- et inter-individuelles	39
1-	Variabilité intra-individuelle	39
a-	Boulet antérieur	39
b-	Carpe	40
c-	Coude	40
2-	Rapport entre la variabilité inter- et la variabilité intra-individuelle	41
a-	Boulet antérieur	41
b-	Carpe	41
c-	Coude	42
D-	Comparaison des bons chevaux aux mauvais chevaux	42
a-	Boulet antérieur	42
b-	Carpe	42
c-	Coude	43
E-	Comparaison qualitative des comportements angulaires pour des sauts de 1,00 et 1,60 mètre	43
1-	Boulet antérieur	43
2-	Carpe	45
3-	Coude	46

IV- DISCUSSION	48
A-Validité des résultats	48
1- Précision de la méthode	48
2- Répétabilité	48
3- Choix des chevaux	48
4- Sauts : nombre et type	49
5- Effet de la barre de réglage	49
6- Erreurs liées aux marqueurs cutanés	49
a- Erreurs de positionnement des marqueurs par rapport aux centres instantanés de rotation	49
b- Erreurs de détermination liées aux mouvements cutanés	49
B- Discussion des résultats	50
1- Comportement angulaire des articulations : aspect qualitatif	50
d- Foulées de galop d'abord et de reprise	50
e- Saut	52
2- Comportement angulaire des articulations : aspect quantitatif	53
3- Différence entre les bons et les mauvais chevaux	55
4- Effet de la hauteur sur le comportement articulaire	55
5- Comparaison des valeurs extrêmes et des amplitudes du saut à celles du trot	56
CONCLUSION	57
BIBLIOGRAPHIE	58
LISTE DES FIGURES	60
LISTE DES TABLEAUX	61
ANNEXES	62

INTRODUCTION

Le saut d'obstacle, une des nombreuses disciplines équestres existantes en France, est né au XIX^{ème} siècle. L'épreuve de concours de saut d'obstacle consiste en un parcours d'obstacles artificiels que le couple cheval-cavalier doit franchir sans faute (refus du cheval ou chute d'une barre). La France dispute honorablement sa place sur les plus hautes marches du podium au niveau international, et ceci grâce aux cavaliers de grande valeur ainsi qu'aux très bons chevaux que le pays voit naître sur son sol. En effet, la France a entretenu une tradition d'élevage de chevaux qui a été orienté peu à peu vers le loisir et le sport. Le Selle Français est la race qui possède le plus de succès dans la discipline (Les Haras Nationaux. *Le cheval en France. Les utilisations. Disciplines équestres. Saut d'obstacles* [en-ligne], mise à jour le 31 Octobre 2002 [<http://www.haras-nationaux.fr>], (consulté le 2 Novembre 2002).

L'évolution du saut d'obstacle, aussi bien du point de vue du nombre de pratiquants que du point de vue de la difficulté des parcours, oblige entre autre les éleveurs à offrir des chevaux de plus en plus talentueux. La sélection des chevaux commence avant la naissance : les croisements se font de plus en plus fréquemment sur la base des indices génétiques des parents. Elle se poursuit ensuite par les épreuves de qualification (performances individuelles). Toute la sélection est donc basée sur les résultats en concours. La valeur intrinsèque du cheval est masquée par les effets de milieu (Les Haras Nationaux. *Le cheval en France. BLUP et indices* [en-ligne], mise à jour le 31 Octobre 2002 [<http://www.haras-nationaux.fr>], (consulté le 2 Novembre 2002).

Le premier objectif de l'étude est de décrire le comportement angulaire des articulations du boulet antérieur, du carpe et du coude de chevaux de saut d'obstacle lors d'un saut de 1 mètre de hauteur, afin d'en définir le profil-type. Le second objectif est d'évaluer la possibilité de discriminer les bons chevaux des mauvais par ces comportements angulaires.

Avant de décrire le déroulement du saut chez le cheval, il est nécessaire de préciser la terminologie employée.

I- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

A- Terminologie de la locomotion

La terminologie de Clayton (1989), classiquement utilisée en biomécanique animale, sera employée ici.

1- Allures du cheval (Leach, 1993 ; F.F.E., 1988)

Une allure est une succession de foulées semblables. Une foulée est la répétition de mouvements des membres qui sont caractéristiques d'une allure. Pour faciliter la compréhension des études, le poser du postérieur, non-leader pour le galop, l'un des deux pour le pas et le trot, est pris comme début de la foulée. Elle se termine au poser du même postérieur un cycle plus tard.

Sont distinguées les allures naturelles, que le cheval possède de façon innée, et les allures artificielles enseignées par l'homme (amble par exemple). Dans la première catégorie se trouvent le pas, le trot et le galop (uni ou désuni). Une allure peut être marchée ou sautée selon qu'il y a ou non un temps de suspension : les allures sautées regroupent le trot et le galop. Elle peut être aussi symétrique ou non : le pas et le trot sont symétriques, le premier par poser successif des membres homolatéraux, le second par poser successif des bipèdes diagonaux. Le rythme est le nombre d'impacts sur le sol au cours d'une foulée : le trot est à deux temps, le galop, trois ou quatre et le pas, quatre. Donc, le galop est une allure naturelle, sautée, symétrique, à trois ou quatre temps. Pour cette allure intervient la notion de leader et non-leader : le leader est le membre qui se pose le plus en avant parmi les antérieurs ou parmi les postérieurs. Dans le galop, les membres se posent dans cet ordre : postérieur non-leader, diagonal formé du postérieur leader et de l'antérieur non-leader, antérieur leader. Puis existe une phase de suspension. Le galop est dit désuni si le cheval pose le bipède latéral au lieu du bipède diagonal.

2- « Foulée » du membre antérieur du cheval

Le terme « foulée » est impropre : dans ce paragraphe, il se rapporte au membre seul ; il désigne donc le mouvement cyclique du membre au cours de la locomotion. Il se décompose en deux grandes phases elles-mêmes divisées en deux temps (figure 1).

La phase de soutien est celle pour laquelle le sabot n'est pas en contact avec le sol : elle se compose de la phase caudale, ou ramener, qui débute au lever du pied et s'achève au moment où le boulet est à l'aplomb du coude, et de la phase crâniale, ou embrassée, qui suit et se termine lors de l'impact du sabot avec le sol.

La phase d'appui est celle pour laquelle le sabot est en contact avec le sol : elle se compose de la phase crâniale, ou amortissement, de l'impact du sabot avec le sol à la verticalité du canon, et de la phase caudale, ou propulsion, qui suit et se termine au lever du membre.

3- Saut

Le saut s'inscrit dans une foulée de galop. Il débute au poser du postérieur non-leader sur le sol (souvent les deux postérieurs se posent en même temps et ce d'autant plus que la hauteur augmente) et se termine au poser du même postérieur de l'autre côté de l'obstacle. Il se divise en appel, planer, réception et un léger temps de suspension. Il est précédé par des foulées d'abord numérotées à partir de l'obstacle (en anglais : *approach stride 1, approach stride 2* et ainsi de suite en s'éloignant de l'obstacle), et des foulées de reprise aussi numérotées à partir de l'obstacle (*departure stride 1, departure stride 2...*)(figure 2).

L'appel est la phase pendant laquelle les postérieurs sont en contact avec le sol (*take-off* en anglais); le planer dure tant qu'aucun membre n'est en contact avec le sol (*jump suspension* ou *jump stride*) ; la réception est la phase pendant laquelle au moins un antérieur touche le sol (*landing*) (figure 2). Ceci laisse entrevoir la difficulté de décrire l'amplitude lors de la montée des antérieurs : elle appartient à l'appel mais aussi à l'abord par son extension (l'extension juste avant l'appel fait partie de l'abord).

B- Comportement du cheval au cours du saut

La majorité des informations suivantes proviennent de l'article de Clayton publié dans *Equine Locomotion* (Back et Clayton, 2000).

Le cheval abordant l'obstacle au galop fait une dernière foulée courte, rapide, souvent dans un galop à quatre temps. Il abaisse son centre de gravité en enfonçant son thorax entre ses antérieurs et en abaissant l'encolure : ceci lui permettra de bénéficier de l'action des muscles pectoraux et dentelés pour élever son avant-main au moment de l'appel (Denoix, 1988). L'élévation du thorax entre les antérieurs commence dès le poser de ces derniers, poser qui se fait avec un angle réduit du métacarpe avec l'horizontale. Ceux-ci transforment le mouvement horizontal en mouvement vertical. Par leur comportement, ils freinent le mouvement horizontal : une faible propulsion de l'antérieur non-leader fait pivoter le tronc vers le haut tandis que le leader arrête rapidement sa phase de soutien (à la verticalité du canon). La phase d'appui du membre antérieur non-leader est plus longue que celle du leader (Leach, 1984), (tableau 1 et figure 3).

Un léger temps de suspension prend place à la fin de la foulée d'abord (figure 3). Le saut débute avec le poser du postérieur non-leader immédiatement suivi par (ou de façon synchrone) le postérieur leader (souvent à égale distance de l'obstacle). Ils se posent le plus souvent en retrait par rapport aux traces laissées par les antérieurs. Leur rôle est la propulsion du corps vers le haut et l'avant : ils fournissent donc la majorité de l'énergie nécessaire (ils avancent fort sous la masse du cheval).

Au cours du planer en revanche, le cheval n'a plus grande influence sur la trajectoire du centre de gravité d'où l'importance de l'abord. Il peut changer de pied.

A la réception, l'antérieur non-leader touche le sol en premier avec un canon presque vertical ; le cheval se reporte rapidement sur l'antérieur leader. Il le pose d'autant plus loin de l'obstacle que ce dernier est haut. La phase d'appui du leader est plus longue que celle du non-leader (contrairement à l'abord : tableau 1 et figure 3), (Leach, 1984).

Lors de la foulée de reprise, les postérieurs, après un temps de suspension parfois (figure 3), rétablissent le mouvement horizontal, surtout le non-leader.

Ainsi, pour l'antérieur non-leader existe un pic de force verticale à l'abord et à la réception, d'où des préférences de main pour certains chevaux. La force qu'il développe est purement propulsive, alors que le leader exerce une action de freinage.

Tableau 1 : Caractéristiques des foulées d'abord, de reprise et du saut au passage d'un vertical de 1,55 m de hauteur (modifié d'après Clayton et Barlow, 1989)

	Foulée d'abord 2	Foulée d'abord 1	saut	Foulée de reprise 1
Vitesse horizontale (m/s)	6,3	7,3	5,9	6,5
Longueur de la foulée (m)	2,4	4,1	4,9	3,3
Fréquence des foulées (foulées/min)	157	108	73	116
Durée de la phase d'appui du postérieur non-leader (ms)	145	157	197	147
Durée de la phase d'appui du postérieur leader (ms)	129	179	195	171
Durée de la phase d'appui de l'antérieur non-leader (ms)	188	149	140	174
Durée de la phase d'appui de l'antérieur leader (ms)	159	134	176	168

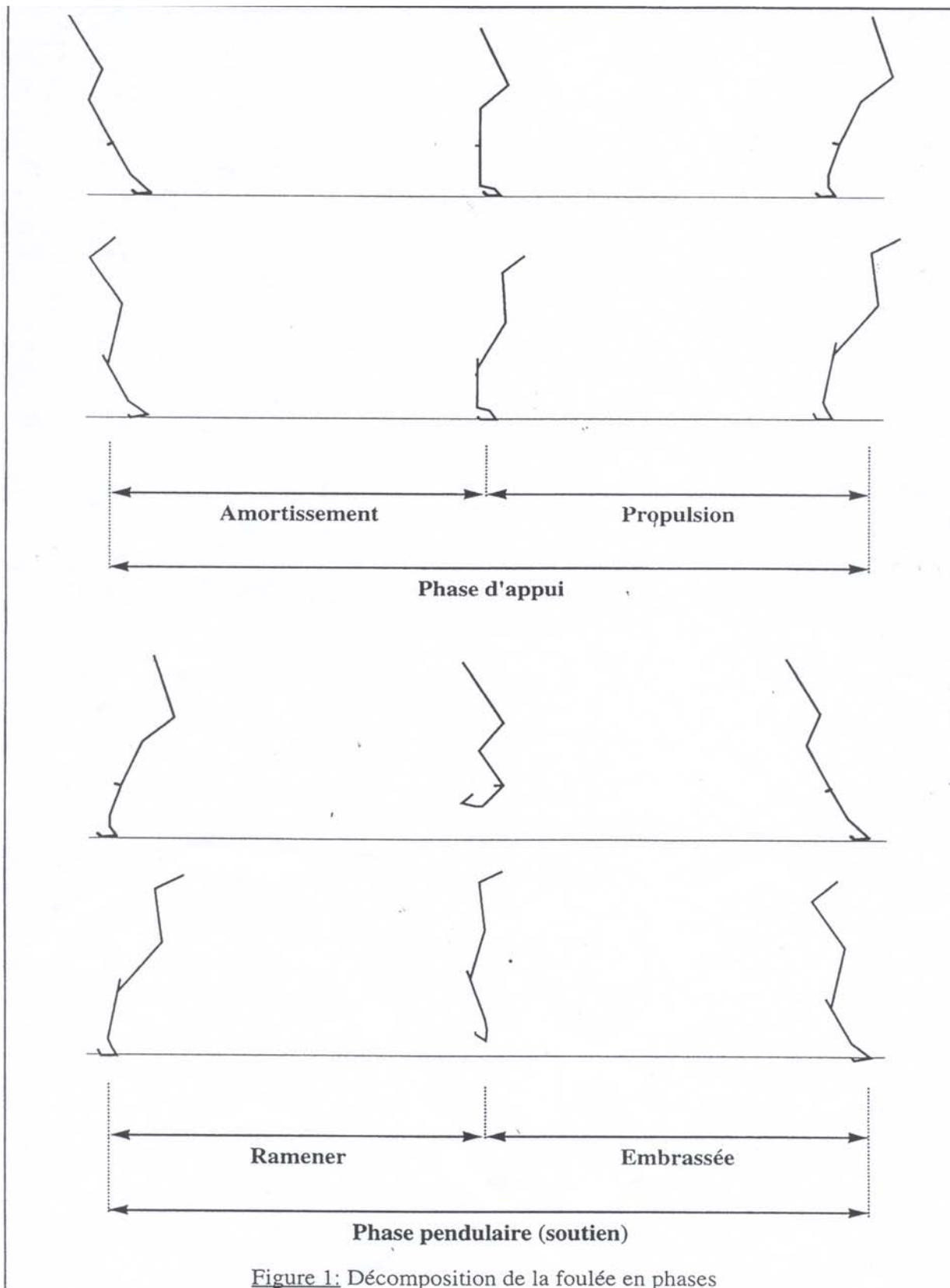
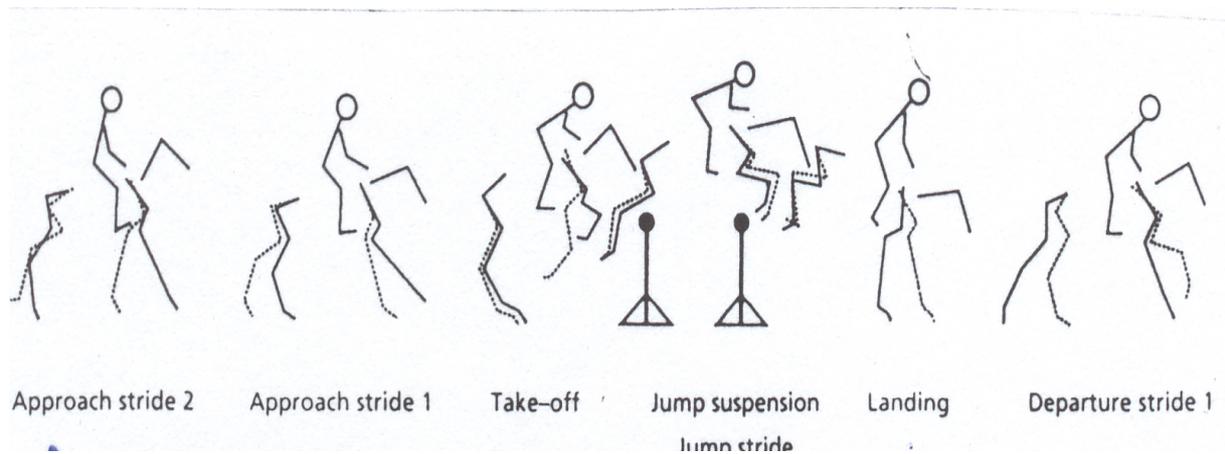


Figure 1: Décomposition de la foulée en phases

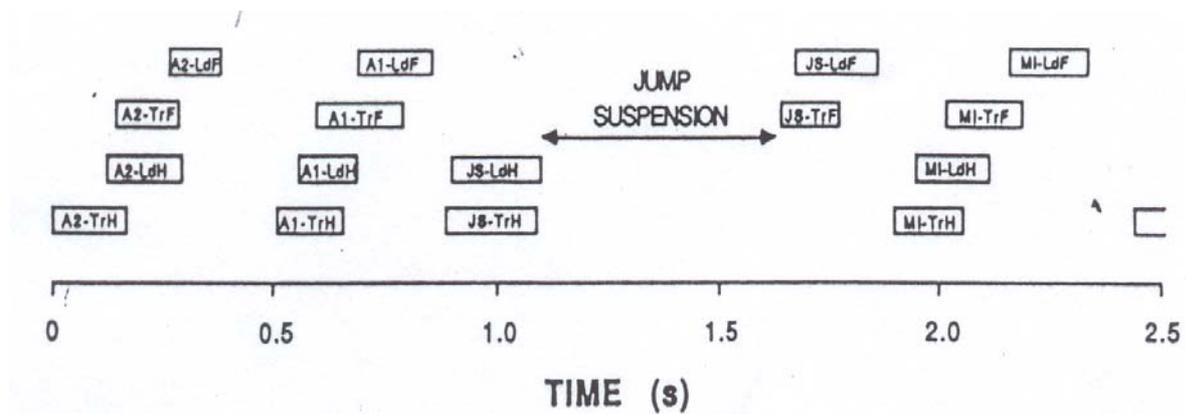
(d'après Degueurce, 1995)

Figure 2 : Phases du saut



(d'après Back et Clayton, 2000)

Figure 3 : Durée des phases d'appui des membres au cours du saut



(d'après Clayton, 1989)

II- MATERIELS ET METHODE

A- Sujets

L'étude expérimentale a été menée sur un effectif de 14 chevaux appartenant au Centre d'Enseignement Zootechnique de Rambouillet (Yvelines, France). Ces chevaux ont été sélectionnés pour constituer 2 groupes de 7 chevaux, chacun de niveaux de compétition bien distincts :

- Groupe 1 : 7 chevaux de niveau de compétition de 2^e catégorie, qualifiés de « bons »,
- Groupe 2 : 7 chevaux de niveau de compétition de 4^e catégorie, qualifiés de « mauvais ».

Les caractéristiques des 2 groupes sont présentées dans les tableaux 2a et 2b.

Tableau 2a : Composition et caractéristiques individuelles du groupe 1 des chevaux soumis au test d'obstacle.

Chevaux du groupe 1	Sexe	Age (ans)	Taille au garrot (cm)	Périmètre thoracique (cm)	Poids calculé (kg)
Ascot d'Elle	Mâle	12	163	190	521
Fumay	Hongre	7	178	205	630.5
Effutée	Femelle	8	164	192	532.5
Crazy Horse	Hongre	10	175	205	621.5
Belle de Youx	Femelle	11	159	195	530.5
Epsom du Luc	Mâle	8	169	195	560,5
Vent du Sud	Hongre	13	169	204	599
Moyenne ± écart-type		10 ± 2	168 ± 7	198 ± 6	571 ± 46

Tableau 2b : Composition et caractéristiques individuelles du groupe 2 des chevaux soumis au test d'obstacle

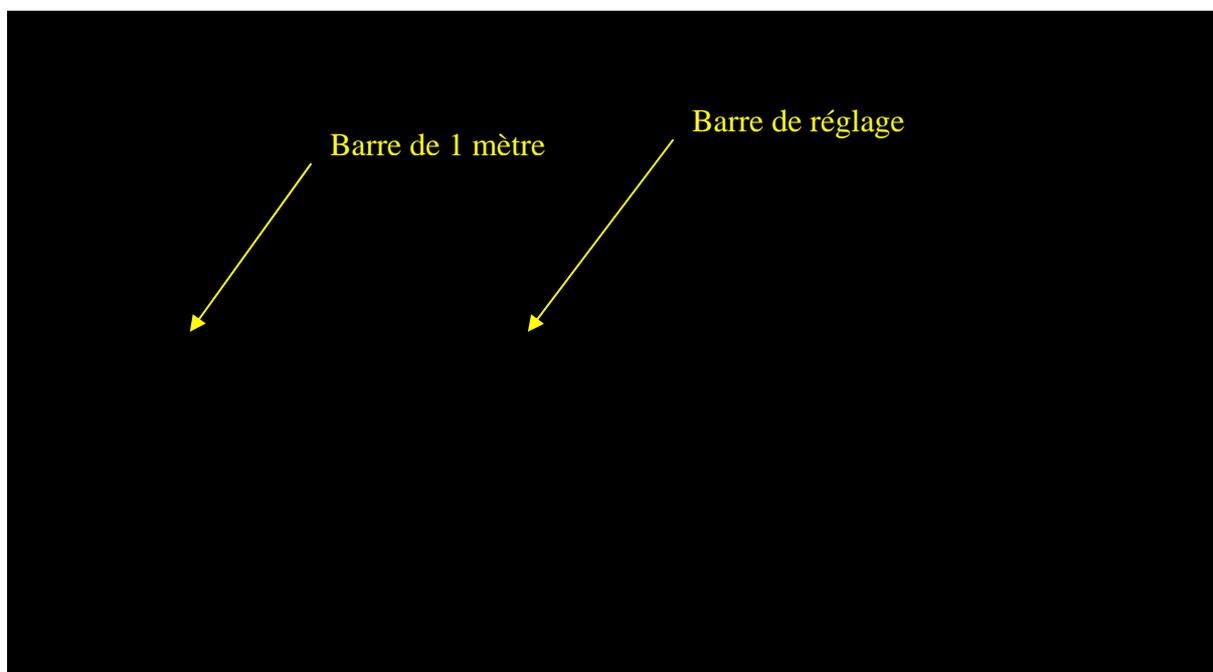
Chevaux du groupe 2	Sexe	Age (ans)	Taille au garrot (cm)	Périmètre thoracique (cm)	Poids calculé (kg)
Agatha	Femelle	12	169	203	594,9
Bleu Marine	Hongre	11	163	193	533,9
Caroline	Femelle	10	168	208	613,4
Elue de l'Orval	Femelle	8	168		
Gai Luron	Hongre	6	166		
Gitan	Hongre	6	172		
Axel	Hongre	12	168		
Moyenne \pm écart-type		9 \pm 3	168 \pm 3	(201 \pm 7)	(581 \pm 42)

B- Enregistrement

1- Aire d'enregistrement

L'aire d'enregistrement est représentée par la figure 4.

Figure 4: Vue de l'aire d'enregistrement



Un couloir d'obstacle est délimité par des longes noires de 12 mm de diamètre dans un manège de 60 mètres de long et de 30 mètres de large. Ce couloir d'obstacle de 4,5

mètres de large et d'environ 40 mètres de long, s'appuie sur le mur du manège selon sa longueur.

Les chevaux se déplacent en sens unique, à main gauche, à l'intérieur du couloir, c'est-à-dire de la droite vers la gauche lorsqu'on se trouve au centre du manège orientant son regard vers le couloir.

Le couloir est ouvert à ses 2 extrémités. Les chevaux sont lâchés en liberté à l'entrée du couloir par un opérateur et ils sont récupérés en sortie de couloir par un autre opérateur.

La zone expérimentale d'enregistrement des caméras est située au centre du couloir. Elle représente une longueur d'environ 15 mètres. Les obstacles sont placés dans cette zone d'enregistrement avec l'obstacle principal disposé dans la partie centrale.

Quatre caméscopes (Sony CCD-TR3100E) sont disposés par paires à 6,5 mètres du couloir, en avant et en arrière de l'obstacle-test. Ils sont espacés l'un de l'autre de 6,5 mètres.

Ces caméras sont montées sur des trépieds (Slik 505QF) d'une hauteur de 2 mètres qui leur accordent un degré de rotation unique autour de leur axe vertical. Un objet en mouvement peut être filmé en le suivant dans son déplacement longitudinal, en faisant pivoter les caméras sur elles-mêmes autour de leur axe vertical. Ce système est communément nommé, en anglais, «panning» caméras (ce qui peut être traduit par caméras balayantes ou panoramiques).

Chaque caméra est équipée de 2 projecteurs de 500 W fixés sous leur lentille. Les projecteurs sont solidaires des caméras et suivent leur mouvement de rotation pour rester dans l'axe de leur lentille (figure5).

Figure 5: Vue d'une « panning » caméra entourée de ses 2 projecteurs de 500 W



Le zoom des caméras est réglé pour filmer un champ de 6 à 7 mètres de long sur la piste du couloir d'obstacle. Le contraste de l'image est réglé manuellement afin d'obtenir une image foncée sur laquelle des marqueurs réfléchissants ressortent. La vitesse d'obturation des caméras est fixée à 1/1750 s.

Un marqueur de référence fixe recouvert de scotch réfléchissant (Scotchlite 7610, 25mm, 3M) est collé sur le mur du manège à une hauteur de 3,25 mètres au centre de la zone d'enregistrement. Ce marqueur de référence constitue un repère indispensable pour déterminer les positions successives appliquées aux caméras au cours des enregistrements balayants. Il doit être vu en permanence par les 2 caméras lors des enregistrements et ne pas être masqué par le cheval (figure 6).

Figure 6 : Vue de l'aire d'expérimentation avec les 2 « panning » caméras



2- Procédure d'enregistrement

Un opérateur manipule chacune des caméras. Il effectue la rotation de la caméra à l'aide d'un manche fixé sur le trépied tout en suivant le cheval visuellement sur un moniteur de contrôle relié à la caméra. L'objectif est que le cheval soit situé sur les films au centre du champ de v

ment d'un cheval se déplaçant de droite à gauche se passe de la façon suivante : a

arrive dans e l'image. Le sujet en déplacement
avec la cam centre de l'image, l'opérateur le suit
sur l'image de gauche à droite. L'opérateur fige la caméra dès que le marqueur fixe atteint la
limite droit position. Le marqueur de référence se déplace alors
de vision. immobile, filme le sujet qui quitte son champ

ordinateurs permet la numérisation instantanée des films par 2 opérateurs supplémentaires placés à chaque poste informatique.

Avant de monter les obstacles, une structure géométrique de 10 mètres de long, 3 mètres de large et 3 mètres de haut (figure 7), est placée au centre de la zone d'enregistrement. Cette structure est un assemblage métallique portant des tiges sur lesquelles sont répartis 36 marqueurs réfléchissants de coordonnées 3D connues. Ces marqueurs sont des bandes de Scotchlite de 2,5 cm de large enroulées sur les tiges. La position de chaque marqueur au sein de la structure est parfaitement connue, ce qui permet d'établir leurs coordonnées 3D dans le référentiel spatial qu'ils définissent.

Figure 7: Structure métallique de 10 m de long, 3 m de large et 3 m de haut munie de marqueurs réfléchissants parmi lesquels 36 sont choisis pour calibrer les caméras.



Le rôle de cette structure est de calibrer la zone d'enregistrement et plus particulièrement l'espace de la dernière foulée de galop à l'abord, du saut depuis l'appel jusqu'à la réception et de la première foulée de galop après l'obstacle.

Un enregistrement balayant de la structure est effectué par chacune des caméras.

C- Réalisation des tests de sauts d'obstacle

1- Position des marqueurs

Les marqueurs utilisés pour les chevaux sont des marqueurs hémisphériques de 38 mm de diamètre recouverts de scotch réfléchissant. Ces marqueurs sont collés sur les poils à l'aide de scotch double-face et sur les sabots par de la colle thermofusible. Des marqueurs sphériques (diamètre = 38 mm) fixés sur des supports noirs en polystyrène sont utilisés pour le dos.

Les chevaux sont équipés de 5 marqueurs de dos recouverts de scotch réfléchissant (Scotchlite 7610, 25mm, 3M). Ces marqueurs sont collés sur la ligne médiane du dos, sur la tête et sur les membres antérieurs et postérieurs gauches, en des sites anatomiques spécifiques (figure 8).

Le membre antérieur possède 6 marqueurs disposés chacun au niveau d'une articulation. Les repères anatomiques sont les suivants:

- sommet du tubercule majeur de l'humérus
- tubérosité latérale du radius
- face latérale du carpe
- centre du condyle métacarpien
- couronne antérieure
- jonction pince-mamelle

L'emplacement de ces marqueurs permet de définir les angles articulaires étudiés, au nombre de 3 (figure 9): angle crânial du coude, angle palmaire du carpe, angle dorsal du boulet (l'angle de l'articulation interphalangienne n'est pas étudié).

Le côté gauche des chevaux est enregistré alors qu'ils sautent en liberté un obstacle droit. Il a été choisi d'étudier le saut du cheval en liberté non seulement pour permettre l'étude des mouvements du dos (autre étude) mais également pour s'affranchir de l'influence du cavalier sur le saut du cheval.

2- Habituation des chevaux

Avant leur séance d'enregistrement, les chevaux sont échauffés 15 minutes en longe aux trois allures. Ils sont ensuite habitués aux couloirs d'obstacle sur des barres au sol, au trot tenus en main, puis lâchés en liberté au galop. Une fois adaptés, ils sont échauffés en liberté sur un croisillon puis sur un petit obstacle droit de 70, 80 puis 90 cm de haut.

Figure 8 : Position des marqueurs sur le cheval (d'après Degueurce, 1995)

Figure 9 : Position des marqueurs sur le membre thoracique (d'après Degueurce, 1995)

3- Réalisation des tests

Les chevaux sont filmés alors qu'ils réalisent des sauts en liberté sur un obstacle droit de 1m de haut. Un obstacle de réglage de 60 cm est disposé une foulée de galop avant l'obstacle principal (figure 4). Les tests sur l'obstacle de 1 mètre sont répétés jusqu'à l'obtention de 5 sauts sans faute.

La hauteur de l'obstacle est ensuite augmentée de 10 cm en 10 cm. Les chevaux effectuent des sauts à chaque hauteur d'obstacle jusqu'à ce que la hauteur maximale (H_{max}) qu'ils sont capables de franchir soit atteinte. La H_{max} d'un cheval correspond à la dernière hauteur d'obstacle franchie suivie de 2 échecs de saut successifs sur la hauteur d'obstacle suivante. Elle varie de 1,40 m à 1,60m pour le groupe 1 et de 1 m à 1,40 m pour le groupe 2.

D- Analyse des films

1- Numérisation des films

Comme il a été mentionné précédemment, chaque caméra est reliée à un ordinateur et les enregistrements sont numérisés en direct. Un opérateur démarre la numérisation lorsque le cheval arrive dans le champ et l'arrête lorsqu'il en est sorti.

Cette numérisation instantanée des films est facultative et peut être réalisée en laboratoire ultérieurement à partir des cassettes vidéo. Cependant, elle permet d'alléger le protocole en supprimant cette étape lourde et fastidieuse.

Par sécurité, un enregistrement sur cassette Hi8 est également effectué en parallèle lors de l'expérimentation.

Les enregistrements vidéo sont numérisés à l'aide d'une carte vidéo de résolution 768 colonnes par 576 lignes de pixels (442 368 pixels) et en 256 niveaux de gris. Les images sont ensuite détramées, ce qui permet d'analyser les films à la fréquence réelle d'acquisition de 50 Hz.

2- Reconstruction 3-D

L'analyse des films est réalisée en différé. Le système E.K.A.S. développé pour l'étude des boiteries du cheval avec caméras fixes (Pourcelot *et al*, 1997a) a été adapté à l'étude du saut d'obstacle utilisant des caméras balayantes (Pourcelot *et al*, 2001). La position des marqueurs du cheval est déterminée automatiquement image par image sur les films des 2 caméras. La reconstruction 3-D de la trajectoire des marqueurs est calculée par la suite à l'aide de la technique de transformation linéaire directe ou DLT (Abdel-Aziz and Karara, 1971) en utilisant les films de la structure de calibration.

La synchronisation temporelle des 2 films est réalisée dans un premier temps sur la première image des films avec l'ampoule allumée. Cette étape permet de synchroniser les films à une image près. Or, le déphasage entre les 2 caméras est le plus souvent inférieur à l'intervalle de temps séparant 2 images. Pour déterminer plus précisément ce déphasage, la synchronisation temporelle est complétée par une synchronisation numérique utilisant les erreurs de la DLT (Pourcelot *et al*, 1997b)

E- Analyse des données

1- Les variables étudiées

L'emplacement des marqueurs permet de définir les angles articulaires étudiés dans le plan (X-Z), au nombre de 3 (figure 9): angle du coude, angle du carpe, angle du boulet (l'angle de l'articulation interphalangienne n'est pas étudié).

Pour minimiser les bruits provenant des erreurs aléatoires et systématiques de numérisation, de relevé des marqueurs, de calibration et de distorsion de lentilles (Pourcelot *et al*, 1999), les coordonnées 3-D des marqueurs sont filtrées à 10 Hz par un filtre passe-bas de séries Fourier.

Les angles sont calculés en utilisant les déplacements longitudinaux et verticaux des marqueurs du membre et du garrot.

Par convention avec les études précédentes de ces angles (Leach,1993), l'angle du coude est crânial, celui du carpe, palmaire, et celui du boulet, dorsal. Ainsi, le coude et le carpe se fléchissent lorsque leur angle respectif diminue, tandis que la flexion du boulet montre une augmentation de son angle.

Les données obtenues sur un Mac ont été transférées sur un PC puis elles ont été étudiées sur Excel. Des courbes décrivent le comportement angulaire respectif de 3 articulations du membre thoracique en fonction de la distance du garrot à l'obstacle ; il est donc supposé que les mouvements des articulations se font essentiellement dans le plan Y-Z et que ceux effectués dans le plan X-Y qui lui est perpendiculaire sont négligeables. Seules les articulations du boulet, du carpe et du coude sont représentées ; le marqueur du garrot n'étant pas solidaire de la scapula du cheval, ceci fausse les résultats obtenus pour l'articulation scapulo-humérale, d'où l'abandon de l'étude de cet angle. Toutes les courbes traduisent le comportement angulaire du membre gauche du cheval (sur lequel sont placés les marqueurs) qui est leader ou non-leader selon le passage.

Pour chaque passage des chevaux, les valeurs maximales d'extension et de flexion des angles du membre antérieur sont relevées et les amplitudes de mouvement de flexion-

extension sont calculées (différence entre 2 valeurs maximales de mouvements de flexion et d'extension qui se succèdent).

2- Tests statistiques

Les moyennes et écart-types des angles de flexion et d'extension maximales sont calculés sur les 5 sauts à 1 mètre pour les 14 chevaux. Les différences statistiques potentielles entre les données sont objectivées par le test de Student ; le seuil de signification choisi est 0,05 (p).

La moyenne des 7 écart-types d'un groupe donne la variation intra-individuelle (IAV) des angles maximaux et des amplitudes angulaires sur les 5 sauts à 1m de ce groupe. La variabilité intra-individuelle (I.A.V.) correspond donc à la dispersion de la mesure autour de la moyenne pour des passages successifs du même individu : elle correspond à la variabilité moyenne des sauts d'un même cheval (Degueurce,1995). L'I.A.V. est faible si elle est inférieure à 10 pour cent de la moyenne. Plus le rapport de la valeur à la moyenne est faible, plus il y a de ressemblance entre les passages successifs d'un même individu.

L'écart-type des 7 moyennes d'un groupe donne la variation inter-individuelle (IEV) de ce groupe. La variabilité inter-individuelle (I.E.V.) correspond donc à la variabilité des sauts observés dans une population d'individus. On la compare avec la variabilité intra-individuelle. Lorsque $I.E.V./I.A.V.=1$, il y a peu de différences entre les passages d'un même individu et ceux d'individus différents. Plus ce rapport est élevé pour une valeur, plus elle est caractéristique de l'individu ; le seuil admis est 2. Plus il est élevé pour un grand nombre de valeurs, plus le passage est caractéristique de l'individu.

III- RESULTATS

A- Analyse qualitative des comportements angulaires au cours du saut

Chaque courbe comprend au moins : la réception de la barre de réglage (RBR), une foulée de galop d'abord, le saut et une foulée de galop de réception.

L'analyse qui suit est issue de l'observation des courbes de tous les chevaux de l'expérimentation, sans recherche de signification statistique.

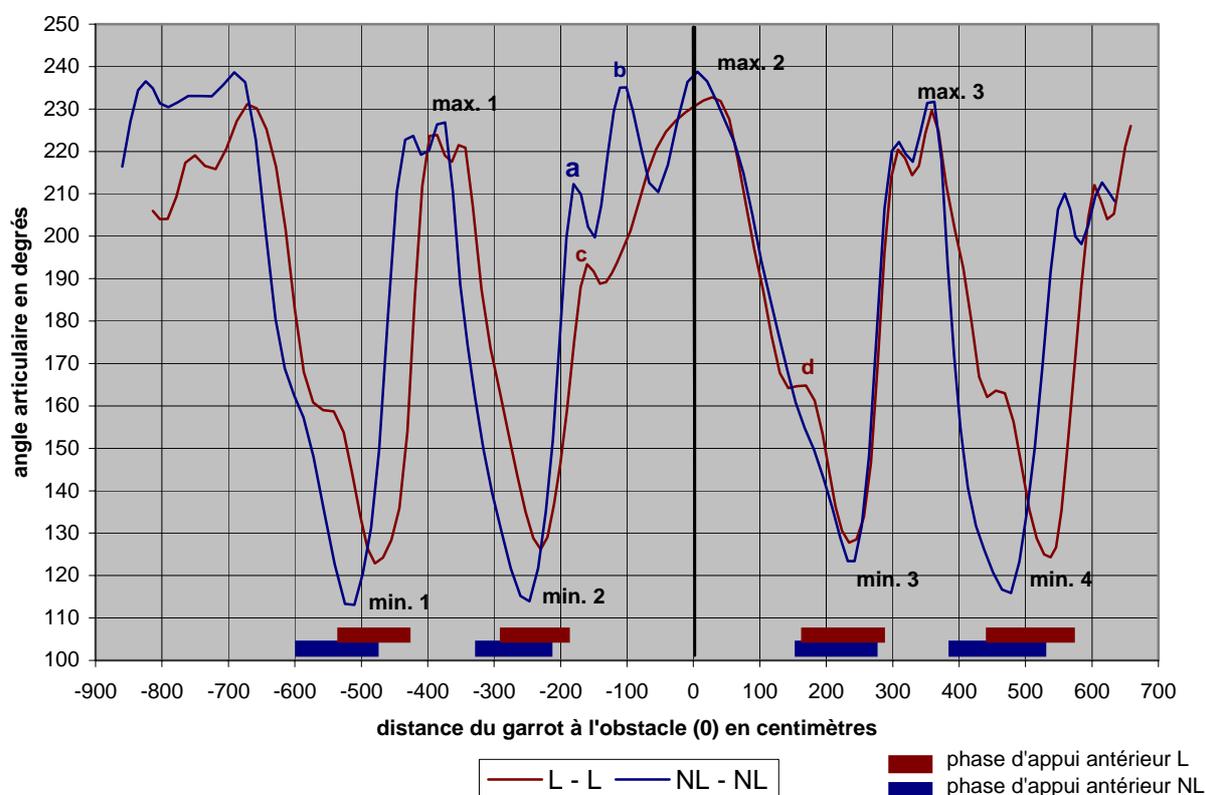
1- Choix des courbes-types

Vent du sud, qui fait partie du groupe des bons chevaux, a été choisi pour ses courbes paraissant décrire correctement les phénomènes angulaires au cours du saut chez le cheval (figures 10, 11 et 12). Pour chaque courbe, l'obstacle de 1,00 mètre est situé à l'abscisse 0 et la courbe du membre leader (en rouge) se trouve en avance dans l'espace par rapport à la courbe non-leader (en bleu) (le membre leader se rapproche plus de l'obstacle). Les courbes correspondent à deux passages différents. Les phases d'appui du membre sont précisées au dessus de l'axe des abscisses (rouge pour le membre leader et bleu pour le non-leader). Chaque phase de suspension est un maximum pour le boulet, et un minimum pour le carpe et le coude. Les extrema du saut de 1,00 m qui précèdent ou suivent l'extremum 2 (maximum 2 pour le boulet, minimum 2 pour le carpe et le coude) sont nommés par des lettres minuscules.

2- Décours angulaire du boulet antérieur

La figure 10 représente le comportement angulaire du boulet antérieur au cours d'un saut de 1,00 mètre de hauteur pour les membres leader et non-leader. Chaque augmentation de l'angle représente une flexion du boulet donc correspond soit au temps de suspension du galop (maxima 1 et 3), soit au planer du saut (maximum 2), et, inversement, toute diminution de l'angle correspond à une extension. Le cheval touche le sol en cours d'extension du boulet, l'hyperextension se trouvant à mi-appui, et le quitte en cours de flexion, proche du maximum de flexion. Chaque flexion est double : le cheval ferme son articulation et l'ouvre avant de la refermer de nouveau pendant la suspension (galop et saut avant le maximum 2 : a et c)). Le cheval effectue son maximum de flexion du boulet (max.2) très près du point d'abscisse 0.

Figure 10: VENT DU SUD - Décours angulaire du boulet antérieur pour un saut de 1,00 mètre de hauteur sans changement de pied: membres leader (L-L) et non-leader (NL-NL)



Les courbes des membres leader et non-leader diffèrent d'une part par leur forme, d'autre part par leurs amplitudes. Le membre leader effectue une légère flexion (d) avant de toucher le sol à la réception de l'obstacle (ceci est visible aussi sur la barre de réglage). Ce phénomène est retrouvé sur 91 p.cent (21 courbes sur 23 courbes leader) des membres leader et sur 50 p.cent (19 courbes sur 38 courbes non leader) des membres non-leader ; parmi l'ensemble des courbes avec cette particularité (40 courbes), 19 sont non-leader et 21 sont leader. Un membre leader a donc tendance à présenter cette flexion plus qu'un membre non-leader, mais sa présence dans une courbe ne permet pas de conclure quant à la position du membre par rapport à son homologue controlatéral.

La courbe de saut du membre non-leader est plus complexe que celle du membre leader ; elle présente en effet un maximum supplémentaire (b) avant le maximum 2 (il y a donc quatre maxima pour une courbe purement non-leader et trois pour une courbe leader) ; parmi les courbes de membre non-leader, 97 p.cent (30 sur 31) présentent ce maximum, contre 27 p.cent (8 sur 30) parmi les courbes de membre leader, et si l'on s'intéresse à

l'ensemble des courbes avec cette particularité, on en a 79 p.cent (30 sur 38) non-leader et 21 p.cent (8 sur 38) leader.

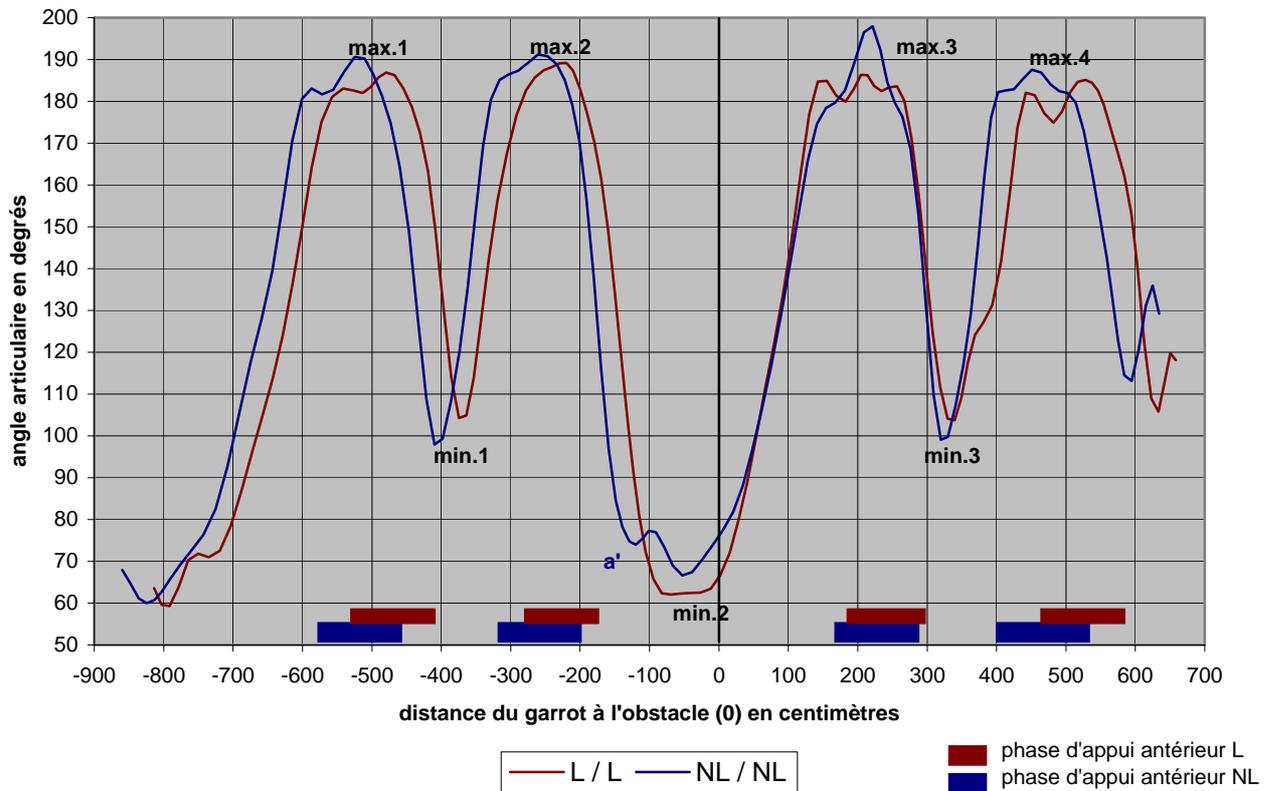
Le membre non-leader a des amplitudes de flexion et d'extension plus importantes en valeur absolue que le membre leader . De plus, l'hyperextension (à l'appui), quelque soit la localisation par rapport à l'obstacle, et de la flexion au planer sont supérieures pour le membre non-leader.

Cependant, pour le boulet antérieur au moment du saut de la barre de 1,00 m, 4 chevaux sur 7 ont au moins un extremum supplémentaire (↗) chez les bons et 6 sur 7 chez les mauvais (voir Bleu marine dans l'annexe 4a). Parmi les bons, 32 p.cent (9 sauts sur 28) ont cet extremum en plus, tandis que chez les mauvais, 50 p.cent (18 sur 36) l'ont. Il est donc retrouvé plus souvent chez les mauvais que chez les bons. De plus, parmi les sauts avec changement de pied au cours du planer (soit 27 sauts), 13 présentent cet extremum supplémentaire (48 p.cent) contre 14 sur 37 (38 p.cent) sans changement de pied dont, parmi ces derniers, 6 leaders (43 p.cent) et 8 non-leaders (57 p.cent). Donc il est surtout observé sur les sauts avec changement de pied.

3- Décours angulaire du carpe

La figure 11 représente le comportement angulaire du carpe au cours d'un saut de 1,00 mètre de hauteur pour les membres leader et non-leader. Chaque maximum correspond à une extension. Ainsi, les temps de suspension des foulées d'abord et de réception se traduisent par des flexions et donc sont des minima. Le cheval pose le pied avant le maximum d'extension (qui se trouve à mi-appui) et le lève en cours de flexion (le maximum de flexion suit de peu ce lever). Lors des extensions, les courbes présentent toutes soit deux maxima, soit une légère inflexion (concomitante ou peu après le poser du pied) précédant le maximum. Au contraire du boulet, les flexions des foulées de galop sont uniques (min.1, 2 et 3). Sur ces sauts, le cheval ne change pas de pied. Le maximum de flexion du carpe au cours du saut (min.2) a lieu à moins d'un mètre avant la barre.

Figure 11: VENT DU SUD - Décours angulaire du carpe pour un saut de 1,00 mètre de hauteur sans changement de pied: membres leader (L-L) et non-leader (NL-NL)



Les deux courbes ont une forme comparable sauf pour le planer où une légère extension en cours de flexion du carpe non-leader se produit, d'où la présence de deux minima : a' et min.2. Ce phénomène concerne 43 p.cent (12 sur 28) des membres non-leader et 12 p.cent (4 sur 32) des membres leader ; 75 p.cent (12 sur 16) des courbes avec cette particularité appartiennent à un membre non-leader et 25 p.cent (4 sur 16) à un membre leader. Le phénomène se retrouve donc plus fréquemment sur le membre non-leader.

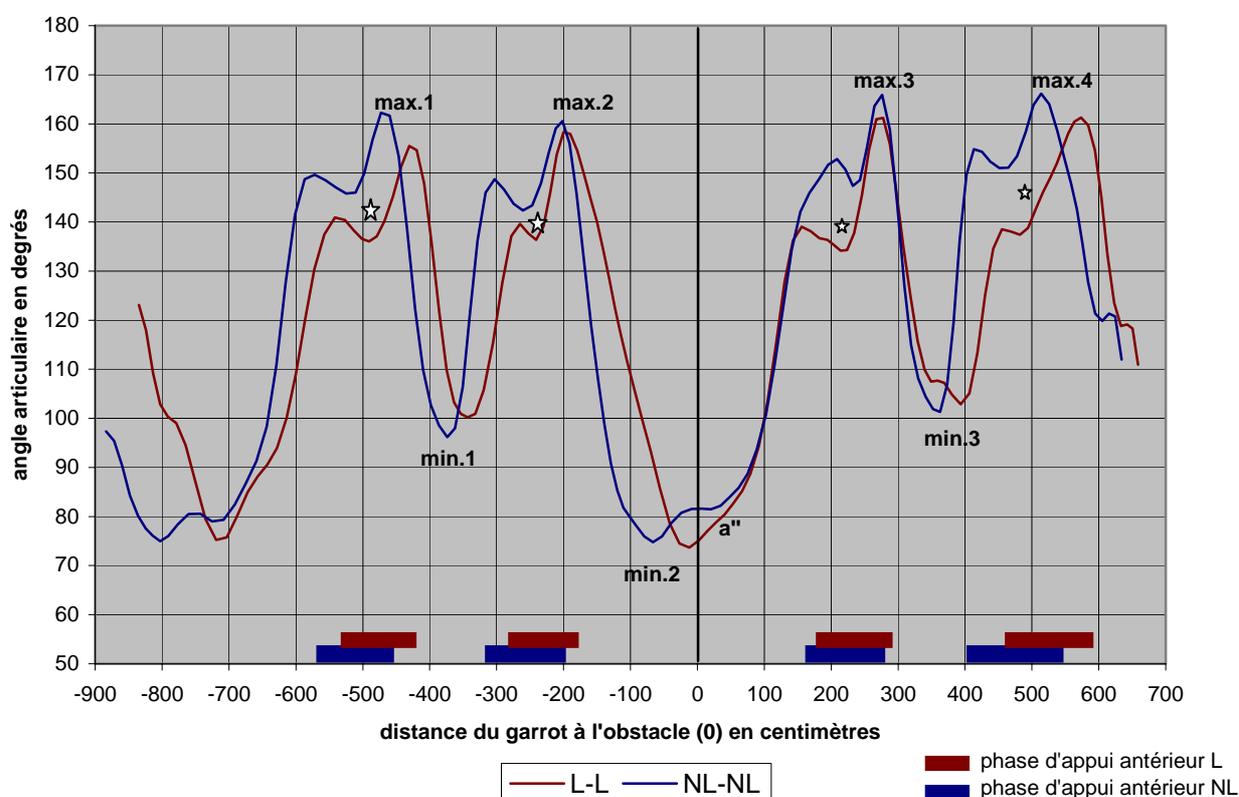
L'amplitude des mouvements angulaires du carpe est plus importante pour le membre non-leader sauf pour le saut (comparables). Le carpe du membre non-leader effectue des extensions et des flexions plus grandes, mais la flexion au cours du planer est plus marquée pour le membre leader.

4- Décours angulaire du coude

La figure 12 représente le comportement angulaire du coude au cours d'un saut de 1,00 mètre de hauteur pour les membres leader et non-leader. De même que pour le carpe, chaque augmentation de l'angle correspond à une extension et chaque diminution à une

flexion. Le cheval pose son pied en cours d'extension, plus exactement juste avant ou pendant une légère flexion (☆) de l'angle du coude, et le lève juste après ou pendant le maximum d'extension. Le maximum de flexion des foulées de galop d'abord et de reprise (min.1 et min.3) a lieu à mi-soutien. Le coude effectue ensuite une extension qui s'achève au moment du lever de l'antérieur ou juste avant. La légère flexion au moment du poser est plus longue et se produit plus tôt dans la courbe d'extension pour le coude leader. Les deux courbes présentent deux maxima à chaque extension, des minima simples aux flexions sauf pour le saut où une inflexion est visible. Le maximum de flexion du coude au cours du saut (min.2) a lieu à moins de un mètre avant la barre.

Figure 12: VENT DU SUD-Décours angulaire du coude pour un saut de 1,00 mètre de hauteur sans changement de pied: membres leader (L-L) et non-leader (NL-NL)



Les courbes sont semblables sur le plan de la morphologie sauf pour le planer : la courbe du membre non-leader présente deux minima : a'' et min.2 (légère flexion du coude en cours d'extension). Ceci se retrouve sur toutes les courbes de membre non-leader et seulement 11 p.cent (4 sur 36) des courbes de membre leader ; 87 p.cent (28 sur 32) des courbes avec ce double minimum sont non-leader alors que 12 p.cent (4 sur 32) sont leader. Le phénomène concerne donc essentiellement le membre non-leader.

L'amplitude des mouvements articulaires du membre non-leader est plus grande que celle du membre leader. Les valeurs d'extension et de flexion maximales n'amènent à aucune conclusion ; le maximum de flexion au cours du saut est identique pour les deux courbes.

B- Analyse quantitative des comportements angulaires

Pour le boulet antérieur, les minima correspondent à des extensions et les maxima à des flexions extrêmes (figure 10) . Les minima 1 et 2 appartiennent à la réception du saut de la barre de réglage (RBR) et à la foulée d'abord, le minimum 3 fait partie du saut de la barre de 1,00 m (réception) et le 4, de la foulée de reprise 1. Les maxima 1 et 3 sont les flexions des foulées d'abord et de reprise 1 respectivement, tandis que le maximum 2 est celle du saut (planer). Concernant le carpe et le coude, ce sont les maxima qui représentent les pics d'extensions et les minima les pics de flexion (figures 11 et 12).

Les amplitudes sont données en valeurs absolues. Les amplitudes 1, 3 et 5 représentent des mouvements de flexion de l'articulation concernée du membre antérieur ; au cours de RBR et de la foulée de galop d'abord pour la première, de la foulée de galop d'abord et du saut pour la deuxième, et du saut et de la foulée de galop de reprise 1 pour la dernière (les foulées sont des cycles de mouvement dont le début a été arbitrairement déterminé comme le poser du postérieur leader pour le galop d'où la complexité de cette description). Les amplitudes 2, 4 et 6 réfèrent respectivement à l'extension qui se produit au cours de la foulée de galop d'abord , celle du saut et celle de la foulée de galop de reprise 1.

Les chevaux qui ne changent pas de pied au cours du saut sont nommés (L-L) si le membre gauche est leader, et (NL-NL) s'il est non-leader ; ceux qui changent sont nommés (L-NL) pour ceux qui arrivent sur le pied gauche (réception sur le pied droit), et (NL-L) pour ceux qui arrivent sur le pied droit.

Pour comparer les valeurs de flexion entre elles quand le cheval change de pied au cours du saut, il faut comparer le membre (L-NL) au leader pour la flexion du galop d'abord et au non-leader pour la flexion du galop de reprise, et inversement pour le membre (NL-L).

Par convention, la moyenne totale est inscrite en noir, la moyenne pour le membre leader en rouge et la moyenne pour le membre non-leader, en bleu. Les bons chevaux sont inscrits en italique.

Tableau 3b : Amplitudes moyennes du boulet antérieur pour un saut de 1,00 m

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
Ascot			103,85+/-13,10	123,04+/-5,13	99,89+/-6,35	
			96,30+/-0,99			
			118,96	123,04+/-5,13	99,89+/-6,35	
Belle de Youx	104,98+/-4,24	96,99+/-3,47	103,92+/-14,46	119,34+/-6,25	104,58+/-7,26	98,67+/-7,84
	107,71+/-2,69	95,55+/-3,16	93,50+/-3,15	123,88	117,52	92,05
	100,89+/-1,24	99,16+/-3,55	119,55+/-1,58	118,21+/-6,25	101,34+/-0,74	100,33+/-7,98
Crazy horse	97,27+/-1,71	91,55+/-9,21	94,96+/-14,01	104,26+/-4,32	92,38+/-9,70	90,84+/-15,40
	97,27+/-1,71	91,41+/-11,28	96,92+/-16,46	104,04	96,80	95,42
		91,97	89,06	104,34+/-5,29	90,17+/-12,61	88,55+/-21,04
Effutée	101,11+/-3,08	98,58+/-9,58	102,97+/-10,30	110,71+/-2,77	109,32+/-0,64	101,88+/-7,95
	97,87	84,59	88,18	112,73+/-0,36	108,64	92,96
	102,19+/-2,69	103,24+/-2,70	107,90+/-3,64	108,69+/-2,57	109,66+/-0,37	106,34+/-2,66
Epsom	127,88+/-7,01	124,59+/-5,48	121,82+/-7,88	125,13+/-8,37	119,31+/-8,59	112,98+/-8,36
	127,88+/-7,01	124,59+/-5,48	121,82+/-7,88	125,13+/-8,37	119,31+/-8,59	112,98+/-8,36
Fumay		109,59+/-2,12	121,11+/-7,19	124,81+/-3,24	105,98+/-2,62	
		108,07	124,83			
		110,35+/-2,35	119,87+/-8,27	124,81+/-3,24	105,98+/-2,62	
Vent du sud	107,66+/-7,18	105,74+/-8,77	112,18+/-11,49	109,33+/-4,19	105,36+/-4,10	105,68+/-6,44
	102,54+/-1,40	99,50+/-1,69	104,06+/-4,03	106,86+/-2,60	104,74+/-5,30	104,92+/-0,46
	115,34+/-2,36	115,11+/-3,17	124,37+/-0,64	113,03+/-3,32	106,29+/-2,88	106,82+/-12,70
Agatha	99,40+/-4,67	94,33+/-4,80	104,76+/-6,77	106,22+/-5,81	95,46+/-7,29	85,45+/-6,55
	101,15+/-5,56	94,70+/-5,64	100,60+/-4,34	106,22+/-5,81	95,46+/-7,29	85,45+/-6,55
	96,78+/-1,60	93,78+/-5,26	110,99+/-4,04			
Axel	113,12+/-7,75	111,82+/-8,24	105,44+/-10,45	117,85+/-6,43	128,98+/-12,97	119,19+/-5,02
	107,86+/-2,11	106,75+/-6,13	101,40+/-7,64			
	121,02+/-4,85	119,42+/-2,01	111,50+/-14,06	117,85+/-6,43	128,98+/-12,97	119,19+/-5,02
Bleu marine	99,51+/-11,10	97,34+/-12,03	105,18+/-13,74	113,26+/-0,81	106,07+/-4,36	102,55+/-4,61
	87,44+/-0,33	84,25+/-0,62	90,20+/-1,69	113,42+/-0,32	109,57+/-5,49	105,12+/-7,50
	107,55+/-1,92	106,06+/-1,94	115,17+/-1,41	113,15+/-1,10	103,75+/-1,61	100,83+/-1,85
Caroline	99,38+/-3,83	92,15+/-5,25	98,28+/-20,10	101,92+/-10,49	96,12+/-3,27	92,94+/-3,83
	97,14+/-3,13	89,29+/-2,77	83,95+/-4,32	101,92+/-10,49	96,12+/-3,27	92,94+/-3,83
	102,74+/-1,24	96,43+/-5,82	119,77+/-6,25			
Elue	115,03+/-8,56	113,00+/-9,37	120,74+/-17,03	126,71+/-9,90	119,78+/-7,48	112,28+/-8,61
	106,18+/-0,40	103,92+/-1,85	102,40+/-5,35			
	120,94+/-3,98	119,05+/-6,05	132,98+/-2,15	126,71+/-9,90	119,78+/-7,48	112,28+/-8,61
Gai luron	103,16+/-4,79	101,85+/-4,83	100,67+/-8,00	101,21+/-2,90	96,11+/-6,30	97,01+/-0,42
	101,69+/-4,65	100,38+/-4,70	97,18+/-4,77	101,98+/-2,40	103,34	96,75
	107,54	106,25	111,16	100,44+/-4,13	92,50+/-0,98	97,15+/-0,50
Gitan	114,24+/-2,53	98,86+/-2,07	84,07+/-2,96	97,90+/-2,73	110,54+/-2,78	112,95
	114,24+/-2,53	98,86+/-2,07	84,07+/-2,96	97,90+/-2,73	109,82+/-3,50	
					112,00	112,95
Moyenne	106,9	102,6	106,3	113,1	107,1	102,4
Moyenne L	102,7	96,6	96,1	105,8	101,8	94,5
Moyenne NL	111,9	109,9	117,5	117,9	110,1	107,3

**Tableau 3c : Valeurs extrêmes et amplitudes individuelles de la flexion du boulet
antérieur pour un saut de 1,00 m**

		L-L	L-NL	NL-NL	NL-L
max.2	Moyenne	223,7	228,4	233,1	232,2
	<i>Moyenne bons</i>	226,5	230,9	233,2	232,2
	Moyenne mauvais	222,6	226,0	232,6	232,2
ampli.3	Moyenne	91,0	101,2	117,9	115,5
	<i>Moyenne bons</i>	93,8	102,5	115,8	117,9
	Moyenne mauvais	89,7	100,0	121,7	114,7
ampli.4	Moyenne	104,6	112,2	122,2	108,3
	<i>Moyenne bons</i>	111,1	113,2	115,8	109,1
	Moyenne mauvais	101,6	111,1	124,9	108,0

L'hyperextension de la foulée d'abord (min.2) est significativement inférieure à celle de R.B.R. et à celle de la réception du saut (min.2 est supérieur à min.1 et min.3). Cette dernière est elle-même significativement supérieure à celle de la foulée de reprise1 (min.3 inférieur à min.4). Le maximum de flexion au cours du saut (max.2) (sans prendre en compte le caractère leader ou non du membre à l'abord et à la réception) est significativement supérieur au maximum de flexion des foulées de galop d'abord (max.1) et de reprise 1 (max.3). Ce résultat est à moduler ; ainsi la flexion maximale du boulet (L-L) n'est pas significativement différente de la flexion des foulées de galop d'abord et de reprise. Par contre, le boulet (NL-L) a une flexion maximale au cours du saut significativement supérieure à celle du maximum de flexion de la foulée de reprise 1 (max.3). Donc le cheval fléchit au cours du saut autant son boulet antérieur leader pendant le galop autour de l'obstacle que pendant le saut quand il ne change pas de pied et plus par rapport au galop de reprise quand il change de pied pendant le planer (tableaux 3a et 3c).

Quant aux amplitudes 3 et 4 centrées sur le saut, elles sont significativement différentes des amplitudes 1 et 5, et 2 et 6 respectivement (comparaison des mouvements de flexion entre eux et d'extension entre eux) : le cheval a devant l'obstacle un mouvement de flexion du boulet leader moins ample que celui qu'il a dans les foulées de galop d'abord (non-significatif mais proche du seuil) et de reprise, et derrière l'obstacle un mouvement d'extension plus ample que ceux des foulées d'abord et de reprise. Par ailleurs, l'amplitude

b- Carpe

Tableau 4a : Valeurs extrêmes moyennes du carpe pour un saut de 1,00 m

	max.1	min.1	max.2	min.2	max.3	min.3	max.4
Ascot			189,76+/-1,18	65,20+/-9,66	192,68+/-0,59	94,82+/-5,34	
			189,78+/-1,67				
			189,72		192,68+/-0,59	94,82+/-5,34	
Belle de Youx	186,12+/-1,40	98,95+/-5,29	186,19+/-0,49	59,65+/-4,83	185,48+/-1,05	99,65+/-2,50	184,31+/-0,94
	185,70+/-1,62	99,58+/-6,69	186,45+/-0,49		186,62	100,99	183,86
	186,74+/-1,12	98,02+/-4,39	185,81+/-0,04		185,19+/-0,96	99,32+/-2,75	184,42+/-1,05
Crazy horse	191,60+/-2,54	101,15+/-4,98	191,21+/-1,37	64,24+/-11,84	193,02+/-1,92	106,52+/-3,48	190,23+/-0,39
	193,39	104,46+/-0,70	191,37+/-0,87		193,97+/-2,40	109,51	190,07
	189,8	97,85+/-5,52	191,05+/-2,19		192,07+/-1,32	105,03+/-3,30	190,31+/-0,52
Effutée	189,23+/-0,61	99,50+/-4,46	189,74+/-0,87	66,11+/-2,94	190,65+/-1,59	102,57+/-0,54	187,44+/-1,99
	188,80	103,99	189,32		191,57+/-0,04	102,18	186,03
	189,66	97,26+/-3,08	189,95+/-1,12		188,81	102,95	188,84
Epsom	191,62+/-4,77	80,29+/-1,25	189,67+/-3,48	43,71+/-4,83	192,67+/-3,79	91,01+/-1,74	192,68+/-10,27
	191,62+/-4,77	80,29+/-1,25	189,67+/-3,48	43,71+/-4,83	192,67+/-3,79	91,01+/-1,74	192,68+/-10,27
Fumay		103,34+/-4,61	190,10+/-1,48	70,17+/-7,71	192,08+/-1,42	106,42+/-4,98	180,82
		103,56	191,98				
		103,24+/-6,51	189,47+/-0,97		192,08+/-1,42	106,42+/-4,98	180,82
Vent du sud	188,87+/-1,92	101,90+/-2,52	189,52+/-1,12	61,37+/-3,26	191,78+/-4,72	99,02+/-4,53	186,44+/-1,43
	187,54+/-0,84	103,52+/-0,70	188,97+/-0,78		190,40+/-4,55	101,43+/-2,34	186,19+/-1,82
	190,86+/-0,39	99,47+/-2,14	190,34+/-1,24		193,86+/-5,76	95,40+/-5,24	186,81+/-1,05
Agatha	193,21+/-7,86	87,92+/-6,60	191,42+/-6,66	58,11+/-9,58	192,66+/-4,72	91,11+/-9,38	190,42+/-7,92
	196,26+/-9,42	83,79+/-4,78	195,44+/-5,28		192,66+/-4,72	91,11+/-9,38	190,42+/-7,92
	188,64+/-0,05	94,11+/-0,76	185,38+/-0,55				
Axel	187,15+/-1,93	77,75+/-2,97	186,11+/-0,76	55,36+/-4,05	189,34+/-0,84	86,65+/-3,23	187,03+/-1,73
	185,79+/-0,65	78,38+/-0,54	186,46+/-0,59				
	189,20+/-0,34	76,80+/-5,63	185,58+/-0,81		189,34+/-0,84	86,65+/-3,23	187,03+/-1,73
Bleu marine	184,86+/-2,55	102,08+/-2,60	186,23+/-1,71	53,24+/-7,63	186,67+/-0,58	101,21+/-4,52	185,41+/-1,43
	182,08+/-0,14	103,70+/-2,82	184,53+/-1,15		187,14+/-0,62	96,66+/-3,30	183,92+/-0,62
	186,71+/-0,33	101,00+/-2,28	187,36+/-0,59		186,35+/-0,35	104,24+/-1,01	186,40+/-0,45
Caroline	188,40+/-2,78	103,95+/-5,67	187,43+/-2,00	56,14+/-14,97	188,79+/-3,39	106,56+/-6,25	183,84+/-0,14
	188,25+/-3,88	107,97+/-1,56	187,93+/-2,65		188,79+/-3,39	106,56+/-6,25	183,84+/-0,14
	188,63+/-0,79	97,93+/-1,63	186,68+/-0,23				
Elue	189,28+/-2,05	94,45+/-2,33	188,87+/-1,26	57,28+/-1,05	191,14+/-1,22	95,88+/-7,81	187,44+/-1,93
	187,07+/-0,64	96,42+/-1,27	187,81+/-0,93				
	190,76+/-0,13	93,14+/-1,91	189,58+/-0,93		191,14+/-1,22	95,88+/-7,81	187,44+/-1,93
Gai luron	186,97+/-0,80	78,46+/-4,77	186,45+/-0,54	51,19+/-1,63	184,37+/-2,70	94,36+/-2,68	185,94+/-0,65
	187,10+/-0,93	77,23+/-5,00	186,42+/-0,66		186,58+/-1,00	91,54	186,01
	186,56	82,15	186,55		182,15+/-1,09	95,77+/-1,57	185,91+/-0,91
Gitan	185,96+/-0,29	97,33+/-3,01	185,57+/-0,10	64,30+/-9,40	185,97+/-0,49	98,66+/-6,01	189,16
	185,96+/-0,29	97,33+/-3,01	185,57+/-0,10		185,97+/-0,49	95,43+/-3,07	
						105,13	189,16
Moyenne	188,5	94,2	188,4	58,5	189,8	97,5	187,2
Moyenne L	187,8	95,2	188,4		189,7	99,1	186,8
Moyenne NL	189,3	93,1	188,4		189,8	96,6	187,5

Tableau 4b : Amplitudes moyennes du carpe pour un saut de 1,00 m

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
Ascot			124,56+/-9,37	127,48+/-10,25	97,86+/-5,61	
			129,84+/-2,88			
			114,00	127,48+/-10,25	97,86+/-5,61	
Belle de Youx	87,16+/-6,13	87,24+/-5,00	126,55+/-5,20	125,83+/-4,66	85,83+/-3,10	84,65+/-1,81
	86,12+/-7,47	86,87+/-6,33	130,28+/-0,73	129,93	85,63	82,87
	88,73+/-5,51	87,79+/-4,36	120,95+/-1,61	124,81+/-4,69	85,88+/-3,58	85,10+/-1,74
Crazy horse	92,15+/-5,24	90,06+/-4,21	126,97+/-10,62	128,78+/-10,75	85,61+/-2,84	83,70+/-3,36
	88,44	86,91+/-1,57	122,35+/-0,66	122,79+/-3,92	82,76	80,56
	95,85	93,20+/-3,32	131,59+/-15,90	134,77+/-13,71	87,04+/-1,97	85,28+/-2,78
Effutée	87,52+/-3,83	90,24+/-5,18	123,63+/-3,29	124,54+/-4,48	87,64+/-2,51	83,85
	84,81	85,33	125,79	127,06+/-1,41	89,41	83,85
	90,22	92,69+/-4,20	122,56+/-3,83	119,50	85,86	
Epsom	111,32+/-4,06	109,37+/-2,61	145,96+/-6,01	148,96+/-7,04	101,66+/-3,90	101,68+/-11,22
	111,32+/-4,06	109,37+/-2,61	145,96+/-6,01	148,96+/-7,04	101,66+/-3,90	101,68+/-11,22
Fumay		86,60+/-4,71	119,94+/-6,55	121,92+/-7,02	86,10+/-6,69	70,88
		88,42	113,30			
		85,69+/-6,27	122,15+/-5,91	121,92+/-7,02	86,10+/-6,69	70,88
Vent du sud	86,97+/-4,27	87,62+/-3,46	128,15+/-2,37	130,41+/-3,81	92,77+/-6,61	87,42+/-4,69
	84,02+/-1,51	85,45+/-0,74	129,09+/-1,78	129,82+/-5,26	88,97+/-5,75	84,76+/-2,93
	91,39+/-1,75	90,88+/-3,39	126,74+/-3,08	131,31+/-0,05	98,47+/-0,52	91,41+/-4,19
Agatha	105,29+/-14,06	103,50+/-13,24	133,30+/-15,59	134,55+/-13,60	101,55+/-13,81	99,32+/-17,06
	112,47+/-14,20	111,65+/-10,06	143,88+/-7,10	134,55+/-13,60	101,55+/-13,81	99,32+/-17,06
	94,53+/-0,81	91,27+/-0,21	117,44+/-5,65			
Axel	109,41+/-4,13	108,36+/-3,34	130,74+/-4,49	133,98+/-4,44	102,68+/-3,44	100,37+/-4,06
	107,41+/-1,17	108,08+/-1,10	130,58+/-1,71			
	112,40+/-5,97	108,78+/-6,44	130,99+/-8,63	133,98+/-4,44	102,68+/-3,44	100,37+/-4,06
Bleu marine	82,78+/-4,62	84,15+/-3,72	132,98+/-7,12	133,42+/-8,05	85,46+/-5,02	84,20+/-3,25
	78,39+/-2,68	80,83+/-1,67	135,62+/-4,16	141,26+/-0,42	90,48+/-3,91	87,26+/-2,68
	85,71+/-2,61	86,36+/-2,80	131,23+/-9,01	128,20+/-5,22	82,11+/-0,91	82,16+/-1,43
Caroline	84,45+/-6,35	83,47+/-5,12	131,28+/-15,74	132,64+/-12,95	82,23+/-4,79	75,18+/-7,75
	80,28+/-3,55	79,96+/-2,24	142,55+/-2,73	132,64+/-12,95	82,23+/-4,79	75,18+/-7,75
	90,70+/-2,42	88,75+/-1,40	114,39+/-4,95			
Elue	94,83+/-4,19	94,42+/-2,86	131,59+/-1,82	133,86+/-1,18	95,26+/-8,57	91,74+/-7,49
	90,66+/-1,90	91,39+/-0,34	130,24+/-1,04			
	97,62+/-2,04	96,45+/-1,00	132,50+/-1,74	133,86+/-1,18	95,26+/-8,57	91,74+/-7,49
Gai luron	108,51+/-5,30	107,99+/-4,45	135,26+/-1,83	133,18+/-3,68	89,50+/-5,42	91,58+/-3,06
	109,87+/-5,57	109,19+/-4,60	134,42+/-0,87	136,28+/-1,17	95,75	94,47
	104,41	104,40	137,79	130,07+/-0,85	86,38+/-0,48	90,14+/-2,48
Gitan	88,63+/-3,05	88,24+/-2,91	121,27+/-9,49	121,66+/-9,54	87,30+/-5,54	84,03
	86,63+/-3,05	88,24+/-2,91	121,27+/-9,49	121,66+/-9,54	90,26+/-3,01	
					81,4	84,03
Moyenne	95,2	94,1	129,9	131,3	92,1	89,9
Moyenne L	93,2	93,1	131,3	131,0	90,5	87,8
Moyenne NL	97,4	95,1	128,4	131,4	93,0	91,1

Tableau 4c: Valeurs extrêmes et amplitudes individuelles de la flexion du carpe au cours du saut de 1,00 m

		L-L	L-NL	NL-NL	NL-L
max.2	Moyenne	55,8	58,9	58,3	63,8
	<i>Moyenne bons</i>	<i>62,3</i>	<i>62,4</i>	<i>58,8</i>	<i>66,1</i>
	Moyenne mauvais	52,8	55,3	57,5	62,6
ampli.3	Moyenne	133,2	129,3	130,3	124,1
	<i>Moyenne bons</i>	<i>127,1</i>	<i>126,6</i>	<i>130,3</i>	<i>124,8</i>
	Moyenne mauvais	136,0	131,7	130,2	123,8
ampli.4	Moyenne	133,6	130,5	132,2	126,4
	<i>Moyenne bons</i>	<i>127,6</i>	<i>127,7</i>	<i>132,5</i>	<i>126,9</i>
	Moyenne mauvais	136,3	132,9	131,5	126,1

Il n'y a pas de différence significative entre les valeurs des hyperextensions du carpe leader, sauf pour le maximum d'extension de la réception (max.3) qui est significativement supérieure à celui du galop de reprise 1 (max.4). L'hyperextension de la réception (max.3) est supérieure à celle de la foulée d'abord (max.2), cette différence n'étant pas significative au seuil fixé. Le maximum de flexion au cours du saut (min.2) (sans prendre en compte le caractère leader ou non du membre à l'abord) est significativement supérieur au maximum de flexion des foulées de galop d'abord (min.1) et de reprise 1 (min.3); le même résultat est obtenu concernant les carpes (L-L) et (L-NL) par rapport à la foulée de galop d'abord, et (L-L) et (NL-L) par rapport à la foulée de galop de reprise. Donc, pour le membre leader, le cheval fléchit plus le carpe pendant le saut que pendant les foulées de galop d'abord et de reprise, qu'il y ait changement de pied ou non pendant celui-ci (tableaux 4a et 4c).

Les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 et 5, et 2 et 6; donc le cheval a un mouvement de flexion lors de la montée des antérieurs au dessus de l'obstacle et d'extension lors de la descente plus amples que ceux des foulées de galop d'abord et de reprise. Par contre, il n'y a pas de différence significative entre ces deux amplitudes (tableaux 4b et 4c).

c- Coude

Tableau 5a : Valeurs extrêmes moyennes du coude pour un saut de 1,00 m

	max.1	min.1	max.2	min.2	max.3	min.3	max.4
Ascot		82,24+/-3,17	152,83+/-1,15	67,56+/-1,09	152,25+/-8,57	93,07+/-1,50	143,92
		82,24+/-3,17	152,67+/-1,26				
			153,47		152,25+/-8,57	93,07+/-1,50	143,92
Belle de Youx	147,44+/-11,17	95,62+/-3,75	151,99+/-2,21	75,66+/-1,69	159,11+/-1,90	99,11+/-3,72	156,83+/-2,22
	139,77+/-5,37	94,17+/-4,50	150,49+/-1,00		160,56	105,17	160,15
	158,96+/-0,25	97,79+/-0,33	154,24+/-0,78		158,75+/-1,99	97,59+/-1,78	156,01+/-1,41
Crazy horse	152,07+/-8,68	98,86+/-5,07	159,56+/-3,24	86,87+/-2,27	162,37+/-2,87	101,02+/-7,41	162,25+/-5,18
	148,18+/-4,75	101,62+/-1,34	157,45+/-1,92		160,34+/-0,79	96,35+/-5,24	160,89+/-6,70
	163,72	94,73+/-6,51	162,72+/-1,15		165,43+/-0,76	108,04+/-0,79	164,29+/-1,99
Effutée	158,80+/-2,90	97,01+/-2,84	156,50+/-1,72	88,05+/-3,89	160,18+/-1,25	105,57+/-2,49	154,58+/-4,48
	153,86	96,92	153,69		160,10+/-2,17	103,12	158,38
	160,03+/-1,03	97,03+/-3,28	157,20+/-0,83		160,24+/-0,87	106,38+/-2,31	153,31+/-4,53
Epsom	168,70+/-7,70	87,23+/-7,58	165,35+/-6,41	72,08+/-6,35	167,37+/-3,89	95,27+/-9,64	162,37+/-0,63
	168,70+/-7,70	87,23+/-7,58	165,35+/-6,41		167,37+/-3,89	95,27+/-9,64	162,37+/-0,63
Fumay	160,02	83,82+/-1,34	161,39+/-2,75	79,33+/-0,53	166,40+/-0,84		
		85,37	163,98				
		83,05+/-0,01	160,10+/-2,24		166,40+/-0,84		
Vent du sud	157,90+/-4,09	99,02+/-1,94	158,81+/-1,67	74,64+/-1,47	162,57+/-1,99	98,35+/-4,65	165,11+/-2,31
	154,92+/-0,50	99,52+/-1,51	157,63+/-0,60		161,75+/-0,99	99,58+/-3,81	164,06+/-2,50
	162,37+/-0,21	98,26+/-2,93	160,59+/-0,02		163,80+/-2,99	96,50+/-6,78	166,68+/-0,78
Agatha	152,68+/-4,34	98,87+/-2,22	154,65+/-0,90	70,17+/-1,74	153,54+/-1,05	98,62+/-2,38	156,87+/-3,09
	149,69+/-2,08	97,62+/-0,61	154,75+/-1,25		153,54+/-1,05	98,62+/-2,38	156,87+/-3,09
	157,15+/-0,07	100,76+/-2,67	154,49+/-0,06				
Axel	155,11+/-7,62	86,14+/-4,91	156,86+/-2,65	88,43+/-3,99	164,03+/-0,80	96,23+/-2,07	159,83+/-1,19
	150,40+/-5,44	83,34+/-3,21	155,57+/-1,38				
	162,18+/-2,57	90,33+/-4,13	158,80+/-3,42		164,03+/-0,80	96,23+/-2,07	159,83+/-1,19
Bleu marine	151,63+/-6,40	99,61+/-3,19	153,88+/-0,65	79,12+/-3,24	158,75+/-0,37	102,71+/-6,61	156,60+/-6,41
	146,68+/-3,31	100,60+/-4,09	153,55+/-1,07		158,96+/-0,24	95,58+/-1,88	158,46+/-7,74
	154,92+/-5,96	98,96+/-3,22	154,11+/-0,27		158,60+/-0,41	107,46+/-0,95	155,36+/-6,82
Caroline	152,47+/-4,93	95,60+/-2,82	151,77+/-1,87	72,72+/-5,01	152,61+/-2,50	99,67+/-5,09	147,50+/-0,37
	148,24+/-0,66	96,96+/-2,25	152,12+/-0,37		152,61+/-2,50	99,67+/-5,09	147,50+/-0,37
	156,70+/-0,95	94,25+/-3,39	151,42+/-3,39				
Elue	163,55+/-3,93	100,54+/-3,74	161,83+/-1,46	99,39+/-5,74	167,29+/-0,73	109,34+/-4,05	168,15+/-0,43
	159,53+/-2,26	100,64+/-2,33	160,79+/-2,09				
	166,23+/-1,15	100,48+/-5,02	162,52+/-0,51				
Gai luron	144,15+/-7,64	86,29+/-4,24	158,89+/-1,00	84,61+/-2,59	158,89+/-8,79	102,40+/-4,68	157,02+/-7,47
	140,35+/-1,09	87,52+/-4,22	158,88+/-1,23		153,59+/-10,92	97,22	149,36
	155,53	82,60	158,92		164,19+/-0,30	104,99+/-1,91	160,85+/-4,85
Gitan	155,20+/-8,75	93,83+/-4,18	156,69+/-0,79	100,77+/-8,58	162,42+/-2,75	96,86+/-11,36	151,83+/-11,91
	155,20+/-8,75	93,83+/-4,18	156,69+/-0,79		162,42+/-2,75	90,70+/-5,53	143,41
						109,18	160,25
Moyenne	155,3	93,7	157,2	80,9	160,4	99,9	158,4
Moyenne L	149,2	93,3	155,6		157,5	98,1	157,0
Moyenne NL	161,5	94,1	158,8		162,3	101,0	159,3

Tableau 5b : Amplitudes moyennes du coude pour un saut de 1,00 m

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
Ascot		69,68+/-2,73	84,67+/-0,92	88,69+/-1,38	63,14+/-1,70	
		69,68+/-2,73	84,53+/-1,00			
			85,21	88,69+/-1,38	63,14+/-1,70	
Belle de Youx	51,83+/-8,57	56,37+/-3,92	76,32+/-2,37	83,45+/-3,10	60,01+/-3,07	57,73+/-2,60
	45,60+/-1,17	56,32+/-5,49	75,47+/-2,91	83,37	55,39	54,98
	61,17+/-0,58	56,45+/-1,12	77,61+/-0,24	83,47+/-3,58	61,16+/-1,91	58,41+/-2,42
Crazy horse	53,33+/-14,06	60,70+/-7,31	72,69+/-5,46	75,51+/-2,90	61,35+/-5,60	61,35+/-5,45
	46,57+/-4,76	55,83+/-1,93	69,22+/-3,22	74,14+/-2,85	63,99+/-5,96	64,75+/-3,93
	73,60	68,00+/-5,37	77,90+/-2,84	77,56+/-1,85	57,39+/-1,56	56,25+/-1,20
Effutée	61,78+/-4,36	59,49+/-3,36	68,44+/-2,40	72,13+/-2,99	54,26+/-1,46	49,01+/-6,81
	56,86	56,77	71,39	74,06+/-3,11	55,44	55,26
	63,01+/-3,91	60,17+/-3,46	67,71+/-2,02	70,85+/-2,63	53,86+/-1,50	46,92+/-6,60
Epsom	81,47+/-15,15	78,12+/-13,45	93,27+/-12,62	95,29+/-9,63	68,17+/-9,19	60,58+/-2,70
	81,47+/-15,15	78,12+/-13,45	93,27+/-12,62	95,29+/-9,63	68,17+/-9,19	60,58+/-2,70
Fumay	76,98	77,57+/-1,83	82,06+/-3,24	86,92+/-0,18		
		78,61	84,97			
	76,98	77,05+/-2,25	80,61+/-2,88	86,92+/-0,18		
Vent du sud	58,88+/-5,06	59,80+/-2,86	84,17+/-1,04	87,93+/-1,94	64,22+/-4,28	66,76+/-6,56
	55,40+/-1,40	58,11+/-1,23	83,88+/-0,73	86,95+/-1,03	62,17+/-3,70	64,48+/-6,16
	64,11+/-2,72	62,33+/-2,91	84,62+/-1,62	89,40+/-2,40	67,30+/-3,79	70,18+/-7,57
Agatha	53,80+/-3,07	55,77+/-2,65	84,48+/-1,33	83,28+/-2,62	54,82+/-3,13	58,25+/-4,20
	52,08+/-2,08	57,14+/-1,84	85,23+/-0,83	83,28+/-2,62	54,82+/-3,13	58,25+/-4,20
	56,40+/-2,60	53,73+/-2,73	83,35+/-1,23			
Axel	68,97+/-4,54	70,72+/-4,71	68,43+/-2,53	75,60+/-4,12	67,80+/-2,43	63,60+/-3,10
	67,06+/-2,24	72,22+/-2,71	69,96+/-1,58			
	71,85+/-6,70	68,47+/-7,55	66,14+/-1,73	75,60+/-4,12	67,80+/-2,43	63,60+/-3,10
Bleu marine	52,01+/-5,77	54,27+/-3,10	74,77+/-3,10	79,63+/-3,09	56,04+/-6,85	53,89+/-10,43
	46,08+/-0,78	52,95+/-3,02	77,50+/-2,72	78,64+/-4,64	63,38+/-2,12	62,88+/-9,62
	55,97+/-2,78	55,15+/-3,43	72,94+/-1,75	80,29+/-2,58	51,14+/-1,31	47,89+/-6,05
Caroline	56,87+/-6,81	56,17+/-1,91	79,05+/-4,51	79,89+/-3,62	52,95+/-7,30	45,22+/-6,05
	51,28+/-2,91	55,16+/-2,62	75,25+/-1,57	79,89+/-3,62	52,95+/-7,30	45,22+/-6,05
	62,46+/-2,44	57,17+/-0,25	82,85+/-0,91			
Elue	63,01+/-4,66	61,28+/-3,60	62,44+/-4,45	67,90+/-5,35	57,95+/-3,82	57,68+/-4,29
	58,89+/-0,08	60,15+/-0,24	65,02+/-6,57			
	65,75+/-3,90	62,04+/-4,88	60,72+/-2,63	67,90+/-5,35	57,95+/-3,82	57,68+/-4,29
Gai luron	57,85+/-10,46	72,60+/-3,50	74,29+/-2,18	74,28+/-10,73	60,83+/-3,04	54,62+/-5,24
	52,83+/-3,53	71,36+/-3,02	75,24+/-1,32	68,71+/-14,61	64,09	52,14
	72,93	76,32	71,44	79,86+/-2,79	59,20+/-1,61	55,86+/-6,76
Gitan	61,37+/-5,22	62,86+/-3,45	55,93+/-8,73	61,65+/-7,78	65,56+/-11,18	53,85+/-3,92
	61,37+/-5,22	62,86+/-3,45	55,93+/-8,73	61,65+/-7,78	71,98+/-1,69	56,62
					52,73	51,07
Moyenne	60,6	63,5	76,2	79,7	60,6	57,9
Moyenne L	54,0	62,2	75,0	77,2	59,5	58,6
Moyenne NL	67,1	64,8	77,4	81,4	61,2	57,4

Tableau 5c : Amplitudes individuelles du coude au cours du saut de 1,00 m

		L-L	L-NL	NL-NL	NL-L
max.2	Moyenne	81,6	79,5	82,8	77,9
	<i>Moyenne bons</i>	<i>80,3</i>	<i>73,3</i>	<i>78,0</i>	<i>83,5</i>
	Moyenne mauvais	82,4	86,5	93,0	75,0
ampli.3	Moyenne	73,7	76,2	77,0	78,4
	<i>Moyenne bons</i>	<i>75,6</i>	<i>80,7</i>	<i>82,2</i>	<i>77,0</i>
	Moyenne mauvais	72,6	71,0	66,0	79,1
ampli.4	Moyenne	77,1	86,6	80,6	77,3
	<i>Moyenne bons</i>	<i>80,0</i>	<i>86,6</i>	<i>82,2</i>	<i>78,3</i>
	Moyenne mauvais	75,4	77,6	66,0	76,9

L'hyperextension de RBR (max.1) est significativement inférieure à celles de la foulée d'abord (max.2) et de la réception (max.3). L'hyperextension de la réception (max.3) est supérieure à celle de la foulée d'abord (max.2), cette différence n'étant pas significative au seuil fixé. La flexion maximale pendant le saut est significativement supérieure aux flexions des foulées de galop d'abord et de reprise 1, pour le coude en général et pour les coudes (L-L), (L-NL) et (NL-L) (tableaux 5a et 5c).

Les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 et 5, et 2, 3 (seulement pour le coude (L-NL)) et 6. Le cheval a donc un mouvement de flexion devant l'obstacle et d'extension après plus amples que ceux des foulées de galop d'abord et de reprise immédiatement adjacentes à l'obstacle ainsi qu'un mouvement d'extension après l'obstacle plus grand que celui de flexion avant lorsqu'il change de pied pendant le saut (tableaux 5b et 5c).

2- Comportement des articulations du membre non-leader

a-Boulet antérieur

Il n'y a aucune différence significative entre les différentes hyperextensions. L'hyperextension de la réception (min.3) est supérieure à celle de la foulée d'abord (min.2), cette différence n'étant pas significative au seuil fixé. Par contre, le maximum de flexion au cours du saut (max.2) est significativement supérieur au maximum de flexion au cours de la foulée de galop de reprise 1 (max.3), ainsi que de celle du galop d'abord (max.1), la différence n'étant pas significative pour cette dernière. De la même façon que pour le

membre leader, ce résultat est à moduler : la flexion maximale du boulet (NL-NL) est significativement supérieure à celle des foulées de galop d'abord et de reprise (non significatif quand le cheval change de pied au cours du saut). Le cheval fléchit donc plus son boulet non-leader au cours du saut quand il ne change pas de pied qu'au cours des foulées de galop d'abord et de reprise 1 (tableaux 3a et 3c).

Par ailleurs, les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 (non significatif mais valeurs proches du seuil) et 5, et 2 et 6. Contrairement au membre leader, il n'y a pas de différence significative entre l'amplitude 3 et l'amplitude 4, sauf lorsque le cheval change de pied au cours du saut : dans ce cas, l'amplitude 3 est supérieure à l'amplitude 4. Le cheval a donc un mouvement de flexion, lors de la montée au dessus de l'obstacle, et d'extension, lors de la descente, du boulet non-leader plus ample que les mouvements de flexion et d'extension des foulées de galop d'abord et de reprise (tableaux 3b et 3c).

b- Carpe

Seules la valeur de l'hyperextension de la foulée d'abord (max.2) et celle de la réception (max.3) sont significativement différentes aux valeurs de l'hyperextension respectivement lors de la réception (max.3) et de la foulée de reprise 1 (max.4) : inférieure dans le premier cas, supérieure dans le second. En ce qui concerne les valeurs des maxima de flexion, la flexion maximale au cours du planer (min.2) (sans tenir compte du comportement du membre au cours du saut) est significativement supérieure à celles des foulées de galop d'abord (min.1) et de reprise 1 (min.3) ; plus finement, l'observation est la même concernant les carpes (NL-NL), (L-NL) et (NL-L) ; donc le cheval fléchit plus son carpe au cours du saut qu'au cours des foulées de galop d'abord et de reprise, qu'il change ou non de pied pendant le saut (tableaux 4a et 4c).

Par ailleurs, les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 et 3, et 2 et 6 ; le cheval a donc un mouvement de flexion et d'extension du carpe non-leader pour franchir l'obstacle plus amples que pour l'abord et la reprise. Il n'y a aucune différence significative entre les amplitudes 3 et 4 pour les carpes (NL-NL) et (NL-L) (tableaux 4b et 4c).

c- Coude

Seules les extensions de la foulée d'abord (max.2) et celle de la réception (max.3) sont significativement différentes : celle de la réception est plus importante. La

flexion maximale au cours du saut (min.2) est significativement supérieure à celle des foulées de galop d'abord (min.1) et de reprise 1 (min.3), aussi bien pour le coude en général que pour les coudes (NL-NL), (NL-L) et (L-NL) (tableaux 5a et 5c).

Les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 et 3, et 2 et 6. Il n'y a aucune différence significative entre les amplitudes 3 et 4. Le cheval fléchit au cours du saut plus son coude et effectue une flexion et une extension plus grandes qu'au cours des foulées de galop d'abord et de reprise (tableaux 5b et 5c).

3-Comparaison du comportement des articulations du membre leader au non-leader

a- Boulet antérieur

Les valeurs des hyperextensions du boulet leader sont toutes significativement inférieures à celles du boulet non-leader, aucune différence significative n'étant à noter pour les flexions des foulées de galop. Par contre, les valeurs de la flexion maximale au cours du saut diffèrent selon la fonction du membre : le boulet (L-L) fléchit significativement moins que les boulets (L-NL) et (NL-L) ainsi que le boulet (NL-NL). Les valeurs obtenues pour ces trois statuts sont très proches (aucune différence significative entre elles). Le fait, pour le boulet, de changer de pied ou d'être non-leader de part et d'autre de l'obstacle entraîne une flexion maximale plus importante au planer par rapport au fait d'être leader tout le temps (tableaux 3a et 3c).

En ce qui concerne les amplitudes, celles du boulet leader sont toutes inférieures à celles du boulet non-leader. Pour les amplitudes 3 et 4, une analyse plus fine permet de montrer quelques nuances : le boulet (L-L) a des amplitudes significativement inférieures à celles du boulet (NL-NL), ainsi qu'à celles du boulet (L-NL), ceci étant lié, pour le premier, à la flexion maximale et à l'hyperextension d'abord et de réception, et pour le deuxième, uniquement à la flexion maximale au cours du saut ; le boulet (NL-NL) présente des amplitudes significativement supérieures à celles du boulet (L-NL), ceci étant lié à l'extension de l'abord pour l'amplitude 3 et à la flexion du planer (quant à elle non significativement supérieure) ; le boulet (NL-L) a une amplitude 3 significativement supérieure à celle des boulets (L-L) et (L-NL), ceci étant lié à l'extension maximale à l'abord et à la flexion maximale au planer (différence non significative avec le boulet (L-NL)), et une amplitude 4 significativement inférieure à celle du boulet (NL-NL), ceci étant lié à l'extension à la réception. Enfin, l'amplitude 3 du boulet (L-NL) est significativement inférieure à l'amplitude 4 alors que l'inverse se produit pour le boulet (NL-L), ce dernier

phénomène ne se retrouvant chez les bons et mauvais chevaux pris séparément ; en effet, l'extension maximale du boulet leader à l'abord est significativement inférieure à celle du boulet non-leader à la réception, et celle du non-leader à l'abord supérieure à celle du leader à la réception (non-significatif dans ce cas) (tableaux 3b et 3c).

b- Carpe

Il n'y a aucune différence significative aussi bien en ce qui concerne les valeurs extrêmes que les amplitudes entre le carpe leader et le carpe non-leader, sauf pour l'amplitude 3 pour laquelle le carpe (L-L) a un mouvement de flexion plus ample que le carpe (NL-L), ceci étant lié uniquement à la flexion maximale du planer : en effet, le carpe de flexion au planer supérieure, et presque mais non significative au seuil de 0,05, à celle du carpe (NL-L), les hyperextensions de la foulée d'abord (max.2) étant semblables (table

Ainsi, la seule différence significative entre le carpe leader et le non-leader réside dans

maxima de flexion qui vont de 1,0 à 3,4 p.cent. Les I.A.V. des amplitudes du boulet leader sont faibles mais en majorité plus élevées que celles des extrema : elles s'étendent de 2,4 à 5,3 p.cent.

Toutes les I.A.V. des valeurs extrêmes du boulet non-leader sont faibles ; les I.A.V. des maxima d'extension vont de 1,5 à 4,1 p.cent et sont supérieurs aux I.A.V. des maxima de flexion adjacents qui s'étendent de 1,4 à 2,0 p.cent. Les I.A.V. des amplitudes du boulet non-leader sont faibles et s'étendent de façon croissante depuis l'abord jusqu'à la reprise de 2,7 à 7,1 p.cent (annexes 5a et 5b).

b- Carpe

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du carpe leader sont faibles sauf pour le maximum de flexion au cours du saut (11,3 p.cent) ; celles des maxima d'extension s'étendent de 0,7 à 1,4 et sont inférieures à celles des maxima de flexion qui ont 2,8, 4,9 et 11,3 p.cent comme valeurs. Les I.A.V. des amplitudes du carpe leader sont faibles mais en majorité plus élevées que celles des extrema : elles s'étendent de 2,3 à 8,7 p.cent avec une progression décroissante jusqu'à l'obstacle puis croissante après.

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du carpe non-leader sont faibles sauf pour le maximum de flexion au cours du saut (11,3 p.cent) ; celles des maxima d'extension s'échelonnent de 0,5 à 1,2 de façon croissante depuis l'abord jusqu'à la reprise et sont inférieures à celles des maxima de flexion qui ont 3,4, 3,8 et 11,3 p.cent comme valeurs. Les I.A.V. des amplitudes du carpe non-leader sont faibles mais en majorité plus élevées que celles des extrema : elles vont de 3,8 à 4,8 p.cent (annexes 6a et 6b).

c- Coude

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du coude non-leader sont faibles; celles des maxima d'extension s'évalent de 1,1 à 1,6 p.cent et sont inférieures à celles des maxima de flexion qui vont de 3,1 à 4,3 p.cent. Les I.A.V. des amplitudes du coude non-leader sont faibles mais plus élevées en majorité que celles des extrema ; elles vont de 3,6 à 7,9 p.cent de façon décroissante jusqu'à l'obstacle puis croissante après.

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du coude leader sont faibles; celles des maxima d'extension s'étendent de 0,7 à 2,6 et sont inférieures à celles des maxima de flexion qui vont de 3,1 à 4,3 p.cent. Les I.A.V. des amplitudes du coude leader sont assez faibles (sauf pour l'amplitude 6 dont l'I.A.V. est de 10,2 p.cent par rapport à l'amplitude moyenne) mais

plus élevées que les I.A.V. des autres articulations : elles s'étendent de 3,8 à 10,2 p.cent de façon décroissante jusqu'à l'obstacle puis croissante après (annexes 7a et 7b).

Donc, en ce qui concerne les extensions, les variabilités intra-individuelles du carpe sont inférieures (voire égales) à celles du boulet antérieur et du coude, que le membre soit leader ou non. Pour les flexions, elles sont supérieures à celles du boulet et du coude, leader et non-leader (sauf pour l'abord des coudes leader et non-leader : rapport inverse).

Par ailleurs, les variabilités intra-individuelles des flexions du boulet (leader et non-leader) sont inférieures à celles des extensions, alors que l'inverse est observé pour le carpe et le coude.

2- Rapport entre la variabilité intra- et la variabilité inter-individuelle

a- Boulet antérieur

Les rapports des variabilités pour les valeurs extrêmes du boulet leader sont supérieurs à 2 sauf pour le maximum d'extension de la foulée de reprise où elle est proche de 1 et pour la flexion du saut (proche de 2). Les rapports pour les amplitudes sont supérieurs à 2 sauf pour les amplitudes de flexion et d'extension 5 et 6 pour lesquelles ils sont de 1,5.

Les rapports des variabilités pour les valeurs extrêmes du boulet non-leader sont supérieurs à 2 sauf pour le maximum d'extension de la foulée de reprise. Ils sont aussi plus faibles après l'obstacle qu'avant. Les rapports pour les amplitudes sont supérieurs ou proches de 2 sauf pour l'amplitude 6 plus près de 1 (annexes 5a et 5b).

b- Carpe

Les rapports des variabilités pour les valeurs extrêmes du carpe non-leader sont supérieurs ou proches de 2 avant l'obstacle, proche de 2 après l'obstacle sauf pour le maximum d'extension de la foulée de reprise. Les rapports des variabilités pour les amplitudes sont supérieurs à 2 sauf pour les amplitudes de flexion et d'extension de franchissement de l'obstacle qui sont proches de 1,5.

Les rapports des variabilités pour les valeurs extrêmes du carpe leader sont supérieurs ou proches de 2 avant l'obstacle, égal à 1 pour la flexion au cours de l'obstacle et compris entre 1 et 2 après l'obstacle. Les rapports pour les amplitudes sont supérieurs à 2 avant l'obstacle et ont pour valeur 1 après (annexes 6a et 6b).

c- Coude

Les rapports des variabilités pour les valeurs extrêmes du coude non-leader sont supérieurs ou proches de 2. Les rapports pour les amplitudes sont supérieurs à 2 sauf pour les amplitudes 1 et 6.

Les rapports des variabilités pour les valeurs extrêmes du coude leader sont supérieurs ou proche de 2 avant l'obstacle et inférieurs à 2 après. Les rapports pour les amplitudes sont supérieurs à 2 avant l'obstacle et inférieurs après (en restant supérieurs à 1) (annexes 7a et 7b).

D- Comparaison des comportements angulaires des bons chevaux aux comportements angulaires des mauvais chevaux

a- Boulet antérieur

Il n'y a pas de différence significative entre les bons et les mauvais chevaux pour les valeurs extrêmes sauf pour le maximum 3 correspondant à la première flexion après l'obstacle où le boulet non-leader des bons fléchit significativement moins que celui des mauvais.

De même, il n'y a une différence significative dans le cas des amplitudes que pour l'amplitude 5 du boulet non-leader, celle des bons étant inférieure à celle des mauvais, et l'amplitude 4 du boulet (L-L), celle des bons étant supérieure à celle des mauvais.

b- Carpe

La flexion au cours de la foulée d'abord (min.1) du carpe leader des bons chevaux est significativement inférieure à celle des mauvais, alors que l'extension des carpes leader et non-leader au cours de cette même foulée est significativement supérieure chez les bons. De plus, la flexion au cours du saut (min.2) des carpes leader avant l'obstacle, (L-L) et (L-NL), des bons chevaux est significativement moins grande que celle des mauvais.

Les amplitudes 1, 2 et 3 des bons chevaux sont significativement inférieures à celles des mauvais (carpe leader).

Donc, les bons chevaux fléchissent moins le carpe leader à l'abord et moins au cours du saut, mais effectuent une extension du carpe leader et non-leader plus importante que les mauvais chevaux, avec des amplitudes pour le carpe leader de flexion et d'extension avant l'obstacle moins grandes.

c- Coude

Les bons chevaux ont un maximum d'extension du membre leader à la réception (max.3) et à la foulée de reprise (max.4) ainsi qu'un maximum de flexion à cette même foulée de reprise supérieurs à ceux des mauvais. Par contre, la flexion maximale au cours du saut des coudes (NL-NL) et (L-NL) des bons chevaux est significativement inférieure à celle des mauvais.

L'amplitude 1 du coude leader des bons chevaux est significativement inférieure à celle des mauvais et inversement pour l'amplitude 2 du coude non-leader. En ce qui concerne les amplitudes 3 et 4, celles des coudes (NL-NL) et (L-NL) des bons chevaux sont significativement supérieures à celles des mauvais.

Les bons chevaux ont donc une extension du coude leader lors de la réception et de la première foulée de reprise ainsi qu'une flexion au cours cette même foulée de reprise supérieures à celles des mauvais, mais ils fléchissent moins, au cours du saut, le coude qui est non-leader à la réception que les mauvais chevaux. Pour ce dernier cependant, les amplitudes de flexion et d'extension au cours du saut sont supérieures à celles des mauvais.

Ainsi, les bons chevaux fléchissent moins le coude non-leader et le carpe leader au cours du saut, de même pour le carpe leader au cours de la flexion d'abord, ont plus d'extension du carpe leader et non-leader à l'abord et plus d'extension du coude leader à la réception et à la reprise par rapport aux mauvais. Leur boulet (L-L) a une amplitude 4 supérieure, leur carpe leader avant l'obstacle a une amplitude 3 inférieure et leur coude non-leader après l'obstacle ont des amplitudes 3 et 4 supérieures aux mauvais.

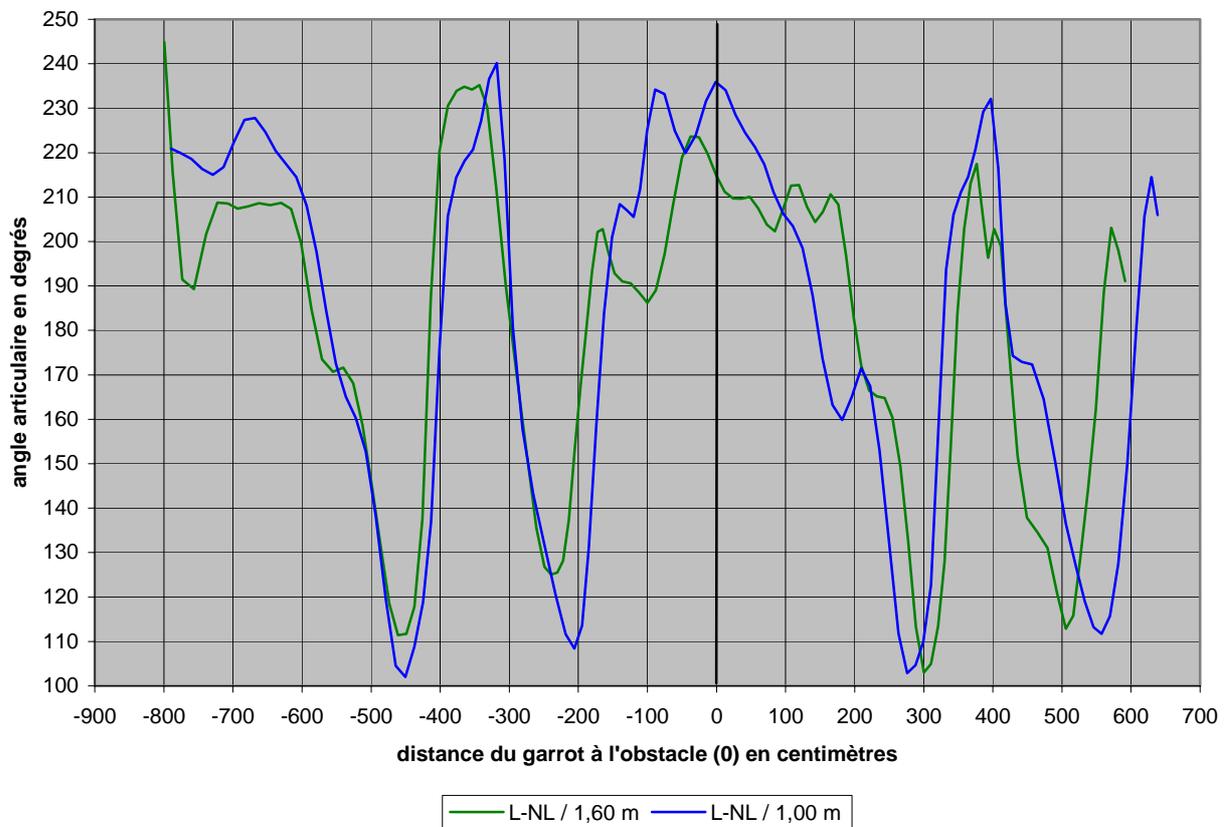
E- Comparaison qualitative des comportements angulaires pour des sauts de 1,00 et 1,60 mètre de hauteur

Trois chevaux ont réalisé des sauts de 1,60 m de hauteur (Crazy horse, Epsom et Fumay, appartenant tous à la catégorie des bons chevaux). Les valeurs de ces sauts sont comparées aux moyennes des sauts de 1,00 mètre pour les mêmes chevaux. Aucune signification statistique ne peut être recherchée du fait du nombre insuffisant de chevaux effectuant des sauts de cette hauteur.

1- Boulet antérieur

Les courbes sont comparables dans leur aspect, sauf pour le saut : celle de 1,60 m possède un maximum en plus au moment du saut.

Figure 13 - EPSOM - Décours angulaires du boulet antérieur pour des sauts de 1,00 et 1,60 mètre de hauteur



Les sauts de 1,60 mètre sont plus larges pour les trois chevaux que ceux de 1,00 mètre; les chevaux débutent leur flexion plus loin de l'obstacle, l'hyperextension à la réception est aussi plus éloignée de l'obstacle. La courbe du planer du saut de 1,60 mètre comporte un maximum supplémentaire.

Les valeurs de la flexion maximale au cours du planer du saut de 1,60 mètre, et au cours de la foulée d'abord (pour Epsom), sont inférieures à celle du saut de 1,00 mètre, de même que l'hyperextension au cours de la foulée d'abord et de RBR ; au contraire, l'hyperextension au cours de la réception est supérieure pour le saut de 1,60 mètre.

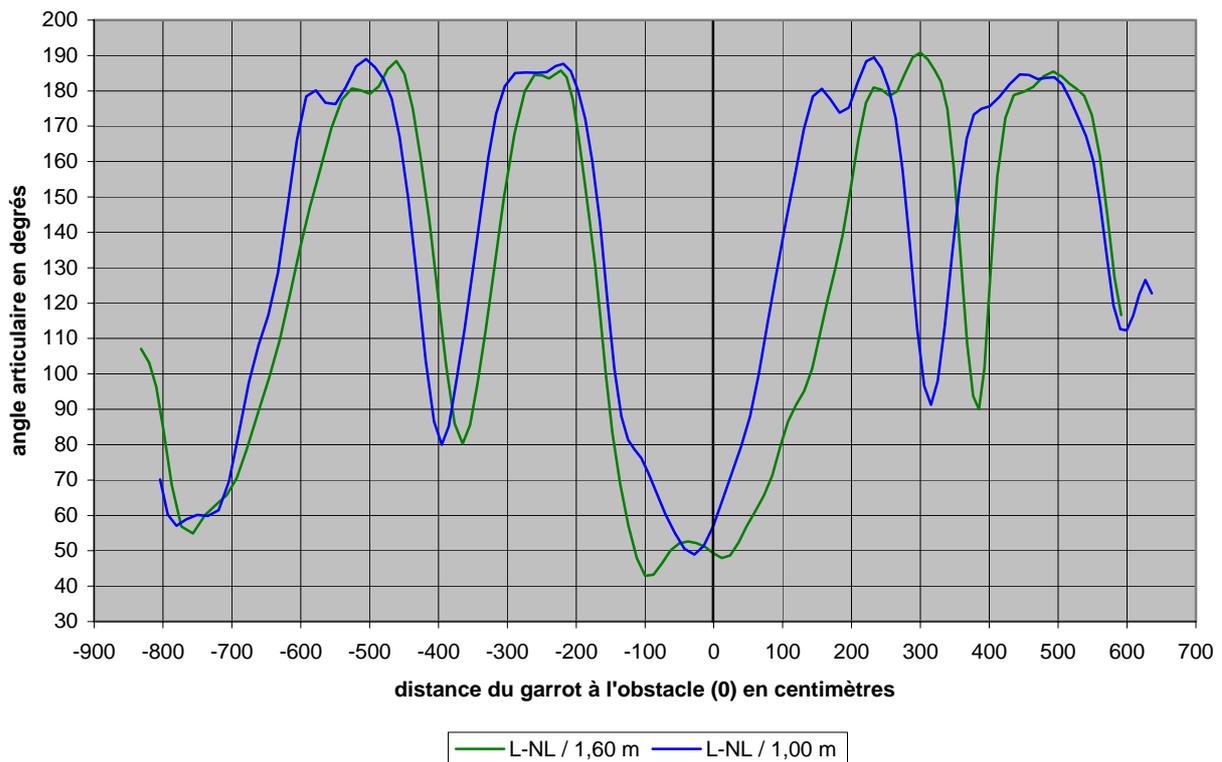
Les amplitudes de flexion et d'extension au cours des sauts de 1,60 mètre (ampli.3 et 4) sont inférieures à celles de 1,00 mètre (figure 13).

Le cheval fléchit et étend moins son boulet avant (abord) et pendant le saut de 1,60 mètre et l'étend plus (pour 2 chevaux sur 3) ou autant après (reprise).

2- Carpe

Les courbes sont comparables dans leur aspect sauf pendant le planer où la courbe correspondant au saut de 1,60 mètre est moins pointue et possède pour deux chevaux un double minimum au cours du planer correspondant à des maxima de flexion.

Figure 14 - EPSOM - Décours angulaires du carpe pour des sauts de 1,00 et 1,60 mètre de hauteur



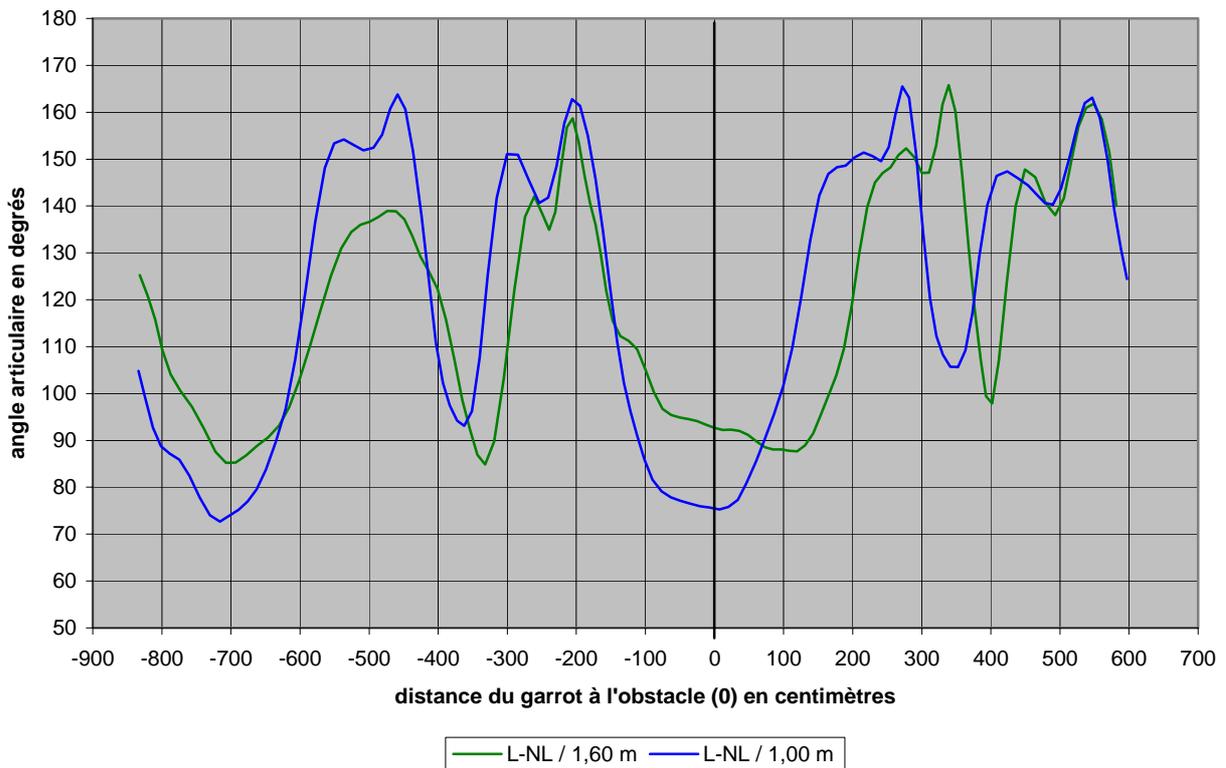
Les sauts de 1,60 mètre sont plus larges que ceux de 1,00 mètre ; l'hyperextension à la réception et à l'abord se font plus loin de l'obstacle (chez les trois chevaux)

La valeur de la flexion maximale au cours du planer du saut de 1,60 mètre est supérieure à celle du saut de 1,00 mètre ; l'hyperextension de la foulée d'abord est moins marquée pour le saut de 1,60 mètre. L'amplitude d'extension à la réception est identique (2 chevaux sur 3) ou moins élevée pour le saut de 1,60 mètre (figure 14).

3- Coude

Les courbes sont comparables dans leur aspect sauf pendant le planer ; la courbe des sauts de 1,60 mètre montre une irrégularité supplémentaire (trois minima pour les sauts de Crazy horse et Fumay, ébauche de plusieurs minima chez Epsom, contre deux pour les sauts de 1,00 mètre ou un pour Epsom).

figure 15- EPSOM - Décours angulaires du coude pour des sauts de 1,00 et 1,60 mètre de hauteur



Les sauts de 1,60 mètre sont plus larges que ceux de 1,00 mètre ; la flexion débute avant ou au même endroit à l'abord et l'hyperextension à la réception se fait plus loin de l'obstacle que dans le saut de 1,00 mètre.

La valeur de flexion maximale au cours du saut de 1,60 mètre est inférieure à celle du saut de 1,00 mètre. Par contre, la flexion au cours de la foulée d'abord ainsi que celle de la foulée de reprise 1 sont supérieures. Les hyperextensions de la RBR et de la foulée d'abord sont inférieures pour le saut de 1,60 mètre. Celle de la réception est identique.

Les amplitudes de flexion et d'extension au cours des sauts de 1,60 mètre sont inférieures à celles des sauts de 1,00 mètre (figure 15).

Ainsi, le comportement angulaire du cheval au cours d'un saut de 1,60 mètre se différencie de celui qu'il a au cours d'un saut de 1,00 mètre. Le cheval fléchit et étend moins son boulet et son carpe (résultats moins reproductibles pour cette articulation au cours de la foulée d'abord), fléchit plus et étend moins son coude au cours de la foulée d'abord. Il fléchit plus le carpe et moins le boulet et le coude au cours du planer. Il étend plus (pour 2 chevaux sur 3) le boulet à la réception, autant le carpe (pour 2 chevaux sur 3) et le coude. Enfin, il fléchit plus le coude et autant le boulet et le carpe au cours de la foulée de reprise 1. Au cours du planer du saut de 1,60 mètre, qui est d'une durée plus grande par rapport à celui du saut de 1,00 mètre, les irrégularités sont plus nombreuses : il y a en effet un extremum supplémentaire.

Rapport-Gratuit.com

IV- DISCUSSION

A-Validité des résultats

1- Précision de la méthode

La méthode cinématique est la méthode de choix pour l'étude de la locomotion du cheval. La résolution est estimée à 5,4 mm en X, 15,6 mm en Y et 5,2 mm en Z. La précision est de 8,1 mm en X, 14,9 mm en Y et 8,3 mm en Z (Cassiat, données personnelles). Y correspond à la profondeur. Si c'est la dimension la plus affectée, c'est également celle qui a le moins d'importance dans les calculs d'angle.

2- Répétabilité des tests

Les caméras n'ont pas été éteintes durant toute la manipulation. Les chevaux ont franchi les mêmes obstacles sur la même piste après avoir bénéficié du même échauffement (durée, type). Les tests sont donc répétables.

3- Choix des chevaux

Tous les chevaux appartiennent à la même race : le Selle français. Cependant, cette dernière est hétérogène.

Les chevaux ont été choisis de façon à former des groupes homogènes. Ce sont de jeunes chevaux de compétition ; ils ont donc déjà subi des corrections dans leur façon de sauter (tableaux 2a et 2b).

Deux chevaux de taille identique peuvent avoir une conformation différente (articulation scapulo-humérale plus ou moins ouverte ou articulation du boulet plus ou moins étendue par exemple). La différence de conformation influe sur les extrema mais peu sur les amplitudes. Le style aussi peut être différent (variabilité inter-individuelle). Il ne faut donc pas s'attarder sur des particularités retrouvées chez un individu uniquement ; les variabilités intra-individuelles sont faibles, souvent plus que la variabilité inter-individuelle, et surtout pour le boulet antérieur. Pour cette articulation, les chevaux ont un comportement angulaire très différent les uns des autres.

Les chevaux ont été classés en deux catégories - les bons et les mauvais – selon leur résultat en concours : deuxième catégorie pour les bons et quatrième pour les mauvais. Cependant, l'obtention de ce niveau n'est pas imputable au seul cheval ; le cavalier joue un grand rôle ainsi que l'environnement.

4- Saut : nombre et type

Chaque cheval a fait au moins cinq passages (arrêt des tests sur un cheval donné obtention de cinq passages sans faute), mais parfois les marqueurs tombent ou glissent, d'où un nombre de données inférieur à celui escompté.

Les chevaux ne sont pas influencés par le cavalier (saut en liberté), la hauteur de l'obstacle est de 1,00 mètre, ce qui oblige le cheval à sauter (et interdit l'enjambement) sans représenter une difficulté majeure en ce qui concerne la hauteur, avec une barre de réglage pour aider les chevaux à prendre un bon appel.

5- Effet de la barre de réglage

Le but de la barre de réglage est d'aider le cheval à prendre son appel : l'effet obtenu est une meilleure répétabilité des sauts successifs, l'appel se faisant à peu près au même endroit. Cependant, la foulée d'abord 1 n'en est pas réellement une : c'est une foulée intermédiaire. D'après Clayton (2000), un saut d'une hauteur inférieure à 1,00 mètre nécessite peu d'élévation du centre de gravité et donc n'entraîne que peu de différences concernant les forces développées avec celles du galop. Mais cette information ne concerne pas les mouvements articulaires.

6- Erreurs liées aux marqueurs cutanés

a- Erreurs de positionnement des marqueurs par rapport aux centres instantanés de rotation

Les marqueurs sont positionnés à l'aide de repères anatomiques, donc sont parfois éloignés de la zone des centres instantanés de rotation; le marqueur de l'articulation scapulo-humérale, situé sur la convexité du tubercule majeur de l'humérus, est crânio-proximal aux C.I.R.. Pour le carpe se pose le problème du nombre d'articulation : en fait, seule l'articulation antébrachio-carpienne a une amplitude d'ouverture importante. Les deux groupes de C.I.R. sont pris en compte (bord proximo-palmaire de l'os ulnaire) et le marqueur se place légèrement crânialement ce qui conduit à une sous-estimation des valeurs de l'angle.

b- Erreurs liées aux mouvements cutanés

Les mouvements cutanés sont d'autant plus importants que les marqueurs se trouvent près de muscles comme pour le coude où il est sous le muscle triceps brachial.

D'une façon générale, les articulations les plus proximales sont les plus entachées d'erreurs. Ils sont aussi plus importants lors de mouvements de grande amplitude.

Van Weeren *et al* (1990) ont étudié l'amplitude, la direction et le sens des mouvements cutanés au petit trot. L'erreur est donnée selon deux axes : X est l'axe du rayon osseux orienté positivement de l'extrémité distale vers l'extrémité proximale et Y, l'axe perpendiculaire au précédent d'orientation crâniale. Leur étude portait sur quatre chevaux de morphologie semblable à celles des quatorze sujets de notre expérience. Les amplitudes moyennes sont données dans le tableau 6.

Plus tard, Back *et al* (1995a,b) ont montré que ces mouvements n'affectaient pas le comportement angulaire des articulations du membre thoracique, sauf l'articulation scapulo-humérale qui n'avait pas été étudiée.

Tableau 6 : Amplitude des mouvements cutanés

Position du marqueur	Erreur selon X (mm)	Erreur selon Y (mm)
Tubercule majeur de l'humérus	30 +/- 2	34 +/- 5
Tubérosité latérale du radius	45 +/- 10	<d
Extrémité distale du radius	29 +/- 3	13 +/- 8
Extrémité proximale du métacarpien III	11 +/- 2	<d
Condyle latérale du métacarpien III	10 +/- 7	<d

B- Discussion des résultats

1- Comportement angulaire des articulations : aspect qualitatif (figures 16 et 17)

a- Foulées de galop d'abord et de reprise

Lorsque le cheval pose le pied, le boulet antérieur est en cours d'extension tandis que le carpe et le coude sont dans une phase de légère flexion. L'hyperextension du boulet antérieur et celle du carpe sont concomitantes. Le coude est en extension maximale au moment du lever de l'antérieur.

Une légère fermeture du coude est observée, débutant avant le poser et se poursuivant après, de même pour le carpe quand ce dernier est leader

et carpe. Cependant, il se réouvre ensuite jusqu'au lever du

ped : donc il continue et termine son mouvement d'extension durant la phase d'appui, plutôt dans la phase caudale. Le phénomène est donc identique à celui observé au cours de la phase d'appui du trot (Degueurce, 1995).

Au soutien, la flexion du boulet antérieur se réalise en deux temps ; la légère ouverture entre les deux sommets de flexion coïncide avec le maximum de flexion du carpe. Cette ouverture serait un mouvement passif lié à la fermeture active de l'angle du carpe. Le second pic de flexion du boulet coïncide à peu près avec le maximum de flexion du coude ; dans ce cas, la flexion du boulet serait active.

Figure 16: VENT DU SUD - Décours angulaires des articulations du boulet, du carpe et du coude (L-L)

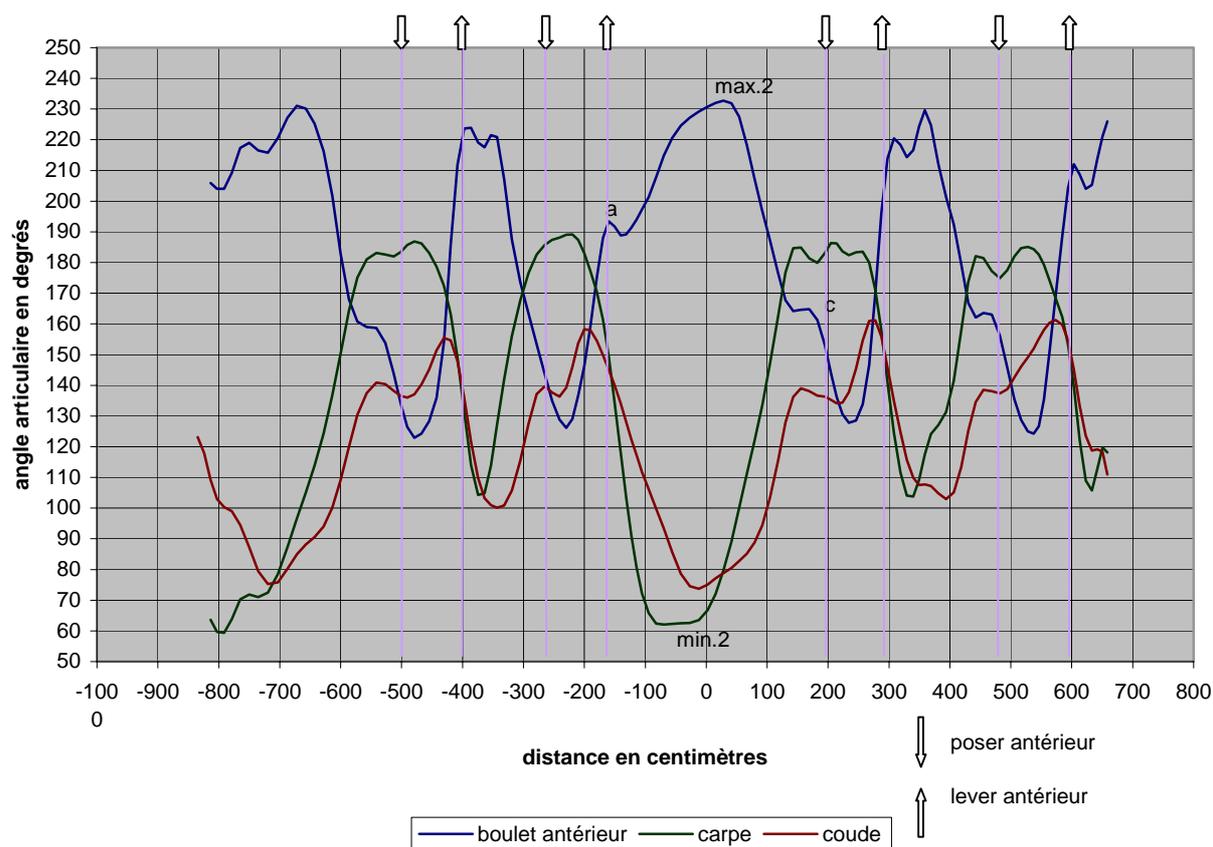
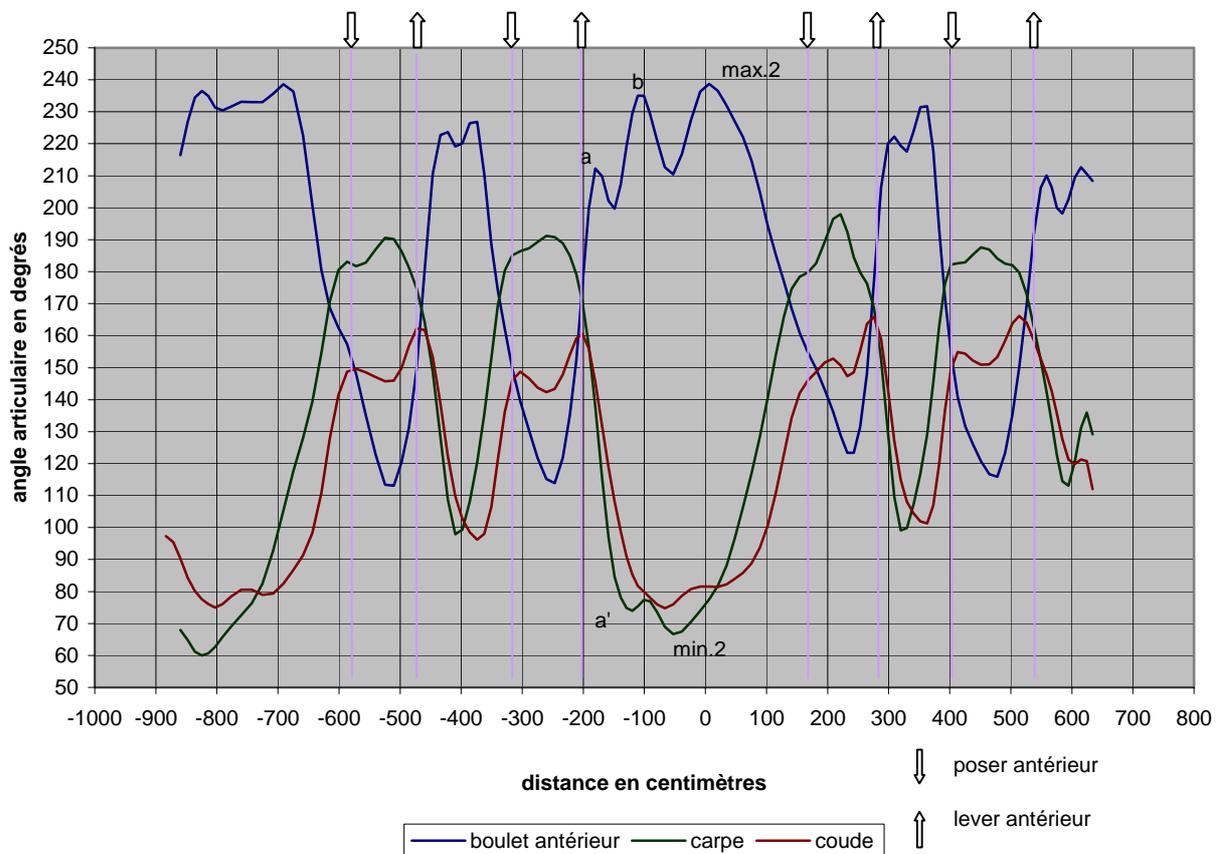


Figure 17: VENT DU SUD - Décours angulaires des articulations du boulet, du carpe et du coude (NL-NL)



b- Le saut

La première irrégularité de la courbe du boulet (entre a et b pour le membre leader, et entre c et max.2 pour le membre non-leader) n'est pas liée à un événement concernant les articulations du carpe et du coude. Elle se retrouve aussi bien sur le membre leader que le membre non-leader. Elle précède le poser des postérieurs à l'appel. Les articulations ont des maxima de flexion qui se suivent dans cet ordre: coude, carpe puis boulet, et se fléchissent successivement dans l'ordre suivant: carpe, coude puis boulet antérieur.

Le boulet antérieur non-leader s'ouvre légèrement au cours du planer (entre b et max.2) et cette ouverture coïncide avec le maximum de flexion du carpe et précède quelque peu celui du coude. Il y a une légère ouverture du carpe en cours de flexion au planer (entre a' et min.2); celle-ci se fait en même temps qu'un maximum de flexion du boulet (b). Le membre non-leader attendrait son homologue contro-latéral ce qui entraînerait l'ouverture

passive du carpe suivie de sa fermeture active, cette dernière engendrant l'ouverture passive concomitante du boulet.

Le membre leader présente une fermeture légère des trois articulations dans la phase descendante du planer qui débute au même moment et dont le point culminant se situe au poser de l'antérieur sauf pour le coude qui continue sa fermeture pendant la réception ; pour le boulet et le carpe, on peut parler d'une préparation au poser tandis que le coude amortit l'impact en poursuivant sa flexion (l'hyperextension à la réception est synchrone de cette flexion) .

2- Comportement angulaire des articulations : aspect quantitatif

Les extensions du boulet leader sont toutes inférieures à celles du boulet non-leader, de même pour les amplitudes. Ceci peut expliquer la réticence à galoper sur un pied particulier observée chez certains chevaux .

La flexion au cours du saut pour le carpe et le coude (L et NL) ainsi que les boulets (NL-NL) et (L-NL) est supérieure à celles des foulées de galop d'abord et de reprise, de même que les amplitudes de montée et descente des antérieurs par rapport à celles des foulées de galop, sauf pour l'amplitude 3 du boulet leader pour laquelle le rapport est inverse. Ceci est lié à la nécessité de passer les membres au dessus de la barre sans monter de façon excessive le centre de gravité au dessus de la barre et entraîner un surcroît de fatigue (par une propulsion des postérieurs plus énergique).

La différence de poids exercé sur le membre non-leader entre, d'une part l'abord et la réception, et d'autre part entre le galop et la réception, explique que l'extension à la réception du membre non-leader, premier à toucher le sol donc supportant tout le poids du cheval, soit plus importante que pour les autres. Les affections associées à cela concernent les os et les ligaments palmaires du carpe.

Les membres leader et non-leader ont des comportements différents (Leach, 1984 ; Back et Clayton, 2000): lors de l'abord, le leader n'a presque pas de phase de propulsion (phase caudale), le non-leader, un peu. Lors de la réception, le leader touche le sol avec un canon oblique et a une phase d'appui supérieure à celle du non-leader qui pose le pied avec un canon vertical et n'a donc pas de phase crâniale. Ceci explique que l'extension du boulet non-leader à l'abord soit inférieure à celle de la réception, que l'amplitude 3 du boulet (NL-L) soit supérieure à celle des (L-L) et (L-NL), l'amplitude 4 du (NL-L) supérieure à celle du (NL-NL), et l'amplitude 3 du (L-NL) et (L-L) inférieures à l'amplitude 4...

Les variabilités intra-individuelles (amplitudes et extrema) sont, à deux exceptions près, faibles : les chevaux effectuent donc chacun des passages successifs très similaires. Une analyse comparative des I.A.V. entre elles montre que les amplitudes sont en majorité pl

pour les ca

le boulet leader, et inversement

sauf souvent po

coude puisse être plus variable que celle du boulet (modulations possibles par la mise en jeu ou non de l'articulation intercarpienne et abduction plus ou moins importante de l'avant-bras); de même une plus faible variabilité des extensions du carpe et du coude vient du fait qu'ils sont bloqués à un certain point par des formations très peu déformables (os, ligaments), ce qui n'est pas le cas du boulet freiné et arrêté par le muscle interosseux III et les ligaments sésamoïdiens liés aux os sésamoïdes qui glissent palmo-distalement (ces deux ensembles sont déformables). Les mêmes explications peuvent être apportées pour comprendre que pour le boulet, ce sont les extensions qui sont les plus variables par rapport aux flexions, et inversement pour le carpe et le coude.

Ces rappels permettent aussi de relier anatomie, physiologie et pathologie : fracture de l'olécrâne, fracture de l'os carpal III, distension des ligaments palmaires du carpe, desmote du ligament suspenseur du boulet ou des ligaments sésamoïdiens, à quoi il faut ajouter les tendinites des fléchisseurs profond et superficiels... Toutes ces affections sont d'actualité dans le saut notamment dans la réception.

3- Différences entre les bons et les mauvais chevaux

Aucune donnée claire ne ressort de l'étude: il n'y a pas de différence notable entre les deux groupes au niveau de la cinématique angulaire des articulations (annexe 8), si ce n'est le carpe leader qui a des flexions au cours de la foulée d'abord et au cours du saut moins importantes ainsi qu'une extension à l'abord plus grande, et le coude leader qui a des extensions à la réception et à la reprise plus élevées.

4- Effet de la hauteur sur le comportement angulaire des articulations

L'étude de l'effet de la hauteur sur le comportement angulaire des articulations ne se veut pas exhaustive ; le manque de données oblige à se contenter d'une comparaison qualitative très superficielle.

Le cheval réalise un saut plus large quand la hauteur de l'obstacle augmente ; ceci avait déjà été montré dans une étude antérieure pour les membres leader et non-leader à la réception et seulement pour le membre leader à l'abord (Clayton et Barlow, 1989). Le saut étant plus large, la phase de planer est plus longue ce qui pourrait expliquer les irrégularités supplémentaires : le cheval a plus de petits mouvements de flexion-extension au cours du planer.

Lors de l'abord, les chevaux fléchissent plus le coude et étendent ensuite moins cette articulation par rapport aux passages sur la barre de 1,00 mètre (aucune conclusion

pour le carpe), alors que le boulet antérieur effectue une flexion et une extension moins grandes. Cette extension moindre peut s'expliquer par le fait que le cheval quitte le sol plus rapidement après le poser de l'antérieur pour donner plus d'orientation vers le haut à son tronc. En effet, les membres antérieurs doivent convertir le mouvement horizontal en mouvement vertical en freinant la vitesse horizontale, propulsant l'avant-main vers le haut inclinant donc le tronc d'autant plus que les membres se trouvent proches de la verticale.

Lors du planer, le cheval fléchit plus son carpe et moins le boulet et le coude par rapport au saut de 1,00 mètre; il cherche en effet à ne pas toucher la barre en remontant fort sous lui ses sabots. Ceci implique aussi qu'il monte plus fort son garrot pour passer la barre car ses sabots sont sous son thorax.

Lors de la réception, il étend plus le boulet, moins le coude et autant le carpe (peu de possibilité d'augmentation de l'angle d'extension du fait de l'anatomie du carpe). En effet, les forces au poser du membre sont plus importantes : ceci explique l'hyperextension plus grande du boulet, la valeur d'extension plus faible de l'épaule lors de l'amortissement (premier maximum) ainsi qu'une flexion d'amortissement plus importante. De plus, la réception est plus précipitée d'où une valeur d'extension de l'épaule lors de la propulsion (deuxième maximum) plus faible pour ce saut.

A la réception, le cheval est plus près du sol du fait de l'extension supérieure du boulet et inférieure du coude. Donc il doit fléchir plus une articulation au moins, ici, le coude.

5- Comparaison des valeurs extrêmes et des amplitudes angulaires au trot et lors du saut

La comparaison s'effectue pour les valeurs extrêmes entre l'extension au cours du trot et celle de la foulée d'abord et de la réception, et entre la flexion au cours de la foulée de trot et celle du planer. Pour les amplitudes, sont comparées celle d'une foulée de trot et celles entourant l'obstacle (3 et 4). Le tableau donne les valeurs individuelles moyennes.

Les valeurs des extensions au cours de l'abord et de la réception sont significativement supérieures à celles du trot pour les trois articulations sauf pour le boulet à l'abord, de même que celles de la flexion au saut.

Les amplitudes autour de l'obstacle sont elles aussi significativement supérieures à celles du trot (annexe 9).

CONCLUSION

Cette étude est la première consacrée aux comportements angulaires des articulations des membres thoraciques. Elle apporte un grand nombre d'informations. Le protocole utilisé s'avère être tout à fait approprié à celle-ci. Il est cependant à regretter la perte de certaines données du fait de la chute de marqueurs.

L'analyse graphique permet de définir les comportements du membre leader et du membre non-leader au cours du saut, comportements qui sont différents en plusieurs points. Les résultats chiffrés obtenus montrent que les contraintes exercées lors de la réception sur les articulations étudiées sont les plus importantes de même que les amplitudes de flexion et d'extension au cours du saut sont les plus grandes. Cependant, les différences entre bons et mauvais chevaux peuvent difficilement être généralisées du fait du manque de certitude quant à leurs qualités réelles. Il serait intéressant de s'affranchir de l'effet cavalier dans la répartition en bons et mauvais chevaux en se basant par exemple sur l'aptitude à franchir sans faute des obstacles de plus en plus hauts en liberté.

L'effet de la hauteur n'est qu'une approche : les chevaux ne sont pas assez nombreux à effectuer ce saut. Mais la comparaison qualitative des sauts des trois chevaux mène à d'intéressantes hypothèses sur l'adaptation à la hauteur : au cours du planer du saut de 1,60 m notamment, il fléchit plus le carpe et moins le boulet et le coude, ce qui laisse supposer que le dos joue un rôle non négligeable.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- ABDEL-AZIZ, KARARA YI, KARARA HM. Direct linear transformation from comparator coordinates into object-space coordinates in close-range photogrammetry. In: *Proc. Am. Soc. For Photogram.* Urbana, Illinois, 1971, 1-18.
- 2- BACK W, CLAYTON HM. Equestrian sports. In: *Equine Locomotion.* 2000, 215-226.
- 3- BACK W, SCHAMHARDT HC, SAVELBERG HHMC, VAN DEN BOGER AJ, BRUIN G, HARTMAN W, BARNVELD A. How the horse moves: 1- Significance of graphical representations of equine forelimb kinematics. *Equine Vet. J.*, 1995a, **21**(1), 31-38.
- 4- BACK W, SCHAMHARDT HC, SAVELBERG HHMC, VAN DEN BOGER AJ, BRUIN G, HARTMAN W, BARNVELD A. How the horse moves: 2- Significance of graphical representations of equine hindlimb kinematics. *Equine Vet. J.*, 1995b, **21**(1), 39-45.
- 5- CLAYTON HM. Terminology for the description of equine jumping kinematics. *J. Equine Vet. Science*, 1989, **9**(6), 341-348.
- 6- CLAYTON HM, BARLOW DA. The effect of fence height and width on the limb placements of show jumping horses. *Equine Vet. Science*, 1989, **9**(4), 179-185.
- 7- DEGUEURCE C. *Analyse cinématique du Trot du Cheval sur Terrain ferme.* Thèse de science, Université Paris-sud, 1995, 230p.
- 8- DENOIX JM. Biomécanique et travail physique du cheval. *L'Eperon*, 1988, 74p.
- 9- FEDERATION FRANCAISE d'EQUITATION. Manuel officiel de Préparation aux Examens fédéraux d'équitation. II. Examens d'argent. Editions Lavauzelle, 1988, 147p.
- 10- LEACH DH. Recommended terminology for researchers in locomotion and biomechanics of quadrupedal animals. *Acta. Anat.*, 1993, **146**, 130-136.
- 11- LEACH DH, DYSON S. Instant centres of rotation of equine limb joints and their relationship to standard skin marker locations. *Equine Vet. J.*, 1990, **Suppl.9**, 113-119.
- 12- LEACH DH, ORMROD K, CLAYTON HM. Standardised terminology for the description and analysis of equine locomotion. *Equine Vet. J.*, 1984a, **16**(6), 522-528.

- 13-LEACH DH, ORMROD K, CLAYTON HM. Stride characteristics of horses competing in Grand Prix jumping. *Am. J. Vet. Res.*, 1984b, **45**(5), 888-892.
- 14-POURCELOT P, AUDIGIE F, DEGUEURCE C, DENOIX JM. EKAS : an equine kinematic analysis system for clinical gait analysis. *J. Equine Vet. Science*, 1997, **17**, 482.
- 15-POURCELOT P, AUDIGIE F, DEGUEURCE C, DENOIX JM, GEIGER D. A numerical method to synchronise home video cameras using the DLT method. *Med. & Biol. Eng & Comput* 35, 1997a, 714.
- 16-POURCELOT P, DEGUEURCE C, AUDIGIE F, DENOIX JM, GEIGER D. Kinematic analysis of the locomotion symmetry of sound horses at a slow trot. *Equine Vet. J.*, 1997b, **Suppl. 23**, 93-96.
- 17-POURCELOT P, AUDIGIE F, DEGUEURCE C, GEIGER D, DENOIX JM. *Développement d'un système d'analyse 3-D – Application à l'étude de la symétrie locomotrice du cheval au trot*. Thèse d'université, Paris XII, 1999, chapitre IV, 49-67.
- 18-POURCELOT P, CASSIAT G, DEGUEURCE C, DENOIX JM. 3-D reconstruction of markers trajectory using panning cameras and the DLT method. *Arch. of Physiology and Biochemistry*, 2001, **109**, 125.
- 19-POWERS PNR, HARRISON AJ. A study on the techniques used by untrained horses during loose jumping. *J. Equine Vet. Science*, 2000, **20**(12), 845-850.
- 20-VAN WEEREN PR, VAN DEN BOGERT AJ, BARNEVELD A. A quantitative analysis of skin displacement in the trotting horse. *Equine Vet. J.*, 1990a, **Suppl.9**, 101-109.
- 21-VAN WEEREN PR, VAN DEN BOGERT AJ, BARNEVELD A. Quantification of skin displacement in the proximal parts of the limbs of the walking horse. *Equine Vet. J.*, 1990b, **Suppl.9**, 110-118.
- 22-Les Haras Nationaux. *Le cheval en France. BLUP et indices* [en-ligne], mise à jour le 31 Octobre 2002 [<http://www.haras-nationaux.fr>], (consulté le 2 Novembre 2002).
- 23-Les Haras Nationaux. *Le cheval en France. Les utilisations. Disciplines équestres. Sauts d'obstacles* [en-ligne], mise à jour le 31 Octobre 2002 [<http://www.haras-nationaux.fr>], (consulté le 2 Novembre 2002).

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Décomposition de la foulée en phases	8
Figure 2 : Phases du saut	9
Figure 3 : Durée des phases d'appui des membres pour un cheval sautant un vertical de 1,55 m de hauteur	9
Figure 4 : Vue de l'aire d'enregistrement	11
Figure 5 : Vue d'une « panning » caméra entourée de ses deux projecteurs	13
Figure 6 : Vue de l'aire d'expérimentation avec les deux « panning » caméras	14
Figure 7 : Structure métallique de 10 m de long, 3 m de large et 3 m de haut munie de marqueurs réfléchissants parmi lesquels 36 sont choisis pour calibrer les caméras	15
Figure 8 : Emplacement des marqueurs sur le cheval	17
Figure 9 : Emplacement des marqueurs sur le membre thoracique	17
Figure 10 : Décours angulaire du boulet antérieur pour un saut de 1,00 m de Hauteur	22
Figure 11 : Décours angulaire du carpe pour un saut de 1,00 m de hauteur	24
Figure 12 : Décours angulaire du coude pour un saut de 1,00 m de hauteur	25
Figure 13 : Décours angulaire du boulet antérieur pour des sauts de 1,00 et 1,60 m de hauteur	44
Figure 14 : Décours angulaire du carpe pour des sauts de 1,00 et 1,60 m de hauteur	45
Figure 15 : Décours angulaire du coude pour des sauts de 1,00 et 1,60 m de hauteur	46
Figure 16 : Décours angulaire des articulations du boulet, du carpe et du coude (L-L) pour un saut de 1,00 m de hauteur	51
Figure 17 : Décours angulaire des articulations du boulet, du carpe et du coude (NL-NL) pour un saut de 1,00 m de hauteur	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des foulées d’abord, de reprise et du saut au passage d’un vertical de 1,55 m de hauteur	7
Tableau 2a : Composition et caractéristiques individuelles du groupe 1 des chevaux soumis au test d’obstacle	10
Tableau 2b : Composition et caractéristiques individuelles du groupe 2 des chevaux soumis au test d’obstacle	11
Tableau 3a : Valeurs extrêmes moyennes du boulet antérieur pour un saut de 1,00 m de hauteur	27
Tableau 3b : Amplitudes moyennes du boulet antérieur pour un saut de 1,00 m de hauteur	28
Tableau 3c : Valeurs extrêmes et amplitudes individuelles de la flexion du boulet antérieur au cours du saut de 1,00 m de hauteur	29
Tableau 4a : Valeurs extrêmes moyennes du carpe pour un saut de 1,00 m de hauteur	31
Tableau 4b : Amplitudes moyennes du carpe pour un saut de 1,00 m de hauteur	32
Tableau 4c : Valeurs extrêmes et amplitudes individuelles de la flexion du carpe au cours du saut de 1,00 m de hauteur	33
Tableau 5a : Valeurs extrêmes moyennes du coude pour un saut de 1,00 m de hauteur	34
Tableau 5b : Amplitudes moyennes du coude pour un saut de 1,00 m de hauteur	35
Tableau 5c : Valeurs extrêmes et amplitudes individuelles de la flexion du coude au cours du saut de 1,00 m de hauteur	36
Tableau 6 : Amplitudes des mouvements cutanés	50

ANNEXES

Annexe 1a: valeurs extrêmes de l'angle du boulet antérieur pour un saut de 1,00 mètre de hauteur

	min. 1	max. 1	min. 2	max. 2	min. 3	max. 3	min. 4
Ascot			136,87	232,47	113,62	213,52	
			120,21	239,17	110,40	216,64	
			136,31	233,31	111,80	205,34	
moyenne m			131,13	234,98	111,94	211,83	
m(L)			136,59				
m(NL)			120,21	239,17	111,94	211,83	
écart-type e			9,46	3,65	1,61	5,84	
e(L)			0,40				
e(L)/m(L)			0,3%				
e(NL)					1,61	5,84	
e(NL)/m(NL)					1,4%	2,8%	
Belle de Youx	117,88	225,18	126,85	222,19	110,16	212,43	111,26
	112,62	223,20	131,09	226,38	110,65	211,70	100,72
	119,16	224,41	128,21	218,07	94,19	211,71	119,66
	108,99	209,00	112,35	233,02	106,27	207,79	115,53
	109,55	211,32	109,65	228,08	109,77	210,29	113,38
moyenne m	113,64	218,62	121,63	225,55	106,21	210,78	112,11
m(L)	116,55	224,26	128,72	218,07	94,19	211,71	119,66
m(NL)	109,27	210,16	111,00	230,55	109,21	210,55	110,22
écart-type e	4,69	7,80	9,87	5,70	6,94	1,84	7,08
e(L)	3,47	1,00	2,16				
e(L)/m(L)	3,0%	0,4%	1,7%				
e(NL)	0,40	1,64	1,91	3,49	1,99	2,04	6,57
e(NL)/m(NL)	0,4%	0,8%	1,7%	1,5%	1,8%	1,0%	6,0%
Crazy horse	123,85	222,33	124,01	227,91	124,74	223,82	120,39
		235,37	143,40	232,46	122,35		
	132,01	228,07	149,68	227,80	126,76	223,56	128,14
		223,27	125,76	234,51	134,78	216,03	142,36
moyenne m	127,93	227,26	135,71	230,67	127,16	221,14	130,30
m(L)	127,93	224,56	133,15	227,80	126,76	223,56	128,14
m(NL)		235,37	143,40	232,46	127,29	219,93	131,38
écart-type e	5,77	5,96	12,78	3,36	5,39	4,42	11,14
e(L)	5,77	3,08	14,34				
e(L)/m(L)	4,5%	1,4%	10,8%				
e(NL)					6,60	5,51	15,54
e(NL)/m(NL)					5,2%	2,5%	11,8%
Effutée	120,54	218,41	133,82	222,00	109,02	217,66	124,70
	112,71	217,62	114,62	219,44	112,57	222,49	118,03
	118,48	220,61	114,55	226,47	114,00		
	118,94	218,47	117,80	224,77	114,26	223,65	115,43
moyenne m	117,67	218,78	120,20	223,17	112,46	221,27	119,39
m(L)	120,54	218,41	133,82	222,00	111,51	217,66	124,70
m(NL)	116,71	218,90	115,66	222,105	113,42	223,07	116,73
écart-type e	3,42	1,28	9,21	3,09	2,41	3,18	4,78
e(L)					3,52		
e(L)/m(L)					3,2%		
e(NL)	3,47	1,54	1,86	3,77	1,20	0,82	1,84
e(NL)/m(NL)	3,0%	0,7%	1,6%	1,7%	1,1%	0,4%	1,6%

Epsom	102,01	240,15	108,40	235,95	102,86	232,08	111,69
	106,39	230,94	108,52	237,50	106,05	221,12	114,78
	107,66	230,21	111,41	223,71	107,30	217,10	111,94
	107,98	234,24	108,84	227,28	107,70	230,83	110,80
moyenne m	106,01	233,89	109,29	231,11	105,98	225,28	112,30
m(NL)	106,01	233,89	109,29	231,11	105,98	225,28	112,30
écart-type e	2,75	4,53	1,42	6,68	2,19	7,33	1,72
e(NL)	2,75	4,53	1,42	6,68	2,19	7,33	1,72
e(NL)/m(NL)	2,6%	1,9%	1,3%	2,9%	2,1%	3,3%	1,5%
Fumay			115,95	244,02	114,45	223,07	
		241,63	129,62	241,16	118,15	221,54	
		224,81	116,74	241,57	117,49	223,43	
		227,83	119,15	239,14	116,58		
moyenne m		231,42	120,37	241,47	116,67	222,68	
m(L)		224,81	116,74				
m(NL)		234,73	121,57	241,44	116,67	222,68	
écart-type e		8,97	6,32	2,00	1,61	1,00	
e(NL)		9,76	7,15	2,45	1,61	1,00	
e(NL)/m(NL)		4,2%	5,9%	1,0%	1,4%	0,5%	
Vent du sud	125,30	229,00	129,24	228,65	117,97	222,22	124,38
	114,29	231,30	113,95	237,87	132,10	233,58	128,60
	122,88	223,86	126,16	232,74	127,76	229,65	124,30
	123,63	226,56	125,51	231,70	121,87	232,72	128,28
	113,13	226,80	113,94	238,76	123,38	231,70	115,90
moyenne m	119,85	227,50	121,76	233,94	124,62	229,97	124,29
m(L)	123,94	226,47	126,97	232,22	127,24	231,98	127,06
m(NL)	113,71	229,05	113,945	238,76	120,68	226,96	120,14
écart-type e	5,68	2,80	7,27	4,28	5,46	4,58	5,12
e(L)	1,24	2,57	1,99	0,74	5,13	2,07	2,40
e(L)/m(L)	1,0%	1,1%	1,6%	0,3%	4,0%	0,9%	1,9%
e(NL)	0,82	3,18	0,01		3,83	6,70	6,00
e(NL)/m(NL)	0,7%	1,4%	0,0%		3,2%	3,0%	5,0%
Agatha	115,00	221,50	120,74	225,89	115,66	221,89	126,53
	110,15	205,80	115,74	223,88	123,03	210,89	129,38
	108,38	206,29	108,79	222,64	115,79	211,51	127,12
	113,63	215,18	121,47	221,62	108,52	204,51	126,24
	120,67	216,08	126,46	222,97	120,88	214,36	126,62
moyenne m	113,57	212,97	118,64	223,40	116,78	212,63	127,18
m(L)	116,43	217,59	122,89	223,49	116,78	212,63	127,18
m(NL)	109,27	206,05	112,265				
écart-type e	4,77	6,77	6,69	1,61	5,62	6,30	1,27
e(L)	3,73	3,42	3,11	2,18	5,62	6,30	1,27
e(L)/m(L)	3,2%	1,6%	2,5%	1,0%	4,8%	3,0%	1,0%
e(NL)	1,25	0,35	4,91				
e(NL)/m(NL)	1,1%	0,2%	4,4%				
Axel	120,34	230,63	121,97	226,08	113,22	235,12	120,78
	123,09	229,85	129,96	222,73	106,97	231,53	109,12
	112,66	230,25	109,41	230,85	112,38	238,26	121,05
	108,00	237,45	114,45	216,01	87,36	239,24	112,93
	126,20	232,73	121,03	228,34	114,85	235,53	119,84
moyenne m	118,06	232,18	119,36	224,80	106,96	235,94	116,74

m(L)	123,21	231,07	124,32				
m(NL)	110,33	233,85	111,93	223,43	106,96	235,94	116,74
écart-type e	7,54	3,15	7,83	5,75	11,35	3,02	5,41
e(L)	2,93	1,49	4,91				
e(L)/m(L)	2,4%	0,6%	3,9%				
e(NL)	3,30	5,09	3,56	10,49	11,35	3,02	5,41
e(NL)/m(NL)	3,0%	2,2%	3,2%	4,7%	10,6%	1,3%	4,6%
Bleu marine	133,96	221,17	136,48	227,87	114,68	219,85	118,75
	135,26	222,93	139,12	228,12	114,93	228,38	128,56
	113,94	223,31	117,56	233,04	119,40	225,08	114,66
	116,79	222,34	118,05	234,45	120,22	222,22	123,36
	117,43	225,16	117,02	230,66	118,63	222,70	120,16
moyenne m	123,48	222,98	125,65	230,83	117,57	223,65	121,10
m(L)	134,61	222,05	137,80	228,12	117,17	226,73	121,61
m(NL)	116,05	223,60	117,54	232,56	117,84	221,59	120,76
écart-type e	10,26	1,46	11,14	2,92	2,59	3,23	5,21
e(L)	0,92	1,24	1,87		3,16	2,33	9,83
e(L)/m(L)	0,7%	0,6%	1,4%		2,7%	1,0%	8,1%
e(NL)	1,86	1,43	0,52	2,68	2,85	1,53	2,36
e(NL)/m(NL)	1,6%	0,6%	0,4%	1,2%	2,4%	0,7%	2,0%
Caroline	120,63	224,25	123,71	247,90	137,53	230,03	133,03
	135,11	232,62	140,17	228,76	128,37	226,76	133,42
	132,30	232,36	141,92	228,29	133,25	228,61	140,86
	135,25	229,09	140,95	221,00	131,74	232,21	
	121,31	223,17	130,86	246,21	131,69	225,59	131,93
moyenne m	128,92	228,30	135,52	234,43	132,52	228,64	134,81
m(L)	134,22	231,36	141,01	226,02	132,52	228,64	134,81
m(NL)	120,97	223,71	127,29				
écart-type e	7,36	4,43	7,96	11,94	3,32	2,62	4,08
e(L)	1,66	1,97	0,88	4,35	3,32	2,62	4,08
e(L)/m(L)	1,2%	0,9%	0,6%	1,9%	2,5%	1,1%	3,0%
e(NL)	0,48	0,76	5,06				
e(NL)/m(NL)	0,4%	0,3%	4,0%				
Elue	117,95	235,58	123,06	253,87	121,06	250,94	126,38
	119,97	239,80	119,63	254,73	123,31	245,91	
	119,62	244,97	120,51	253,53	117,11	228,96	123,64
	130,63	236,52	133,91	232,52	119,83	232,73	125,20
	131,27	237,73	132,51	238,69	118,47	240,13	128,44
moyenne m	123,89	238,92	125,92	246,67	119,96	239,73	125,92
m(L)	130,95	237,13	133,21				
m(NL)	119,18	240,12	121,07	254,04	119,26	239,73	125,92
écart-type e	6,50	3,73	6,79	10,34	2,39	9,07	2,02
e(L)	0,45	0,86	0,99				
e(L)/m(L)	0,3%	0,4%	0,7%				
e(NL)	1,08	4,70	1,78	0,62	2,39	9,07	2,02
e(NL)/m(NL)	0,9%	2,0%	1,5%	0,2%	2,0%	3,8%	1,6%
Gai luron	106,81	214,35	108,10	219,26	115,59		
	121,09	217,75	115,38	212,87	115,35	207,16	109,66
	117,51	220,09	125,08	217,34	117,06	220,40	123,65
	115,09	220,93	117,17	218,95	115,59	208,78	111,99
moyenne m	115,13	218,28	116,43	217,11	115,90	212,11	115,10
m(L)	117,90	219,59	119,21	217,34	116,33	220,40	123,65

m(NL)	106,81	214,35	108,10		115,47	207,97	110,83
écart-type e	6,07	2,95	6,97	2,95	0,78	7,22	7,50
e(L)	3,02	1,65	5,16		1,04		
e(L)/m(L)	2,6%	0,8%	4,3%		0,9%		
e(NL)					0,17	1,15	1,65
e(NL)/m(NL)					0,1%	0,6%	1,5%
Gitan	121,53	238,56	138,81	219,49	118,75	231,04	
	114,16	227,75	131,26	216,72	121,43	228,77	
	118,65	230,75	130,41	216,49	118,82	230,82	117,87
moyenne m	118,11	232,35	133,49	217,57	119,67	230,21	117,87
m(L)	118,11	232,35	133,49	217,57	119,67	229,905	
m(NL)						230,82	117,87
écart-type e	3,71	5,58	4,62	1,67	1,53	1,25	
e(L)	3,71	5,58	4,62	1,67	1,53	1,61	
e(L)/m(L)	3,1%	2,4%	3,5%	0,8%	1,3%	0,7%	

bons, mauvais
leader, non-leader

Rapport-Gratuit

Annexe 1b: amplitudes de l'angle du boulet antérieur pour un saut de 1,00 mètre de hauteur

	ampli. 1	ampli. 2	ampli. 3	ampli. 4	ampli. 5	ampli. 6
Ascot			95,60	118,85	99,90	
			118,96	128,77	106,24	
			97,00	121,51	93,54	
moyenne m			103,85	123,04	99,89	
m(L)			96,30			
m(NL)			#REF!	123,04	99,89	
écart-type e			13,10	5,13	6,35	
e(L)			0,99			
e(L)/m(L)			1,0%			
e(NL)				5,13	6,35	
e(NL)/m(NL)				4,2%	6,4%	
Belle de Youx	107,30	98,33	95,34	112,03	102,27	101,17
	110,58	92,11	95,29	115,73	101,05	110,98
	105,25	96,20	89,86	123,88	117,52	92,05
	100,01	96,65	120,67	126,75	101,52	92,26
	101,77	101,67	118,43	118,31	100,52	96,91
moyenne m	104,98	96,99	103,92	119,34	104,58	98,67
m(L)	107,71	95,55	93,50	123,88	117,52	92,05
m(NL)	100,89	99,16	119,55	118,21	101,34	100,33
écart-type e	4,24	3,47	14,46	5,98	7,26	7,84
e(L)	2,69	3,16	3,15			
e(L)/m(L)	2,5%	3,3%	3,4%			
e(NL)	1,24	3,55	1,58	6,25	0,74	7,98
e(NL)/m(NL)	1,2%	3,6%	1,3%	5,3%	0,7%	8,0%
Crazy horse	98,48	98,32	103,90	103,17	99,08	103,43
		91,97	89,06	110,11		
	96,06	78,39	78,12	104,04	96,80	95,42
		97,51	108,75	99,73	81,25	73,67
moyenne m	97,27	91,55	94,96	104,26	92,38	90,84
m(L)	97,27	91,41	96,92	104,04	96,80	95,42
m(NL)		91,97	89,06	104,34	90,17	88,55
écart-type e	1,71	9,21	14,01	4,32	9,70	15,40
e(L)	1,71	11,28	16,46			
e(L)/m(L)	1,8%	12,3%	17,0%			
e(NL)				5,29	12,61	21,04
e(NL)/m(NL)				5,1%	14,0%	23,8%
Effutée	97,87	84,59	88,18	112,98	108,64	92,96
	104,91	103,00	104,82	106,87	109,92	104,46
	102,13	106,06	111,92	112,47		
	99,53	100,67	106,97	110,51	109,39	108,22
moyenne m	101,11	98,58	102,97	110,71	109,32	101,88
m(L)	97,87	84,59	88,18	112,73	108,64	92,96
m(NL)	102,19	103,24	107,90	108,69	109,66	106,34
écart-type e	3,08	9,58	10,30	2,77	0,64	7,95
e(L)				0,36		
e(L)/m(L)				0,3%		

e(NL)	2,69	2,70	3,64	2,57	0,37	2,66
e(NL)/m(NL)	2,6%	2,6%	3,4%	2,4%	0,3%	2,5%
Epsom	138,14	131,75	127,55	133,09	129,22	120,39
	124,55	122,42	128,98	131,45	115,07	106,34
	122,55	118,80	112,30	116,41	109,80	105,16
	126,26	125,40	118,44	119,58	123,13	120,03
moyenne m	127,88	124,59	121,82	125,13	119,31	112,98
m(NL)	127,88	124,59	121,82	125,13	119,31	112,98
écart-type e	7,01	5,48	7,88	8,37	8,59	8,36
e(NL)	7,01	5,48	7,88	8,37	8,59	8,36
e(NL)/m(NL)	5,5%	4,4%	6,5%	6,7%	7,2%	7,4%
Fumay			128,07	129,57	108,62	
		112,01	111,54	123,01	103,39	
		108,07	124,83	124,08	105,94	
		108,68	119,99	122,56		
moyenne m		109,59	121,11	124,81	105,98	
m(L)		108,07	124,83			
m(NL)		110,35	119,87	124,81	105,98	
écart-type e		2,12	7,19	3,24	2,62	
e(NL)		2,35	8,27	3,24	2,62	
e(NL)/m(NL)		2,1%	6,9%	2,6%	2,5%	
Vent du sud	103,70	99,76	99,41	110,68	104,25	97,84
	117,01	117,35	123,92	105,77	101,48	104,98
	100,98	97,70	106,58	104,98	101,89	105,35
	102,93	101,05	106,19	109,83	110,85	104,44
	113,67	112,86	124,82	115,38	108,32	115,80
moyenne m	107,66	105,74	112,18	109,33	105,36	105,68
m(L)	102,54	99,50	104,06	106,86	104,74	104,92
m(NL)	115,34	115,11	124,37	113,03	106,29	106,82
écart-type e	7,18	8,77	11,49	4,19	4,10	6,44
e(L)	1,40	1,69	4,03	2,60	5,30	0,46
e(L)/m(L)	1,4%	1,7%	3,9%	2,4%	5,1%	0,4%
e(NL)	2,36	3,17	0,64	3,32	2,88	12,70
e(NL)/m(NL)	2,0%	2,8%	0,5%	2,9%	2,7%	11,9%
Agatha	106,50	100,76	105,15	110,23	106,23	95,36
	95,65	90,06	108,14	98,85	85,86	81,51
	97,91	97,50	113,85	106,85	95,72	84,39
	101,55	93,71	100,15	113,10	95,99	78,27
	95,41	89,62	96,51	102,09	93,48	87,74
moyenne m	99,40	94,33	104,76	106,22	95,46	85,45
m(L)	101,15	94,70	100,60	106,22	95,46	85,45
m(NL)	96,78	93,78	110,995			
écart-type e	4,67	4,80	6,77	5,81	7,29	6,55
e(L)	5,56	5,64	4,34	5,81	7,29	6,55
e(L)/m(L)	5,5%	6,0%	4,3%	5,5%	7,6%	7,7%
e(NL)	1,60	5,26	4,04			
e(NL)/m(NL)	1,7%	5,6%	3,6%			
Axel	110,29	108,66	104,11	112,86	121,90	114,34
	106,76	99,89	92,77	115,76	124,56	122,41
	117,59	120,84	121,44	118,47	125,88	117,21
	124,45	118,00	101,56	128,65	151,88	126,31

	106,53	111,70	107,31	113,49	120,68	115,69
moyenne m	113,12	111,82	105,44	117,85	128,98	119,19
m(L)	107,86	106,75	101,40			
m(NL)	121,02	119,42	111,50	117,85	128,98	119,19
écart-type e	7,75	8,24	10,45	6,43	12,97	5,02
e(L)	2,11	6,13	7,64			
e(L)/m(L)	2,0%	5,7%	7,5%			
e(NL)	4,85	2,01	14,06	6,43	12,97	5,02
e(NL)/m(NL)	4,0%	1,7%	12,6%	5,5%	10,1%	4,2%
Bleu marine	87,21	84,69	91,39	113,19	105,17	101,10
	87,67	83,81	89,00	113,19	113,45	99,82
	109,37	105,75	115,48	113,64	105,68	110,42
	105,55	104,29	116,40	114,23	102,00	98,86
	107,73	108,14	113,64	112,03	104,07	102,54
moyenne m	99,51	97,34	105,18	113,26	106,07	102,55
m(L)	87,44	84,25	90,20	113,42	109,57	105,12
m(NL)	107,55	106,06	115,17	113,15	103,75	100,83
écart-type e	11,10	12,03	13,74	0,81	4,36	4,61
e(L)	0,33	0,62	1,69	0,32	5,49	7,50
e(L)/m(L)	0,4%	0,7%	1,9%	0,3%	5,0%	7,1%
e(NL)	1,92	1,94	1,41	1,10	1,61	1,85
e(NL)/m(NL)	1,8%	1,8%	1,2%	1,0%	1,6%	1,8%
Caroline	103,62	100,54	124,19	110,37	92,50	97,00
	97,51	92,45	88,59	100,39	98,39	93,34
	100,06	87,29	83,22	95,04	95,36	87,75
	93,84	88,14	80,05	89,26	100,47	
	101,86	92,31	115,35	114,52	93,90	93,66
moyenne m	99,38	92,15	98,28	101,92	96,12	92,94
m(L)	97,14	89,29	83,95	101,92	96,12	92,94
m(NL)	102,74	96,43	119,77			
écart-type e	3,83	5,25	20,10	10,49	3,27	3,83
e(L)	3,13	2,77	4,32	10,49	3,27	3,83
e(L)/m(L)	3,2%	3,1%	5,1%	10,3%	3,4%	4,1%
e(NL)	1,24	5,82	6,25			
e(NL)/m(NL)	1,2%	6,0%	5,2%			
Elue	117,63	112,52	130,81	132,81	129,88	124,56
	119,83	120,17	135,10	131,42	122,60	
	125,35	124,46	133,02	136,42	111,85	105,32
	105,89	102,61	98,61	112,69	112,90	107,53
	106,46	105,22	106,18	120,22	121,66	111,69
moyenne m	115,03	113,00	120,74	126,71	119,78	112,28
m(L)	106,18	103,92	102,40			
m(NL)	120,94	119,05	132,98	126,71	119,78	112,28
écart-type e	8,56	9,37	17,03	9,90	7,48	8,61
e(L)	0,40	1,85	5,35			
e(L)/m(L)	0,4%	1,8%	5,2%			
e(NL)	3,98	6,05	2,15	9,90	7,48	8,61
e(NL)/m(NL)	3,3%	5,1%	1,6%	7,8%	6,2%	7,7%
Gai luron	107,54	106,25	111,16	103,67		
	96,66	102,37	97,49	97,52	91,81	97,50
	102,58	95,01	92,26	100,28	103,34	96,75
	105,84	103,76	101,78	103,36	93,19	96,79

moyenne m	103,16	101,85	100,67	101,21	96,11	97,01
m(L)	101,69	100,38	97,18	101,98	103,34	96,75
m(NL)	107,54	106,25	111,16	100,44	92,50	97,15
écart-type e	4,79	4,83	8,00	2,90	6,30	0,42
e(L)	4,65	4,70	4,77	2,40		
e(L)/m(L)	4,6%	4,7%	4,9%	2,4%		
e(NL)				4,13	0,98	0,50
e(NL)/m(NL)				4,1%	1,1%	0,5%
Gitan	117,03	99,75	80,68	100,74	112,29	
	113,59	96,49	85,46	95,29	107,34	
	112,10	100,34	86,08	97,67	112,00	112,95
moyenne m	114,24	98,86	84,07	97,90	110,54	112,95
m(L)	114,24	98,86	84,07	97,90	109,82	
m(NL)					112,00	112,95
écart-type e	2,53	2,07	2,96	2,73	2,78	
e(L)	2,53	2,07	2,96	2,73	3,50	
e(L)/m(L)	2,2%	2,1%	3,5%	2,8%	3,2%	

bons, mauvais

leader, non-leader

Annexe 2a: valeurs extrêmes de l'angle du carpe pour un saut de 1,00 mètre de hauteur

	max.1	min.1	max.2	min. 2	max.3	min.3	max.4
Ascot			190,96	63,16	192,76	100,07	
			189,72	75,72	192,05	95,00	
			188,60	56,73	193,23	89,40	
moyenne m			189,76	65,20	192,68	94,82	
m(L)			189,78				
m(NL)			189,72		192,68	94,82	
écart-type e			1,18	9,66	0,59	5,34	
e(L)			1,67				
e(L)/m(L)			0,9%				
e(NL)					0,59	5,34	
e(NL)/m(NL)					0,3%	5,6%	
Belle de Youx	187,50	98,62	186,76	55,66	183,83	102,09	185,35
	185,24	93,42	185,89	56,17	185,63	100,39	184,72
	184,36	106,70	186,70	56,69	186,62	100,99	183,86
	185,95	101,12	185,83	63,74	185,28	99,21	184,70
	187,53	94,91	185,78	65,97	186,04	95,59	182,91
moyenne m	186,12	98,95	186,19	59,65	185,48	99,65	184,31
m(L)	185,70	99,58	186,45		186,62	100,99	183,86
m(NL)	186,74	98,02	185,81		185,20	99,32	184,42
écart-type e	1,40	5,29	0,49	4,83	1,05	2,50	0,94
e(L)	1,62	6,69	0,49				
e(L)/m(L)	0,9%	6,7%	0,3%				
e(NL)	1,12	4,39	0,04		0,96	2,75	1,05
e(NL)/m(NL)	0,6%	4,5%	0,0%		0,5%	2,8%	0,6%
Crazy horse		101,75	192,60	72,25	192,27	109,51	190,07
	193,39	104,95	190,75	67,93	193,00	107,36	190,67
		103,96	191,98	70,10	195,66		
	189,80	93,95	189,50	46,67	191,13	102,70	189,94
moyenne m	191,60	101,15	191,21	64,24	193,02	106,52	190,23
m(L)	193,39	104,46	191,37		193,97	109,51	190,07
m(NL)	189,80	97,85	191,05		192,07	105,03	190,31
écart-type e	2,54	4,98	1,37	11,84	1,92	3,48	0,39
e(L)		0,70	0,87		2,40		
e(L)/m(L)		0,7%	0,5%		1,2%		
e(NL)		5,52	2,19		1,32	3,30	0,52
e(NL)/m(NL)		5,6%	1,1%		0,7%	3,1%	0,3%
Effutée	188,80	103,99	189,32	63,53	191,59	102,18	186,03
		95,08	190,74	65,48	191,54		
	189,66	99,44	189,16	69,31	188,81	102,95	188,84
moyenne m	189,23	99,50	189,74	66,11	190,65	102,57	187,44
m(L)	188,80	103,99	189,32		191,57	102,18	186,03
m(NL)	189,66	97,26	189,95		188,81	102,95	188,84
écart-type e	0,61	4,46	0,87	2,94	1,59	0,54	1,99
e(L)					0,04		
e(L)/m(L)					0,0%		
e(NL)		3,08	1,12				
e(NL)/m(NL)		3,2%	0,6%				
Epsom	194,54	82,01	192,68	46,68	194,97	88,84	206,36

	189,03	79,99	187,64	48,92	189,42	91,24	184,67
	196,59	80,14	192,53	39,09	196,80	93,08	194,80
	186,30	79,03	185,81	40,13	189,48	90,86	184,90
moyenne m	191,62	80,29	189,67	43,71	192,67	91,01	192,68
m(NL)	191,62	80,29	189,67		192,67	91,01	192,68
écart-type e	4,77	1,25	3,48	4,83	3,79	1,74	10,27
e(NL)	4,77	1,25	3,48		3,79	1,74	10,27
e(NL)/m(NL)	2,5%	1,6%	1,8%		2,0%	1,9%	5,3%
Fumay			190,58	72,34	191,31	109,94	180,82
		107,84	189,09	60,14	190,55		
		98,63	188,75	69,50	193,73	102,90	
		103,56	191,98	78,68	192,74		
moyenne m		103,34	190,10	70,17	192,08	106,42	180,82
m(L)		103,56	191,98				
m(NL)		103,24	189,47		192,08	106,42	180,82
écart-type e		4,61	1,48	7,71	1,42	4,98	
e(NL)		6,51	0,97		1,42	4,98	
e(NL)/m(NL)		6,3%	0,5%		0,7%	4,7%	
Vent du sud	188,48	102,91	188,12	58,45	189,79	91,69	186,06
	191,13	100,98	189,46	60,55	195,32	101,53	188,29
	186,84	104,28	189,13	62,04	186,33	103,72	185,11
	187,31	103,38	189,66	59,15	189,55	99,05	185,17
	190,58	97,95	191,22	66,66	197,93	99,10	187,55
moyenne m	188,87	101,90	189,52	61,37	191,78	99,02	186,44
m(L)	187,54	103,52	188,97		190,40	101,43	186,19
m(NL)	190,86	99,47	190,34		193,86	95,40	186,81
écart-type e	1,92	2,52	1,12	3,26	4,72	4,53	1,43
e(L)	0,84	0,70	0,78		4,55	2,34	1,82
e(L)/m(L)	0,5%	0,7%	0,4%		2,4%	2,3%	1,0%
e(NL)	0,39	2,14	1,24		5,76	5,24	1,05
e(NL)/m(NL)	0,2%	2,2%	0,7%		3,0%	5,5%	0,6%
Agatha	201,70	81,03	198,49	50,51	197,02	81,65	199,07
	188,60	94,65	185,77	72,33	189,11	103,39	183,77
	188,67	93,57	184,99	63,56	188,28	94,20	185,52
	185,39	89,31	189,34	53,65	190,43	94,65	184,69
	201,70	81,03	198,49	50,51	198,45	81,65	199,07
moyenne m	193,21	87,92	191,42	58,11	192,66	91,11	190,42
m(L)	196,26	83,79	195,44		192,66	91,11	190,42
m(NL)	188,64	94,11	185,38				
écart-type e	7,86	6,60	6,66	9,58	4,72	9,38	7,92
e(L)	9,42	4,78	5,28		4,72	9,38	7,92
e(L)/m(L)	4,8%	5,7%	2,7%		2,4%	10,3%	4,2%
e(NL)	0,05	0,76	0,55				
e(NL)/m(NL)	0,0%	0,8%	0,3%				
Axel	186,38	77,79	187,14	54,61	188,38	90,83	188,11
	185,10	78,85	186,18	56,85	190,31	89,45	184,41
	188,96	80,78	185,00	60,11	188,94	84,81	187,53
	189,44	72,82	186,15	49,06	190,14	84,24	188,81
	185,88	78,49	186,06	56,19	188,93	83,94	186,27
moyenne m	187,15	77,75	186,11	55,36	189,34	86,65	187,03
m(L)	185,79	78,38	186,46				

m(NL)	189,20	76,80	185,58		189,34	86,65	187,03
écart-type e	1,93	2,97	0,76	4,05	0,84	3,23	1,73
e(L)	0,65	0,54	0,59				
e(L)/m(L)	0,3%	0,7%	0,3%				
e(NL)	0,34	5,63	0,81		0,84	3,23	1,73
e(NL)/m(NL)	0,2%	7,3%	0,4%		0,4%	3,7%	0,9%
Bleu marine	182,18	105,69	185,34	52,67	186,64	103,89	186,30
	181,98	101,70	183,71	45,15	186,70	98,99	184,35
	187,00	98,70	188,04	46,61	187,57	94,33	183,48
	186,35	103,26	187,03	59,14	185,97	103,45	186,90
	186,78	101,03	187,01	62,65	186,45	105,38	186,01
moyenne m	184,86	102,08	186,23	53,24	186,67	101,21	185,41
m(L)	182,08	103,70	184,53		187,14	96,66	183,92
m(NL)	186,71	101,00	187,36		186,35	104,24	186,40
écart-type e	2,55	2,60	1,71	7,63	0,58	4,52	1,43
e(L)	0,14	2,82	1,15		0,62	3,30	0,62
e(L)/m(L)	0,1%	2,7%	0,6%		0,3%	3,4%	0,3%
e(NL)	0,33	2,28	0,59		0,35	1,01	0,45
e(NL)/m(NL)	0,2%	2,3%	0,3%		0,2%	1,0%	0,2%
Caroline	188,07	99,08	186,84	75,95	194,69	114,48	184,00
	185,72	106,20	185,86	45,74	186,83	99,77	183,79
	192,72	108,58	190,91	45,40	188,65	102,75	
	186,30	109,13	187,01	45,00	186,92	104,07	
	189,19	96,78	186,52	68,63	186,85	111,73	183,74
moyenne m	188,40	103,95	187,43	56,14	188,79	106,56	183,84
m(L)	188,25	107,97	187,93		188,79	106,56	183,84
m(NL)	188,63	97,93	186,68				
écart-type e	2,78	5,67	2,00	14,97	3,39	6,25	0,14
e(L)	3,88	1,56	2,65		3,39	6,25	0,14
e(L)/m(L)	2,1%	1,4%	1,4%		1,8%	5,9%	0,1%
e(NL)	0,79	1,63	0,23				
e(NL)/m(NL)	0,4%	1,7%	0,1%				
Elue	190,75	93,14	189,78	58,69	190,69	104,06	187,64
	190,89	91,23	188,57	56,61	191,13	102,51	
	190,63	95,04	190,40	55,95	189,36	96,59	189,99
	186,62	97,31	188,46	57,49	192,34	90,58	186,72
	187,52	95,52	187,15	57,65	192,19	85,66	185,42
moyenne m	189,28	94,45	188,87	57,28	191,14	95,88	187,44
m(L)	187,07	96,42	187,81				
m(NL)	190,76	93,14	189,58		191,14	95,88	187,44
écart-type e	2,05	2,33	1,26	1,05	1,22	7,81	1,93
e(L)	0,64	1,27	0,93				
e(L)/m(L)	0,3%	1,3%	0,5%				
e(NL)	0,13	1,91	0,93		1,22	7,81	1,93
e(NL)/m(NL)	0,1%	2,0%	0,5%		0,6%	8,1%	1,0%
Gai luron	186,56	82,15	186,55	48,76	185,87		
	186,58	82,99	186,96	51,91	181,38	94,66	186,55
	188,17	73,96	186,61	51,84	187,29	91,54	186,01
	186,55	74,74	185,68	52,25	182,92	96,88	185,26
moyenne m	186,97	78,46	186,45	51,19	184,37	94,36	185,94
m(L)	187,10	77,23	186,42		186,58	91,54	186,01
m(NL)	186,56	82,15	186,55		182,15	95,77	185,91

écart-type e	0,80	4,77	0,54	1,63	2,70	2,68	0,65
e(L)	0,93	5,00	0,66		1,00		
e(L)/m(L)	0,5%	6,5%	0,4%		0,5%		
e(NL)					1,09	1,57	0,91
e(NL)/m(NL)					0,6%	1,6%	0,5%
Gitan	185,97	93,87	185,46	75,01	185,73	97,60	
	185,67	99,32	185,63	57,42	185,64	93,26	
	186,25	98,80	185,62	60,48	186,53	105,13	189,16
moyenne m	185,96	97,33	185,57	64,30	185,97	98,66	189,16
m(L)	185,96	97,33	185,57		185,97	95,43	
m(NL)						105,13	189,16
écart-type e	0,29	3,01	0,10	9,40	0,49	6,01	
e(L)	0,29	3,01	0,10		0,49	3,07	
e(L)/m(L)	0,2%	3,1%	0,1%		0,3%	3,2%	

bons, mauvais
leader, non-leader

Annexe 2b: amplitudes de l'angle du carpe pour un saut de 1,00 mètre de hauteur

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
Ascot			127,80	129,60	92,69	
			114,00	116,33	97,05	
			131,87	136,50	103,83	
moyenne m			124,56	127,48	97,86	
m(L)			129,84			
m(NL)			114,00	127,48	97,86	
écart-type e			9,37	10,25	5,61	
e(L)			2,88			
e(L)/m(L)			2,2%			
e(NL)				10,25	5,61	
e(NL)/m(NL)				8,0%	5,7%	
Belle de Youx	88,88	88,14	131,10	128,17	81,74	83,26
	91,82	92,47	129,72	129,46	85,24	84,33
	77,66	80,00	130,01	129,93	85,63	82,87
	84,83	84,71	122,09	121,54	86,07	85,49
	92,62	90,87	119,81	120,07	90,45	87,32
moyenne m	87,16	87,24	126,55	125,83	85,83	84,65
m(L)	86,12	86,87	130,28	129,93	85,63	82,87
m(NL)	88,73	87,79	120,95	124,81	85,88	85,10
écart-type e	6,13	5,00	5,20	4,66	3,10	1,81
e(L)	7,47	6,33	0,73			
e(L)/m(L)	8,7%	7,3%	0,6%			
e(NL)	5,51	4,36	1,61	4,69	3,58	1,74
e(NL)/m(NL)	6,2%	5,0%	1,3%	3,8%	4,2%	2,0%
Crazy horse		90,85	120,35	120,02	82,76	80,56
	88,44	85,80	122,82	125,07	85,64	83,31
		88,02	121,88	125,56		
	95,85	95,55	142,83	144,46	88,43	87,24
moyenne m	92,15	90,06	126,97	128,78	85,61	83,70
m(L)	88,44	86,91	122,35	122,79	82,76	80,56
m(NL)	95,85	93,20	131,59	134,77	87,04	85,28
écart-type e	5,24	4,21	10,62	10,75	2,84	3,36
e(L)		1,57	0,66	3,92		
e(L)/m(L)		1,8%	0,5%	3,2%		
e(NL)		3,32	15,90	13,71	1,97	2,78
e(NL)/m(NL)		3,6%	12,1%	10,2%	2,3%	3,3%
Effutée	84,81	85,33	125,79	128,06	89,41	83,85
		95,66	125,26	126,06		
	90,22	89,72	119,85	119,50	85,86	
moyenne m	87,52	90,24	123,63	124,54	87,635	83,85
m(L)	84,81	85,33	125,79	127,06	89,41	83,85
m(NL)	90,22	92,69	122,56	119,5	85,86	
écart-type e	3,83	5,18	3,29	4,48	2,51	
e(L)				1,41		
e(L)/m(L)				1,1%		
e(NL)		4,20	3,83			
e(NL)/m(NL)		4,5%	3,1%			

Epsom	112,53	110,67	146,00	148,29	106,13	117,52
	109,04	107,65	138,72	140,50	98,18	93,43
	116,45	112,39	153,44	157,71	103,72	101,72
	107,27	106,78	145,68	149,35	98,62	94,04
moyenne m	111,32	109,37	145,96	148,96	101,66	101,68
m(NL)	111,32	109,37	145,96	148,96	101,66	101,68
écart-type e	4,06	2,61	6,01	7,04	3,90	11,22
e(NL)	4,06	2,61	6,01	7,04	3,90	11,22
e(NL)/m(NL)	3,6%	2,4%	4,1%	4,7%	3,8%	11,0%
Fumay			118,24	118,97	81,37	70,88
		81,25	128,95	130,41		
		90,12	119,25	124,23	90,83	
		88,42	113,30	114,06		
moyenne m		86,60	119,94	121,92	86,10	70,88
m(L)		88,42	113,30			
m(NL)		85,69	122,15	121,92	86,10	70,88
écart-type e		4,71	6,55	7,02	6,69	
e(NL)		6,27	5,91	7,02	6,69	
e(NL)/m(NL)		7,3%	4,8%	5,8%	7,8%	
Vent du sud	85,57	85,21	129,67	131,34	98,10	94,37
	90,15	88,48	128,91	134,77	93,79	86,76
	82,56	84,85	127,09	124,29	82,61	81,39
	83,93	86,28	130,51	130,40	90,50	86,12
	92,63	93,27	124,56	131,27	98,83	88,45
moyenne m	86,97	87,62	128,15	130,41	92,77	87,42
m(L)	84,02	85,45	129,09	129,82	88,97	84,76
m(NL)	91,39	90,88	126,74	131,31	98,47	91,41
écart-type e	4,27	3,46	2,37	3,81	6,61	4,69
e(L)	1,51	0,74	1,78	5,26	5,75	2,93
e(L)/m(L)	1,8%	0,9%	1,4%	4,1%	6,5%	3,5%
e(NL)	1,75	3,39	3,08	0,05	0,52	4,19
e(NL)/m(NL)	1,9%	3,7%	2,4%	0,0%	0,5%	4,6%
Agatha	120,67	117,46	147,98	146,53	115,37	117,42
	93,95	91,12	113,44	116,78	85,72	80,38
	95,10	91,42	121,43	124,72	94,08	91,32
	96,08	100,03	135,69	136,78	95,78	90,04
	120,67	117,46	147,98	147,94	116,8	117,42
moyenne m	105,29	103,50	133,30	134,55	101,55	99,32
m(L)	112,47	111,65	143,88	134,55	101,55	99,32
m(NL)	94,53	91,27	117,44			
écart-type e	14,06	13,24	15,59	13,60	13,81	17,06
e(L)	14,20	10,06	7,10	13,60	13,81	17,06
e(L)/m(L)	12,6%	9,0%	4,9%	10,1%	13,6%	17,2%
e(NL)	0,81	0,21	5,65			
e(NL)/m(NL)	0,9%	0,2%	4,8%			
Axel	108,59	109,35	132,53	133,77	97,55	97,28
	106,25	107,33	129,33	133,46	100,86	94,96
	108,18	104,22	124,89	128,83	104,10	102,72
	116,62	113,33	137,09	141,08	105,90	104,57
	107,39	107,57	129,87	132,74	104,99	102,33
moyenne m	109,41	108,36	130,74	133,98	102,68	100,37

m(L)	107,41	108,08	130,58			
m(NL)	112,40	108,78	130,99	133,98	102,68	100,37
écart-type e	4,13	3,34	4,49	4,44	3,44	4,06
e(L)	1,17	1,10	1,71			
e(L)/m(L)	1,1%	1,0%	1,3%			
e(NL)	5,97	6,44	8,63	4,44	3,44	4,06
e(NL)/m(NL)	5,3%	5,9%	6,6%	3,3%	3,4%	4,0%
Bleu marine	76,49	79,65	132,67	133,97	82,75	82,41
	80,28	82,01	138,56	141,55	87,71	85,36
	88,30	89,34	141,43	140,96	93,24	89,15
	83,09	83,77	127,89	126,83	82,52	83,45
	85,75	85,98	124,36	123,80	81,07	80,63
moyenne m	82,78	84,15	132,98	133,42	85,46	84,20
m(L)	78,39	80,83	135,62	141,26	90,48	87,26
m(NL)	85,71	86,36	131,23	128,20	82,11	82,16
écart-type e	4,62	3,72	7,12	8,05	5,02	3,25
e(L)	2,68	1,67	4,16	0,42	3,91	2,68
e(L)/m(L)	3,4%	2,1%	3,1%	0,3%	4,3%	3,1%
e(NL)	2,61	2,80	9,01	5,22	0,91	1,43
e(NL)/m(NL)	3,0%	3,2%	6,9%	4,1%	1,1%	1,7%
Caroline	88,99	87,76	110,89	118,74	80,21	69,52
	79,52	79,66	140,12	141,09	87,06	84,02
	84,14	82,33	145,51	143,25	85,90	
	77,17	77,88	142,01	141,92	82,85	
	92,41	89,74	117,89	118,22	75,12	72,01
moyenne m	84,45	83,47	131,28	132,64	82,23	75,18
m(L)	80,28	79,96	142,55	132,64	82,23	75,18
m(NL)	90,70	88,75	114,39			
écart-type e	6,35	5,12	15,74	12,95	4,79	7,75
e(L)	3,55	2,24	2,73	12,95	4,79	7,75
e(L)/m(L)	4,4%	2,8%	1,9%	9,8%	5,8%	10,3%
e(NL)	2,42	1,40	4,95			
e(NL)/m(NL)	2,7%	1,6%	4,3%			
Elue	97,61	96,64	131,09	132,00	86,63	83,58
	99,66	97,34	131,96	134,52	88,62	
	95,59	95,36	134,45	133,41	92,77	87,48
	89,31	91,15	130,97	134,85	101,76	96,14
	92,00	91,63	129,50	134,54	106,53	99,76
moyenne m	94,83	94,42	131,59	133,86	95,26	91,74
m(L)	90,66	91,39	130,24			
m(NL)	97,62	96,45	132,50	133,86	95,26	91,74
écart-type e	4,19	2,86	1,82	1,18	8,57	7,49
e(L)	1,90	0,34	1,04			
e(L)/m(L)	2,1%	0,4%	0,8%			
e(NL)	2,04	1,00	1,74	1,18	8,57	7,49
e(NL)/m(NL)	2,1%	1,0%	1,3%	0,9%	9,0%	8,2%
Gai luron	104,41	104,40	137,79	137,11		
	103,59	103,97	135,05	129,47	86,72	91,89
	114,21	112,65	134,77	135,45	95,75	94,47
	111,81	110,94	133,43	130,67	86,04	88,38
moyenne m	108,51	107,99	135,26	133,18	89,50	91,58
m(L)	109,87	109,19	134,42	136,28	95,75	94,47

m(NL)	104,41	104,40	137,79	130,07	86,38	90,14
écart-type e	5,30	4,45	1,83	3,68	5,42	3,06
e(L)	5,57	4,60	0,87	1,17		
e(L)/m(L)	5,1%	4,2%	0,6%	0,9%		
e(NL)				0,85	0,48	2,48
e(NL)/m(NL)				0,7%	0,6%	2,8%
Gitan	92,10	91,59	110,45	110,72	88,13	
	86,35	86,31	128,21	128,22	92,38	
	87,45	86,82	125,14	126,05	81,40	84,03
moyenne m	88,63	88,24	121,27	121,66	87,30	84,03
m(L)	86,63	88,24	121,27	121,66	90,26	
m(NL)					81,40	84,03
écart-type e	3,05	2,91	9,49	9,54	5,54	
e(L)	3,05	2,91	9,49	9,54	3,01	
e(L)/m(L)	3,5%	3,3%	7,8%	7,8%	3,3%	

bons, mauvais

leader, non-leader

Annexe 3a: valeurs extrêmes de l'angle du coude pour un saut de 1,00 mètre de hauteur

	max.1	min.1	max.2	min.2	max.3	min.3	max.4
Ascot		84,81	152,47	67,19	155,40	93,81	
			153,47	68,26	156,41	94,62	
		84,77	152,17	68,97	156,09	91,16	143,92
		81,11	151,56	67,23	156,42		
		78,25	154,46	66,14	136,93	92,68	
moyenne m		82,24	152,83	67,56	152,25	93,07	143,92
m(L)		82,24	152,67				
m(NL)			153,47		152,25	93,07	143,92
écart-type e		3,17	1,15	1,09	8,57	1,50	
e(L)		3,17	1,26				
e(L)/m(L)		3,9%	0,8%				
e(NL)					8,57	1,50	
e(NL)/m(NL)					5,6%	1,6%	
Belle de youx	138,26	93,73	150,79	74,11	189,10	204,83	97,46

e(L)					2,17		
e(L)/m(L)					1,4%		
e(NL)	1,03	3,28	0,83		0,87	2,31	4,53
e(NL)/m(NL)	0,6%	3,4%	0,5%		0,5%	2,2%	3,0%
Epsom	171,63	81,67	174,27	62,56	169,70	81,58	
	163,77	93,08	162,78	75,28	165,53	105,62	163,09
	163,30	94,04	160,18	74,24	164,85	99,55	161,89
	163,81	90,51	159,71	79,00	163,72	100,21	162,14
	180,99	76,85	169,81	69,30	173,04	89,40	
moyenne m	168,70	87,23	165,35	72,08	167,37	95,27	162,37
m(NL)	168,70	87,23	165,35		167,37	95,27	162,37
écart-type e	7,70	7,58	6,41	6,35	3,89	9,64	0,63
e(NL)	7,70	7,58	6,41		3,89	9,64	0,63
e(NL)/m(NL)	4,6%	8,7%	3,9%		2,3%	10,1%	0,4%
Fumay	160,02	83,04	161,68	79,04			
		83,05	158,51	79,94	166,99		
		85,37	163,98	79,01	165,80		
moyenne m	160,02	83,82	161,39	79,33	166,40		
m(L)		85,37	163,98				
m(NL)	160,02	83,05	160,10		166,40		
écart-type e		1,34	2,75	0,53	0,84		
e(NL)		0,01	2,24		0,84		
e(NL)/m(NL)		0,0%	1,4%		0,5%		
Vent du sud	154,63	97,79	157,13	73,98	161,68	91,70	167,23
	162,51	100,33	160,60	77,13	162,89	100,44	164,79
	155,50	100,18	158,29	73,69	161,23	102,89	161,28
	154,63	100,59	157,47	73,59	161,14	95,41	166,12
	162,22	96,19	160,57	74,81	165,91	101,29	166,12
moyenne m	157,90	99,02	158,81	74,64	162,57	98,35	165,11
m(L)	154,92	99,52	157,63		161,75	99,58	164,06
m(NL)	162,37	98,26	160,59		163,80	96,50	166,68
écart-type e	4,09	1,94	1,67	1,47	1,99	4,65	2,31
e(L)	0,50	1,51	0,60		0,99	3,81	2,50
e(L)/m(L)	0,3%	1,5%	0,4%		0,6%	3,8%	1,5%
e(NL)	0,21	2,93	0,02		2,99	6,78	0,78
e(NL)/m(NL)	0,1%	3,0%	0,0%		1,8%	7,0%	0,5%
Agatha	150,61	97,02	156,16	71,73	153,25	97,39	161,40
	157,20	102,64	154,44	70,22	153,45	101,37	153,66
	157,10	98,87	154,53	72,05	152,21	98,86	157,54
	151,16	98,23	153,75	68,57	153,68	100,19	157,45
	147,31	97,60	154,35	68,27	155,13	95,30	154,30
moyenne m	152,68	98,87	154,65	70,17	153,54	98,62	156,87
m(L)	149,69	97,62	154,75		153,54	98,62	156,87
m(NL)	157,15	100,76	154,49				
écart-type e	4,34	2,22	0,90	1,74	1,05	2,38	3,09
e(L)	2,08	0,61	1,25		1,05	2,38	3,09
e(L)/m(L)	1,4%	0,6%	0,8%		0,7%	2,4%	2,0%
e(NL)	0,07	2,67	0,06				
e(NL)/m(NL)	0,0%	2,6%	0,0%				
Axel	154,13	85,73	155,11	86,48	162,96	94,95	161,34
	152,91	84,61	157,12	85,41	164,19	95,49	159,88

	160,36	93,25	156,38	91,47	164,90	94,69	160,61
	164,00	87,41	161,22	93,86	163,49	99,77	158,51
	144,16	79,69	154,47	84,94	164,63	96,26	158,82
moyenne m	155,11	86,14	156,86	88,43	164,03	96,23	159,83
m(L)	150,40	83,34	155,57				
m(NL)	162,18	90,33	158,80		164,03	96,23	159,83
écart-type e	7,62	4,91	2,65	3,99	0,80	2,07	1,19
e(L)	5,44	3,21	1,38				
e(L)/m(L)	3,6%	3,9%	0,9%				
e(NL)	2,57	4,13	3,42		0,80	2,07	1,19
e(NL)/m(NL)	1,6%	4,6%	2,2%		0,5%	2,2%	0,7%
Bleu marine	149,02	103,49	154,30	74,88	158,13	108,33	163,21
	144,34	97,71	152,79	77,21	159,13	94,25	163,93
	148,04	95,25	154,36	83,43	158,79	96,91	152,98
	158,20	101,04	154,14	80,33	158,83	107,62	151,98
	158,53	100,58	153,82	79,73	158,85	106,44	150,88
moyenne m	151,63	99,61	153,88	79,12	158,75	102,71	156,60
m(L)	146,68	100,60	153,55		158,96	95,58	158,46
m(NL)	154,92	98,96	154,11		158,60	107,46	155,36
écart-type e	6,40	3,19	0,65	3,24	0,37	6,61	6,41
e(L)	3,31	4,09	1,07		0,24	1,88	7,74
e(L)/m(L)	2,3%	4,1%	0,7%		0,2%	2,0%	4,9%
e(NL)	5,96	3,22	0,27		0,41	0,95	6,82
e(NL)/m(NL)	3,8%	3,3%	0,2%		0,3%	0,9%	4,4%
Caroline	157,37	96,64	153,63	70,14	149,97	106,82	147,76
	148,71	95,37	152,38	76,02	155,75	94,92	
	147,77	98,55	151,86	77,72	153,29	99,18	
	156,03	91,85	149,20	67,00	151,43	97,74	147,23
moyenne m	152,47	95,60	151,77	72,72	152,61	99,67	147,50
m(L)	148,24	96,96	152,12		152,61	99,67	147,50
m(NL)	156,70	94,25	151,42				
écart-type e	4,93	2,82	1,87	5,01	2,50	5,09	0,37
e(L)	0,66	2,25	0,37		2,50	5,09	0,37
e(L)/m(L)	0,4%	2,3%	0,2%		1,6%	5,1%	0,3%
e(NL)	0,95	3,39	3,39				
e(NL)/m(NL)	0,6%	3,6%	2,2%				
Elue	165,00	95,57	162,65	104,67	168,18	113,20	167,84
	166,42	100,26	161,95	101,01	167,08	113,90	
	167,28	105,61	162,95	99,72	166,43	107,74	168,45

	139,10	83,69	157,65	82,57	164,40	106,34	157,42
moyenne m	144,15	86,29	158,89	84,61	158,89	102,40	157,02
m(L)	140,35	87,52	158,88		153,59	97,22	149,36
m(NL)	155,53	82,60	158,92		164,19	104,99	160,85
écart-type e	7,64	4,24	1,00	2,59	8,79	4,68	7,47
e(L)	1,09	4,22	1,23		10,92		
e(L)/m(L)	0,8%	4,8%	0,8%		7,1%		
e(NL)					0,30	1,91	4,85
e(NL)/m(NL)					0,2%	1,8%	3,0%
Gitan	145,14	89,26	155,98	107,99	165,39	94,61	
	159,44	97,47	157,54	103,03	159,96	86,79	143,41
	161,03	94,76	156,56	91,28	161,91	109,18	160,25
moyenne m	155,20	93,83	156,69	100,77	162,42	96,86	151,83
m(L)	155,20	93,83	156,69		162,42	90,70	143,41
m(NL)						109,18	160,25
écart-type e	8,75	4,18	0,79	8,58	2,75	11,36	11,91
e(L)	8,75	4,18	0,79		2,75	5,53	
e(L)/m(L)	5,6%	4,5%	0,5%		1,7%	6,1%	

bons, mauvais

leader, non-leader

Annexe 3b: amplitudes de l'angle du coude pour un saut de 1,00 mètre de hauteur

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
Ascot		67,66	85,28	88,21	61,59	
			85,21	88,15	61,79	
		67,40	83,20	87,12	64,93	
		70,45	84,33	89,19		
		73,21	85,32	90,79	64,25	
moyenne m		69,68	84,67	88,69	63,14	
m(L)		69,68	84,53			
m(NL)			85,21	88,69	63,14	
écart-type e		2,73	0,92	1,38	1,70	
e(L)		2,73	1,00			
e(L)/m(L)		3,9%	1,2%			
e(NL)				1,38	1,70	
e(NL)/m(NL)				1,6%	2,7%	
Belle de youx	44,53	57,06	76,51	86,57	62,83	57,04
	45,41	61,40	77,71	86,45	61,41	59,18
	46,85	50,49	72,18	83,37	55,39	54,98
	60,76	55,66	77,78	81,28	58,43	55,98
	61,58	57,24	77,44	79,58	61,97	61,45
moyenne m	51,83	56,37	76,32	83,45	60,01	57,73
m(L)	45,60	56,32	75,47	83,37	55,39	54,98
m(NL)	61,17	56,45	77,61	83,47	61,16	58,41
écart-type e	8,57	3,92	2,37	3,10	3,07	2,60
e(L)	1,17	5,49	2,91			
e(L)/m(L)	2,6%	9,8%	3,9%			
e(NL)	0,58	1,12	0,24	3,58	1,91	2,42
e(NL)/m(NL)	0,9%	2,0%	0,3%	4,3%	3,1%	4,1%
Crazy horse		64,20	79,91	77,16	64,75	69,28
	51,25	53,60	66,10	76,25	58,49	55,40
	46,72	56,88	69,02	71,49	57,69	62,44
	41,73	57,01	72,53	73,77	69,53	62,52
	73,60	71,79	75,89	78,87	56,29	57,10
moyenne m	53,33	60,70	72,69	75,51	61,35	61,35
m(L)	46,57	55,83	69,22	74,14	63,99	64,75
m(NL)	73,60	68,00	77,90	77,56	57,39	56,25
écart-type e	14,06	7,31	5,46	2,90	5,60	5,45
e(L)	4,76	1,93	3,22	2,85	5,96	3,93
e(L)/m(L)	10,2%	3,5%	4,7%	3,8%	9,3%	6,1%
e(NL)		5,37	2,84	1,85	1,56	1,20
e(NL)/m(NL)		7,9%	3,6%	2,4%	2,7%	2,1%
Effutée	56,86	56,77	71,39	76,26	55,44	55,26
	59,88	59,15	67,56	69,12	53,98	51,26
	67,45	64,29	65,35	69,55	52,31	39,33
	65,12	61,18	67,64	71,86		
	59,57	56,06	70,28	73,87	55,30	50,17
moyenne m	61,78	59,49	68,44	72,13	54,26	49,01
m(L)	56,86	56,77	71,39	74,06	55,44	55,26
m(NL)	63,01	60,17	67,71	70,85	53,86	46,92

écart-type e	4,36	3,36	2,40	2,99	1,46	6,81
e(L)				3,11		
e(L)/m(L)				4,2%		
e(NL)	3,91	3,46	2,02	2,63	1,50	6,60
e(NL)/m(NL)	6,2%	5,8%	3,0%	3,7%	2,8%	14,1%
Epsom	89,96	92,60	111,71	107,14	68,50	
	70,69	69,70	87,50	90,25	59,91	57,47
	69,26	66,14	85,94	90,61	65,30	62,34
	73,30	69,20	80,71	84,72	63,51	61,93
	104,14	92,96	100,51	103,74	83,64	
moyenne m	81,47	78,12	93,27	95,29	68,17	60,58
m(NL)	81,47	78,12	93,27	95,29	68,17	60,58
écart-type e	15,15	13,45	12,62	9,63	9,19	2,70
e(NL)	15,15	13,45	12,62	9,63	9,19	2,70
e(NL)/m(NL)	18,6%	17,2%	13,5%	10,1%	13,5%	4,5%
Fumay	76,98	78,64	82,64			
		75,46	78,57	87,05		
		78,61	84,97	86,79		
moyenne m	76,98	77,57	82,06	86,92		
m(L)		78,61	84,97			
m(NL)	76,98	77,05	80,61	86,92		
écart-type e		1,83	3,24	0,18		
e(NL)		2,25	2,88	0,18		
e(NL)/m(NL)		2,9%	3,6%	0,2%		
Vent du sud	56,84	59,34	83,15	87,70	69,98	75,53
	62,18	60,27	83,47	85,76	62,45	64,35
	55,32	58,11	84,60	87,54	58,34	58,39
	54,04	56,88	83,88	87,55	65,73	70,71
	66,03	64,38	85,76	91,10	64,62	64,83
moyenne m	58,88	59,80	84,17	87,93	64,22	66,76
m(L)	55,40	58,11	83,88	86,95	62,17	64,48
m(NL)	64,11	62,33	84,62	89,40	67,30	70,18
écart-type e	5,06	2,86	1,04	1,94	4,28	6,56
e(L)	1,40	1,23	0,73	1,03	3,70	6,16
e(L)/m(L)	2,5%	2,1%	0,9%	1,2%	6,0%	9,6%
e(NL)	2,72	2,91	1,62	2,40	3,79	7,57
e(NL)/m(NL)	4,2%	4,7%	1,9%	2,7%	5,6%	10,8%
Agatha	53,59	59,14	84,43	81,52	55,86	64,01
	54,56	51,80	84,22	83,23	52,08	52,29
	58,23	55,66	82,48	80,16	53,35	58,68
	52,93	55,52	85,18	84,61	52,99	57,26
	49,71	56,75	86,08	86,86	59,83	59,00
moyenne m	53,80	55,77	84,48	83,28	54,82	58,25
m(L)	52,08	57,14	85,23	83,28	54,82	58,25
m(NL)	56,40	53,73	83,35			

	68,30	72,51	71,71	78,78	68,70	64,39
	67,11	63,13	64,91	73,43	70,21	65,92
	76,59	73,81	67,36	69,63	63,72	58,74
	64,47	74,78	69,53	79,69	68,37	62,56
moyenne m	68,97	70,72	68,43	75,60	67,80	63,60
m(L)	67,06	72,22	69,96			
m(NL)	71,85	68,47	66,14	75,60	67,80	63,60
écart-type e	4,54	4,71	2,53	4,12	2,43	3,10
e(L)	2,24	2,71	1,58			
e(L)/m(L)	3,3%	3,8%	2,3%			
e(NL)	6,70	7,55	1,73	4,12	2,43	3,10
e(NL)/m(NL)	9,3%	11,0%	2,6%	5,4%	3,6%	4,9%
Bleu marine	45,53	50,81	79,42	83,25	49,80	54,88
	46,63	55,08	75,58	81,92	64,88	69,68
	52,79	59,11	70,93	75,36	61,88	56,07
	57,16	53,10	73,81	78,50	51,21	44,36
	57,95	53,24	74,09	79,12	52,41	44,44
moyenne m	52,01	54,27	74,77	79,63	56,04	53,89
m(L)	46,08	52,95	77,50	78,64	63,38	62,88
m(NL)	55,97	55,15	72,94	80,29	51,14	47,89
écart-type e	5,77	3,10	3,10	3,09	6,85	10,43
e(L)	0,78	3,02	2,72	4,64	2,12	9,62
e(L)/m(L)	1,7%	5,7%	3,5%	5,9%	3,3%	15,3%
e(NL)	2,78	3,43	1,75	2,58	1,31	6,05
e(NL)/m(NL)	5,0%	6,2%	2,4%	3,2%	2,6%	12,6%
Caroline	60,73	56,99	83,49	79,83	43,15	40,94
	53,34	57,01	76,36	79,73	60,83	
	49,22	53,31	74,14	75,57	54,11	
	64,18	57,35	82,20	84,43	53,69	49,49
moyenne m	56,87	56,17	79,05	79,89	52,95	45,22
m(L)	51,28	55,16	75,25	79,89	52,95	45,22
m(NL)	62,46	57,17	82,85			
écart-type e	6,81	1,91	4,51	3,62	7,30	6,05
e(L)	2,91	2,62	1,57	3,62	7,30	6,05
e(L)/m(L)	5,7%	4,7%	2,1%	4,5%	13,8%	13,4%
e(NL)	2,44	0,25	0,91			
e(NL)/m(NL)	3,9%	0,4%	1,1%			
Elue	69,43	67,08	57,98	63,51	54,98	54,64
	66,16	61,69	60,94	66,07	53,18	
	61,67	57,34	63,23	66,71	58,69	60,71
	58,83	59,98	60,37	66,00	60,55	
	58,94	60,32	69,66	77,21	62,36	
moyenne m	63,01	61,28	62,44	67,90	57,95	57,68
m(L)	58,89	60,15	65,02			
m(NL)	65,75	62,04	60,72	67,90	57,95	57,68
écart-type e	4,66	3,60	4,45	5,35	3,82	4,29
e(L)	0,08	0,24	6,57			
e(L)/m(L)	0,1%	0,4%	10,1%			
e(NL)	3,90	4,88	2,63	5,35	3,82	4,29
e(NL)/m(NL)	5,9%	7,9%	4,3%	7,9%	6,6%	7,4%
Gai luron	72,93	76,32	71,44	58,38		
	48,81	68,05	74,00	77,88	60,34	60,64

	54,26	72,07	76,63	79,04	64,09	52,14
	55,41	73,96	75,08	81,83	58,06	51,08
moyenne m	57,85	72,60	74,29	74,28	60,83	54,62
m(L)	52,83					
m(NL)	72,93					
écart-type e	10,46					
e(L)	3,53					
e(NL)						
e(NL)/m(NL)						

Annexe 5a: valeurs extrêmes et variabilités moyennes de l'angle du boulet antérieur (1,00 mètre de hauteur)

	min.1	max.1	min.2	max.2	min.3	max.3	min.4
moyenne m	118,70	226,17	123,68	230,00	116,89	223,96	121,52
I.A.V.	5,71	4,57	7,61	4,66	3,87	4,36	5,03
I.A.V./m	4,8%	2,0%	6,2%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
I.E.V.	6,52	7,58	7,74	8,45	7,86	9,16	7,19
I.A.V./I.E.V.	0,88	0,60	0,98	0,55	0,49	0,48	0,70
moyenne (B)	115,90	225,78	122,50	231,31	115,14	220,60	119,01
I.A.V. (B)	4,46	5,22	7,80	4,01	3,81	4,04	5,97
I.E.V.(B)	8,06	6,35	8,50	6,10	8,34	6,93	7,84
moyenne (M)	120,45	226,47	124,74	228,81	118,48	226,77	123,38
I.A.V. (M)	6,60	4,01	7,43	5,31	3,94	4,68	4,25
I.E.V.(M)	5,46	9,01	7,41	10,46	7,57	10,72	7,03
moyenne L	123,45	226,11	129,85		120,76	223,28	127,54
I.A.V. L	2,69	2,29	3,68		3,33	2,98	4,39
I.A.V.(L)/m(L)	2,2%	1,0%	2,8%		2,8%	1,3%	3,4%
I.E.V. L	6,91	6,10	7,41		11,12	7,44	4,65
I.E.V./I.A.V.	2,57	2,67	2,01		3,34	2,49	1,06
moyenne NL	113,07	226,23	116,87		114,39	224,35	117,78
I.A.V. NL	1,71	3,30	2,82		3,25	4,00	4,79
I.A.V.(NL)/m(NL)	1,5%	1,5%	2,4%		2,8%	1,8%	4,1%
I.E.V. NL	5,24	11,02	9,46		6,36	9,75	6,67
I.E.V./I.A.V.	3,06	3,34	3,36		1,95	2,44	1,39
moyenne L(B)	121,99	224,46	130,02		117,96	224,81	125,61
I.A.V. L(B)	3,49	2,22	4,72		4,33	2,07	2,40
I.A.V. L(B)/m L(B)	2,9%	1,0%	3,6%		3,7%	0,9%	1,9%
I.E.V. L(B)	4,85	3,08	7,10		15,64	8,65	3,77
I.E.V./I.A.V.	1,39	1,39	1,50		3,61	4,18	1,57
moyenne NL(B)	110,92	226,82	116,40		114,24	219,34	116,19
I.A.V. NL(B)	1,86	4,13	2,47		2,72	4,18	6,33
I.A.V. NL(B)/m NL(B)	1,7%	1,8%	2,1%		2,4%	1,9%	5,5%
I.E.V. NL(B)	4,73	10,30	11,53		7,22	6,44	8,85
I.E.V./I.A.V.	2,54	2,49	4,67		2,66	1,54	1,40
moyenne L(M)	124,25	227,06	129,73		121,91	222,67	128,50
I.A.V. L(M)	2,35	2,31	3,08		2,93	3,21	5,06
I.A.V. L(M)/m L(M)	1,9%	1,0%	2,4%		2,4%	1,4%	3,9%
I.E.V. L(M)	8,03	7,46	8,20		6,85	7,17	5,81
I.E.V./I.A.V.	3,42	3,22	2,67		2,33	2,23	1,15
moyenne NL(M)	114,90	225,59	117,45		114,60	230,62	119,28
I.A.V. NL(M)	1,59	2,47	3,17		4,19	3,69	2,86
I.A.V. NL(M)/m NL(M)	1,4%	1,1%	2,7%		3,7%	1,6%	2,4%
I.E.V. NL(M)	5,78	12,42	7,04		5,51	12,73	5,53
I.E.V./I.A.V.	3,63	5,03	2,22		1,31	3,45	1,94

Annexe 5b: amplitudes et variabilités moyennes de l'angle du boulet antérieur (1,00 mètre de hauteur)

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
moyenne	106,95	102,60	106,27	113,12	107,05	102,40
I.A.V.	5,54	6,56	11,08	5,19	6,08	6,82
I.A.V./m	5,2%	6,4%	10,4%	4,6%	5,7%	6,7%
I.E.V.	9,10	9,68	10,54	9,88	10,58	10,30
I.A.V./I.E.V.	0,61	0,68	1,05	0,53	0,57	0,66
moyenne (B)	108,68	104,05	108,81	116,28	105,75	102,59
I.A.V. (B)	4,64	6,44	10,86	4,80	5,82	9,20
I.E.V. (B)	11,90	11,75	10,05	8,46	8,26	8,21
moyenne (M)	105,86	101,47	103,97	110,26	108,13	102,25
I.A.V. (M)	6,18	6,66	11,29	5,58	6,35	4,84
I.E.V. (M)	7,50	8,18	10,91	10,42	13,09	12,19
moyenne L	102,74	96,61	96,12	105,80	101,77	94,51
I.A.V. L	2,45	3,99	5,06	3,53	4,97	4,58
I.A.V.(L)/m(L)	2,4%	4,1%	5,3%	3,3%	4,9%	4,8%
I.E.V. L	7,14	7,96	10,64	7,89	7,52	6,64
I.E.V./I.A.V.	2,92	2,00	2,10	2,24	1,51	1,45
moyenne NL	111,86	109,92	117,47	117,87	110,12	107,29
I.A.V. NL	2,99	3,83	4,99	5,07	5,20	7,64
I.A.V.(NL)/m(NL)	2,7%	3,5%	4,2%	4,3%	4,7%	7,1%
I.E.V. NL	10,39	10,77	10,41	8,84	11,34	9,14
I.E.V./I.A.V.	3,48	2,81	2,09	1,75	2,18	1,20
moyenne L(B)	102,57	95,64	99,16	110,56	106,20	99,20
I.A.V. L(B)	1,93	5,38	6,16	1,48	5,30	0,46
I.A.V. L(B)/m L(B)	1,9%	5,6%	6,2%	1,3%	5,0%	0,5%
I.E.V. L(B)	4,85	8,79	12,93	8,78	8,61	5,90
I.E.V./I.A.V.	2,51	1,64	2,10	5,93	1,62	12,82
moyenne NL(B)	113,68	110,66	116,65	118,10	105,62	104,05
I.A.V. NL(B)	3,33	3,45	4,40	4,88	4,88	10,55
I.A.V. NL(B)/m NL(B)	2,9%	3,1%	3,8%	4,1%	4,6%	10,1%
I.E.V. NL(B)	12,68	11,72	12,35	8,26	9,02	9,24
I.E.V./I.A.V.	3,81	3,39	2,81	1,69	1,85	0,88
moyenne L(M)	102,81	97,17	94,04	103,83	100,00	92,17
I.A.V. L(M)	2,67	3,40	4,44	4,35	4,89	5,96
I.A.V. L(M)/m L(M)	2,6%	3,5%	4,7%	4,2%	4,9%	6,5%
I.E.V. L(M)	8,54	8,01	8,09	5,89	6,96	8,18
I.E.V./I.A.V.	3,20	2,36	1,82	1,35	1,42	1,37
moyenne NL(M)	111,02	107,76	118,47	117,54	115,75	110,32
I.A.V. NL(M)	2,72	4,22	5,58	5,39	5,76	4,00
I.A.V. NL(M)/m NL(M)	2,4%	3,9%	4,7%	4,6%	5,0%	3,6%
I.E.V. NL(M)	9,78	10,84	8,56	10,95	14,10	9,17
I.E.V./I.A.V.	3,60	2,57	1,53	2,03	2,45	2,29

Annexe 6b: valeurs extrêmes et variabilités moyennes de l'angle du carpe (1,00 mètre de hauteur)

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
moyenne	95,18	94,08	129,90	131,26	92,07	89,86
I.A.V.	5,43	4,68	7,03	7,15	5,50	6,37
I.A.V./m	5,7%	5,0%	5,4%	5,4%	6,0%	7,1%
I.E.V.	10,68	9,75	6,65	6,91	7,02	9,25
I.A.V./I.E.V.	0,51	0,48	1,06	1,03	0,78	0,69
moyenne (B)	93,07	91,77	128,20	129,85	91,56	88,56
I.A.V. (B)	4,70	4,20	6,05	6,67	4,34	5,27
I.E.V. (B)	10,45	8,71	8,38	8,94	6,52	9,86
moyenne (M)	96,49	96,12	131,39	132,50	92,46	91,18
I.A.V. (M)	5,96	5,09	8,01	7,63	6,66	7,11
I.E.V. (M)	11,44	10,90	4,52	4,55	7,98	9,01
moyenne L	93,25	93,11	131,33	131,00	90,51	87,80
I.A.V. L	4,57	3,16	3,01	6,03	6,25	7,61
I.A.V.(L)/m(L)	4,9%	3,4%	2,3%	4,6%	6,9%	8,7%
I.E.V. L	12,21	11,19	8,34	6,32	6,11	7,68
I.E.V./I.A.V.	2,67	3,54	2,77	1,05	0,98	1,01
moyenne NL	97,45	95,13	128,36	131,45	93,03	91,11
I.A.V. NL	3,15	3,27	6,03	5,45	3,57	4,42
I.A.V.(NL)/m(NL)	3,2%	3,4%	4,7%	4,1%	3,8%	4,9%
I.E.V. NL	9,04	8,40	9,40	7,90	7,72	9,00
I.E.V./I.A.V.	2,87	2,57	1,56	1,45	2,16	2,03
moyenne L(B)	85,46	86,45	126,80	127,39	87,45	83,59
I.A.V. L(B)	4,49	2,88	1,51	3,53	5,75	2,93
I.A.V. L(B)/m L(B)	5,3%	3,3%	1,2%	2,8%	6,6%	3,5%
I.E.V. L(B)	1,93	1,27	6,52	3,35	3,12	1,81
I.E.V./I.A.V.	0,43	0,44	4,31	0,95	0,54	0,62
moyenne NL(B)	99,16	95,57	129,25	130,84	92,93	90,10
I.A.V. NL(B)	3,77	4,02	6,06	7,13	3,71	4,98
I.A.V. NL(B)/m NL(B)	3,8%	4,2%	4,7%	5,4%	4,0%	5,5%
I.E.V. NL(B)	9,23	8,40	10,21	9,94	7,12	11,19
I.E.V./I.A.V.	2,45	2,09	1,69	1,39	1,92	2,25
moyenne L(M)	96,53	96,62	134,20	132,71	91,74	90,10
I.A.V. L(M)	4,59	3,27	3,87	7,54	6,38	9,16
I.A.V. L(M)/m L(M)	4,8%	3,4%	2,9%	5,7%	7,0%	10,2%
I.E.V. L(M)	14,50	13,74	7,76	7,24	7,18	10,50
I.E.V./I.A.V.	3,16	4,20	2,00	0,96	1,13	1,15
moyenne NL(M)	96,13	94,65	127,28	132,26	93,14	91,97
I.A.V. NL(M)	2,77	2,37	6,00	2,92	3,35	3,86
I.A.V. NL(M)/m NL(M)	2,9%	2,5%	4,7%	2,2%	3,6%	4,2%
I.E.V. NL(M)	9,63	8,96	9,27	2,87	9,18	7,20
I.E.V./I.A.V.	3,48	3,78	1,55	0,98	2,74	1,86

Annexe 7a: valeurs extrêmes et variabilités moyennes de l'angle du coude (1,00 mètre de hauteur)

	max.1	min.1	max.2	min.2	max.3	min.3	max.4
moyenne	155,35	93,71	157,16	80,93	160,37	99,90	158,36
I.A.V.	6,51	3,64	2,03	3,47	2,68	5,04	3,88
I.A.V./m	4,2%	3,9%	1,3%	4,3%	1,7%	5,0%	2,5%
I.E.V.	6,54	6,57	4,02	10,38	5,10	4,40	6,76
I.A.V./I.E.V.	0,99	0,55	0,50	0,33	0,53	1,15	0,57
moyenne (B)	157,30	92,78	157,86	77,64	161,63	98,48	159,58
I.A.V. (B)	6,91	3,67	2,72	2,52	2,94	4,87	2,97
I.E.V. (B)	7,27	7,30	4,74	7,64	4,86	4,41	7,71
moyenne (M)	153,77	94,67	156,51	84,42	159,70	101,03	156,73
I.A.V. (M)	6,23	3,61	1,33	4,41	2,43	5,18	4,52
I.E.V. (M)	5,76	6,06	3,34	12,06	5,38	4,50	6,52
moyenne L	149,23	93,35	155,63		157,50	98,07	156,97
I.A.V. L	3,42	2,86	1,18		2,68	3,99	4,08
I.A.V.(L)/m(L)	2,3%	3,1%	0,8%		1,7%	4,1%	2,6%
I.E.V. L	6,09	6,92	3,76		3,86	4,24	6,99
I.E.V./I.A.V.	1,78	2,42	3,19		1,44	1,06	1,71
moyenne NL	161,47	94,12	158,79		162,26	101,02	159,30
I.A.V. NL	2,21	3,55	1,74		2,01	3,18	2,52
I.A.V.(NL)/m(NL)	1,4%	3,8%	1,1%		1,2%	3,1%	1,6%
I.E.V. NL	4,28	6,49	4,24		4,65	6,38	6,85
I.E.V./I.A.V.	1,93	1,83	2,44		2,31	2,01	2,72
moyenne L(B)	148,25	93,14	155,00		160,78	99,51	161,68
I.A.V. L(B)	3,54	2,63	1,19		1,31	4,53	4,60
I.A.V. L(B)/m L(B)	2,4%	2,8%	0,8%		0,8%	4,6%	2,8%
I.E.V. L(B)	6,94	7,83	4,80		0,74	3,90	2,37
I.E.V./I.A.V.	1,96	2,98	4,02		0,56	0,86	0,52
moyenne NL(B)	163,33	92,46	160,24		161,09	98,36	158,46
I.A.V. NL(B)	2,30	3,44	1,90		2,85	3,80	1,87
I.A.V. NL(B)/m NL(B)	1,4%	3,7%	1,2%		1,8%	3,9%	1,2%
I.E.V. NL(B)	3,59	6,36	4,37		5,35	6,20	8,46
I.E.V./I.A.V.	1,56	1,85	2,29		1,88	1,63	4,52
moyenne L(M)	149,77	93,52	156,14		155,66	97,25	153,55
I.A.V. L(M)	3,37	2,98	1,17		3,49	3,72	3,73
I.A.V. L(M)/m L(M)	2,3%	3,2%	0,7%		2,2%	3,8%	2,4%
I.E.V. L(M)	6,13	6,63	3,01		4,28	3,52	6,37
I.E.V./I.A.V.	1,82	2,22	2,58		1,22	0,95	1,71
moyenne NL(M)	159,31	96,27	156,78		164,05	104,34	160,27
I.A.V. NL(M)	2,14	3,68	1,53		0,56	2,25	3,32
I.A.V. NL(M)/m NL(M)	1,3%	3,8%	1,0%		0,3%	2,2%	2,1%
I.E.V. NL(M)	4,46	7,12	4,07		3,61	5,44	4,61
I.E.V./I.A.V.	2,08	1,93	2,66		6,45	2,42	1,39

Annexe 7b: amplitudes et variabilités moyennes de l'angle du coude (1,00 mètre de hauteur)

	ampli.1	ampli.2	ampli.3	ampli.4	ampli.5	ampli.6
moyenne	60,57	63,46	76,18	79,72	60,56	57,89
I.A.V.	7,31	4,17	3,95	4,26	4,83	5,11
I.A.V./m	12,1%	6,6%	5,2%	5,3%	8,0%	8,8%
I.E.V.	9,34	8,20	9,90	9,01	5,12	6,04
I.A.V./I.E.V.	0,78	0,51	0,40	0,47	0,94	0,85
moyenne (B)	62,40	65,12	80,12	84,03	62,08	59,41
I.A.V. (B)	9,44	5,07	4,06	3,19	4,18	4,82
I.E.V. (B)	12,39	9,09	8,40	8,06	4,66	6,51
moyenne (M)	59,10	61,74	71,99	75,28	59,13	56,50
I.A.V. (M)	5,79	3,27	3,83	5,33	5,39	5,32
I.E.V. (M)	5,81	7,33	9,81	7,55	5,58	5,62
moyenne L	54,00	62,19	74,99	77,21	59,55	58,64
I.A.V. L	2,42	2,57	2,83	5,03	3,98	5,99
I.A.V.(L)/m(L)	4,5%	4,1%	3,8%	6,5%	6,7%	10,2%
I.E.V. L	6,78	8,15	8,73	7,99	6,21	6,34
I.E.V./I.A.V.	2,80	3,17	3,08	1,59	1,56	1,06
moyenne NL	67,14	64,85	77,45	81,37	61,18	57,36
I.A.V. NL	4,53	4,31	2,77	3,32	2,88	4,52
I.A.V.(NL)/m(NL)	6,7%	6,6%	3,6%	4,1%	4,7%	7,9%
I.E.V. NL	8,12	8,85	9,11	8,31	6,11	7,10
I.E.V./I.A.V.	1,79	2,05	3,29	2,50	2,12	1,57
moyenne L(B)	49,96	61,66	78,68	79,42	61,17	62,24
I.A.V. L(B)	2,44	2,89	1,96	2,33	4,83	5,04
I.A.V. L(B)/m L(B)	4,9%	4,7%	2,5%	2,9%	7,9%	8,1%
I.E.V. L(B)	5,85	9,44	7,11	6,55	4,49	5,48
I.E.V./I.A.V.	2,39	3,27	3,62	2,81	0,93	1,09
moyenne NL(B)	70,70	68,17	81,33	85,83	62,45	57,79
I.A.V. NL(B)	5,59	4,76	3,70	3,09	3,27	4,10
I.A.V. NL(B)/m NL(B)	7,9%	7,0%	4,6%	3,6%	5,2%	7,1%
I.E.V. NL(B)	8,42	9,01	7,95	8,16	5,58	8,37
I.E.V./I.A.V.	1,51	1,89	2,15	2,64	1,70	2,04
moyenne L(M)	56,25	62,63	71,92	75,98	58,62	56,02
I.A.V. L(M)	2,40	2,41	3,33	6,65	3,56	6,62
I.A.V. L(M)/m L(M)	4,3%	3,9%	4,6%	8,8%	6,1%	11,8%
I.E.V. L(M)	7,13	7,62	9,47	9,47	7,71	6,69
I.E.V./I.A.V.	2,96	3,16	2,84	1,42	2,17	1,01
moyenne NL(M)	63,04	60,51	72,08	74,54	59,58	56,91
I.A.V. NL(M)	3,68	3,77	1,65	3,71	2,29	5,05
I.A.V. NL(M)/m NL(M)	5,8%	6,2%	2,3%	5,0%	3,8%	8,9%
I.E.V. NL(M)	7,33	8,78	8,99	5,74	6,56	6,07
I.E.V./I.A.V.	1,99	2,33	5,45	1,55	2,86	1,20

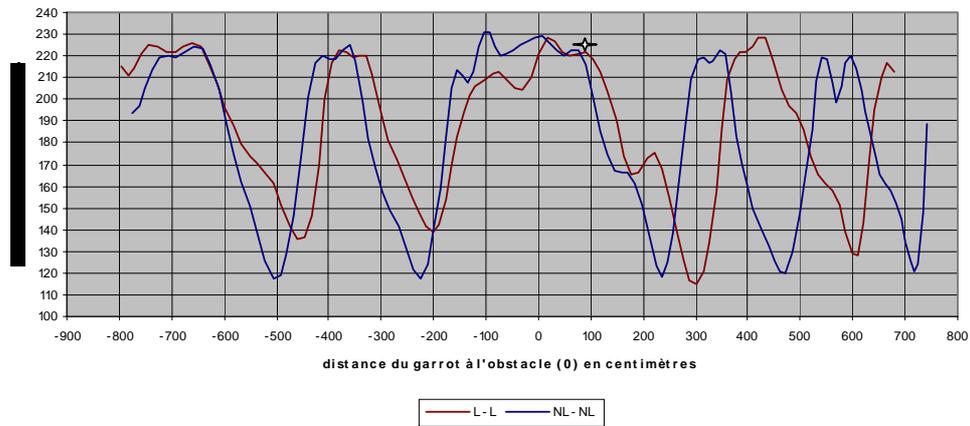
angle du boulet antérieur au trot et au saut

min.2	max.2	min.3	amp
131,13	234,98	111,94	103,
121,63	225,55	106,21	103,
135,71	230,67	127,16	94,9
120,20	223,17	112,46	102,
109,29	231,11	105,98	121,
120,37	241,47	116,67	1,
121,76	233,94	124,62	12,
118,64	223,40	116,78	104,
119,26	224,80	106,96	105,

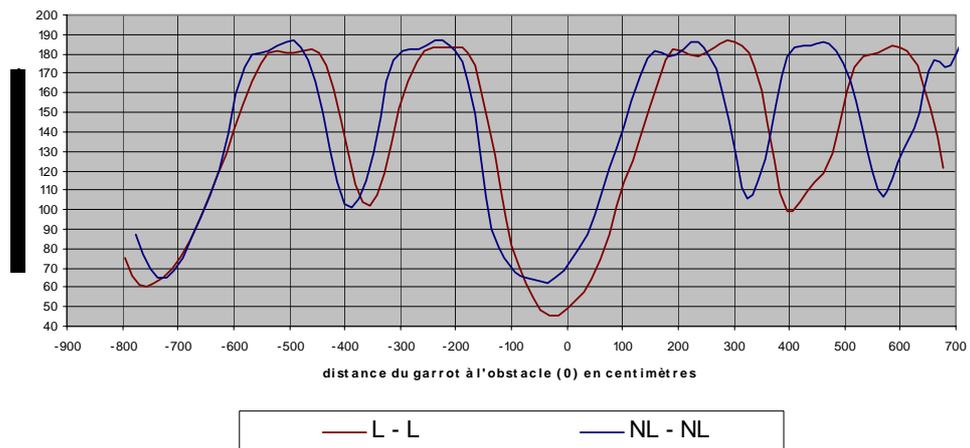


	152,00	101,30	50,70	161,39	79,33	166,40	82,0
	154,40	109,70	44,70	158,81	74,64	162,57	84,1
	154,30	108,10	46,40	154,65	70,17	153,54	84,4
	152,80	106,00	46,80	156,86	88,43	164,03	68,4
	155,00	115,40	39,60	153,88	79,12	158,75	74,7
	150,00	103,50	46,60	151,77	72,72	152,61	79,0
	153,20	105,30	47,90	161,83	99,39	167,29	62,4
	149,90	105,90	44,00	158,89	84,61	158,89	74,2
	143,00	89,90	53,10	156,69	100,77	162,42	55,9
moyennes	151,7	104,9	46,7	157,16	80,93	160,37	76,1

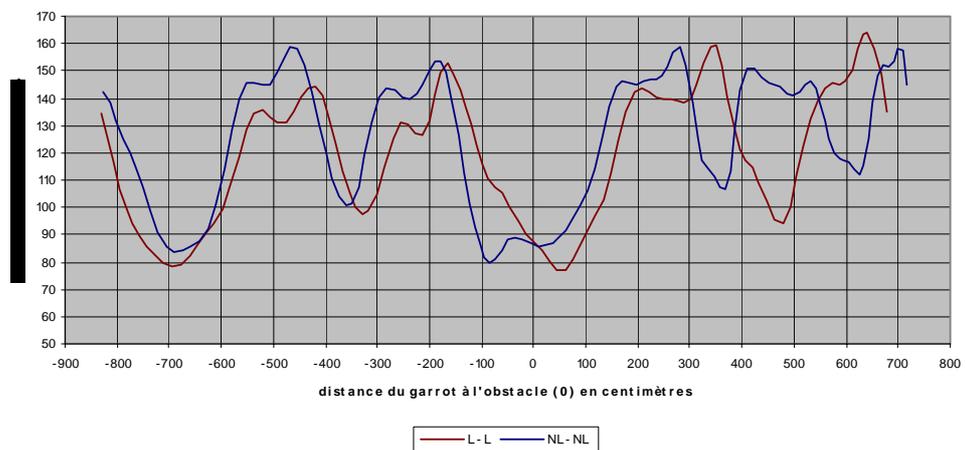
Annexe 4a: BLEU MARINE - Décours angulaires du boulet antérieur pour un saut de 1,00 mètre de hauteur



Annexe 4b: BLEU MARINE - Décours angulaire du carpe pour un saut de 1,00 mètre de hauteur



Annexe 4c: BLEU MARINE - Décours angulaire du coude pour un saut de 1,00 mètre de hauteur



Annexe 8 : Bons et mauvais chevaux

A- Comportement angulaire des articulations des bons et mauvais chevaux

Les courbes sont comparables. Il est nécessaire de comparer les bons aux mauvais chevaux dans chaque catégorie de membre : leader et non-leader et pour chaque articulation.

Les bons chevaux changent moins souvent de pied que les mauvais : pour les bons, il y a 10 changements de pied sur 28 sauts (36 p.cent) contre 17 sur 36 chez les mauvais chevaux (47 p.cent). Par ailleurs, 3 bons chevaux sur 7 et 5 sur 7 chez les mauvais se réceptionnent sur le même pied quel que soit le pied sur lequel ils abordent l'obstacle (préférence ?).

1- Comportement angulaire des articulations des bons chevaux

a- Boulet antérieur

Les bons chevaux ont un minimum 2 du membre leader significativement plus élevé que les minima 1 et 3 (donc plus faible hyperextension à l'abord). Le boulet (L-NL) des bons chevaux présente une flexion maximale au saut significativement supérieure à celle de la foulée de galop d'abord, et de même pour les boulets (NL-NL) et (L-NL) par rapport au galop de reprise ; donc le boulet non-leader à la réception effectue une flexion au cours du saut plus grande qu'au cours de la première foulée de galop de reprise.

L'amplitude 4 des boulets leader et non-leader, correspondant à la descente de l'obstacle, est significativement supérieure aux amplitudes 2 et 6. Concernant l'amplitude 3, elle est significativement supérieure à l'amplitude 5 pour le boulet leader, et inférieure à l'amplitude 4 pour les boulets leader à l'appel : (L-L) et (L-NL), ceci étant lié à une hyperextension du boulet leader à l'abord plus faible que celle de la réception du boulet leader et du non-leader.

b- Carpe

Le carpe leader des bons chevaux effectue une hyperextension à la réception (max.3) significativement supérieure à celle de la foulée de galop de reprise (max.4) et de la R.B.R.(max.1), ainsi qu'une hyperextension à la foulée d'abord (max.2) significativement plus grande que celle du galop de reprise. Quant à la flexion au cours du saut (min.2), elle

est significativement supérieure aux flexions de la première foulée de galop de reprise et d'abord, et ceci pour les carpes (L-L), (L-NL), (NL-L) et (NL-NL).

Par ailleurs, les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 et 3, et 2 et 6 à la fois pour le carpe leader et le carpe non-leader. Les amplitudes 3 et 4 ne sont par contre pas significativement différentes. Les bons chevaux ont donc des mouvements de flexion et d'extension pour franchir l'obstacle plus amples que ceux des foulées d'abord et de reprise, ceci étant lié à une flexion au cours du planer et à une extension à la réception plus élevées.

c- Coude

L'hyperextension du coude leader lors de la foulée d'abord (max.2) est significativement supérieure à celle de la RBR (max.1) mais inférieure à celles de la foulée de reprise 1 (max.4). Par contre, l'hyperextension du même coude à la réception (max.3) est significativement supérieure à celle de la foulée d'abord (max.2) et de la RBR (max.1). La flexion au cours du saut des coudes (L-L), (NL-L), (L-NL) et (NL-NL) est significativement supérieure à celle des foulées d'abord et de reprise (sauf pour le coude (NL-L) par rapport à la flexion de la foulée d'abord du NL).

Les amplitudes 3 et 4 des coudes leaders et non-leaders sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 et 3, et 2, 6 et 3 (seulement pour le coude (L-NL) pour cette dernière). Les bons chevaux ont donc des mouvements de flexion et d'extension pour franchir l'obstacle plus amples que ceux des foulées d'abord et de reprise, la flexion au cours du saut étant supérieure.

2- Comportement angulaire des articulations des mauvais chevaux

a- Boulet antérieur

Les mauvais chevaux ont un minimum 2 du membre leader significativement plus élevé que les minima 1 et 3 (plus faible hyperextension à l'abord). L'hyperextension à la réception du boulet leader (min.3) est significativement inférieure à celle du galop de reprise (min.4). Donc les bons chevaux fléchissent plus le carpe lors du saut que lors des foulées de galop d'abord et de reprise immédiatement adjacentes à l'obstacle.

Les amplitudes 3 et 4 du boulet leader sont significativement inférieures respectivement aux amplitudes 1 et 5, et supérieures aux amplitudes 2 et 6, alors que pour le boulet non-leader, l'amplitude 3 n'est significativement supérieure qu'à la 1 et l'amplitude 4 à la seule 2. De plus, les boulets leader à l'appel, (L-L) et (L-NL), ont une amplitude 3

significativement inférieure à l'amplitude 4, ceci étant lié à une hyperextension du boulet leader à l'abord plus faible que celle de la réception du boulet leader et du non-leader.

b- Carpe

L'hyperextension de la foulée d'abord (max.2) du carpe non-leader est significativement inférieure à celle de la RBR (max.1) et de la réception (max.3), cette dernière étant significativement supérieure à celle de la foulée de reprise (max.4). Quant à la flexion au cours du saut (min.2), elle est significativement supérieure aux flexions de la première foulée de galop de reprise (min.3) et d'abord (min.1), et ceci pour les carpes (L-L), (L-NL), (NL-L) et (NL-NL). Donc les mauvais chevaux fléchissent plus le carpe lors du saut que lors des foulées de galop d'abord et de reprise immédiatement adjacentes à l'obstacle.

Par ailleurs, les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieure respectivement aux amplitudes 1 et 3, et 2 et 6 à la fois pour le carpe leader et le carpe non-leader. Les amplitudes 3 et 4 ne sont par contre pas significativement différentes. Les mauvais chevaux ont donc des mouvements de flexion et d'extension pour franchir l'obstacle plus amples que ceux des foulées d'abord et de reprise, ceci étant lié à une flexion au cours du planer et à une extension à la réception plus élevées.

c- Coude

Les hyperextensions du coude leader lors de la foulée d'abord (max.2) et de la réception (max.3) sont significativement supérieures à celle de la RBR (max.1). L'hyperextension du coude non-leader à la réception (max.3) est significativement supérieure aux hyperextensions de la foulées d'abord (max.2) ainsi que de la foulée de reprise (max.4). La flexion maximale au cours du saut des coudes (L-L), (NL-L), (L-NL) et (NL-NL) est significativement supérieure aux flexions des foulées de galop d'abord et de reprise, sauf pour celle du coude non-leader avant et après l'obstacle par rapport à la flexion de la foulée d'abord.

Les amplitudes 3 et 4 sont significativement supérieures respectivement aux amplitudes 1 et 3, et 2, 6 et 3 (seulement pour le coude (L-NL) pour cette dernière).

B- Analyse des variabilités intra- et inter-individuelles

1- Variabilité intra-individuelle

a- Bons chevaux

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du boulet antérieur des bons chevaux sont toutes faibles aussi bien pour le leader que le non-leader : elles s'étendent de 2,2 à 3,4 p.cent pour les extensions du leader et de 1,5 à 4,1 p.cent pour celles du non-leader. Elles sont dans les deux cas supérieures (à une exception près) à celles des flexions qui vont de 1,0 à 1,7 p.cent chez les leaders et de 1,4 à 1,7 p.cent chez les non-leaders. Les I.A.V. des amplitudes du boulet antérieur des bons chevaux sont faibles (sauf pour l'amplitude 6 du non-leader) chez le leader et le non-leader : elles s'étendent de 0,5 à 6,2 p.cent chez le premier et de 2,9 à 10,1 p.cent chez le second.

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du carpe des bons chevaux sont faibles aussi bien pour le leader que le non-leader, sauf pour la flexion au cours du saut (10,3 p.cent) : elles s'étendent de 0,5 à 1,2 p.cent pour les extensions du leader et de 0,8 à 1,7 p.cent pour celles du non-leader. Elles sont dans les deux cas inférieures à celles des flexions qui ont pour valeurs 2,3, 2,6 et 10,3 p.cent chez les leaders et 4,0, 4,1 et 10,3 p.cent chez les non-leaders. Les I.A.V. des amplitudes du carpe des bons chevaux sont faibles chez les leaders et les non-leaders : elles s'étendent de 1,2 à 6,6 p.cent chez le premier et de 3,8 à 5,5 p.cent chez le second.

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du coude des bons chevaux sont faibles chez les leaders et chez les non-leaders : elles s'étendent de 0,8 à 2,8 p.cent pour les extensions du leader et de 1,2 à 1,8 p.cent pour les extensions du non-leader. Elles sont dans les deux cas inférieures à celles des flexions qui vont de 2,8 à 4,5 p.cent chez les leaders et de 3,2 à 3,9 p.cent chez les non-leaders. Les I.A.V. des amplitudes du coude des bons chevaux sont faibles chez les leaders et les non-leaders : elles s'étendent de 2,5 à 8,1 p.cent chez le premier et de 3,6 à 7,9 p.cent chez le second.

b- Mauvais chevaux

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du boulet antérieur des mauvais chevaux sont toutes faibles aussi bien pour le leader que le non-leader : elles s'étendent de 1,9 à 3,9 p.cent pour les extensions du leader et de 1,4 à 3,6 p.cent pour celles du non-leader. Elles sont dans les deux cas supérieures à celles des flexions qui vont de 1,0 à 2,3 p.cent chez les leaders et de 1,6 à 2,3 p.cent chez les non-leaders. Les I.A.V. des amplitudes du boulet antérieur des mauvais chevaux sont faibles chez le leader et le non-leader : elles s'étendent de 2,6 à 6,5 p.cent chez le premier et de 2,4 à 5,0 p.cent chez le second.

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du carpe des mauvais chevaux sont faibles aussi bien pour le leader que le non-leader, sauf pour la flexion au cours du saut (12,3 p.cent) :

elles s'étendent de 0,9 à 1,5 p.cent pour les extensions du leader et de 0,2 à 0,7 p.cent pour celles du non-leader. Elles sont dans les deux cas inférieures à celles des flexions qui ont pour valeurs 3,0, 5,6 et 12,3 p.cent chez les leaders et 2,6, 3,6 et 12,3 p.cent chez les non-leaders. Les I.A.V. des amplitudes du carpe des mauvais chevaux sont faibles (sauf pour l'amplitude 6 du leader) chez les leaders et les non-leaders : elles s'étendent de 2,9 à 6,9 p.cent (sans compter l'amplitude 6) chez le premier et de 2,2 à 4,7 p.cent chez le second.

Les I.A.V. des valeurs extrêmes du coude des mauvais chevaux sont faibles chez les leaders et chez les non-leaders : elles s'étendent de 0,7 à 2,4 p.cent pour les extensions du leader et de 0,3 à 2,1 p.cent pour les extensions du non-leader. Elles sont dans les deux cas inférieures à celles des flexions qui vont de 3,2 à 5,2 p.cent chez les leaders et de 2,1 à 5,2 p.cent chez les non-leaders. Les I.A.V. des amplitudes du coude des mauvais chevaux sont faibles chez les leaders et les non-leaders (sauf pour l'amplitude 6 du leader) : elles s'étendent de 3,8 à 8,7 p.cent (sans compter l'amplitude 6) chez le premier et de 2,3 à 8,9 p.cent chez le second.

Donc, en ce qui concerne les extensions, les variabilités intra-individuelles du carpe sont inférieures (voire égales) à celles du boulet antérieur et du coude, que le membre soit leader ou non. Pour les flexions, elles sont supérieures à celles du boulet et du coude, leader et non-leader (sauf pour l'abord des coudes leader et non-leader : rapport inverse).

Par ailleurs, les variabilités intra-individuelles des flexions du boulet (leader et non-leader) sont inférieures à celles des extensions, alors que l'inverse est observé pour le carpe et le coude.

2- Rapport entre les deux variabilités

a- Bons chevaux

Les rapports pour les valeurs extrêmes du boulet antérieur (leader et non-leader) des bons chevaux sont supérieurs à 1, de même que ceux des amplitudes (sauf pour l'amplitude 6 du non-leader).

Les rapports pour les valeurs extrêmes du carpe des bons chevaux sont en majorité supérieurs à 1 (exceptions : flexion d'abord du leader et extension du RBR du non-leader). Concernant les amplitudes, pour le membre leader, seule l'amplitude 3 a un rapport supérieur à 1. Ils sont plus grands que 1 chez le non-leader.

Les rapports pour les valeurs extrêmes du coude des bons chevaux sont supérieurs à 1 sauf pour le leader à partir de l'extension de réception. Les rapports des

amplitudes sont supérieurs à 1 sauf pour les flexions et extensions du leader pendant le galop de reprise où ils sont proches de 1.

b- Mauvais chevaux

Les rapports pour les valeurs extrêmes du boulet antérieur (leader et non-leader) des mauvais chevaux sont supérieurs à 1, de même que ceux des amplitudes.

Les rapports des valeurs extrêmes du carpe des mauvais chevaux sont supérieurs à 1 sauf pour l'extension de la foulée de reprise des carpes leader et non-leader et la flexion au cours du saut où il est proche de 1. Pour les amplitudes, ils sont supérieurs à 1 sauf pour l'amplitude 4 des leader et non-leader.

Les rapports pour les valeurs extrêmes du coude des mauvais chevaux sont supérieurs à 1 sauf pour la flexion du leader durant le galop de reprise. Les rapports de toutes les amplitudes sont supérieurs à 1.

Une observation de ces données très disparates peut néanmoins être faite : le rapport des variabilités de la flexion au cours du saut est inférieur à 2 pour le boulet et le carpe mais pas pour le coude. Donc, il y a beaucoup plus de ressemblances entre les sauts d'un même cheval qu'entre ceux de chevaux différents : la flexion du coude est très caractéristique d'un individu.