

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ILLUSTRATIONS	11
LISTE DES ABREVIATIONS	13
INTRODUCTION	15
PREMIERE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	18
I) QU'EST-CE QUE LE « STRESS » ?.....	18
A. Définition de la réaction de stress.....	18
B. Définition de l'anxiété.....	19
C. Mécanismes de la réponse physiologique du stress.	19
1) Le système nerveux autonome	20
2) Le système neuro-endocrine	20
D. Relation entre la réaction physiologique de Stress et le Comportement.....	21
E. Variations individuelles des réponses de stress aigu et chronique chez le cheval	22
II) PARAMETRES D'ÉVALUATION DE LA REACTION PHYSIOLOGIQUE DU STRESS.....	23
A. Paramètres physiologiques	23
1) Fréquence cardiaque et variabilité	24
2) Température rectale	25
3) Fréquence respiratoire.....	25
4) Sudation	25
5) Salivation.....	26
6) Paramètres hématologiques	27
B. Paramètres Biochimiques	28
1) Le cortisol salivaire.....	28
2) Les autres marqueurs biochimiques.....	30
3) Autres paramètres physiologiques décrits	30
C. Paramètres Comportementaux.....	31
1) Mouvements et position des oreilles	33
2) Hauteur de l'encolure	33
3) Port et mouvements de la queue	34
4) Fréquence de défécation.....	34
5) Position de la tête et mouvements	34
6) Polygone de sustentation	35
7) Activité locomotrice	35
8) Les stéréotypies	35
9) Autres comportements	36
10) Tension corporelle	36
D. La thermographie infra-rouge.....	37

1) Principe de la thermographie infra-rouge.....	37
2) Utilisation pour mesurer le stress des animaux domestiques	37
III) LE CHEVAL DE SPECTACLE	38
A. <i>L'origine du spectacle équestre</i>	38
B. <i>Les chevaux concernés</i>	39
C. <i>Les facteurs stressants d'un spectacle équestre</i>	39
1) Le public.....	39
2) L'ambiance du spectacle	40
3) La relation cavalier-monture.....	40
4) Le tempérament du cheval	40
DEUXIEME PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE.....	41
I) MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	41
A. <i>Présentation de l'Académie du Spectacle Équestre de Versailles</i>	41
1) Histoire.....	41
2) L'infrastructure	42
3) La compagnie.....	44
B. <i>Animaux sélectionnés et déroulement des entraînements et des spectacles</i>	45
1) Travail des chevaux.....	45
a. Entraînements quotidiens.....	45
b. Spectacles	45
2) Echantillon.....	47
a. Constitution de l'échantillon	47
b. Critères d'inclusions.....	47
C. <i>Méthode de mesure</i>	48
1) Présentation.....	48
2) Séquence de relevé des différents indices.....	49
3) Nombre de séances suivies.....	50
4) Indices physiologiques et comportementaux évalués.....	52
a. Indices physiologiques mesurés.....	52
b. Indices Comportementaux relevés.....	54
c. Le cortisol salivaire.....	58
D. <i>Analyse des données</i>	60
1) Méthodologie.....	60
2) Tests utilisés.	62
II) RÉSULTATS.....	63
A. <i>Validations des indices physiologiques standards : fréquence cardiaque, température interne et concentration en cortisol salivaire</i>	63
1) Effet de la période d'observation sur la fréquence cardiaque et la température interne au cours d'un spectacle et d'un entraînement	63
a. La fréquence cardiaque.....	63
b. La température interne.....	64
2) Variation des indices physiologiques standards entre l'entraînement et le spectacle.....	64
a. Effet de la détente sur la fréquence cardiaque, la température et le cortisol salivaire	

avant le spectacle.....	64
b. Effet du type d'exercice sur les indices physiologiques standards.....	65
3) Corrélations entre les indices physiologiques standards.....	66
B. Validation des scores comportementaux.....	66
1) Variations de la fréquence cardiaque en fonction des indices comportementaux.....	66
2) Choix d'indices simplifiés.....	68
C. Grille d'indices simplifiée retenue.....	70
D. Variation des indices comportementaux simplifiés entre le spectacle et l'entraînement.....	71
E. Résumé des principaux résultats.....	72
III) DISCUSSION.....	73
A. Méthodologie.....	73
1) Analyses statistiques.....	73
2) Différences entre entraînement et spectacle.....	73
B. Choix de la fréquence cardiaque comme indice de référence.....	75
C. Mise en perspective des résultats.....	76
1) Effets de la détente sur les paramètres physiologiques.....	76
2) Effet du type d'effort sur les paramètres physiologiques.....	76
3) Effet du spectacle sur nos indices physiologiques standards.....	77
a. La fréquence cardiaque.....	77
b. Température interne.....	77
c. Concentration en cortisol salivaire.....	78
4) Validation et simplification des indices utilisés.....	78
5) Impact du spectacle sur les indices simplifiés.....	79
6) Effet du spectacle sur les indices simplifiés.....	79
CONCLUSION.....	81
BIBLIOGRAPHIE.....	83
ANNEXES.....	89
ANNEXE 1 : GRILLE DE RELEVÉ DES INDICES UTILISÉS.....	89
ANNEXE 2 : TABLEAU DES DONNÉES.....	91

TABLE DES ILLUSTRATIONS

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Systèmes impliqués dans la réponse du stress	21
Figure 2 : Réaction physiologique aigue en réponse à un stress aigu et ses symptômes généraux associés.....	24
Figure 3 : Relation entre réponse physiologique de stress et formule sanguine.....	27
Figure 4 : Schéma de la diffusion passive du cortisol au niveau des glandes salivaires	28
Figure 5 : Relation entre réponse physiologique de stress et biochimie sanguine	30
Figure 6 : Photographie de l'écurie de l'Académie équestre	42
Figure 7 : Photographie du manège où se déroulent les spectacles.....	43
Figure 8 : Carrière d'entrainement de l'Académie	43
Figure 9 : Séquence de prise des mesures sur 2 minutes au cours d'un spectacle ou d'un entrainement.....	50
Figure 10 : Notation de la position des oreilles	55
Figure 11 : Corrélation entre la densité optique lue et la concentration en cortisol des échantillons d'après la notice d'utilisation des kits de dosage du cortisol salivaire.....	59
Figure 12 : Graphique de sécrétions du cortisol salivaire sur une journée	60
Figure 13 : Graphique comparant les indices comportementaux entre l'entrainement et le spectacle ...	71

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Relevé des différents types de comportements cités dans la littérature étudiée en lien avec un stress chez le cheval.....	32
Tableau 2 : Numéros composant le spectacle La voie de l'écuyer : Chevaux associés au numéro et intensité physique demandée.	46
Tableau 3 : Nombres d'entraînements et de spectacles et numéros réalisés en 2012 et en 2013 pour chaque cheval	51
Tableau 4 : Notation des différents indices physiologiques et comportementaux utilisés	57
Tableau 5 : Effet de la période d'observation sur les indices physiologiques du stress autour d'un entraînement ou d'un spectacle.....	63
Tableau 6 : Effet de la détente sur la fréquence cardiaque (en battements par minutes), la température interne et la concentration en cortisol salivaire avant le spectacle	65
Tableau 7 : Effet du type d'exercice sur les indices physiologiques du stress autour d'un entraînement ou d'un spectacle	65
Tableau 8 : Corrélations entre les indices physiologiques du stress observés pendant l'étude	66
Tableau 9 : Relation entre la fréquence cardiaque et les différents niveaux de scores d'indices comportementaux du stress observés sur des chevaux avant et 45 mn après un entraînement ou un spectacle.....	67
Tableau 10 : Relation entre la fréquence cardiaque et les deux niveaux de scores des indices comportementaux du stress simplifiés observés sur des chevaux avant et 45 mn après un entraînement ou un spectacle.....	69
Tableau 11 : Grille complète des indices simplifiés retenus	70
Tableau 12 : Effet du type d'exercice sur les scores d'indices comportementaux du stress observés dans notre étude avant et 45 mn après l'exercice.	71

LISTE DES ABREVIATIONS

ACTH : Hormone hypophysaire adrénocorticotropine.

ANOVA : Test statistique d'analyse de variance.

AP : Période d'observation 45 minutes après le spectacle ou l'entraînement.

AV : Période d'observation 20 minutes avant le spectacle ou l'entraînement.

B/Bo : Rapport de densité optique lue entre le puit test et le puit témoin.

CBG : Protéine de transport du cortisol sanguin (Cortisol Binding Protein).

CRH : Neurohormone sécrétagogue de l'ACTH (Corticotropin Releasing Hormone).

ELISA : Méthode de dosage immuno-enzymatique sur support solide (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay).

FSH : Hormone Folliculo-Stimulante (Folliculate Stimulating Hormone).

ICV : Injection Intra-Cérébro-Vasculaire.

JAP : Période d'observation juste après le spectacle ou l'entraînement.

LH : Hormone lutéinisante (Luteinising Hormone).

N/L : Rapport Neutrophile / Lymphocyte.

ND : Nom Déposé.

NS : Non Significatif.

OD : Densité Optique lue.

pH : Potentiel Hydrogène.

TMB : TétraméthylBenzidine

TSH : Thyroestimuline (Thyroid Stimulating Hormone).

INTRODUCTION

La prise en compte de la psychologie et du bien-être animal s'est beaucoup développée ces dernières années et les études scientifiques s'intéressant à ces domaines sont en plein essor. Le cheval est une espèce intéressante à étudier car elle partage l'environnement de l'homme. Les chevaux sont également travaillés par l'homme pour un loisir ou une utilisation professionnelle nécessitant de la part du cheval de grandes capacités d'adaptation ainsi que des contraintes sur son mode de vie. Ces modifications de son mode de vie ont probablement une répercussion sur le bien-être du cheval. Certaines conditions de travail du cheval peuvent potentiellement influencer sa psychologie notamment lorsqu'il est soumis à des exigences professionnelles. Par exemple, l'art équestre, célébré au sein de l'Académie Equestre de Versailles dirigée par Bartabas, s'appuie sur une étroite collaboration entre le cheval et l'homme et exige donc une maîtrise du stress du cheval comme du cavalier afin de produire un spectacle identique avec ou sans public.

Ainsi, comme tout artiste, le cheval est-il susceptible de ressentir un stress et une anxiété vis-à-vis du spectacle ? On suppose que cela peut se traduire par une variation de certains paramètres physiologiques mais également comportementaux. Le stress se définit par une réponse de l'individu à une situation perçue comme négative ; l'anxiété, quant à elle, est une réponse anticipée à une situation perçue comme menaçante à venir. La réponse au stress chez le cheval a déjà été étudiée et des modifications tant physiologiques (fréquence cardiaque, taux de cortisol sanguin, etc.) que comportementales (mouvement des oreilles, fouaillement de la queue...) ont été rapportées. Mais on peut se demander si le relevé d'indices comportementaux simples associés à des mesures physiologiques non invasives, permet de pouvoir mettre en évidence un stress ou une anxiété autour du spectacle chez le cheval. Notre étude compare donc des indices physiologiques non invasifs et des indices comportementaux simples relevés avant, pendant et après des entraînements (sans public) et des spectacles, sur treize chevaux de l'Académie Equestre de Versailles.

Après une première partie sur les rappels physiologiques du stress ainsi que ses aspects comportementaux au travers de l'étude de la bibliographie, nous traiterons dans une deuxième partie l'étude expérimentale menée chez 13 chevaux de l'Académie Equestre de Versailles. Cette étude s'appuie, entre autres, sur des modifications comportementales, des mesures de thermographies infra-rouges et des dosages de cortisol salivaire tous relevés autour de spectacles et d'entraînements.

PREMIERE PARTIE : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I) Qu'est-ce que le « stress » ?

A. Définition de la réaction de stress

Le stress est très largement employé dans le langage scientifique aussi bien que populaire. Il a d'abord été décrit en 1936 par Hans SELYE comme un syndrome produit par divers agents nocifs chez les rats. Des rats exposés à différents agents nocifs (froid, intoxication à l'adrénaline ou au formaldéhyde etc...) avaient un syndrome typique qui ne dépendait pas de la nature de l'agent nocif. Le concept de stress était né. D'autres études ont été menées depuis et de nombreux chercheurs ont essayé de mieux caractériser cette réponse de stress. D'après Moberg, (1985), le stress a ensuite été défini comme des changements spécifiques dans le système endocrine et plus spécifiquement au niveau de la sécrétion des catécholamines ou de l'activation du système adrénopituitaire. Les auteurs suggèrent une définition plus générale qui est maintenant admise par la communauté scientifique : « La réponse biologique quand un individu perçoit une menace de son homéostasie ». Ainsi, le stress peut être défini comme l'ensemble des manifestations physiologiques et comportementales ayant lieu chez un individu en réponse à un événement perçu comme négatif de son environnement interne et externe.

Il faut distinguer le stress aigu du stress chronique. Le stress aigu n'a que peu de conséquences au long terme sur la biologie de l'animal, il résulte de la réponse à un stimulus isolé perçu comme négatif. Le stress chronique possède des conséquences plus graves tel que des troubles de la reproduction, des affections musculaires, respiratoires ou digestives (Kermenguy, 2007). C'est la conséquence d'un stimulus perçu comme négatif répété plusieurs fois sans que l'organisme n'ait eu le temps de récupérer ou de s'adapter.

Le stress ou réponse de stress est donc un terme générique utilisé pour décrire la réponse généralisée, non-spécifique, à tous les types de défis lorsque ceux-ci sont susceptibles de mettre en cause l'intégrité de l'organisme ou de représenter une menace pour l'animal. Cette réponse comporte une composante psychique (des émotions négatives par nature éphémères dont la peur, et des états affectifs négatifs plus durables comme l'anxiété), une composante comportementale (incluant par exemple la fuite ou la lutte) et une composante physiologique. L'axe corticotrope et le système nerveux autonome sont les principaux éléments de la composante physiologique du stress. Leurs stimulations entraînent de nombreuses modifications physiologiques, en particulier cardiovasculaires

et métaboliques (Dantzer et Mormède, 1983). Il faut remarquer que le développement d'une émotion voire d'un état de stress dépend plus de la manière dont l'animal perçoit les événements auxquels il fait face, que des événements eux-mêmes. Il est par conséquent indispensable d'appréhender les capacités perceptives des animaux.

B. Définition de l'anxiété

D'après McNaughton et Corr (2004) et Pawlak *et al.*, (2008) l'anxiété peut se définir comme l'aptitude d'un animal à se déplacer vers un danger inévitable alors que la peur est définie comme une aptitude de l'animal à faire face à un danger qu'il peut fuir ou éviter. Plus simplement Peeters (2006) définit l'anxiété comme un état réactionnel caractérisé par l'augmentation de la probabilité de déclenchement de réactions émotionnelles analogues à celle de la peur, en réponse à toute variation du milieu (interne ou externe). Il en résulte une désorganisation des systèmes de contrôle et ainsi une perte d'adaptabilité à toute variation de l'environnement. L'anxiété, se différencie du stress par la notion d'anticipation. Alors que pendant un épisode de stress l'individu réagit immédiatement sans préméditation ; en phase d'anxiété, l'individu (par exemple le cheval) anticipe un événement perturbant de l'environnement réel qu'il considère comme contraignant et réagit par anticipation. Cet état d'anticipation est à l'origine de réponses non adaptées en mettant en jeu les cascades physiologiques liées au stress alors qu'aucun événement n'est perçu par l'animal.

C. Mécanismes de la réponse physiologique du stress.

L'état de stress est divisible en deux étapes fondamentales : l'intégration de l'information issue des différents centres de perception (vision, ouïe, nociception etc...) et la réponse de l'individu. Dans la première phase, le système nerveux central analyse les informations reçues et coordonne la réponse à apporter. Dans la deuxième phase, les centres de la réponse (hypothalamus, hypophyse, glandes surrénales, cœur...) reçoivent les messages nerveux et ceci engendre une réponse physiologique, immunitaire et comportementale. Le stress perçu par le cerveau agit par deux mécanismes physiologiques principaux sur l'organisme. Le premier à se mettre en place est le système nerveux autonome puis vient le système nerveux endocrine.

1) Le système nerveux autonome

C'est le premier mécanisme à se mettre en place pour faire face à un événement perçu comme négatif. Il intervient quelques secondes après le stimulus négatif. L'hypothalamus active via le système nerveux autonome orthosympathique, la libération d'adrénaline dans le sang par les glandes surrénales. L'adrénaline agit notamment sur le cœur, les bronches, la vasomotricité, l'activité métabolique du foie via les récepteurs β . S'en suit une augmentation du rythme cardiaque, une broncho dilatation et la rate libère des globules rouges. Le système orthosympathique agit aussi directement via des efférences nerveuses sur les fonctions vitales déclenchant une mydriase (dilatation de la pupille) la tachycardie (augmentation de la fréquence cardiaque, l'augmentation de la pression artérielle, le ralentissement du péristaltisme (mouvements intestinaux), la vasoconstriction périphérique, la stimulation des glandes sudoripares entraînant une augmentation de la sudation, la stimulation de la libération de glucose par le foie, la relaxation de la vessie (dilatation), la stimulation de l'éjaculation, la bronchodilatation (augmentation du diamètre des bronches). Ces modifications ont pour rôle de permettre à l'individu de faire face à un danger et optimisent sa physiologie pour réagir rapidement (Moberg, 1985 ; Eckert *et al.*, 1997 ; Moberg et Mench, 2000 ; Dukes et Reece, 2004).

2) Le système neuro-endocrine

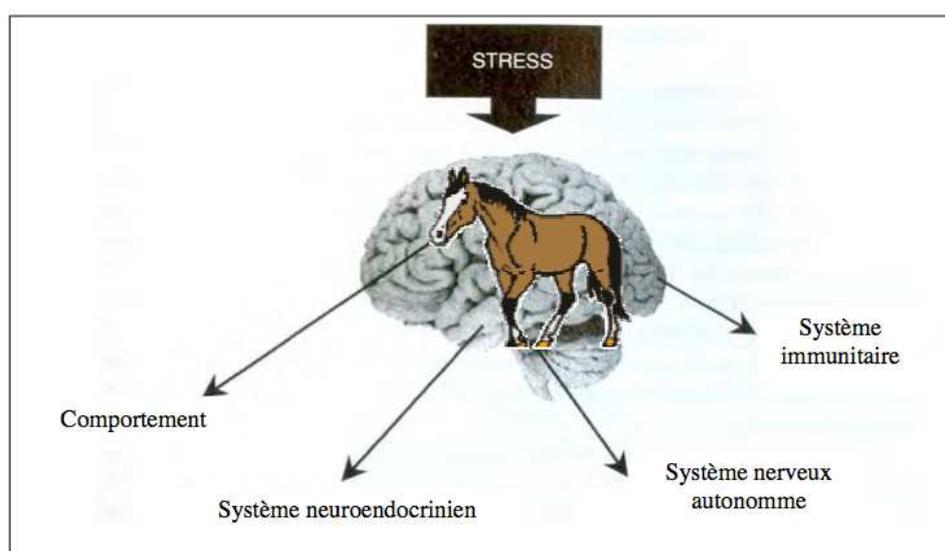
Un événement perturbateur est perçu comme négatif par le cortex cérébral et active l'hypothalamus. Suite à cette activation, l'hypothalamus libère le CRH (cortisol releasing hormone) quelques secondes après, qui agit sur l'hypothalamus et permet donc la libération de cortisol en quelques minutes au niveau des surrénales via la libération d'ACTH (Moberg et Mench, 2000). L'activation de l'hypothalamus entraîne également la libération d'autres hormones comme la prolactine, la somatotropine, la TSH (Thyroid Stimulating Hormone) ainsi que des hormones intervenant dans la reproduction comme la LH (Luteinizing Hormone) et la FSH (Follicle-Stimulating Hormone).

Ainsi le stress peut affecter différentes fonctions chez un individu via le système neuro-endocrine et le système nerveux autonome. (Moberg et Mench, 2000 ; Hans Seleye, 1936). Parmi ces fonctions on peut citer la fonction cardio-vasculaire (fréquence cardiaque), la fonction gastro-intestinale (durée du transit...), les glandes exocrines (salivation...), le système immunitaire ou encore le métabolisme.

D. Relation entre la réaction physiologique de Stress et le Comportement

Rappelons que le comportement est l'ensemble des réactions observables d'un organisme qui agit en réponse à une stimulation venue de son milieu interne ou du milieu externe (Jechoux, 2004). Dans (Moberg et Mench, 2000 ; McGreevy, 2012), les auteurs suggèrent que le système nerveux intègre les stimuli externes avec les stimuli émotionnels et les commandes internes pour contrôler les actions des différentes unités motrices. Ainsi, l'animal peut réagir face à son environnement de manière adéquate et proportionnée. D'autres auteurs comme Moberg et Mench, (2000) accordent que le stress peut induire des réponses comportementales. Des expériences menées chez le rat (Morimoto *et al.*, 1993) démontrent que l'injection intracérébro-ventriculaire (ICV) de CRH induisait des réponses comportementales identiques à celles observées lors de stress aigu chez cette espèce. Les auteurs ont évalué l'activité locomotrice de rats au cours de l'injection avec 10 microgrammes de CRH en ICV. Ces rats avaient une activité locomotrice augmentée significativement 5 minutes après l'injection de manière identique à des rats qui étaient changés de cage pour simuler un stress aigu. Ainsi l'injection de CRH en intracérébral chez le rat mimait les effets d'un stress aigu. Il apparaît ainsi que les réponses physiologiques et comportementales à une modification de l'environnement chez le rat sont probablement commandées au niveau du système nerveux central. Moberg et Mench (2000) affirment également qu'un stimulus environnemental perçu comme négatif peut entraîner chez l'animal des modifications immédiates des systèmes neuroendocrines, orthosympathiques et du comportement comme le montre la Figure 1.

Figure 1: Systèmes impliqués dans la réponse du stress (d'après Moberg et Mench., 2000)



Cependant pour qu'il y ait des modifications comportementales, il faut que l'individu ait pris conscience du stimuli stressant. Peeters (2011) explique dans sa thèse que chez les vaches, une augmentation lente de la température extérieure provoque une diminution du cortisol sanguin révélant l'absence d'activation de l'axe corticotrope. En revanche une augmentation brutale de température crée une élévation (et donc une activation de l'axe corticotrope suite à un événement perçu comme négatif) puis une baisse de cortisol sanguin. Un facteur variant de la même façon mais plus ou moins brutalement induit donc des réponses variables. Cette différence entre les deux concentrations en cortisol serait due à la différence de perception d'un stimulus qui est considéré comme négatif dans un cas et qui n'a pas de conséquence dans l'autre cas. En effet, dans la première situation, l'élévation lente est perçue par le corps qui peut s'adapter au fur et à mesure. Cette lente évolution n'est pas ressentie comme une perturbation menaçante du milieu, il n'y a donc pas d'élévation de cortisol d'une part, et pas de message nerveux cortical d'alerte d'où l'absence de prise de conscience de l'animal. Cette absence d'information centrale est en lien direct avec l'absence de nécessité de lutter contre la modification environnementale. Dans le deuxième cas, la hausse rapide de la température est perçue comme une menace : le cortisol plasmatique augmente parce que l'animal est alerté au niveau central.

Ainsi on comprend qu'il est possible de mettre en évidence la réponse de stress via des modifications neuro-endocrine mais aussi par des modifications comportementales à condition que l'individu perçoive un événement négatif dans son environnement interne ou externe.

E. Variations individuelles des réponses de stress aigu et chronique chez le cheval

Les facteurs déclenchant le stress sont très variables. Veissier et Boissy (2007) expliquent que les facteurs de stress sont tous les éléments qui éloignent l'organisme d'un environnement idéal. Par exemple, une modification du milieu interne de l'individu ou une modification du milieu externe peuvent être perçues comme un négatives par le cheval. Parmi ces modifications on retrouve la faim, la douleur, les relations sociales agressives ou encore le changement de lieu. C'est l'impression de menace qui compte et non l'intensité de la dangerosité réelle d'après Peeters (2011). Il en résulte un variabilité individuelle de perception de cette menace et donc de réponse à un stress aigu ou chronique. □ La phase de réponse à un événement perçu comme stressant ou négatif va varier en fonction de la perception de l'individu (par exemple le cheval) de la modification de son milieu mais également en fonction de ses possibilités de réponse : possibilité de fuite, ou espace confiné. Chez le cheval elle varie également en fonction de son environnement, son âge, sa génétique, ses émotions, son

expérience ou son tempérament (Mormède *et al.*, 2007). Peeters (2011) souligne que la présence d'éléments stressants augmente la sensibilité de l'individu à un nouvel agent stressant. D'autre part il a été démontré chez des rats que le taux de corticostérone est augmenté lors d'un phénomène de réponse de stress par rapport à un groupe de rats non soumis régulièrement à des événements stressants. Il y a donc un abaissement du seuil d'intégration de la menace chez ces individus soumis de manière chronique à un stress environnemental. Il s'agirait là d'une adaptation à son statut de « proie » : un animal blessé ou ressentant une modification de son milieu est une cible privilégiée pour les prédateurs et doit donc s'adapter pour faire face au danger.

Le stress représente donc avant tout une réponse à un événement perçu comme menaçant pour l'individu. Il engendre une réponse d'abord nerveuse via l'activation du système sympathique et de la commande comportementale puis neuro-endocrine dans le but de faire face au danger. Cette réponse globale varie en fonction des individus. Elle est donc plus difficile à caractériser.

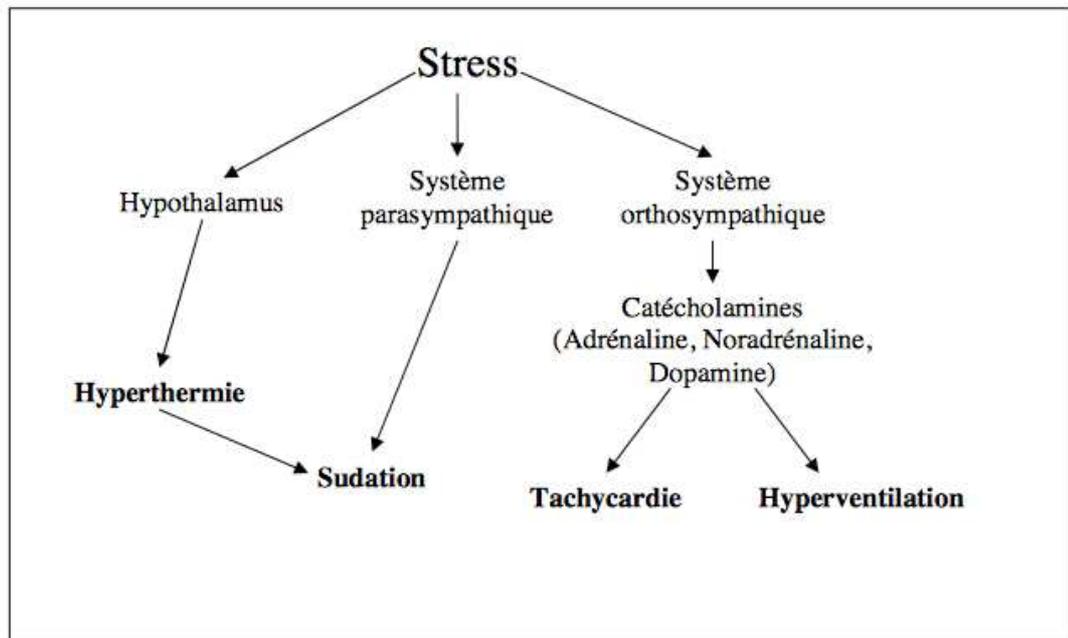
II) Paramètres d'évaluation de la réaction physiologique du stress

Les études sur le stress ont donc révélé différents paramètres de mesure chez l'animal. L'objectif de cette partie n'est pas de lister tous les paramètres mais de sélectionner des paramètres pertinents pour notre étude.

A. Paramètres physiologiques

Plusieurs auteurs, (Broom et Johnson, 1993 ; Moberg et Mench, 2000; Peeters, 2006 ; de Graaf-Roelfsema, 2009 ; Erber *et al.*, 2012) démontrent que différents paramètres physiologiques (la fréquence cardiaque, la température rectale, la fréquence respiratoire), biochimiques (le cortisol, la numération-formule sanguine) et comportementaux sont modifiés lors de la réaction physiologique du stress chez l'animal et en particulier chez le cheval, notre modèle d'étude comme le montre la figure 2.

Figure 2 : Réaction physiologique aiguë en réponse à un stress aigu et ses symptômes généraux associés. D'après Moberg et Mench (2000).



1) Fréquence cardiaque et variabilité

Il est décrit dans la littérature (von Borell *et al.*, 2007 ; Eckert *et al.*, 1997 ; Peeters, 2006) que la fréquence cardiaque est contrôlée par le système nerveux autonome. Le système orthosympathique par son effet chronotrope et inotrope positif la fait augmenter (tachycardie) alors que le système parasympathique a un effet chronotrope négatif donc diminuera la fréquence cardiaque (bradycardie). Lors d'un stress comme le montre la Figure 2, il y a activation du système orthosympathique et donc libération de catécholamines (adrénaline et noradrénaline principalement). La fréquence cardiaque est donc augmentée en cas de stress aigu. Cette fréquence cardiaque a ainsi été utilisée dans de nombreuses études sur la réaction de stress des chevaux (Peeters, 2006 ; von Borell *et al.*, 2007 ; Moberg et Mench, 2000 ; Erber *et al.*, 2012) comme un bon indicateur de stress aigu chez le cheval.

La méthode de mesure de la fréquence cardiaque varie en fonction des études, elle peut être prise facilement sur une courte période de temps par un stéthoscope ou un cardio-fréquence-mètre ou de manière continue grâce à des systèmes à enregistrement continu placé sur le cheval.

La première solution est peu onéreuse et facile d'accès mais elle ne prend la fréquence cardiaque que sur une courte période de temps (30 à 60 secondes). Ainsi on ne peut analyser par cette méthode la variabilité de la fréquence cardiaque pourtant très bonne indicatrice du stress selon plusieurs études (von Borell *et al.*, 2007 ; Peeters, 2006 ; de Kermenguy, 2007).

La deuxième méthode consiste à placer un dispositif embarqué de mesure de la fréquence cardiaque en continu par un électrocardiographe télémétrique ou par un cardiofréquence-mètre de type Polar. Par cette méthode, on peut étudier la variabilité de la fréquence cardiaque qui est un indice fiable de la stimulation orthosympathique du cœur. Elle permet donc d'après Rietmann *et al.* (2004) d'évaluer de manière objective la réponse des chevaux face à un stress aigu en la différenciant d'une réponse à une activité physique.

2) Température rectale

La température moyenne du cheval varie au repos entre 37,2 et 38,1°C (Dukes et Reece, 2004). Elle présente donc une grande variabilité de base et est sous la dépendance de beaucoup de facteurs. Elle peut varier en fonction de l'activité physique (Wallsten *et al.*, 2012) à cause de la contraction musculaire qui libère une grande quantité de chaleur chez le cheval étant donné sa musculature. Elle est également augmentée à la faveur d'un stress (Broom et Johnson, 1993 ; de Kermenguy, 2007 ; Wagner, 2010) comme le montre la Figure 2. Elle est même jugée comme très utile par (Friend *et al.*, 2004) pour révéler des pics de stress lors de transport de chevaux.

3) Fréquence respiratoire

Le stress provoque également une hyperventilation (Figure 2) qui se traduit par une augmentation de la fréquence respiratoire. Mais d'autres facteurs influencent de façon marquée cette fréquence cardiaque comme l'effort, l'hyperthermie et bien d'autres. Il n'existe pas comme pour la fréquence respiratoire de méthode d'analyse permettant de différencier la part du stress des autres facteurs dans l'hyperventilation. C'est pourquoi elle est restée assez peu utilisée. Néanmoins Friend *et al.* (2004) et Wagner (2010) identifient la hausse de la fréquence respiratoire comme un signe de réponse à un stress chez le cheval.

4) Sudation

Le cheval présente une sudation proche de celle de l'homme. La sueur du cheval contient des glycoprotéines qui vont favoriser la dispersion de la sueur sur le pelage et donc augmenter l'évaporation. Cette glycoprotéine est responsable de l'écume que l'on retrouve au niveau des zones de frottement (propriétés moussantes). Ce sont les glandes sudoripares (eccrines et apocrines) très développées chez le cheval qui produisent cette sueur. Le rôle majeur de la sudation chez le cheval est la thermorégulation (Hodgson *et al.*, 1994 ; Wallsten *et al.*, 2012). En tant qu'athlète, il génère des efforts musculaires intenses conduisant à la production de chaleur qu'il faut évacuer principalement par la sudation contrairement aux autres animaux domestiques qui utilisent majoritairement la polypnée pour évacuer l'excès de chaleur.

Des études ont été menées dès 1969 sur les ânes pour évaluer le contrôle hormonal de la sudation. Robertshaw et Taylor (1969) démontrent que l'injection d'adrénaline induit une sudation qui chute lorsque le taux sanguin d'adrénaline chute également. D'autres études ont depuis été menées et Scott *et al.* (2001) démontrent l'effet de l'adrénaline sur les glandes apocrines du cheval.

Ainsi les glandes sudoripares du cheval sont sous contrôle adrénérgique et il semblerait donc qu'un stress aigu entraîne une augmentation de la sudation.

5) Salivation

Une étude sur le rat (Bellavía et Gallará, 2000) démontre qu'un stimulus stressant peut entraîner des modifications de la sécrétion salivaire. En effet les auteurs ont démontré que des rats soumis de façon chronique à un stress aigu (immobilisation) avaient une activité réflexe des glandes salivaires augmentée. Les auteurs suggèrent que cela passerait par une stimulation des récepteurs alpha 2 adrénérgiques par les catécholamines plasmatiques sécrétées par les surrénales.

Le cheval possède plusieurs glandes salivaires mais c'est la glande parotide qui est la plus développée. La glande parotide sécrète la salive séreuse, les glandes sub-linguales sécrètent une salive muqueuse alors que les glandes sub-mandibulaires produisent une salive mixte (séromoqueuse). Les glandes sont constituées de cellules qui produisent la salive (cellules acineuses) et de cellules myo-épithéliales capables de propulser la salive dans les conduits salivaires (Eckersall *et al.*, 1985). Ces dernières sont sous le contrôle du système nerveux autonome qui modifie la composition et l'évacuation de la salive (Emmelin, 1981).

Le contrôle nerveux est réalisé par le système autonome orthosympathique et parasympathique dont les deux rôles ne s'opposent pas mais sont complexes à étudier (Proctor et Carpenter, 2007). Il a été démontré chez le rat que la sécrétion d'amylase (enzyme constituante de la salive) est sous le contrôle de l'orthosympathique et du parasympathique (Malfertheiner et Kemmer, 1987). Il apparaît également qu'un sympathomimétique, l'amphétamine, réduit la sécrétion réflexe et augmente la concentration protéique de la salive (Götrick *et al.*, 2009). Ainsi la salivation est sous contrôle nerveux et il semble qu'une stimulation nerveuse entraîne une augmentation du flot salivaire.

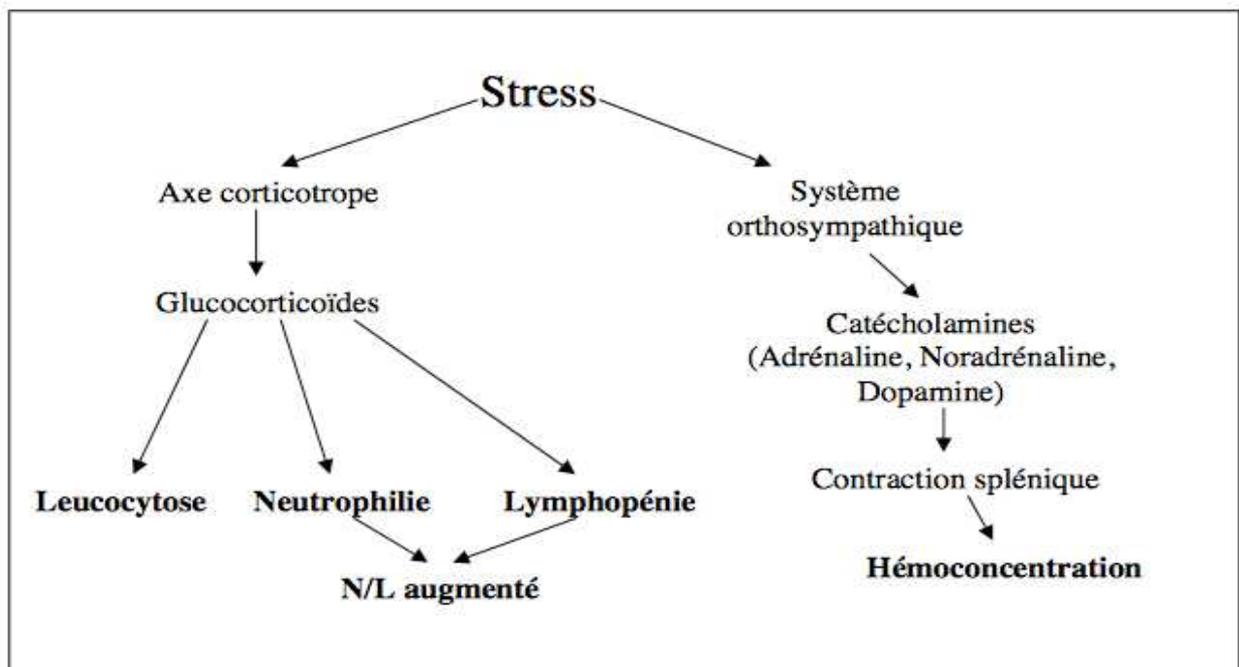
La salivation est un phénomène peu documenté chez le cheval et complexe. Cependant, Hall *et al.* (2013) intègrent la salivation dans leur échelle comportementale afin d'évaluer le stress chez le cheval au travail. Ils observent la présence ou l'absence de salive au niveau des lèvres de l'animal.

A noter que pour les études chez le cheval, la présence du mors peut représenter un obstacle à une mesure fiable et répétable de la salivation.

6) Paramètres hématologiques

Différents auteurs utilisent la numération formule sanguine pour évaluer le stress des chevaux. Il apparaît entre autre, que la formule des leucocytes est modifiée par un stress intense comme le montre la Figure 3. Un stress chronique réduirait la prolifération des lymphocytes. Cependant les mesures de ces paramètres font intervenir des méthodes invasives sur les chevaux (prise de sang) qui engendrent également un stress lors des prélèvements. Il est de même parfois difficile de réaliser ces mesures dans les conditions d'études.

Figure 3 : Relation entre réponse physiologique de stress et formule sanguine
D'après Moberg et Mench (2000)

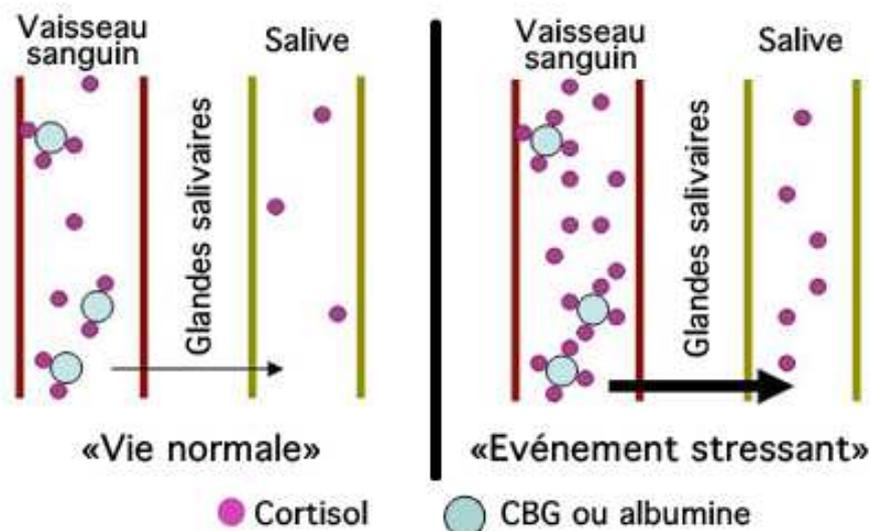


B. Paramètres Biochimiques

1) Le cortisol salivaire

Le cortisol (ou hydro-cortisone) est une hormone stéroïde sécrétée par le cortex de la glande surrénale à partir du cholestérol, sous la dépendance de l'axe hypothalamo-hypophysaire par le biais de l'ACTH (Eckert *et al.*, 1997). Il est libéré dans le sang et pris en charge par une protéine de transport spécifique : la CBG (Cortisol Binding Globulin) qui assure son transport et son stockage. L'albumine participe également au transport du cortisol. Il existe ainsi un équilibre entre la forme libre dans le sang et la forme liée aux protéines plasmatiques (Eckert *et al.*, 1997 ; Peeters, 2006 ; Peeters, 2011 ; Kędzierski *et al.*, 2013). Les auteurs ne s'accordent pas tous sur la rythmicité circadienne de la sécrétion du cortisol mais d'après Peeters (2011) il y aurait une concentration maximale le matin vers 09h et minimale le soir vers 18h.

Figure 4 : Schéma de la diffusion passive du cortisol au niveau des glandes salivaires (D'après Peeters, 2011)



Dans la salive on ne trouve que la fraction libre du cortisol mais il semble que ce soit celle-ci qui ait une importance pour la mesure du cortisol. Le cortisol sanguin est le plus souvent utilisé mais on peut également mesurer la réponse de stress grâce au cortisol salivaire ou fécal (Schmidt *et al.*, 2009).

Chez le cheval, le cortisol sanguin a été largement utilisé pour évaluer le niveau de stress induit lors d'un transport (Fazio *et al.*, 2013), d'une compétition (Cayado *et al.*, 2006 ; Valera *et al.*, 2012), ou d'une hospitalisation (Peeters, 2011). Mais la méthode de mesure du cortisol sanguin nécessite des

mesures invasives et complexes (prise de sang, centrifugation et congélation rapidement après le prélèvement) (Peeters, 2011). Il a été démontré qu'il y avait une bonne corrélation entre le taux sanguin et le taux salivaire de cortisol libre (Kędzierski *et al.*, 2013) chez le cheval de course. Il apparaît donc intéressant de s'intéresser au cortisol salivaire comme un marqueur de stress chez le cheval de dressage. En faisant l'hypothèse que le prélèvement salivaire est perçu de façon moins négative qu'une prise de sang, l'étude du cortisol salivaire évite un stress induit par le prélèvement lors d'étude sur le cortisol sanguin.

Néanmoins, nous n'avons accès dans la salive qu'à la fraction libre du cortisol. Or lors de stress aigu peu intense, le cortisol sécrété est capté en très grande partie par la CBG et la fraction libre du cortisol n'augmente pas beaucoup. Mais lors de stress intense, la fraction liée aux protéines plasmatiques se sature et la fraction libre augmente énormément et donc la concentration salivaire augmente également comme le montre la Figure 4. Il faut donc appliquer le dosage salivaire du cortisol à des stress perçus comme intenses d'après Peeters (2009).

Cependant il existe des facteurs de variations dans la sécrétion du cortisol qui sont importants à prendre en compte pour l'étude de ce paramètre. Il existe une grande variabilité individuelle donc les taux basaux sont très différents. Il faut donc préférer une analyse par comparaison des taux basaux par individus avec ceux retrouvés après l'évènement stressant. De plus, des variations peuvent être engendrées par d'autres stimuli que la menace ou la peur comme un repas ou une activité sexuelle. Enfin il est important de noter que lors de tout exercice physique il y a une production de cortisol. Les concentrations en cortisol sont d'autant plus importantes que l'exercice est long et intense mais plus les chevaux sont entraînés, moins la quantité de cortisol sécrétée sera importante à terme (Peeters, 2011). On peut également mentionner l'existence d'un rythme saisonnier avec une augmentation de l'activité de l'axe hypothalamo- hypophyso-surrénalien en automne.

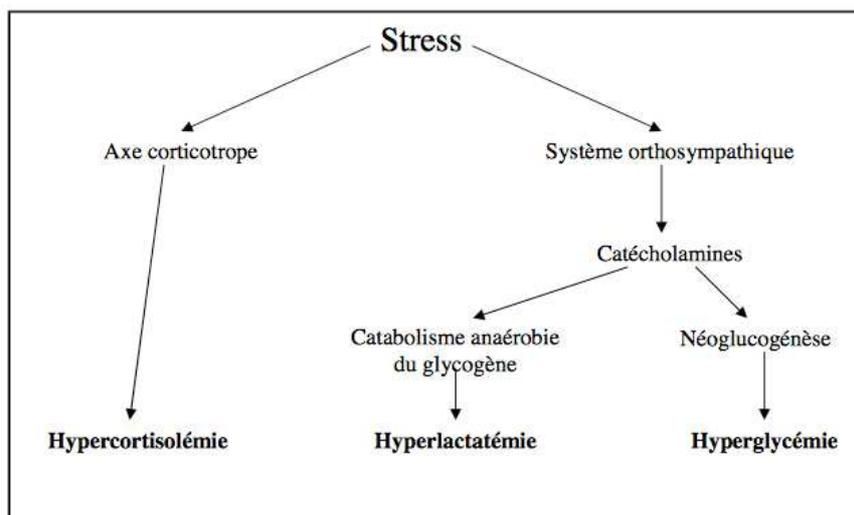
Néanmoins, Valera *et al.*, (2012) dans une étude sur le cheval de saut d'obstacle mettent en évidence une augmentation moyenne de concentration en cortisol salivaire de 0,76 ng/mL entre le relevé réalisé avant la compétition et celui réalisé juste après, et une hausse de 1,39 ng/mL entre le relevé réalisé juste après la compétition et le relevé après la compétition. Ces variations ne sont cependant pas significatives ($p > 0,05$). Cependant, toutes les études ne valident pas l'utilisation du cortisol salivaire.

Le cortisol salivaire ou sanguin représente donc un potentiel paramètre d'évaluation de la réponse physiologique au stress chez le cheval.

2) Les autres marqueurs biochimiques

Figure 5 : Relation entre réponse physiologique de stress et biochimie sanguine
D'après Moberg et Mench (2000)

Comme mentionné dans la Figure 5, d'autres paramètres biochimiques peuvent être modifiés par le stress. Mais d'après Kermenguy (2007), ces indices sont peu fiables et ils ne sont que peu cités dans les études sur le stress du cheval. Ils ne présentent donc que peu d'intérêt dans le cadre de cette étude.



3) Autres paramètres physiologiques décrits

On trouve dans la bibliographie d'autres paramètres physiologiques qui ont été suivis pour mettre en évidence une réponse à un stress. Par exemple le diamètre pupillaire qui diminue suite à l'activation ortho-sympathique lors de stress ou la conductance électrique cutanée qui semble augmenter lors de stress probablement en relation avec la sudation. Enfin la diminution du débit sanguin périphérique utilisé sur d'autres espèces était corrélée à une réponse au stress.

Cependant ces paramètres sont difficiles à mettre en œuvre chez le cheval et les études n'en dégagent pas suffisamment l'intérêt pour une étude comme la nôtre.

C. Paramètres Comportementaux

Il n'est pas possible d'attribuer un comportement donné à toute émotion unique (Boissy, 1998). Cependant, il est possible de sélectionner quelques comportements manifestés à travers un certain nombre de situations différentes perçues comme menaçantes par le cheval (Visser *et al.*, 2001). Les réactions physiologiques (augmentation du rythme cardiaque et réduction de la variabilité de la fréquence cardiaque etc...) fournissent d'autres preuves de l'interprétation des comportements semblant liés à la peur. Il est donc primordial dans les études de corréler les indices physiologiques et comportementaux pour valider leur interprétation (Hall *et al.*, 2013).

Différentes études sont menées chez le cheval pour corréler le stress au comportement. Le Tableau 1 résume les différents comportements relevés chez ces auteurs.

Cette partie ne vise pas à lister tous les comportements révélateurs de stress, mais de proposer au travers d'exemples tirés de la bibliographie une analyse de leurs intérêts et de leurs limites pour l'étude du stress chez le cheval.

Tableau 1 : Relevé des différents types de comportements cités dans la littérature étudiée en lien avec un stress chez le cheval

AUTEURS	Position de l'encolure ou de la tête	Locomotion	Mouvement de la queue	Défécation	Coup sabot/ gratte le sol	Appui sur les membres	Sudation	Hennissement ou souffle / ronflement	Position ou mouvement des oreilles	Yeux : sclère visible	Tic / stéréotypie
Bagshaw, Ralston, and Fisher (1994)	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Peeters (2011)	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		
Rietmann et al. (2004)	✓	✓	✓	✓	✓						
Erber et al. (2012)	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓			
Young et al, (2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Hauseberger et al., (2009)											✓
Jechoux, (2004)	✓				✓	✓		✓			
Hall et al (2013)	✓	✓	✓					✓	✓		

1) Mouvements et position des oreilles

Intérêt de cet indice : Les oreilles chez le cheval sont très mobiles et lui permettent d'acquérir l'information sonore dans toutes les directions en relation avec son statut de proie dans la nature. Bagshaw *et al.* (1994) utilisent la position des oreilles pour qualifier l'attitude du cheval (alerte ou relâché). Selon les auteurs, des oreilles dressées traduisent un animal alerte alors que des oreilles asymétriques ou dans une autre position traduisent plutôt un état de relâchement. Les deux oreilles couchées en arrière indiquent une menace, en général le cheval est dans une phase d'alerte et de réponse. Ainsi des oreilles mobiles, plutôt tournées vers l'avant ou couchées signent un stress. Cependant, elles marquent un moment différent de la réaction à un stimulus. L'oreille mobile indique que le cheval perçoit une variation de son environnement et est en alerte pour l'identifier. Au contraire, les oreilles couchées vers l'arrière indiquent que le cheval a perçu une perturbation environnementale et va y répondre (Leblanc *et al.*, 2004). Plusieurs études Young *et al.* (2012), Hall *et al.* (2013) et Peeters (2006) ont intégré dans leur liste de comportement la position et le mouvement des oreilles.

De même Young *et al.* (2012) mettent en évidence des corrélations entre le cortisol salivaire et la manipulation des chevaux. Ces auteurs utilisent la position des oreilles dans un score comportementale pour évaluer le stress chez le cheval domestique.

Limite de cet indice : Il faut passer un certain temps pour évaluer la position des oreilles car étant très mobile, le cheval ne garde pas forcément une position constante. Nombreux sont les auteurs qui ont recouru à la vidéo pour analyser le mouvement des oreilles.

2) Hauteur de l'encolure

Intérêt de cet indice : Dans différentes études (Bagshaw *et al.*, 1994 ; Rietmann *et al.*, 2004 ; Erber *et al.*, 2012 ; Peeters, 2011 ; Hall *et al.*, 2014), les auteurs mentionnent la position de l'encolure soit à travers l'angle entre le garrot, les naseaux et le chanfrein soit en évaluant la position des yeux par rapport au garrot (Young *et al.* 2012). Deux études corrélaient la position de l'encolure au cortisol salivaire (Young *et al.*, 2012 ; Hall *et al.*, 2014) mais contrairement à ce qui est montré dans d'autres études, l'encolure vers le bas semble corrélée à un cortisol salivaire élevé. En revanche les autres auteurs cités précédemment intègrent dans leur score comportemental une encolure haute avec un score élevé de stress.

Limite de cet indice : Les études ne s'accordant pas vraiment sur le sujet, il est difficile de se faire une véritable opinion sur cet indice. Néanmoins, ce comportement est souvent évalué dans les études que l'on a pu lire et fait partie de l'échelle de notation de stress.

3) Port et mouvements de la queue

Intérêt de cet indice : L'agitation ou le fouaillement de la queue est reconnu comme un signe de stress et de tension. De nombreux auteurs l'intègrent dans leur répertoire comportemental du stress (Peeters, 2011 ; Rietmann *et al.*, 2004 ; Young *et al.*, 2012 ; Hall *et al.*, 2014). Ils démontrent qu'une queue portée haute est associée à un cheval moyennement stressé et qu'un fouaillement de la queue est plus souvent associé à un cortisol salivaire élevé sans pour autant en trouver de corrélations.

Limite de cet indice : Hall *et al.* (2014) ne trouvent pas de corrélations entre les mouvements de queue et la hausse du cortisol salivaire ou de la température de l'oeil. Cependant dans son étude les deux chevaux présentant la plus importante hausse de cortisol salivaire fouaillent de la queue pendant 50% de l'exercice.

4) Fréquence de défécation

Intérêt de cet indice : Bagshaw *et al.* (1994) démontrent une augmentation de la défécation lors de l'isolement des chevaux. L'aspect des crottins semble aussi modifié, avec des crottins qui paraissent plus mous.

Limite de cet indice : Pour avoir accès à une fréquence, il faut un dispositif qui permette de calculer sur une durée le nombre de crottins émis ce qui n'est pas forcément possible.

5) Position de la tête et mouvements

Intérêt de cet indice : La position de la tête est fréquemment étudiée avec la position de l'encolure dans les différentes études. Hausberger *et al.* (2011) formulent dans leur étude l'hypothèse que la position de la tête « encapuchonnée » (chanfrein avec un angle $> 10^\circ$ par rapport à la verticale et dont les naseaux se rapprochent du poitrail) soit un facteur de stress chez le cheval. Dans une étude (Hall *et al.*, 2014), les auteurs ont démontré que l'encapuchonnement était corrélé positivement au cortisol salivaire. En effet, la vision du cheval est gênée par cette position et il ne peut prendre connaissance de son environnement. Cela pouvant constituer une source de stress. Une autre étude sur l'encapuchonnement (Christensen *et al.*, 2014) révèle que plus le chanfrein est à la verticale (et donc plus la cavalier contrôle la position des rênes) et plus le cortisol salivaire et la fréquence cardiaque sont élevés.

Le « headshaking » également appelé encensement, résulte de mouvements répétitifs de hochement de la tête, semble également intéressant à étudier puisqu'il est corrélé au cortisol salivaire et donc au stress d'après Young *et al.*, (2012).

Limite de cet indice : Il existe d'autres causes de headshaking, qui ne sont pas forcément encore toutes connues. Pour ce qui est de la position de la tête, les chevaux de dressage sont travaillés dès le débouillage avec cette position, on peut dès lors se demander si les chevaux ne s'habituent pas à cette

contrainte et si cette position entraîne un stress sur des chevaux entraînés régulièrement comme les chevaux de dressage.

6) Polygone de sustentation

Intérêt de cet indice : Seule une étude (Bagshaw *et al.*, 1994) utilise cet indice dans son répertoire comportemental. Un cheval qui présente un appui équivalent sur ses 4 pieds est qualifié d'alerte. En revanche s'il est sur 3 pieds et que le quatrième pied ne supporte pas le poids du corps ou que le membre est relâché, le cheval est qualifié de relâché, détendu.

Limite de cet indice : Cet indice semble peu spécifique du stress chez le cheval mais plutôt de son état de vigilance.

7) Activité locomotrice

Intérêt de cet indice : Dans beaucoup d'études (Bagshaw *et al.*, 1994 ; Erber *et al.*, 2012 ; Rietmann *et al.*, 2004 ; Peeters, 2011 ; Young *et al.*, 2012 ; Hall *et al.*, 2014), les auteurs s'intéressent au comportement locomoteur de l'animal. Ils partent du principe qu'un animal stressé cherchera à s'éloigner du danger comme par exemple dans le cadre d'une étude sur le marquage au fer rouge des poulains, les auteurs évaluent l'écart fait par l'animal mais aussi ses réactions : saut, coup de sabot, galop... Ainsi en étudiant un des paramètres du comportement locomoteur, il serait possible de collecter un indice de stress supplémentaire.

Limite de cet indice : Les réactions sont souvent dépendantes du caractère du cheval et difficilement analysable dans un groupe d'individu.

8) Les stéréotypies

Intérêt de cet indice : Il est bien connu dans le milieu hippique que les stéréotypies sont à un mal être. Il existe deux stéréotypies majeures: « le tic à l'appui » et « le tic à l'ours ». Le tic à l'appui se caractérise par un cheval qui prend appui par ses dents sur un support en tirant dessus en avalant ou non de l'air. Le tic à l'ours lui est caractérisé par des mouvements latéraux du cou et des épaules de manière rythmique répétitive avec alternance de poids du corps sur les antérieurs et sans modification de la position de la tête par rapport au corps. Différentes études ont déjà mis en relation le stress avec les stéréotypie chez le cheval (Hausberger *et al.*, 2011 ; Young *et al.*, 2012). Les stéréotypies sont clairement liées chez le cheval à un stress chronique (Jechoux, 2004 ; Hausberger *et al.*, 2009). Les stéréotypies sont très diverses et il a été mis en évidence que le type de stéréotypies est fonction du travail du cheval et plus particulièrement en fonction du nombre d'heures de travail. Chez les trotteurs elles commencent à l'âge de deux ans, avec la mise à l'entraînement. De plus, les chevaux de dressage et en particulier de Haute Ecole, présentent souvent plusieurs stéréotypies chez un même individu et

des stéréotypies plus graves. On peut citer pour les chevaux de dressage : le « headshaking » ou encensement, le tic à l'appui ou le tic à l'ours. La nature du travail imposé aux chevaux de dressage pourrait donc augmenter le stress et la nervosité de l'animal (la position de l'encolure et de la tête a été montrée comme étant source de stress par Hall *et al.*, 2013).

Limite de cet indice : On ne comprend pas encore très bien l'origine de ses tics, sachant que certains individus en ont beaucoup alors que d'autres n'en exprimeront jamais, quand bien même les conditions environnementales sont les mêmes. L'origine pourrait être génétique, environnementale (imitation des congénères) ou mixte.

9) Autres comportements

Les comportements buccaux exploratoires (touche, flaire ou lèche avec la langue ou le mufle une partie de l'écurie ou le sol), le grincement de dents ou encore l'autogrooming sont augmentés lors de réponse de l'organisme à un stress moyen (Young *et al.*, 2012).

Le souffle, les vocalisations ou l'exploration du sol en reniflant font aussi partie des comportements relevés lors de stress (Hall *et al.*, 2013).

10) Tension corporelle

Intérêt de cet indice : Mettre une note globale sur l'état émotionnel du cheval semble facile pour les habitués des chevaux. Alors est-il possible de pouvoir avec sa subjectivité, juger l'état de stress du cheval avec sa propre expérience des chevaux. Cela semble un indice facile à étudier.

Limite de cet indice : Hall *et al.* (2014) démontrent que nous sommes mauvais pour juger du bien-être et de la psychologie chez les animaux. Ils remettent en cause notre faculté à connaître d'état émotionnel des animaux.

Pour conclure, noter et scorer différents comportements des chevaux montés peut fournir une aide précieuse pour identifier une réaction de stress chez le cheval. Plusieurs comportements semblent être souvent retrouvés dans la littérature comme reliés au stress comme le fouaillage de la queue, le mouvement et la position des oreilles ou encore le port de l'encolure. Néanmoins, pour pouvoir valider ces interprétations, les auteurs s'appuient à chaque fois sur des indices physiologiques complémentaires comme la fréquence cardiaque, le cortisol salivaire ou la thermographie infra-rouge.

D. La thermographie infra-rouge

1) Principe de la thermographie infra-rouge

La thermographie infrarouge est la mesure de l'énergie électromagnétique rayonnée. Dans le spectre électromagnétique, le rayonnement infrarouge de longueur d'onde (3-12 pm) est plus grand que la gamme du visible. Purohit et McCoy (1980) ont rapporté l'utilisation de thermographie infrarouge en médecine équine pour détecter des boiteries chez les chevaux de course. Depuis cette technologie s'est étendue aux études de bien-être chez plusieurs espèces (vaches, lapins, macaques...). Par exemple Kuraoka et Nakamura (2011) mettent en évidence une diminution de la température nasale du macaque rhésus lors d'émotions négatives (présentation d'un individu menaçant ou effrayant).

Il y a quelques limitations et facteurs qui doivent être considérés en utilisant la thermographie infrarouge. Les images collectées ne doivent pas l'être face au soleil ou aux courants d'air directs, et la peau de l'animal doit être exempte de saleté ou de traces d'humidité. La saleté sur l'animal modifie l'émissivité et la conductivité de la chaleur et donc le rayonnement infrarouge alors que l'excès d'humidité augmente la perte de chaleur locale (Stewart *et al.*, 2005).

Ainsi la thermographie infra-rouge représente un moyen simple et non invasif d'étude chez les animaux domestiques.

2) Utilisation pour mesurer le stress des animaux domestiques

Depuis peu, la thermographie infra-rouge est utilisée dans les études sur le bien-être animal et en particulier sur le stress des animaux domestiques. Lors d'un stress, l'axe HPA entraîne via les catécholamines des modifications dans la production et la perte de chaleur de l'animal (Schaefer *et al.*, 2002). Ceci peut être détecté en utilisant une caméra infra-rouge spécialisée pour recueillir des images picturales en temps réel à une certaine distance à partir de l'animal et donc en évitant d'induire un stress supplémentaire par rapport aux autres mesures de stress. Des études (Stewart *et al.*, 2010; Stewart *et al.*, 2007) sur le bétail ont démontré que l'on pouvait utiliser la thermographie infra-rouge pour déterminer la température péri-orbitaire pour mesurer le stress. Les températures oculaire et nasale varient différemment en fonction de la zone étudiée, du stress subi et du moment de prise du cliché. En effet, Stewart (2008) constate que suivant la stimulation : surprise, ou faible douleur, la réponse au stress varie. Une diminution de la température oculaire maximale est notée suite à un stimulus stressant. Par contre Valera *et al.* (2012) observent une hausse de la température oculaire

maximale quelques minutes après la fin d'une compétition d'obstacle chez le cheval. Une augmentation de température oculaire maximale entre avant la compétition et juste après la compétition et une diminution entre juste après et après la compétition est relevée. Il y a donc nécessité pour la thermographie d'évaluer les variations entre les périodes d'un événement stressant.

Ainsi il semblerait que la température oculaire maximale commence d'abord par chuter puis réaugmente suite à l'événement stressant.

En effet, Stewart *et al.* (2010) ont étudiés les variations de la température oculaire après injection d'adrénaline (4µg/kg). Une baisse significative est observée durant l'injection et la température reste basse encore 2 minutes après la fin de l'injection puis réaugmente à des valeurs basales. On suppose que l'adrénaline induit une fermeture des capillaires superficiels et entraîne une baisse de la température de l'œil. La baisse de la température oculaire prise par thermographie est donc d'origine orthosympathique.

Il est nécessaire que le stress soit important comme une douleur intense (Stewart, 2008) ou un stress avec une forte composante psychologique pour induire une augmentation de la température oculaire. L'hypothèse d'une activation de l'axe parasympathique suite à la douleur ou à un stress à l'origine d'une vasodilatation du lit capillaire de l'œil et donc d'une hausse de la température oculaire a été formulée par Stewart (2008).

Il apparaît donc que la thermographie peut être utilisée comme un indicateur supplémentaire du stress du cheval, qui est non invasif et facile d'accès.

III) Le Cheval de spectacle

A. L'origine du spectacle équestre

Le spectacle équestre trouve son origine dans les mouvements de combat équestres militaires. En 1780, cette pratique arrive en France. Elle évolue beaucoup : les représentations initiales se tiennent dans des lieux fixes et sont destinées à un public d'aristocrates. Elles laissent place au cirque, dont les débuts sont indissociables du cheval. Les premiers spectacles équestres narratifs, durant la première moitié du 19^e siècle, ont pour cadre l'histoire militaire. Le spectacle équestre est associé à de grands noms du cirque comme la famille Bouglione ou la famille Grüss. La France s'illustre de manière

internationale en spectacle équestre, à travers le Cadre noir, la troupe de Bartabas à l'Académie du spectacle équestre, celle de Mario Luraschi, le cirque ou encore le musée vivant du cheval à Chantilly.

B. Les chevaux concernés

Les chevaux de spectacle sont sélectionnés pour leur allure et leur aptitude au dressage de haute école. Les chevaux ibériques sont très utilisés dans les spectacles équestres. Deux races sont très recherchées : le pure race espagnol et le lusitanien. La pure race espagnole est un cheval compact, élégant avec une hauteur au garrot minimum de 1,50m. Le chanfrein est légèrement convexe. Les allures sont relevées, avec une aptitude naturelle au piaffer. La robe la plus répandue est le gris. Le lusitanien est très proche de la pure race espagnole. Sa morphologie générale s'inscrit dans un carré. Parmi les robes admises, il existe la robe crème qui est le résultat de la dilution de la robe alezan. Cette robe très claire est très appréciée des compagnies de spectacles équestres.

Le cadre noir de Saumur utilise des selles français et des anglo-arabes pour ses représentations mais il s'est ouvert récemment aux lusitaniens via l'étalon Odin.

L'école espagnole de Vienne utilise des lippizans issus des chevaux ibériques.

Ce sont les mâles qui sont le plus souvent utilisés pour le spectacle car leur encolure est généralement plus large et leurs allures plus remontées que les juments. Les juments sont conservées pour l'élevage.

C. Les facteurs stressants d'un spectacle équestre

1) Le public

Le public peut être un facteur de stress lors de représentation. Tout comme un artiste qui monte sur scène, les chevaux sont confrontés aux réactions du public. Des bruits tel que la toux, les cris d'enfants, les sonneries de téléphones, sont autant de sources de stimulations auditives pouvant perturber les chevaux. De même la couleur des affaires portées par le public peut perturber l'œil du cheval. D'après (Miller et Murphy, 2011), chez le cheval est capable la vision des couleurs est assez limitée il peut distinguer le jaune et bleu du gris mais difficilement le orange et le rouge. La vision du cheval est particulièrement performante pour identifier des mouvements. Néanmoins leur vision dans l'obscurité est améliorée par la présence de bâtonnets en grand nombre et surtout par la présence d'une zone réfléchive de la rétine appelée le tapis. Ainsi des flashes lumineux des appareils photos peuvent être amplifié à l'obscurité par ces caractéristiques et être perçus comme une menace. D'après Saslow, (2002), les chevaux ont également la capacité d'entendre dans une gamme de fréquence plus grande que celle de l'homme. Néanmoins il est plus difficile pour cette espèce de localiser l'origine des sons

brefs. Il apparaît alors que les applaudissements et les bruits du public puissent aussi être perçus comme négatifs par le cheval.

De plus à l'Académie Equestre de Versailles, le public a accès aux écuries après le spectacle, au moment où les chevaux sont nourris et brossés. Ainsi la foule qui déambule, prend des photos et génère donc du bruit et du mouvement, semble constituer aussi un facteur de stress potentiel pour le cheval.

On comprend donc aisément qu'il peut y avoir au travers du public un ensemble de facteurs stressants pour l'artiste qu'est le cheval.

2) L'ambiance du spectacle

Dans tout spectacle équestre le travail de mise en scène fait intervenir des éclairages, de la musique et parfois même des procédés pyrotechniques. Tous ces artifices modifient l'environnement habituel du cheval et la perception de son espace. Ces modifications peuvent être la source d'un stress supplémentaire.

3) La relation cavalier-monture

Dans une étude (Visser *et al.* 2008), les auteurs démontrent que la personnalité du cavalier influence la relation cavalier-monture surtout chez les chevaux classés comme émotifs. Il apparaît donc que le cavalier pourrait avoir une influence sur l'état psychologique de sa monture. Ainsi le cavalier peut lui-même ressentir un stress au même titre qu'un autre artiste lorsqu'il est en représentation. Ce stress pourrait donc être ressenti par le cheval et perturber son état émotionnel constituant la aussi un autre facteur de stress potentiel lors d'un spectacle équestre.

4) Le tempérament du cheval

Selon Hausberger *et al.* (2011), les chevaux de dressage sont parmi les plus stressés des chevaux de compétition. Il y a donc aussi chez ces chevaux un stress chronique plus grand peut-être, selon les auteurs, à cause de la position de travail des chevaux (tête contre le poitrail). Ces auteurs (Visser *et al.*, 2008 et Hausberger *et al.*, 2011) pensent que les chevaux de dressage sont plus performants dans leur discipline s'ils ont tempérament plus peureux ou anxieux. De même les professionnels du dressage recherchent ce caractère car ces chevaux semblent avoir un apprentissage plus automatique et donc un dressage plus facile. Donc les chevaux de dressage pourraient par nature plus anxieux et peureux.

Il apparaît donc que le spectacle équestre entraîne de nombreux facteurs extérieurs et intrinsèques aux chevaux de dressage, de stress potentiels chez le cheval. Le spectacle équestre représente donc un formidable environnement d'étude pour le stress du cheval.

DEUXIEME PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

L'objectif de l'étude était de mesurer le stress des chevaux de spectacle en utilisant des indices physiologiques, comportementaux et une nouvelle technique : la thermographie infra-rouge. Comme nous l'avons vu dans la bibliographie, des indices physiologiques permettent d'estimer le stress. Mais l'exercice physique a des effets sur certains de ces paramètres (fréquence cardiaque, température interne et de surface...). Il faut donc pouvoir séparer les effets du stress de ceux de l'exercice. Chez le cheval de spectacle, montrer que ces paramètres sont affectés avant le spectacle peut permettre d'évaluer le stress des animaux. La mesure des signes comportementaux du stress nécessite une certaine sensibilité qui peut être insuffisante lorsque l'on travaille sur de petits effectifs. Nous avons tenté d'utiliser et de valider une grille d'appréciation des signes comportementaux du stress.

Nos mesures ont été intégralement réalisées à l'Académie du Spectacle Équestre de Versailles, la contrainte principale de cette étude était de travailler avec des techniques non invasives (pas de prises de sang), simples et non visibles par le public (pas de vidéo dans les boxes, pas de dispositif d'enregistrement en continu de la fréquence cardiaque). Cette étude expérimentale s'est déroulée sur deux périodes : de juin 2012 à juillet 2012 puis de juin 2013 à juillet 2013. Cette étude a été réalisée par 2 expérimentateurs, Manon DUROZEY et moi. Son manuscrit relate les effets du stress et de l'exercice physique sur la thermographie infra-rouge (Durozey, 2014), ce sujet ne sera donc pas abordé ici.

I) MATÉRIELS ET MÉTHODES

A. Présentation de l'Académie du Spectacle Équestre de Versailles

1) Histoire

L'Académie a été créée par Bartabas en 2003 au sein de la grande écurie du Château de Versailles. Elle associe un travail de dressage de Haute École à d'autres disciplines telles que l'escrime, la danse, le chant ou le traditionnel Kyudo (tir à l'arc japonais), en cela elle constitue un corps de ballet unique au monde et a pour ambition de former des artistes équestres à part entière. Il y a deux spectacles : *Les Matinales des Écuyer* qui s'apparente à une séance de travail commentée où l'on découvre dans l'intimité la relation qui s'établit entre l'écuyer et sa monture, et *La Voie de l'Écuyer* qui est un véritable spectacle chorégraphié par Bartabas et reflet de cette compagnie école.

2) L'infrastructure

L'ensemble des bâtiments étant classé aux monuments historiques, la transformation des bâtiments en 2003 pour accueillir la compagnie a nécessité des aménagements dans les installations des chevaux. Ainsi il y a deux grandes écuries (présentée en figure 6) dans les bâtiments d'origine mais également des boxes démontables dans la cour extérieure. Des boxes larges, confortables mais aussi élégants ont remplacé les anciennes stabulations.

Figure 6 : Photographie de l'écurie de l'Académie équestre

Le public peut se déplacer derrière la bande rouge et ainsi voir les chevaux après le spectacle. (Photographie personnelle)



Pour travailler, les écuyers ont accès à une carrière extérieure (présentée en figure 8) au centre du bâtiment, le manège dans lequel se déroule les spectacles ainsi qu'un rond de longe. Le manège (présenté en figure 7) a été conçu comme « un décor de théâtre avec en clin d'œil à la Galerie des Glaces les lustres en verre de Murano et d'immenses miroirs. La simplicité des matériaux, l'assemblage de poutres et de planches rappellent les constructions éphémères de Versailles autrefois ».

Figure 7 : Photographie du manège où se déroulent les spectacles
(Photographie personnelle)



Figure 8 : Carrière d'entrainement de l'Académie (Photographie personnelle)



3) La compagnie

L'Académie Equestre de Versailles possède 43 chevaux : 25 Lusitaniens crèmes ou noirs (hongres ou entiers), 8 Criollos Argentins hongres utilisés pour l'escrime à cheval, 7 poneys Sorraia travaillés en longue rênes et 2 quarter horses. Les Criollos viennent d'Argentine, ce sont des chevaux moins manipulables que les autres chevaux probablement à cause de leur passé (débourrage difficile en Argentine). Ils sont surtout utilisés pour les tableaux d'escrime ou de danse. Ils sont tous hongres et nécessitent beaucoup de délicatesse dans leur manipulation au risque de se faire agresser. Ces chevaux ont gardé un caractère très sauvage et très entier. Les poneys Sorraia sont des poneys portugais vivant à l'état semi-sauvage. Ils sont travaillés en longues rênes pour leur tableau dans le spectacle. Enfin les Lusitaniens ont été sélectionnés pour leur qualité en dressage mais aussi pour leur robe particulière : le Cremello. Ce sont des chevaux dociles, gentils et très rigoureux dans leur apprentissage. Néanmoins les problèmes liés à la consanguinité pour obtenir la robe Cremello (robe obtenue par dilution de l'alezan) entraînent des problèmes de comportements chez certains de ces lusitaniens. Ainsi les Lusitaniens Cremellos de l'Académie Equestre sont peu équilibrés au niveau de leurs réactions et leur manipulation doit être précautionneuse et vigilante. Ils sont utilisés pour le dressage de Haute Ecole dans le spectacle. Les plus jeunes sont hongres alors que les plus vieux chevaux sont entiers.

Un total de 11 écuyers : Laure Guillaume, Emmanuel Dardenne, Emmanuelle Santini, Anna Kozlovskaya, Emilie Tallet, Marie-Charlotte Tura-Dubois, Coline Le Clinche, Jeanne Linguinou, Adrien Samson et Séverine sont là pour travailler les chevaux et se former aux différentes disciplines dispensées à l'académie. L'organisation entre les écuyers dépend de l'ancienneté et du niveau équestre. Parmi ces écuyers, trois sont chargés de l'encadrement de la troupe et 3 sont en début de formation.

Pour l'entretien des boxes et les soins aux chevaux, 4 palefreniers et 1 responsable d'écurie (Pierre Boiffard) travaillent tous les jours.

B. Animaux sélectionnés et déroulement des entraînements et des spectacles

1) Travail des chevaux

a. Entraînements quotidiens

Chaque écuyer a à sa charge trois à quatre chevaux qu'il doit faire travailler tous les jours, généralement le matin de 7 h à 12 h. Pour la majorité des écuyers, il s'agit d'un poney Sorraia, d'un Criollo argentin et d'un ou deux Lusitaniens. Tous les chevaux sont travaillés montés, longés en main, et font des promenades à l'extérieur quel que soit leur type de numéro au sein du spectacle. Chaque cheval est travaillé une fois par jour voire deux fois pour les jours de spectacle (entraînement le matin et show l'après-midi ou le soir). Une séance d'entraînement monté dure d'une demi-heure à une heure et comprend un échauffement, une détente, une période de travail en tant que telle (où le cheval est le plus sollicité) puis une période de récupération au pas. La période de travail peut être entrecoupée de pauses au pas.

b. Spectacles

A l'Académie Equestre, il existe deux types de représentations :

- La Matinale des Ecuyers qui correspond à un numéro avec les Criollos argentins suivis d'une période d'une vingtaine de minutes où les trois meilleurs écuyers réalisent dans le manège un entraînement chorégraphié. Cette représentation montre au public un entraînement comme il y en a tous les jours. La Matinale des Ecuyers se déroule les samedis matins et dimanches matins. Elle dure une heure et s'effectue sur un fond sonore mêlant explications et musique classique. Ces représentations sont précédées d'une visite des écuries où le public peut découvrir le travail de préparation des chevaux ainsi que le cadre de vie de ces chevaux. Nous n'avons pas sélectionné ces entraînements parce que trop peu de chevaux y participaient et l'organisation des représentations ne nous permettait pas de faire nos mesures correctement.

- La Voie de l'Ecuyer est un véritable spectacle. Environ deux heures avant le début du spectacle commence la préparation : les harnachements et selles de spectacles sont sortis et posés à côté du box, les chevaux sont pansés, tressés, et laissés à l'attache pour ne pas qu'ils se roulent. Les chevaux qui doivent être détendus le sont avant le tressage. Les numéros du spectacle sont plus courts que les entraînements puisqu'ils durent de cinq à dix minutes, et sont d'intensités variables (comme l'indique le tableau 2). Par exemple, l'escrime à cheval est physiquement plus difficile puisque les chevaux enchaînent les lignes droites au grand galop avant de s'arrêter net. Le numéro du carrousel est beaucoup plus tranquille mais nécessite plus de concentration pour le cheval comme pour l'écuyer puisqu'il s'agit d'être coordonné avec un partenaire. Là encore il y a une visite du public après le

spectacle. Certains individus font plusieurs passages sur scène comme l'indique le tableau 2. Les Criollos ainsi que deux des Lusitaniens font la matinale et le spectacle le même jour. Il y a eu des modifications quant à l'emploi des chevaux entre les deux spectacles mais auxquelles le protocole de l'étude a pu être adapté sans problème. Les représentations sont les samedis soirs (à 18 ou 20 h) ou le dimanche après-midi à 15 h. Ce spectacle dure 1 h15 en moyenne.

Tableau 2 : Numéros composant le spectacle La voie de l'écuyer : Chevaux associés au numéro et intensité physique demandée.

La dernière colonne stipule si le cheval a été détendu avant le spectacle et avant les premières mesures. Entre les deux périodes séparées d'un an où nous avons effectué des mesures, se sont opérés certains changements quant à la participation des chevaux aux numéros.

Numéros de Spectacle	Chevaux (1 ^{ère} année)	Chevaux (2 ^{ème} année)	Intensité physique	Détente
4 poulains	Arlequ'Un		Moyenne	Non
4 poulains	Pas de Deux		Moyenne	Non
4 poulains	Treize et Trois	Treize et Trois	Moyenne	Non
4 poulains	Ouest		Moyenne	Non
Escrime à cheval	Intrépide	Intrépide	Très Forte	Non
Escrime à cheval	Nerveux	Nerveux	Très Forte	Non
Pas de Galop	Tinguely	Tinguely	Moyenne	Oui
Pas de Galop	Quilate	Quilate	Moyenne	Oui
Trio	Passa di Sotto		Moyenne	Oui
Trio	Quilate		Moyenne	Oui
Caroussel	Treize et Trois	Treize et Trois	Moyenne	Non
Caroussel	Balestra	Balestra	Moyenne	Oui
Caroussel	Rejoneo	Rejoneo	Moyenne	Oui
Caroussel	Arlequ 'Un	Arlequ 'Un	Moyenne	Non
Caroussel	Passa di Sotto	Passa di Sotto	Moyenne	Oui
Caroussel	Chagall	Chagall	Moyenne	Oui
Danse		Intrépide	Forte	Non
Danse		Nerveux	Forte	Non

2) Echantillon

a. Constitution de l'échantillon

Pour constituer notre échantillon nous avons obtenu préalablement l'accord de la direction de l'Académie pour la sélection des chevaux. Les critères d'inclusions pour notre échantillon ne nous ont pas permis d'être représentatifs de l'effectif de l'académie.

b. Critères d'inclusions

- Chevaux travaillés montés à l'entraînement et au spectacle : Certains chevaux étaient travaillés montés à l'entraînement et en longues rênes pour le Spectacle comme les Sorraïa. Nous avons donc choisi de ne pas les prendre pour notre étude pour ne pas avoir d'autre facteur de confusion entre le spectacle et l'entraînement.
- Chevaux participant depuis longtemps au spectacle afin d'éviter le stress dû à un changement d'environnement : Tous les chevaux suivis dans cette étude participaient depuis au moins 1 an au spectacle. Ainsi on évite de rajouter un biais supplémentaire de stress.
- Chevaux manipulables sans danger : Nous devons réaliser souvent seuls les mesures des différents indices et il fallait avoir une relative confiance surtout lorsque nous prenions la température ou la fréquence cardiaque. Après quelques jours de manipulations à l'Académie, nous avons sélectionné les chevaux qui ne réagissaient plus à la prise de température et à la prise de fréquence cardiaque pour premièrement ne pas se mettre en danger lors des mesures et deuxièmement éviter un stress supplémentaire sur les chevaux lors du relevé des indices.
- Accord des écuers responsables : Notre présence aurait pu perturber leur monture et leur travail donc par politesse il nous fallait leur accord en plus de l'accord de la direction. En effet, nos mesures prenaient environ deux minutes et il fallait que l'écuier patiente généralement. En contrepartie, nous participions à la préparation de leurs chevaux.
- Les chevaux ne devaient pas non plus trop se superposer dans leurs numéros du spectacle pour que nous puissions avoir le temps de faire les relevés des indices à la sortie des numéros.

A partir de ces critères, nous avons retenu 13 chevaux (10 Lusitaniens et 3 Criollos) : Arlequ'Un, Pas de Deux, Treize et Trois, Ouest, Intrépide, Nerveux, Tinguely, Quilate, Passa di Sotto, Balestra, Rejoneo, Curieux et Chagall. Curieux a dû être abandonné rapidement ainsi que Ouest la deuxième année parce qu'il était réformé.

C. Méthode de mesure

1) Présentation

Notre travail a consisté à comparer des indices physiologiques et comportementaux des chevaux en spectacle et en entraînement. Tous les indices étaient relevés avant, pendant et après un entraînement et un spectacle sur des feuilles spécialement conçues présentées en annexe 1, selon le protocole suivant résumé en Figure 9.

La première mesure avant l'exercice (AV) est réalisée au box après préparation du cheval 45 à 20 minutes avant son entrée en scène (spectacle) ou sur la piste (entraînement). Elle doit permettre de savoir dans quel état émotionnel est le cheval avant un spectacle par rapport à un entraînement. Elle sert donc à savoir si le cheval anticipe le spectacle au travers du rituel du spectacle : harnachement, attente au box ... et donc s'il éprouve une anxiété caractérisée par une réaction d'anticipation du stress avant le travail. Pour les chevaux détendus avant un spectacle, nous respectons un délai de 20 minutes après la fin de la détente pour relever nos indices.

La deuxième mesure juste après l'exercice (JAP) évaluant le stress est réalisée juste après le premier des passages sur scène ou à la fin de l'entraînement. Il existait un intervalle de 1 minute entre la sortie de la piste (entraînement ou spectacle) et la prise des mesures étant donné que les chevaux étaient marchés pour rejoindre leur box où nous faisons les mesures. Lors de l'entraînement, les chevaux étaient en partie marchés avant de rejoindre leur box pendant environ 5 minutes. Il était impossible compte tenu de l'organisation de relever les indices directement à la fin de l'entraînement comme cela était fait pour le spectacle.

Enfin la dernière mesure après l'exercice (AP) jugeant de la récupération (détente et relâchement) était réalisée 20 à 45 minutes au box après la fin du spectacle ou de l'entraînement. □ Ces mesures ont été réalisées de la même manière avant, juste après et après un entraînement. □ Après un spectacle, on rappelle que le public avait accès aux écuries et donc que les chevaux étaient exposés aux photos, aux bruits et aux mouvements du public devant leur box.

Les mesures étant réalisées sur la même période de l'année (fin juin-début juillet), nous avons eu une gamme de température extérieure équivalente entre les entraînements et les spectacles. De même que la saisonnalité de la concentration plasmatique en cortisol est identique entre entraînement et spectacle car les prélèvements ont été réalisés à la même saison.

L'intensité physique entre un entraînement et un spectacle est à peu près identique ; et en considérant que la température de l'environnement et l'intensité de l'exercice seront à peu près équivalente entre ces deux épreuves, on pourra en déduire l'impact du stress induit par le spectacle sur les différents indices.

2) Séquence de relevé des différents indices

L'organisation du relevé est présentée en figure 9 ci-dessous.

La séquence de prise des mesures était la suivante (temps total estimé par cheval : moins de 2 minutes) :

1- Observation de l'appui tripodal réalisée au box ;

2 - Mesure de la fréquence cardiaque pendant 15 secondes ;

3 - Prise du cliché de thermographie de profil ;

4 - Evaluation des indices comportementaux de la tête : ouverture de l'oeil et salivation puis après recul d'un mètre, la sudation était notée ;

5 - Mesure de la température interne (rectale) pendant 10 secondes et observation du mouvement des oreilles ;

6 - Evaluation du mâchonnement du mors, du port de la queue et de l'encolure, ainsi que des soufflements ;

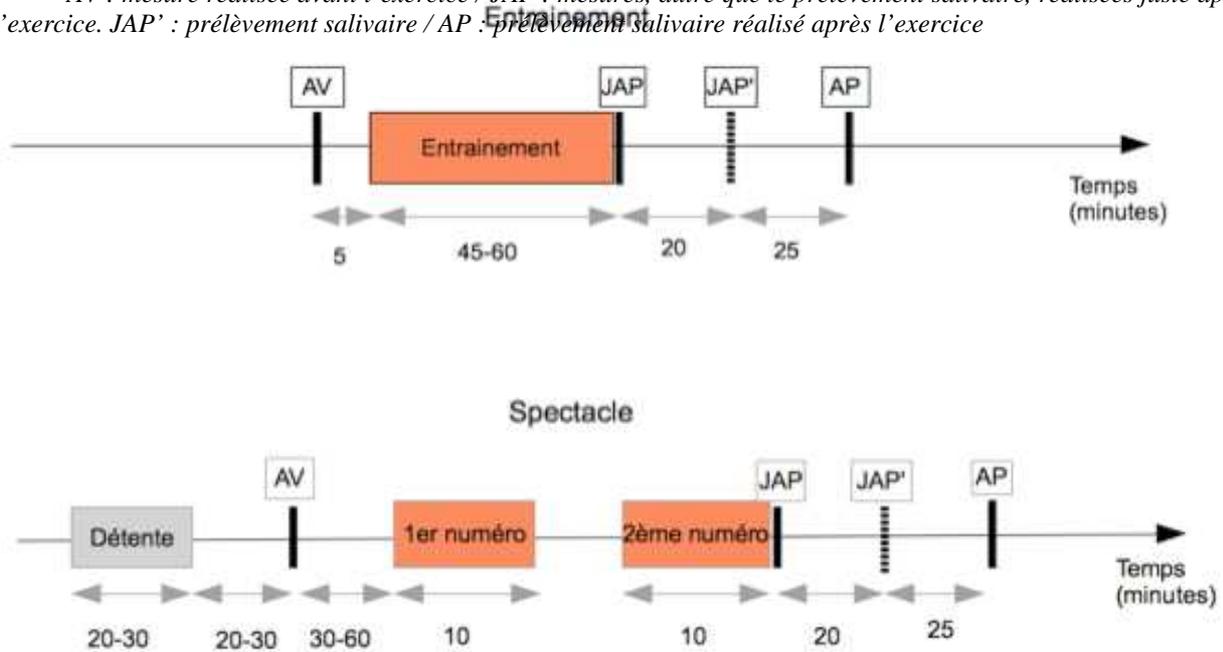
7 - Evaluation de la tension corporelle ;

8 - Observation de la défécation pendant les 2 minutes d'observation ;

9 - Prélèvement de salive.

Figure 9 : Séquence de prise des mesures sur 2 minutes au cours d'un spectacle ou d'un entraînement

AV : mesure réalisée avant l'exercice / JAP : mesures, autre que le prélèvement salivaire, réalisées juste après l'exercice. JAP' : prélèvement salivaire / AP : prélèvement salivaire réalisé après l'exercice



3) Nombre de séances suivies

Notre étude se déroulant sur 8 semaines, nous avons inclus 9 spectacles et au moins 2 entraînements par cheval. En effet les chevaux ne sont pas travaillés montés tous les jours et il n'a pas été possible d'obtenir 6 entraînements différents pour tous les chevaux. Le nombre d'entraînements et de spectacles relevés par chevaux est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3 : Nombres d'entraînements et de spectacles et numéros réalisés en 2012 et en 2013 pour chaque cheval

Nom	Nombre d'entraînements	Nombre de spectacles	Numéro(s) année 2012	Numéro(s) année 2013
Arlequ'un	9	8	« 4 poulains » Carrousel	Carrousel
Balestra	7	10	Carrousel	Carrousel
Chagall	4	10	Carrousel	Carrousel
Curieux	1	2	Escrime	Escrime
Pas de Deux	5	5	« 4 poulains »	Sorti du spectacle
Intrépide	4	9	Escrime et danse	Escrime et danse
Nerveux	3	9	Escrime / danse	Escrime / danse
Ouest	2	5	« 4 poulains »	Sorti du spectacle
Passa di Sotto	6	9	Trio / Carrousel	Trio / Carrousel
Quilate	5	9	Pas de deux / Trio	Pas de deux / Trio
Rejeneo	5	8	Carrousel	Carrousel
Tinguely	7	10	Pas de 2	Pas de 2
Treize et trois	9	8	« 4 poulains » Carrousel	« 4 poulains » Carrousel

4) Indices physiologiques et comportementaux évalués

Notre étude bibliographique nous a permis d'identifier plusieurs indices comportementaux ou physiologiques d'intérêt pour l'étude du stress chez le cheval. Cependant, pour notre étude expérimentale, des contraintes imposées par le spectacle équestre nous ont imposé des critères pour le choix ou la notation des indices. Ceux-ci devaient :

- 1) être réalisable le plus rapidement possible : nous disposions de 2 minutes environ à la fin d'un numéro pour relever nos indices. Il ne fallait pas que notre présence perturbe le déroulement du spectacle qui est minuté et précis ;
- 2) être réalisables au box ou en liberté par une seule personne : nous avons séparé l'échantillon en 2 parties et nous suivions chacun toujours les mêmes chevaux. Ainsi nous étions seuls pour faire nos relevés et il fallait donc pour notre sécurité que les indices soient faciles à relever ;
- 3) minimiser les manipulations pour éviter un stress « iatrogène » et pour éviter de perturber l'entraînement ou le spectacle qui suivait.

Nous avons donc établi une grille de notation en reprenant les comportements identifiés sur les bases de notre bibliographie. Nous avons choisi la notation utilisée pour qu'elle soit réalisable facilement. La grille de notation comportementale est présentée dans le tableau 4.

Les indices physiologiques ont été choisis pour leur pertinence dans la bibliographie (fréquence cardiaque, température interne, cortisol salivaire) mais aussi pour leur aspect non invasif (température de surface par thermographie infra-rouge). Nous avons souhaité rajouter des indices supplémentaires comme la salivation, la sudation, l'ouverture de l'œil ou la défécation pour appuyer notre étude comportementale.

a. Indices physiologiques mesurés

- **Fréquence cardiaque** : Sa valeur moyenne varie entre 24 et 44 battements par minute chez le cheval ; Elle était mesurée à l'aide d'un stéthoscope pendant 15 secondes. L'utilisation d'un dispositif d'enregistrement en continu n'a pas été possible parce que cela aurait été visible pendant le spectacle et donc incompatible avec la présence du public. Le stress active le système orthosympathique qui est

chronotrope mais aussi inotrope, tonotrope, dromotrope, bathmotrope positifs et augmente donc la fréquence cardiaque.

Limite de cet indice. La fréquence cardiaque augmente également avec l'intensité de l'exercice. Il faut donc prendre en compte le type d'exercice dans l'interprétation des résultats. De plus ce paramètre diminue vite après l'exercice ou le stress. Sans cardio-fréquencemètre, il ne faut pas tarder à prendre la fréquence cardiaque.

- **Température rectale** : La température rectale normale d'un cheval est comprise entre 37,5°C et 38,5°C. Le stress entraîne une légère hyperthermie. Elle est lue en 5 secondes via un thermomètre électronique rapide.

□ *Limite de cet indice.* Lors d'un effort physique ou de certains phénomènes inflammatoires, qu'ils soient infectieux ou non, la température interne a tendance à augmenter. Les chevaux étant suivis de manière quotidienne, une diminution de l'état général aurait été décelée si processus inflammatoire il y avait eu et nous aurions écarté le cheval de l'étude. Pour l'interprétation des résultats, nous devons prendre en compte l'intensité de l'effort qui était proche entre entraînement et spectacle. La température externe peut également agir sur la température interne. Les chevaux étant logés dans des bâtiments en pierre, la température extérieure était assez homogène entre nos mesures. Cependant le manège où sont réalisés les spectacles varie davantage en température ambiante et peut présenter des températures très élevées en été. La carrière d'entraînement, où sont détendus les chevaux avant de rentrer sur scène, peut également voir sa température augmenter fortement aux heures chaudes.

- **Sudation** : Le stress entraîne une sécrétion de sueur explicable par le contrôle adrénérgique effectué sur les glandes apocrines. L'évaluation de la sudation se fait grâce à un relevé de la topographie des zones humides et de l'intensité de la sudation à la manière de Erber et al. (2012) comme indiqué dans le tableau 4.

Limite de cet indice. L'exercice et la chaleur entraînent également une augmentation de la sudation. Nous avons donc recueilli la température extérieure à différents moments de la journée et avons pu mettre en évidence une stabilité de la température extérieure au fil du temps. En effet, l'Académie se situe dans un bâtiment en pierre qui permet de conserver une température environnementale plutôt constante autour de 20°C. Cependant le manège où sont réalisés les spectacles et la carrière d'entraînement où sont détendus les chevaux avant de rentrer sur scène varient davantage en température ambiante et peuvent présenter des températures très élevées en été.

- **Ouverture de l'œil** : Lors d'un stress, le système orthosympathique est stimulé conduisant à une ouverture de l'oeil et une mydriase. De la même manière que Bagshaw et al. (1994) le décrivait en repérant le pourcentage de sclère visible, nous avons noté l'ouverture de l'œil sur les chevaux.

□ *Limite de cet indice* : L'ouverture de l'iris est également corrélée à l'intensité lumineuse de l'environnement. Bien que les chevaux crème aient des iris bleus, l'observation de la mydriase s'est révélée difficile dans la pénombre des écuries et nous avons choisi de conserver uniquement l'ouverture de l'oeil qui est un paramètre relevable à une distance plus importante de l'animal et plus rapidement. Il traduit une attitude de vigilance ou un état de stress selon son degré.

- **Salivation** : Nous avons évoqué dans la première partie que ce critère était extrêmement délicat à interpréter puisqu'il fluctue en fonction de la mastication, de la présence et du type de mors dans la bouche. Son aspect (séreux ou muqueux) ainsi que sa quantité sont extrêmement variables en fonction du type de stimulus désagréable et sous dépendance des systèmes ortho et parasymphatiques.

L'alimentation distribuée au retour du spectacle pouvait interférer dans nos mesures. De plus, le changement de mors (forme et constituant, simple ou double) entre l'entraînement et le spectacle est à prendre en compte dans l'interprétation de ce critère. Nous attendions au maximum que les chevaux soient préparés (bridés et sellés) pour faire nos mesures. Parfois, juste avant l'entraînement, nous ne prenions pas le temps d'attendre la mise en place du filet pour ne pas retarder les écuyers.

b. Indices Comportementaux relevés

- **Mâchonnement du mors** : Young *et al.*, (2012) relèvent que les comportements buccaux sont augmentés lors de stress. Il nous est donc apparu intéressant de relever la présence ou non de mouvements de mâchonnements du mors, fréquemment observés chez le cheval. De plus, la salivation est étroitement liée à la mastication, il était donc important de prendre en compte ce critère pour exploiter les résultats de salivation. L'observation a été réalisée pendant 30 secondes.

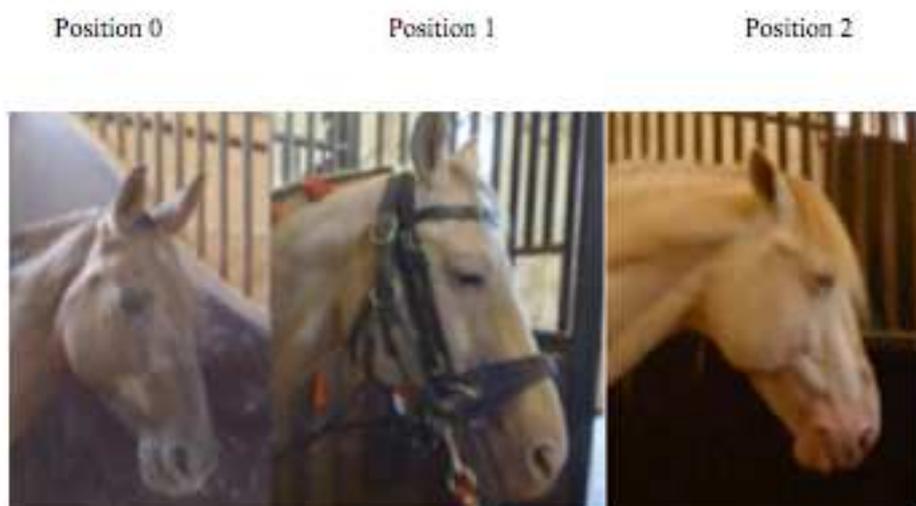
Limite de cet indice : La présence d'un mâchonnement dépend aussi du type de bride utilisée hors en fonction de l'entraînement, et en spectacle, il arrivait que les brides varient. Les chevaux n'ayant un mors qu'avant et pendant un travail monté, cet indice n'a été relevé qu'avant et juste après un spectacle ou un entraînement.

- **Mouvement et position des oreilles (figure 10)**: La prise de température est comprise dans la période d'observation des oreilles et doit toujours l'être, de manière à évaluer la réactivité à une manipulation inhabituelle. □ Des oreilles relâchées et immobiles révèlent un cheval calme d'après Hall *et al.* (2014). Plus les oreilles sont mobiles et plus le cheval est à l'écoute de son environnement voir

anxieux, à la recherche du stimulus perçu comme menaçant. Hall *et al.* (2014) révèlent également qu'un cheval en alerte a les oreilles vers l'avant. De même un cheval avec les oreilles très en arrière est qualifié d'agressif en réponse à un stimulus perçu comme une menace.

Limite de ces indices : L'observation ne se faisant que sur une courte période (2 minutes), ceci a pu entraîner une erreur d'appréciation de l'émotion réelle du cheval.

Figure 10 : Notation de la position des oreilles



- **Soufflement** : Il s'agit d'une expiration forcée (naseaux dilatés). On évalue la présence ou l'absence. Lors d'un stress la fréquence de soufflements semblerait augmentée (Hall *et al.*, 2014)

Limite de cet indice : Au cours de l'étude nous n'avons pas réussi à détecter de soufflement, peut-être parce que la période d'observation était trop courte. L'indice a donc été abandonné.

- **Port de l'encolure** : L'étude de notre bibliographie a montré qu'une encolure haute était associée avec un score élevé de stress.



Limite de cet indice : Devant la difficulté de qualifier de façon précise la position de l'encolure sans dispositif d'enregistrement, nous avons décidé une notation simple présentée dans le tableau 4.

- **Appui podal** : D'après l'étude de notre bibliographie, un cheval qui perçoit une menace sera toujours sur ses 4 membres, prêt à fuir. Il peut également taper d'un antérieur ou se mettre sur ses postérieurs en position de défense. A l'inverse, un cheval avec un membre relâché qui ne supporte pas son poids est qualifié de calme. Nous avons choisi une notation simple adaptée au contexte de l'académie.

Limite de cet indice : Notre présence pouvait modifier l'appui podal dans le sens où les chevaux nous voyant rentrer dans le box, ils changeaient d'un appui sur 3 membres à un appui sur les 4 membres. De même lors de l'évaluation juste après un spectacle ou un entraînement, il était impossible d'avoir un cheval avec un appui sur 3 membres seulement.

- **Tension corporelle** : Nous avons voulu tester notre capacité à appréhender la tension d'un cheval et son état d'anxiété ou de stress. Elle consiste en l'évaluation subjective de l'état de tension globale du cheval en regardant notamment la tension musculaire, les expressions faciales et en intégrant tous nos relevés d'indices pour pouvoir donner une note de synthèse.

Intérêt et limite de cet indice: Il s'agit d'un critère subjectif, donc très dépendant de l'expérimentateur. Mais il nous paraissait intéressant de relever notre ressenti du cheval pour éviter de passer à côté d'un état de stress que nos indices n'auraient pas décelé. L'évaluation de la tension se faisait en dernier, après avoir relevé les autres indices pour avoir une vision synthétique du comportement du cheval. Cet indice est par ailleurs relevé chez d'autres espèces.

Tableau 4 : Notation des différents indices physiologiques et comportementaux utilisés

INDICES	Score	Explications
APPUI	3	Cheval en appui sur 3 de ses membres
	4	Cheval en appui sur ses 4 membres de manière uniforme
	T	Cheval qui trépigne, tape d'un antérieur ou s'agite dans son box
TENSION SCORE	0	Cheval sans aucune tension perçue
	0,5	Cheval avec une tension perceptible minime
	1	Cheval avec une tension perceptible discrète
	1,5	Cheval avec une tension perceptible moyenne
	2	Cheval avec une forte tension perceptible
ENCOLURE	B	Cheval présentant une encolure basse (base de l'encolure sous le garrot)
	H	Cheval présentant une encolure haute (base de l'encolure au dessus du garrot)
SOUFFLE	0	Cheval ne présentant pas de soufflement pendant la prise des mesures
	1	Cheval présentant au moins 1 soufflement pendant la prise des mesures
POSITION OREILLE	0	Oreille en position vers l'avant
	1	Oreille en position asymétrique
	2	Oreille relâchée
MOUVEMENT OREILLE	0	Oreille immobile lors de la prise de mesure
	1	Oreille en mouvement lors de la prise de mesure
OREILLE SCORE	0	Oreille en score 0 (mouvement) - 2 (position)
	1	Oreille en score 0 (mouvement) - 1 (position)
	2	Oreille en score 0 (mouvement) - 0 (position)
	3	Oreille en score 1 (mouvement) - 2 (position)
	4	Oreille en score 1 (mouvement) - 1 (position)
	5	Oreille en score 1 (mouvement) - 0 (position)
ŒIL	0	Paupière peu ouverte, sclère non visible
	1	Paupière très ouverte, sclère visible
MACHONNEMENT	0	Absence de mâchonnement du mors lors de la prise de mesure
	1	Présence de quelques séquences de mâchonnement du mors lors de la prise de mesure
	2	Présence de séquence en continue de mâchonnement au cours de la prise de mesure
SUDATION	0	Absence de plage de sudation (autre que sous la selle)
	1	Présence de plage de sudation sur l'encolure
	2	Présence de plage de sudation sur l'encolure et ailleurs (pli du grasset, poitrail...)
SALIVATION	0	Absence de trace de salivation sur la commissure des lèvres ou toute petite trace
	1	Présence d'une petite quantité de salive sur la commissure des lèvres
	2	Présence d'une grande quantité de salive sur les lèvres

Pour mesurer nos indices nous avons établi des tableaux pour noter les différents scores de chaque indice pour chaque cheval. Un nouveau tableau était utilisé à chaque nouvelle session d'entraînement ou de spectacle.

c. Le cortisol salivaire

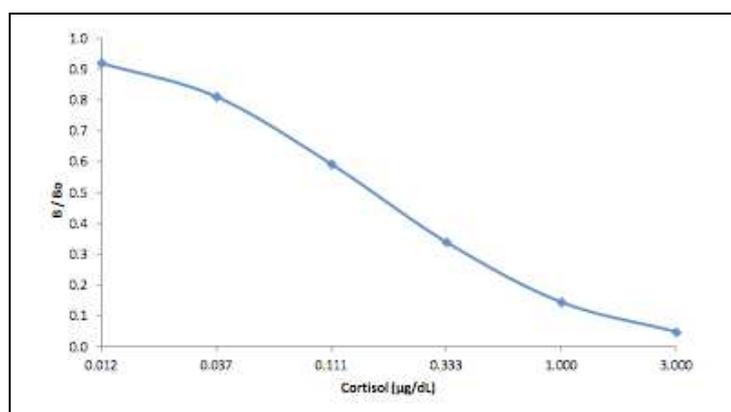
- *Récolte* : Nous avons utilisé du coton hydrophile en boule de deux centimètres de diamètre que nous introduisons sur et sous la langue jusqu'à ce qu'il soit largement imbibé. Les mesures ont eu lieu 20 minutes avant un spectacle ou un entraînement. Hughes *et al.* (2006) mettent en évidence une latence de 30 minutes entre l'activation de l'axe corticotrope et l'élévation du cortisol salivaire donc le deuxième prélèvement juste après l'entraînement ou le spectacle a été décalé à 20 minutes après la sortie du spectacle ou de l'entraînement. Enfin, le dernier prélèvement est réalisé 45 minutes après la fin du spectacle. Les prélèvements salivaires sont placés dans des sacs de congélations individuels et ensuite congelés à -20°C immédiatement après la récolte sur le site de l'Académie. Les prélèvements ont été reconditionnés après transport frigorifique sur le site de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort dans des tubes à essais en plastique pour plus de commodités, sans les décongeler. Enfin, l'envoi à au service des sciences biologiques de l'université de Namur dirigée par le Pr Claire DIEDRICH basées à Namur pour réaliser les dosages a été effectué par transport frigorifique à -20°C. Ensuite, Claire Diederich et Laetitia Wiggers ont gracieusement analysé les échantillons grâce à la technique ELISA développée par SALIMETRICS ND.

- *Préparation et analyse des prélèvements* : Les cotons ont été décongelés et centrifugés à 3000 tour/min à 1500G pendant 15 minutes. La centrifugation permet la séparation des protéines muciniques de la salive et des particules qui pourraient interférer avec la technique ELISA. Le liquide a été récupéré et filtré. Les échantillons ont ensuite été répartis dans des puits du KIT ELISA de la société SALIMETRICS. Le fond des puits est tapissé d'anticorps monoclonaux anti-cortisol. On a ajouté du cortisol lié à la peroxydase de raifort qui entre en compétition avec le cortisol salivaire des échantillons. Le mélange a été incubé puis rincé. On a ajouté ensuite le réactif de la peroxydase du tetramethylbenzidine (TMB). Si le cortisol lié à la peroxydase se fixe aux anticorps monoclonaux au fond du puits, la peroxydase dégrade le TMB et le puit se colore en bleu. De l'acide sulfurique permet de stopper la réaction et transforme la couleur bleue en jaune. La densité optique des puits est lue par un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 450 nm. L'intensité mesurée est donc proportionnelle à la fixation du cortisol lié à la peroxydase et donc inversement proportionnel à la fixation du cortisol dans les échantillons.

Pour chaque échantillon, deux puits ont été remplis. Une moyenne de la densité optique (OD) relevée dans les puits a été calculée : OD(B). Une moyenne a été également calculée pour le témoin : OD(Bo). B/Bo représente le pourcentage de peroxydase fixé, il est calculé en divisant OD(B) par OD(Bo). La notice d'utilisation du kit de tests Salimetrics fournit le graphique ci-dessous permettant de retrouver la concentration en cortisol à partir de B/Bo.

Ainsi d'après la Figure 11, on peut déduire la concentration en cortisol dans les échantillons à partir de la densité optique des puits.

Figure 11 : Corrélation entre la densité optique lue et la concentration en cortisol des échantillons d'après la notice d'utilisation des kits de dosage du cortisol salivaire Salimetrics



- Facteurs affectant l'analyse du cortisol salivaire (d'après le guide d'utilisation des kits ELISA de chez SALIMETRICS ND) :

Durée entre prélèvement et repas

Les prélèvements doivent être espacés de 60 minutes au moins après un repas. En effet, les aliments acides (ou à forte teneur en sucres) entraînent une diminution du pH salivaire et favorisent le développement de bactéries. Un rinçage à l'eau claire est préconisé pour écarter tout effet de l'alimentation. Au cours de notre étude, les chevaux étaient nourris après le spectacle et donc les prélèvements salivaires ont été parfois contaminés par des aliments. C'est un fait à prendre en compte dans nos analyses. Néanmoins, les prélèvements étant congelés immédiatement après leur récolte, le développement bactérien a pu être contrôlé jusqu'à leur analyse.

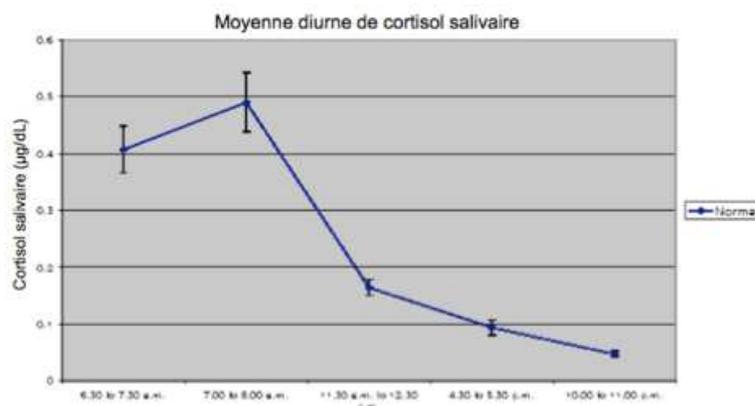
Le pH salivaire

S'il est inférieur à 3,5 ou supérieur à 9,0 il peut faire varier la couleur de la réaction de dosage et donc la valeur de densité optique.

La sécrétion de cortisol

Elle suit un rythme circadien (comme le montre la Figure 12) avec une production le matin et une baisse nocturne de la concentration. Les entraînements se déroulant systématiquement le matin, il faudra prendre cet aspect en compte dans l'interprétation de nos résultats. De même les spectacles se déroulaient l'après-midi ou le soir pendant que la concentration en cortisol est normalement plus faible.

Figure 12 : Graphique de sécrétions du cortisol salivaire sur une journée (d'après Salimetrics)



La contamination sanguine

Les prélèvements de salive ne doivent pas être contaminés par du sang. Ce ne fut pas le cas dans notre étude.

D. Analyse des données

1) Méthodologie

Nos hypothèses principales étaient qu'au cours d'un entraînement, il n'y avait pas de conditions pour favoriser un stress chez les chevaux de l'Académie et qu'ils n'anticipaient pas les entraînements, alors que pendant le spectacle, les conditions plaçaient les chevaux dans un environnement stressant. En comparant, les mesures avant un entraînement aux mesures avant un spectacle, nous pourrions évaluer les différences et mettre en évidence une anxiété des chevaux de l'Académie avant un spectacle. Ensuite la deuxième hypothèse principale de notre étude était que l'effort physique était de même intensité entre le spectacle et l'entraînement et donc qu'en comparant les mesures entre l'entraînement et le spectacle, l'effort physique et son intensité n'interféreraient pas avec nos données. Seul le stress supplémentaire dû au spectacle serait à l'origine des modifications observées.

Parmi notre bibliographie nous avons pu isoler trois indices physiologiques standards de réponse au stress chez le cheval : la température interne, la fréquence cardiaque et le cortisol salivaire.

Nous avons exploré l'effet de l'exercice physique (effet de la période d'observation avant, juste après et 45 mn après l'exercice entraînement ou spectacle), de la détente, et du type d'exercice (entraînement vs spectacle) sur ces indices physiologiques. La détente correspond à un exercice

d'environ 20 à 30 min réalisé 40 min à une heure avant le spectacle pour échauffer les chevaux et leur permettre d'être en meilleure condition pour l'effort physique du spectacle. L'effort physique lors de la détente, même s'il est très léger, pourrait être à l'origine d'une augmentation de la fréquence cardiaque ou de la température interne. Il s'agit donc d'évaluer la présence d'un biais pour l'analyse de nos données.

Dans un 2^{ème} temps nous avons validé nos observations comportementales en utilisant notre indice physiologique le plus variable (la fréquence cardiaque). Les valeurs de fréquence cardiaque ont été comparées entre les différents niveaux des scores comportementaux observés. En effet, Hall *et al.* (2013) préconisent d'utiliser un indicateur physiologique pour appuyer l'analyse des indices comportementaux pour révéler un stress. Cela nous a amené à ne retenir que certains indices et à proposer une grille simplifiée d'évaluation du stress du cheval.

Pour valider les scores comportementaux choisis parmi notre bibliographie, nous avons calculé la moyenne des fréquences cardiaques associées à chaque score comportemental pour chaque relevé effectué. Ensuite, en fonction des résultats trouvés, une simplification des scores comportementaux pour aboutir à des indices comportementaux binaires a été envisagée. Pour cela, les indices comportementaux et physiologiques relevés dont les scores n'étaient pas significativement associés à des moyennes de fréquences cardiaques différentes ont été simplifiés. Nous avons regroupé en fonction des résultats trouvés, les scores des différents indices en s'appuyant sur la valeur des moyennes des fréquences cardiaques de chaque score. Ainsi par exemple, pour un indice qualitatif à plusieurs scores, si les moyennes des fréquences cardiaques des différents scores étaient proches mais non significatives nous avons rassemblé ces scores en un nouveau unique et si les moyennes des fréquences cardiaques semblaient vraiment très éloignées, nous avons conservé des scores différents. Ainsi nous avons pu pour l'ensemble des indices les transformer en variable binaire avec deux scores regroupant les anciens scores.

Les analyses ont été réalisées uniquement sur les mesures relevées avant ou après un entraînement ou un spectacle pour ne pas prendre en compte l'impact de l'effort physique. Nous avons donc éliminé les valeurs mesurées juste après le spectacle ou l'entraînement (les plus influencées par l'exercice).

2) Tests utilisés.

Variables quantitatives (températures, fréquence cardiaque, cortisol salivaire)

L'unité statistique est le cheval. Nous avons travaillé sur les moyennes de chaque cheval pour éviter le biais dû au fait que certains chevaux sont plus représentés dans l'échantillon que d'autres.

L'effet de la période (avant, juste après, après) et du type d'exercice (entraînement ou spectacle) ont été testés sur les variables quantitatives en comparant les moyennes à l'aide du test de Wilcoxon (valeurs issues de mêmes individus avant, juste après et après un exercice ou à l'entraînement et en spectacle). L'effet de la détente sur les paramètres quantitatifs a été évalué en comparant les moyennes des chevaux détendus à celles des chevaux non détendus grâce au test de Mann-Whitney (comparaison de 2 séries de données quantitatives indépendantes de faibles effectifs). Les relations entre variables quantitatives ont été explorées par une corrélation de Spearman.

Validation des scores comportementaux (scores d'appréciation de l'état de stress)

L'unité statistique est la séance d'observation. Nous avons utilisé la fréquence cardiaque mesurée lors de chaque observation (avant, pendant ou après un spectacle ou un entraînement) et les relevés des indices effectués pendant cette même période. Les relations entre les scores comportementaux et la fréquence cardiaque ont été explorées par ANOVA (comparaison des moyennes de fréquence cardiaque en fonction des différents niveaux des scores comportementaux associés). Les scores ont été analysés en comparant les fréquences cardiaques moyennes pour les différents scores des variables qualitatives et un test de Mann-Whitney pour les variables binaires. Cela permet d'identifier si les scores utilisés dans notre étude sont bien associée à des fréquences cardiaques différentes et donc possiblement à une réponse au stress différente. A posteriori, des comparaisons entre les scores sur chaque comportement ont été réalisées selon la méthode de Dunn pour vérifier si les différents scores d'un même indice étaient significativement différents. Cela nous permet de pouvoir dégager les scores les plus intéressants et les plus discriminants pour notre étude et donc de transformer les indices qualitatifs en indice binaire simplifié. Après avoir identifiés les meilleurs indices comportementaux du stress (indices les plus liés à la fréquence cardiaque) nous avons proposé une grille d'appréciation du stress simplifiée.

Nous avons enfin exploré les effets de l'entraînement et du spectacle sur cette grille d'indices comportementaux simplifiés en comparant le pourcentage de scores 1 avant puis après ces 2 types d'exercice à l'aide du test de Mac Nemar (évaluation de la différence entre 2 pourcentages issus d'évènements mesurés sur les mêmes individus).

II) RÉSULTATS

Le tableau des données brutes est présenté en Annexe 2.

A. Validations des indices physiologiques standards : fréquence cardiaque, température interne et concentration en cortisol salivaire

1) Effet de la période d'observation sur la fréquence cardiaque et la température interne au cours d'un spectacle et d'un entraînement

Les effets de la période d'observation (AV= avant, JAP = Juste Après, AP = 45 minutes après l'exercice) sur la fréquence cardiaque et la température interne sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Effet de la période d'observation sur les indices physiologiques du stress autour d'un entraînement ou d'un spectacle (n= 13 chevaux observés).

Indice	Type d'exercice	Période d'observation	m±σ
Fréquence cardiaque (battements/minute)	Entraînement	Avant	33,6 ± 4,2 ^a
		Juste après	47,4 ± 5,4 ^b
		45 mn après	37,1 ± 4,3 ^a
	Spectacle	Avant	36,3 ± 4,2 ^a
		Juste après	53 ± 8,3 ^b
		45 mn après	40 ± 4,7 ^a
Température interne (°C)	Entraînement	Avant	37,5 ± 0,1 ^a
		Juste après	38,1 ± 0,2 ^b
		45 mn après	37,8 ± 0,2 ^c
	Spectacle	Avant	37,7 ± 0,2 ^a
		Juste après	38,1 ± 0,1 ^b
		45 mn après	37,8 ± 0,2 ^a

a vs b et a vs c : p<0.05

a. La fréquence cardiaque

- **Entraînement** : La fréquence cardiaque était significativement supérieure juste après un entraînement qu'avant un entraînement et juste après un entraînement qu'après un entraînement. Par contre elle n'est pas significativement différente 45 mn après un entraînement qu'avant un entraînement.

- **Spectacle** : La fréquence cardiaque était significativement supérieure juste après un spectacle qu'avant un spectacle et juste après un spectacle qu'après un spectacle. Par contre elle n'était pas significativement différente 45 mn après un spectacle qu'avant un spectacle.

b. La température interne

- **Entraînement** : La température interne est significativement supérieure juste après un entraînement qu'avant un entraînement, juste après un entraînement qu'après un entraînement et après un entraînement qu'avant un entraînement.

- **Spectacle** : La température interne est significativement supérieure juste après un spectacle qu'avant un spectacle et juste après un spectacle qu'après un spectacle. Par contre elle n'est pas significativement différente après un spectacle qu'avant un spectacle.

Donc la fréquence cardiaque et la température interne étaient significativement augmentées juste après un entraînement par rapport à avant et étaient revenues à leur niveau initial 45 mn après un entraînement. On retrouve aussi ces résultats pour le spectacle.

2) Variation des indices physiologiques standards entre l'entraînement et le spectacle.

a. Effet de la détente sur la fréquence cardiaque, la température et le cortisol salivaire avant le spectacle

Les moyennes de fréquence cardiaque, de température interne et de cortisol salivaire des chevaux avant un spectacle ont été comparées pour les chevaux détendus et non détendus. Les résultats sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Effet de la détente sur la fréquence cardiaque (en battements par minutes), la température interne (en °C) et la concentration en cortisol salivaire (mmol/L) avant le spectacle (n=13 chevaux observés).

Indice	Détente	m±σ
Fréquence cardiaque (battements/minute)	Oui	34±1 ^a
	Non	39±5 ^b
Température interne (°C)	Oui	37,7±0,1 ^a
	Non	37,6 ± 0,1 ^a
Cortisol salivaire (mmol/L)	Oui	1,86 ± 0,57 ^a
	Non	2,05 ± 0,38 ^a

a vs b : p<0.05

La fréquence cardiaque avant un spectacle était significativement plus élevée chez les chevaux non détendus que chez les chevaux détendus. Ainsi l'effort physique lors de la détente ne semble pas augmenter la fréquence cardiaque avant un spectacle contrairement à notre hypothèse.

La température interne et le cortisol salivaire n'étaient pas significativement différents entre les chevaux non détendus et les chevaux détendus.

Ainsi, la fréquence cardiaque avant spectacle est significativement plus faible chez les chevaux détendus alors que la température interne et la concentration en cortisol salivaire n'étaient pas modifiées par la détente.

b. Effet du type d'exercice sur les indices physiologiques standards

Les résultats sont présentés dans le tableau 7 ci dessous.

Tableau 7 : Effet du type d'exercice sur les indices physiologiques du stress autour d'un entraînement ou d'un spectacle (n=13 chevaux observés).

Indice	Période d'observation	Entraînement	Spectacle
Fréquence cardiaque (battements/minute)	Avant	34±4 ^a	36±4 ^b
	Juste après	47±5 ^a	53±8 ^b
	45 mn après	37±4 ^a	40±5 ^b
Température interne (°C)	Avant	37,5±0,1 ^a	37,7±0,2 ^b
	Juste après	38,1±0,2 ^a	38,1±0,1 ^a
	45 mn après	37,8±0,2 ^a	37,8±0,2 ^a
Cortisol salivaire (mmol/L)	Avant	2,19±0,69 ^a	1,9±0,51 ^a
	Juste après	2,24±0,87 ^a	2,04±0,34 ^a
	45 mn après	1,91±0,54 ^a	1,77±0,47 ^a

a vs b sur une même ligne : p<0.05

- **Fréquence cardiaque** : La fréquence cardiaque était significativement plus élevée avant, juste après et après un spectacle qu'un entraînement.
- **Température interne** : La température interne était significativement plus élevée avant le spectacle qu'avant l'entraînement mais non différente juste après et après ces exercices.
- **Concentration en cortisol salivaire** : La concentration en cortisol salivaire n'a pas été affectée significativement par le type d'exercice.

3) Corrélations entre les indices physiologiques standards

Les résultats sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Corrélations entre les indices physiologiques du stress observés pendant l'étude (13 chevaux observés).

Indice	Corrélation de Spearman (r) et probabilité associée (p)	Fréquence cardiaque (battements/minute)	Température interne (°C)
Fréquence cardiaque (battements/minute)	r		0,617
	p		< 0,001
Cortisol salivaire (mmol/L)	r	0,018	0,01
	p	0,82	0,86

La fréquence cardiaque et la température interne étaient corrélées significativement dans notre étude. Par contre le cortisol salivaire n'était pas corrélé significativement à la fréquence cardiaque ni à la température interne.

B. Validation des scores comportementaux

La fréquence cardiaque étant l'indice physiologique le plus variable entre un spectacle et un entraînement nous avons utilisé cet indice pour valider nos scores comportementaux.

1) Variations de la fréquence cardiaque en fonction des indices comportementaux

Les moyennes de fréquence cardiaque en fonction des différents scores d'indices comportementaux sont présentées au tableau 9.

Tableau 9 : Relation entre la fréquence cardiaque et les différents niveaux de scores d'indices comportementaux du stress observés sur des chevaux avant et 45 mn après un entraînement ou un spectacle (13 chevaux observés sur 365 périodes). Sont notés * les indices dont les scores sont globalement liés significativement à la fréquence cardiaque

Indice	Score	Fréquence cardiaque (battements/minute)	Effet global des niveaux de l'indice	Différence entre les scores pris séparément
Appui podal	3	35±5 ^a	< 0,01	T>3 T>4
	4	37±7 ^{a,b}		
	T	42±7 ^b		
Tension corporelle	0	36±8	< 0,001	ns
	0,5	42±6		
	1	40±8		
	1,5	44±5		
	2	40±0		
Position de l'encolure	0	36±7 ^a	< 0,05	1>0
	1	38±7 ^b		
Soufflement	0	38±9	ns	ns
	1	37±5		
Position des oreilles	0	39±6 ^a	<0,01	0>2
	1	37±7		
	2	36±8 ^b		
Mouvements des oreilles	0	36±7 ^a	<0,001	1>0
	1	39±6 ^b		
Score des oreilles	0	36±7 ^a	<0,001	5>0 4>0
	1	37±6		
	2	37±7		
	3	39±7		
	4	39±6 ^b		
	5	40±5 ^b		
Ouverture de l'oeil	0	36±7 ^a	<0,001	1>0
	1	40±7 ^b		
Mâchonnement du mors	0	34±6	< 0,05	ns
	1	37±6		
	2	39±7		
Sudation	0	36±7	<0,05	ns
	1	39±7		
	2	45±2		
Salivation	0	37±7	ns	ns
	1	38±8		
	2	34±3		

a vs b : p<0,05 ; ns : non significatif

Nous n'avons pas observé de relation entre les scores de soufflement et de salivation. Ces indices comportementaux n'ont pas été suffisamment sensibles dans notre échantillon. Un effet global des

différents niveaux d'appréciation de la tension corporelle, du mâchonnement du mors et de la sudation sur la fréquence cardiaque a été observé mais nous n'avons pas mis en évidence de différences significatives globales entre les différents niveaux de scores. Pour les indices appui podal, position de l'encolure, position des oreilles, mouvement des oreilles, score des oreilles, ouverture de l'œil l'effet global des différents niveaux de score était significatif et nous avons pu observer des différences significatives entre les différents scores.

Le cheval qui trépigne ou gratte d'un antérieur a une fréquence cardiaque plus élevée que celui qui est en appui sur 3 ou 4 membres de manière uniforme. Un cheval ayant l'encolure globalement au-dessus du garrot possédait donc une fréquence cardiaque plus élevée qu'un cheval ayant l'encolure en dessous du garrot.

Des oreilles positionnées vers l'avant (score 2) étaient associées à des fréquences cardiaques plus élevées que des oreilles relâchées (score 0). Des oreilles qui bougent lors de la prise de mesure (score 1) sont associées à des fréquences cardiaques plus élevées que des oreilles immobiles (score 0). Des oreilles qui bougent et qui sont majoritairement orientées vers l'avant (score 5) étaient associées à une fréquence cardiaque plus élevée que des oreilles immobiles et relâchées (score 0). De même des oreilles qui bougent majoritairement asymétriques (score 4) sont associées à une fréquence cardiaque plus élevée que des oreilles immobiles et relâchées (score 0).

Une sclère visible est associée à des fréquences cardiaques plus élevées qu'un cheval avec un œil peu ouvert.

2) Choix d'indices simplifiés

Il ressort des premières analyses que certains scores d'indices comportementaux apparaissent significativement associés à la fréquence cardiaque. Pour certains indices, le nombre de niveaux de scores utilisés ne permettait cependant pas d'observer des différences de fréquence cardiaque entre les score plus élevées, alors que d'autres scores n'étaient pas significativement différents en étant pris séparément, quand bien même ils étaient en globalité significativement différents.

Pour pouvoir simplifier et utiliser des scores plus pertinents réellement associés à des fréquences cardiaques différentes, nous avons modifié une partie des scores pour certains indices comportementaux en accord avec les résultats trouvés. Ainsi Afin de simplifier notre grille nous avons transformé les indices qualitatifs à plus de 2 niveaux en indices binaires (0 ou 1).

Nous retiendrons donc d'après la précédente analyse : l'appui podal, la tension corporelle, le score des oreilles, le mâchonnement et la sudation. En plus de ces indices, nous conservons aussi les

indices déjà simples et qui ont révélé une bonne relation avec les variations de fréquence cardiaque : la position de l'encolure, l'ouverture de l'œil et le mouvement des oreilles.

Les nouveaux indices simplifiés sont présentés au tableau 11.

Les moyennes de fréquence cardiaque ont été comparées entre les 2 scores d'indices simplifiés créés. Les différences sont significatives pour tous les indices simplifiés sur notre échantillon comme le montre le tableau 10.

Tableau 10 : Relation entre la fréquence cardiaque et les deux niveaux de scores des indices comportementaux du stress simplifiés observés sur des chevaux avant et 45 mn après un entraînement ou un spectacle (13 Chevaux observés sur 365 périodes au total). Sont notés * les indices qui permettent d'observer une différence significative de fréquence cardiaque entre les différents scores attribués

Indice	Score	Fréquence cardiaque (battements/minute)	Intérêt de l'indice
Appui podal	0	37±6 ^a	*
	1	42±7 ^b	
Tension corporelle	0	36±7 ^a	*
	1	41±11 ^b	
Score des oreilles	0	35±7 ^a	*
	1	39±9 ^b	
Mâchonnement du mors	0	34±8 ^a	*
	1	37±12 ^b	
Sudation	0	36±6 ^a	*
	1	39±8 ^b	

a vs b sur une même ligne : p<0.05

C. Grille d'indices simplifiée retenue

A partir des résultats précédents, nous avons regroupés les indices retenus dans le tableau 11.

Tableau 11 : Grille complète des indices simplifiés retenus

INDICES	Score	Explications
TENSION CORPORELLE	0	Cheval sans aucune tension perçue
	1	Cheval avec une tension perceptible
APPUI PODAL	0	Cheval en appui sur 3 ou 4 de ses membres
	1	Cheval qui trépigne, tape d'un antérieur ou s'agite dans son box)
POSITION DE L'ENCOLURE	0	Cheval présentant une encolure basse (base de l'encolure sous le garrot)
	1	Cheval présentant une encolure haute (base de l'encolure (au dessus du garrot)
MOUVEMENT DES OREILLES	0	Oreilles immobiles lors de la prise de mesure
	1	Oreilles en mouvement lors de la prise de mesure
POSITION DES OREILLES	0	Oreille dans une autre position ou mouvement
	1	Oreille immobile et vers l'avant
OUVERTURE DE L'ŒIL	0	Paupière peu ouverte, sclère non visible
	1	Paupière très ouverte, sclère visible
MACHONNEMENT DU MORS	0	Absence de mâchonnement du mord lors de la prise de mesure
	1	Présence de mâchonnement du mord lors de la prise de mesure
SUDATION	0	Absence de plage de sudation (autre que sous la selle)
	1	Présence de plage de sudation

D. Variation des indices comportementaux simplifiés entre le spectacle et l'entraînement

Le pourcentage de score = 1 pour chaque indice comportemental a été comparé entre le spectacle et l'entraînement sur les périodes avant et après l'exercice pour s'affranchir de l'impact de l'effort physique.

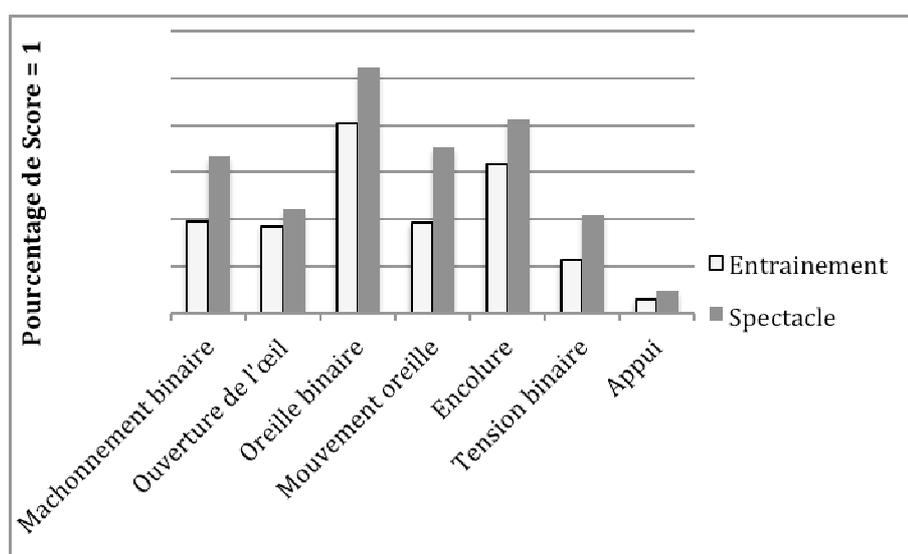
Les résultats sont présentés au tableau 12 et la figure 13.

Tableau 12 : Effet du type d'exercice sur les scores d'indices comportementaux du stress observés dans notre étude avant et 45 mn après l'exercice.

Indice	Entrainement % de score = 1	Spectacle % de score = 1
Mâchonnement du mors	20 ^a	33 ^b
Ouverture de l'œil	18	22
Position des oreilles	40 ^a	52 ^b
Mouvement des oreilles	19 ^a	35 ^b
Position de l'encolure	32 ^a	41 ^b
Tension corporelle	11 ^a	21 ^b
Appui podal	3	5

a vs b sur une même ligne : $p < 0.05$

Figure 13 : Graphique comparant les indices comportementaux entre l'entraînement et le spectacle



Les scores de mâchonnement, de position de l'oreille, de position de l'encolure, de tension corporelle et du mouvement des oreilles ont été plus élevés autour du spectacle qu'autour de

l'entraînement. Par contre, le type d'exercice n'a pas eu d'effet sur l'ouverture de l'œil et l'appui podal.

E. Résumé des principaux résultats

Dans un premier temps, nous avons démontré que la fréquence cardiaque était l'indice standard le plus variable entre un spectacle et un entraînement sur toutes les périodes (avant, juste après et après). Elle est de même corrélée à la température interne qui varie moins entre un spectacle et un entraînement. Au contraire, la concentration en cortisol dans la salive n'a pas été affectée par le spectacle par rapport à l'entraînement.

Après avoir vérifié l'adéquation des scores des indices retenus avec la fréquence cardiaque, nous avons simplifié la notation des indices employés pour avoir des indices binaires plus simples à analyser. Pour s'affranchir de l'impact de l'effort physique nous avons travaillé uniquement sur la période avant et après ou les chevaux étaient au box. D'après nos résultats, nous avons sélectionné cinq indices comportementaux : le mâchonnement du mors, la position de l'oreille, la position de l'encolure, la tension corporelle et le mouvement des oreilles, qui étaient significativement reliés à la fréquence cardiaque et qui étaient significativement impactés par le spectacle. Ces indices ont varié significativement entre un entraînement et un spectacle sur les périodes avant et après. Il y a donc probablement un impact du spectacle sur ces indices comportementaux au même titre que la fréquence cardiaque. Cela doit faire l'objet d'une discussion.

III) DISCUSSION

Cette partie permet d'explorer nos résultats en les confrontant aux limites de notre étude et à la bibliographie pour pouvoir les interpréter correctement. Les résultats que nous avons trouvés sont également rapportés dans la bibliographie comme nous allons l'aborder dans cette partie.

A. Méthodologie

1) Analyses statistiques

Notre étude a été effectuée sur 13 chevaux de l'Académie Equestre de Versailles. Les relevés ont été réalisés sur plusieurs spectacles et entraînements sur chaque cheval. Ainsi nos données sont des données de type répétées. Pour l'analyse des indices standards (fréquence cardiaque, température interne et concentration en cortisol salivaire), les relevés ont été moyennés par individus ce qui nous a permis d'avoir des données uniques par individus, puis une moyenne a été calculée sur notre échantillon et ensuite analysée par les différents tests statistiques. Ainsi pour ces indices, la répétition des données n'a pas donné de biais dans notre analyse. Par contre pour les autres indices, nous avons utilisé les données brutes par individu. Donc un individu était représenté plusieurs fois pour chaque période de l'entraînement ou du spectacle. Le nombre de répétition est présenté dans le Tableau 3 plus haut. D'après ce tableau, on observe qu'il peut y avoir des grandes différences entre certains individus (1 relevé pour l'entraînement pour Curieux et 10 relevés pour le spectacle pour Balestra). Cependant la majorité des individus de notre échantillon ont 5 entraînements et 7 spectacles. Ainsi on peut penser que les indices mesurés sur les chevaux sont relevés de manière plutôt équivalente entre les individus. En conséquence, les individus ont globalement la même influence sur les moyennes mesurées. Dans nos analyses, nous avons considéré que les relevés étaient indépendants pour simplifier les tests statistiques utilisés et cela peut augmenter artificiellement la puissance de nos analyses. D'autres analyses statistiques auraient pu être utilisées, par exemple des modèles multivariés prenant en compte l'effet aléatoire de l'individu, mais dans ce cas c'est notre effectif qui aurait été limitant.

2) Différences entre entraînement et spectacle

- Préparation des chevaux : Pour un spectacle, la préparation est plus longue (elle dure environ deux heures) car il faut tresser les chevaux alors qu'en entraînement, les chevaux sont préparés et montés dans les 10 minutes suivant leur préparation. Les chevaux en spectacle attendent donc plus longtemps avant d'être montés. De même dans la préparation, le harnachement et la sellerie utilisés diffèrent entre le spectacle et l'entraînement. Ainsi il y a une différence dans le rituel de préparation

des chevaux avant un spectacle. Cela peut probablement contribuer à favoriser une anticipation du spectacle chez ces chevaux.

- La détente : Certains chevaux sont détendus avant le spectacle (voir le tableau 1) et la prise de nos mesures se déroulait après la détente pour des raisons indépendantes de notre volonté (organisation du travail de l'Académie). Cette détente est un exercice d'environ vingt minutes (exercice type entraînement), cet aspect est également primordial pour l'interprétation des valeurs prises avant le spectacle. Nous attendions environ 20 minutes après la fin de la détente pour commencer à prendre nos paramètres physiologiques et comportementaux de la période avant spectacle.

- L'intensité physique : L'intensité physique était souvent la même entre le spectacle et l'entraînement. Néanmoins, quelques tableaux étaient d'une intensité relativement supérieure à l'entraînement notamment l'escrime à cheval pour les Criollos.

- Avant l'exercice : Les chevaux attendent 30 minutes entre nos mesures et leur entrée sur « scène » alors qu'en entraînement ils attendent généralement 5 minutes. Ainsi ils passent beaucoup plus de temps à attendre le spectacle attaché au box qu'en entraînement.

- Juste après l'exercice : Les chevaux étaient marchés après un entraînement alors qu'après un spectacle ils sont ramenés directement au box pour être débarrassés de leur harnachement et nourris.

- Le public : Le public était présent pendant le spectacle dans le manège et ensuite, les visiteurs pouvaient voir les écuries à la fin du spectacle. Ainsi les chevaux étaient en contact avec le bruit et les stimuli générés par le public au cours du spectacle mais aussi après le spectacle.

- L'ambiance du spectacle : Le spectacle se déroule sur un fond sonore de musique classique (Jean-Sébastien BACH) entrecoupé de paroles pour expliquer la relation écuyer-monture et l'importance de cette relation pour arriver à un niveau de dressage de haute-école. De même ce spectacle se déroule dans l'obscurité alors que pour les entraînements, les portes restent ouvertes, laissant pénétrer la lumière en abondance.

Il existait donc des différences entre le spectacle et l'entraînement qu'il faut prendre en compte pour l'interprétation de nos analyses. Rappelons que l'effort physique était jugé équivalent entre un spectacle et un entraînement et que le rituel de préparation variait entre le spectacle et l'entraînement (durée de préparation, harnachement différents, longue attente au box). Cette différence de rituel peut entraîner une perception différente par les chevaux de la préparation du spectacle par rapport à l'entraînement et donc engendrer de l'anxiété par anticipation du spectacle. La détente avant le

spectacle n'était pas présente avant l'entraînement et nous avons donc analysé ce facteur dans notre étude. Enfin, juste après l'entraînement, les chevaux étaient marchés cinq minutes avant d'être ramenés au box. Cette différence avec le spectacle nous a incité à ne pas prendre en compte la période juste après l'entraînement ou le spectacle pour l'analyse de certaines de nos données. Enfin, l'ambiance environnementale (musique, luminosité...), la présence du public et le tempérament des cavaliers sont modifiés entre un entraînement et un spectacle et c'est probablement cette différence qui est la plus marquée entre un spectacle et un entraînement.

Les facteurs qui ont le plus varié entre un entraînement et un spectacle étaient donc le rituel de préparation et l'environnement lors du spectacle (ambiance, public, tempérament des cavaliers). Ils ont pu être à l'origine d'une anticipation et d'un stress chez nos chevaux.

B. Choix de la fréquence cardiaque comme indice de référence

D'après les résultats obtenus, la fréquence cardiaque est plus élevée avant, juste après ou après un spectacle qu'un entraînement. On peut émettre à ce stade l'hypothèse que les chevaux de notre échantillon anticipent le spectacle notamment au travers du rituel du spectacle (tressage, harnachement etc...) et donc éprouvent de l'anxiété liée au spectacle. De même on peut penser que les chevaux de notre échantillon subissent un stress lors du spectacle. Enfin, les chevaux de notre échantillon subiraient encore un stress lors de la visite des écuries par le public et qu'ils ne sont toujours pas revenus à un état plus calme. Cela nécessite une discussion qui est abordée plus tard.

Ainsi l'indice physiologique standard qui semble le plus varier entre un entraînement et un spectacle et être représentatif de la réaction de stress est la fréquence cardiaque. De plus, c'est un indice très souvent rapporté dans notre bibliographie (Young *et al.*, 2012 ; Kermenguy, 2007 ; Peeters, 2011) pour lequel les auteurs valident tous son utilisation pour la mesure d'une réponse physiologique au stress. Enfin, elle est fortement corrélée à la température interne. La température interne varie moins entre un entraînement et un spectacle et en particulier juste après et après un spectacle ou un entraînement. C'est donc un indice qui semble plus difficile à utiliser pour mettre en évidence une réponse physiologique à un stress dans le cadre de notre étude. La concentration en cortisol salivaire n'est modifiée à aucun moment d'après nos résultats. Elle ne semble donc pas mettre en évidence de différence entre le spectacle et l'entraînement. Elle n'était pas non plus corrélée à la fréquence cardiaque et la bibliographie nous a montré que c'était un paramètre difficile à utiliser dans l'interprétation d'une réponse physiologique à un stress.

C'est donc la fréquence que nous avons retenue comme indice de référence pour établir notre grille d'évaluation de stress simplifiée.

C. Mise en perspective des résultats

1) Effets de la détente sur les paramètres physiologiques

La détente, qui correspond à un léger exercice physique avant le spectacle, a impacté nos mesures physiologiques. Nous nous attendions à une augmentation des indices physiologiques en rapport avec l'effort physique effectué mais nous avons montré au contraire que la détente faisait baisser la fréquence cardiaque. Ainsi, comme son nom l'indique et malgré l'effort physique effectué, la détente semble bien calmer les chevaux avant le spectacle. Concernant la température interne et la concentration en cortisol salivaire aucune différence significative n'était retrouvée entre les chevaux détendus et les chevaux non détendus. Comme nous attendions près de 20 minutes après la fin de la détente afin de réaliser nos mesures, il est probable que les paramètres analysés soient revenus dans les normes habituelles de repos et que donc l'effet de l'effort physique de la détente ait disparu. Ceci nous a permis d'écarter un biais qui aurait pu être dû au fait que la détente augmente les paramètres physiologiques des chevaux avant le spectacle. Nous pouvons de plus conseiller aux écuyers d'effectuer une détente avant un spectacle, puisque nos résultats indiquent que la détente posséderait un effet déstressant.

2) Effet du type d'effort sur les paramètres physiologiques

Visser *et al.* (2002) démontrent que la fréquence cardiaque est bien associée à un exercice physique chez le cheval comme nous l'avons nous aussi mis en évidence au cours d'un entraînement et d'un spectacle. La fréquence cardiaque est plus élevée juste après un entraînement qu'avant mais revient dans des valeurs similaires 45 minutes après l'entraînement qu'avant. Il y a donc bien un effet de l'effort physique sur la fréquence cardiaque à l'entraînement chez le cheval de spectacle mais les chevaux récupèrent rapidement. Par contre pour le spectacle, la fréquence cardiaque est plus élevée juste après un spectacle qu'avant mais ne revient pas dans des valeurs similaires 45 minutes après le spectacle qu'avant. On peut penser que l'effort physique est peut-être un peu plus intense en spectacle contrairement à notre hypothèse de départ mais la température interne ne semble pas être vraiment modifiée alors que l'on pourrait imaginer que l'effort physique entraîne aussi une augmentation de la température interne. Dès l'or, on peut aussi penser que le spectacle génère un stress plus important qu'à l'entraînement.

La température et le cortisol salivaire ne semblent pas être affectés par l'effort physique à l'entraînement ou au spectacle.

3) Effet du spectacle sur nos indices physiologiques standards

a. La fréquence cardiaque

Visser *et al* (2002) démontrent que la fréquence cardiaque est également associée à un stimulus stressant (introduction d'un objet nouveau ou d'un stimulus effrayant). Ainsi la fréquence cardiaque peut être augmentée lors d'effort physique mais aussi lors d'un stimulus stressant comme le spectacle par exemple. Donc un évènement stressant peut bien induire une augmentation de la fréquence cardiaque au dessus des valeurs de travail habituelle. Notre étude à démontrer que la fréquence cardiaque au cours d'un spectacle était supérieure à celle au cours d'un travail habituel : l'entraînement. Cependant, nos résultats révèlent des différences moins importantes (2,5 battements par minutes) que celles révélés par Young *et al.* (2012) où les auteurs trouvent environ 10 battements/min de différence entre le cheval au repos et le cheval soumis à une perturbation environnementale (isolation sociale, pansage...). Nos mesures étant réalisées au cours d'un exercice, la réponse de stress du cheval peut être partiellement occultée par l'effet de l'effort physique sur la fréquence cardiaque. Or Janssen *et al.* (2009) démontrent eux qu'au cours d'un effort physique (séance de travail) lors de l'introduction d'un stimulus stressant (objet nouveau), la fréquence cardiaque était supérieure à la fréquence cardiaque de travail habituelle comme notre étude. Nos résultats concordent donc avec les études précédentes et donc la fréquence cardiaque est bien impactée par le spectacle. Le spectacle semble donc bien une source de stress pour les chevaux de notre échantillon.

b. Température interne

La température interne n'est significativement plus élevée qu'entre avant un spectacle et avant un entraînement. Aucune différence significative n'a été montrée pour les périodes juste après et après. Le mécanisme de thermorégulation est plus lent à se mettre en place, (contrairement au mécanisme sympathique qui contrôle la fréquence cardiaque) donc lors de la prise de mesure juste après et après l'exercice, la réponse au stress n'est pas forcément repérable. La température interne présente donc une plus grande inertie lors d'une réponse à un stress et donc l'effet du stress sur la température interne se manifeste plus tardivement et dans une moindre mesure que l'effet de l'effort physique. Kermenguy, (2007) révèle dans son étude sur le stress du cheval pendant un transport de courte durée une augmentation significative de la température interne pendant et après le transport par rapport à la température interne au box avant le transport. Donc sans effort physique dans cette étude il a été possible de montrer une augmentation légère (+0,5 °C) de la température interne au cours d'un évènement stressant. L'effort physique peut empêcher d'identifier une hausse de la température interne liée au stress. La température interne semble être un mauvais indice pour mettre en évidence une réponse rapide de stress lors d'un exercice, contrairement à la fréquence cardiaque.

c. Concentration en cortisol salivaire

Nous n'avons trouvé aucune différence significative pour la concentration en cortisol salivaire entre entraînement et spectacle. Ces résultats sont retrouvés dans la littérature. Par exemple Valera *et al.* (2012) ne mettent pas en évidence de différence chez les chevaux de saut d'obstacle au cours d'une compétition avec un public. De même, Brunt *et al.* (2006) ne mettent pas en évidence d'augmentation du cortisol salivaire chez les chevaux de club lors de la participation aux leçons alors que des indices comportementaux indiquent un stress. Nous pensons cependant que notre étude n'a pas été optimale pour l'analyse du cortisol salivaire. Les prélèvements de salive n'ont peut être pas été suffisamment rigoureux (présence de particules alimentaires, moment de prélèvements...). Il est également possible que l'anxiété ressentie par le cheval ait entraîné une augmentation de la concentration en cortisol avant notre premier prélèvement. Enfin, l'effet du rythme circadien sur la concentration en cortisol peut avoir joué un rôle pour notre étude. Les entraînements ayant lieu en matinée (pic de concentration en cortisol le matin) alors que les spectacles avaient lieu le soir, cela peut avoir masqué des différences. Ces effets peuvent donc expliquer l'absence de différence significative entre entraînement et spectacle.

4) Validation et simplification des indices utilisés

Hall *et al.* (2013) suggèrent qu'il faut associer un indice physiologique pour analyser les comportements du cheval dans les études sur le stress. En effet, le répertoire comportemental du cheval est adapté à l'environnement dans lequel il se trouve et les réactions comportementales au stress peuvent différer entre les études. Ainsi il est nécessaire de s'appuyer sur des indices plus fiables et reconnus comme la fréquence cardiaque pour analyser et mettre en évidence une modification comportementale liée au stress chez le cheval. C'est ce que nous avons fait. Nos résultats n'ont porté que sur la période avant et après l'exercice pour s'affranchir de l'effet de l'effort physique présent dans la période juste après l'entraînement et le spectacle. Nos résultats montrent que les indices simplifiés (sudation, tension corporelle, appui, position des oreilles, mâchonnement, mouvement des oreilles, position de l'encolure et ouverture de l'œil) sont liés à la fréquence cardiaque et donc probablement au stress et à l'anxiété. Nos résultats sont en accord avec la littérature. Par exemple, Rietmann *et al.* (2004), associent une fréquence cardiaque élevée à une position haute de la tête. Cependant nous n'avons pas observé comme Hall *et al.* (2014) de relation entre le cortisol salivaire et la position de l'encolure. Les indices mis en évidence dans cette étude ne sont pas forcément généralisables à toutes les situations de stress. Certains n'ont pas été suffisamment sensibles dans notre étude par exemple la salivation n'a pas varié avec le type d'exercice probablement à cause de la difficulté à relever cet indice et aussi parce que les brides utilisés en spectacle étaient différentes de celles utilisées en

entraînement. Le soufflement lui aussi n'a varié de façon significative dans notre étude peut-être en partie parce que la période d'observation était trop courte (2 minutes).

5) Impact du spectacle sur les indices simplifiés

Nous avons donc sélectionné cinq indices comportementaux : le mâchonnement du mors (présence / absence), la position de l'oreille (oreille vers l'avant et immobile / autres positions), la position de l'encolure (haute / basse), la tension corporelle binaire (présence / absence) et le mouvement des oreilles (présence / absence), qui sont significativement associés à la fréquence cardiaque et qui sont significativement impactés par le spectacle. Ces signes comportementaux sont retrouvés comme marqueurs de stress dans la bibliographie. Par exemple, Hall *et al.* (2014) associent la position des oreilles vers l'avant avec l'anxiété. De même, Young *et al.* (2012) estiment que l'absence de mouvement des oreilles est associée au calme. Mais il faut aussi s'intéresser aux périodes sur lesquelles ces analyses ont été faites. Nous avons sélectionné les périodes avant et après un exercice (spectacle ou entraînement) pour faire nos analyses. Les relevés étaient faits sur les chevaux au box uniquement. Avant un spectacle, comme nous l'avons dit, le rituel de préparation est modifié ce qui peut être à l'origine d'une anticipation du cheval et aussi d'un stress. De même, après le spectacle, le public passe dans les écuries pour voir les chevaux au box et cela peut constituer aussi une source de stress pour le cheval. Nos résultats sont ainsi préliminaires et mériteraient d'être explorés plus avant en comparant ces indices avec ceux observés sur des chevaux au repos. Par exemple, l'indice d'appui, qui n'a pas été retenu dans notre étude puisque nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence entre le spectacle et l'entraînement, n'était pas forcément pertinent car les chevaux étaient attachés au box avant un spectacle ce qui les empêchait de s'agiter dans leur box. L'indice concernant la position des oreilles a été simplifié. Mais de ce fait nous avons choisi la position des oreilles vers l'avant et immobile comme position révélatrice d'alerte/vigilance comme nous l'indiquait notre bibliographie (Hall *et al.*, 2014 ; Bagshaw *et al.*, 1994). Mais le score 5 qui indiquait des oreilles vers l'avant mais mobile était du coup compris dans le score 0. Or on peut penser qu'un cheval qui a les oreilles dirigées vers l'avant et qui bougent est en état d'alerte et qu'il cherche à identifier la source du stimulus auditif perçu comme négatif. Cet indice simplifié peut donc sous-estimer le stress.

6) Effet du spectacle sur les indices simplifiés

Nos résultats tendent à prouver qu'il y a bien une modification physiologique et comportementale chez les chevaux avant un spectacle par rapport à avant un entraînement. Les chevaux anticipent le spectacle tout comme ils réagissent au public qui circule dans l'écurie à proximité des boxes.

Les chevaux présentent donc plus de mâchonnements du mors avant un spectacle qu'avant un entraînement, ils sont aussi sous tension et cette tension est perceptible grâce aux scores comportementaux L'encolure est portée plus haute avant et un spectacle qu'avant un entraînement. Les oreilles bougent plus rapidement et sont plus orientées vers l'avant avant un spectacle qu'avant un entraînement.

Nous pouvons donc dire que le spectacle présente un impact sur les chevaux de l'Académie Equestre de Versailles. Cet impact sur la physiologie des chevaux est mesurable par l'effet sur la fréquence cardiaque et de la température interne. Ce qui semble montrer que les chevaux sont plus stressés et plus anxieux avant le spectacle qu'avant l'entraînement.

Enfin le comportement des chevaux est lui aussi modifié, notamment le mouvement et la position des oreilles ainsi que le mâchonnement du mors qui témoignent de plus de tension avant un spectacle par rapport à avant un entraînement. Un professionnel averti et qui connaît le cheval peut, avec ces indices, déceler les chevaux anxieux ou stressés.

CONCLUSION

Ce travail de thèse avait pour objectif d'étudier l'impact du spectacle chez le cheval sur différents indices physiologiques et comportementaux simples et non invasifs. Nous avons mis en évidence plusieurs indices qui varient significativement entre le spectacle et l'entraînement chez les chevaux de l'Académie Equestre de Versailles. Nous avons démontré qu'il y avait une augmentation de la fréquence cardiaque sur toutes les périodes du spectacle par rapport à l'entraînement, ce qui implique que les chevaux sont globalement plus stressés et plus anxieux avant, pendant et après le spectacle que l'entraînement. La température interne est, elle aussi, impactée mais moins sensiblement que la fréquence cardiaque, probablement à cause de l'impact de l'effort physique. Enfin, le comportement des chevaux est lui aussi modifié : le mouvement et la position des oreilles avant et après un spectacle ou encore le mâchonnement du mors avant un spectacle. Le spectacle a donc bien un impact sur certains indices physiologiques et comportementaux étudiés dans notre travail. Nous avons également pu montrer que la détente avait un effet bénéfique chez les chevaux puisqu'elle abaisse la fréquence cardiaque avant un spectacle. La détente est donc recommandée dans la préparation du cheval au spectacle.

Dans notre étude, la concentration du cortisol salivaire n'a pas été modifiée au cours des différentes périodes d'observation, probablement à cause d'un problème de protocole. Le cortisol subit des variations à la fois individuelles, journalières et saisonnières. Les variations journalières ont pu biaiser notre protocole d'étude. Certains indicateurs comportementaux n'ont pas varié significativement dans notre étude. Il est important de construire un répertoire comportemental adapté à la situation de chaque étude sur le stress mais également de le valider avec des indices physiologiques reconnus pleinement dans la bibliographie, comme la fréquence cardiaque.

Il serait intéressant de compléter ce travail par l'étude de la relation écuyer-monture et plus particulièrement l'impact de l'écuyer sur sa monture pour vérifier si la réaction de stress du cheval est reliée au stress de l'écuyer.

BIBLIOGRAPHIE

- BAGSHAW, C.S., RALSTON, S.L., et FISHER, H. (1994). Behavioral and physiological effect of orally administered tryptophan on horses subjected to acute isolation stress. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **40**, 1–12.
- BARTOLOMÉ E, SÁNCHEZ MJ, MOLINA A, SCHAEFER AL, CERVANTES I, VALERA M. (2013). Using eye temperature and heart rate for stress assessment in young horses competing in jumping competitions and its possible influence on sport performance. *Animal.*, **7**, 2044-2053.
- BELLAVIA, S., AND GALLARA, R. (2000). Effect of photic stimuli on rat salivary glands. Role of sympathetic nervous system. *Acta Odontol Latinoam* **13**, 3–19.
- BOISSY, A., 1998. *Fear and fearfulness in determining behavior*. In: Grandin, T. (Ed.), *Genetics and the Behavior of Domestic Animals*. Academic Press, San Diego, CA, p. 67-111.
- BROOM, D.M., et JOHNSON, K.G. (1993). *Stress and animal welfare* In: Chapman & Hall (Ed.), New York.
- BRUNT, A., VAN DRIEL, K.S., OWEN, D., TALLING, J.C., 2006. Responses of school horses to a flat lesson. *Proceedings of the 2nd International Equitation Science Symposium, Milan, Italy*, p 41.
- CAYADO, P., MUÑOZ-ESCASSI, B., DOMINGUEZ, C., MANLEY, W., OLABARRI, B., SANCHEZ DE LA MUELA, M., CASTEJON, F., MARAÑÓN, G., et VARA, E. (2006). Hormone response to training and competition in athletic horses. *Equine Vet J Suppl* **65**, 274–278.
- CHRISTENSEN JW, BEEKMANS M, VAN DALUM M, VANDIERENDONCK M. (2014). Effects of hyperflexion on acute stress responses in ridden dressage horses. *Physiol. Behav.*, **128**, 39-45.
- DANTZER, R. et MORMEDE, P., (1983). Stress in farm animals : a need of reevaluation. *J. Anim. Sci.* **57**, 6-18.
- DE GRAAF-ROELFSEMA, E. (2009). Endocrine and behavioral changes as a consequence of stress in horses. *Tijdschr Diergeneeskd* **134**, 388–390.
- DE KERMENGUY, A. (2007). Mise en évidence d'un stress induit chez le cheval de sport et de loisir par un transport de courte durée. Etude expérimentale. Thèse Méd Vét. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes.
- DUKES, H.H., et REECE, W.O. (2004). *Dukes' physiology of domestic animals*. (Ithaca, N.Y.: Comstock Publishing Associates).
- ECKERSALL, P.D., AITCHISON, T., et COLQUHOUN, K.M. (1985). Equine whole saliva: variability of some major constituents. *Equine Vet. J.* **17**, 391–393.
- ECKERT, R., RANDALL, D.J., BURGGREN, W.W., et FRENCH, K. (1997). *Eckert Animal physiology: mechanisms and adaptations*. W.H. Freeman and Co. (Ed), New York.
- EMMELIN, N. (1981). Nervous control of mammalian salivary glands. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.*,

B, Biol. Sci. **296**, 27–35.

ERBER, R., WULF, M., BECKER-BIRCK, M., KAPS, S., AURICH, J.E., MÖSTL, E., et AURICH, C. (2012). Physiological and behavioural responses of young horses to hot iron branding and microchip implantation. *Vet. J.* **191**, 171–175.

FAZIO, E., MEDICA, P., CRAVANA, C., et FERLAZZO, A. (2013) Cortisol response to road transport stress in calm and nervous stallions. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*.

FRIEND, T., MARTIN, M., HOUSEHOLDER, et BUSHONG (2004). Stress responses of horses during a long period of transport in a commercial truck. *J Am Vet Med Assoc* **198**, 838–844.

GÖTRICK, B., GIGLIO, D., et TOBIN, G. (2009). Effects of amphetamine on salivary secretion. *European Journal of Oral Sciences* **117**, 218–223.

HALL, C., HUWS, N., WHITE, C., TAYLOR, E., OWEN, H., et MCGREEVY, P. (2013). Assessment of ridden horse behavior. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* **8**, 62–73.

HALL, C., KAY, R., et YARNELL, K. (2014). Assessing ridden horse behavior: Professional judgment and physiological measures. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* **9**, 22–29.

HAUSBERGER M, GAUTIER E, BIQUAND V, LUNEL C, JÉGO P. (2009) Could work be a source of behavioural disorders? A study in horses. *Plos One*. **4**.

HAUSBERGER, M., MULLER, C., et LUNEL, C. (2011). Does work affect personality? A study in horses. *PLoS ONE*, **6**.

High Sensitivity. Salivary cortisol. Enzyme Immunoassay kit. (2013). State College (USA), Salimetrics LLC (Mise à jour le 11 Novembre, 2013). <http://www.salimetrics.com/assets/documents/1-3102.pdf>

HODGSON, D.R., DAVIS, R.E., et MCCONAGHY, F.F. (1994). Thermoregulation in the horse in response to exercise. *British Veterinary Journal* **150**, 219–235.

HUGHES T, CREIGHTON E et COLEMAN R. (2006). Validation of Salivary Cortisol as an indicator of HPA activity in Horses. In :Proceedings of the 41st International Congress of the ISAE, Merida, Mexico.

JANSEN, F., VAN DER KROGT, J., VAN LOON, K., AVEZZU, V., GUARINO, M., QUANTEN, S., BERCKMANS, D., (2009). Online detection of an emotional response of a horse during physical activity. *Vet. J.* **181**, 38-42.

JECHOUX A. (2004). Comportement du cheval de courses de trot attelé – Etablissement de scores de stress et d'anxiété. Thèse Méd. Vét., Toulouse.

KEDZIERSKI, W., CYWINSKA, A., STRZELEC, K., et KOWALIK, S. (2013). Changes in salivary and plasma cortisol levels in Purebred Arabian horses during race training session. *Anim. Sci. J.*

KURAOKA K, NAKAMURA K. (2011). The use of nasal skin temperature measurements in studying emotions in macaque monkeys. *Physiol. Behav.*, **102**, 347-355.

LEBLANC, M.-A., BOUISSOU, M.-F., et CHEHU, F. (2004). Cheval, qui es-tu ? : L'éthologie du cheval, du comportement naturel à la vie domestique , Paris: Belin (Ed).

LUDWIG N, GARGANO M, LUZI F et al. (2007). Technical note : applicability of infrared thermography as a non invasive measurement of stress in rabbit. *Word Rabbit Sci.*, **15**, 199-206.

MALFERTHEINER, P., et KEMMER, T. (1987). Neural regulation of salivary gland secretion *Gastroenterol* **25** Suppl **1**, 15–20.

MCGREEVY, P. (2012). Equine behavior , In :Oxford: Saunders (Ed).

MCNAUGHTON, N., et CORR, P.J. (2004). A two-dimensional neuropsychology of defense: fear/anxiety and defensive distance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* **28**, 285–305.

MILLER, P.E., et MURPHY, C.J. (2011). Chapter 11 - Equine Vision. In *Equine Ophthalmology (Second Edition)*, B.C. Gilger, ed. (Saint Louis: W.B. Saunders), pp. 397–433.

MOBERG, G.P. (1985). *Animal stress (American Physiological Society)*.

MOBERG, G.P., et MENCH, J.A. (2000). *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare (CABI)*.

MORIMOTO, A., NAKAMORI, T., MORIMOTO, K., TAN, N., et MURAKAMI, N. (1993). The central role of corticotrophin-releasing factor (CRF-41) in psychological stress in rats. *J Physiol* **460**, 221–229.

MORMÈDE P, ANDANSON S, AUPÉRIN B, BEERDA B, GUÉMÉNÉ D, MALMKVIST J et al. (2007). Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol. Behav.*, **92**, 317-339.

NAKANISHI R, IMAI-MATSUMURA K. (2008). Facial skin temperature decreases in infants with joyful expression. *Infant Behav. Dev.*, **37**, 137-144.

PAWLAK, C.R., HO, Y.-J., et SCHWARTING, R.K.W. (2008). Animal models of human psychopathology based on individual differences in novelty-seeking and anxiety. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* **32**, 1544–1568.

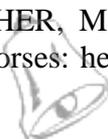
PEETERS, M. (2006). Appréciation comportementale et physiologique du niveau de stress chez les chevaux domestiques (*Equus caballus*) hospitalisés. Impact sur la qualité de l'induction et du réveil, étapes balisant une anesthésie générale. *Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège*.

PEETERS, M. (2011). Évaluation du niveau de stress du cheval en compétition et en milieu hospitalier Mesures comportementales, physiologiques et appréciation du tempérament. *Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège*.

PROCTOR, G.B., et CARPENTER, G.H. (2007). Regulation of salivary gland function by autonomic nerves. *Auton Neurosci* **133**, 3–18.

PUROHIT, R., et MCCOY (1980). Thermography in the diagnosis of inflammatory processes in the horse. *Am J Vet Res* **41**, 1167–1174.

RIETMANN, T.R., STUART, A.E.A., BERNASCONI, P., STAUFFACHER, M., AUER, J.A., et WEISHAUPT, M.A. (2004). Assessment of mental stress in warmblood horses: heart rate variability



in comparison to heart rate and selected behavioural parameters. *Applied Animal Behaviour Science* **88**, 121–136.

ROBERTSHAW, D., et TAYLOR, C.R. (1969). Sweat gland function of the donkey (*Equus asinus*). *J Physiol* **205**, 79–89.

SASLOW, C.A. (2002). Understanding the perceptual world of horses. *Applied Animal Behaviour Science* **78**, 209–224.

SCHAEFER, A.L., MATTHEWS, COOK, et WEBSTER, J.R. (2002). Novel non-invasive measures of animal welfare (New Zealand).

SCHMIDT, A., MOSTL, E., AURISCH, et NEUHAUSER (2009). Comparison of cortisol and cortisone levels in blood plasma and saliva and cortisol metabolite concentrations in faeces for stress analysis in horses. *Proceedings 5th International Equitation Science Conference* 53.

SCOTT, C.M., MARLIN, D.J., et SCHROTER, R.C. (2001). Quantification of the response of equine apocrine sweat glands to beta2-adrenergic stimulation. *Equine Vet. J.* **33**, 605–612.

SELYE, H. (1936). A Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents. *Nature* **138**

STEWART M, WEBSTER JR, STAFFORD KJ, SCHAEFER AL, VERKERKS GA. (2010). Technical note : Effects on an epinephrine infusion on eye temperature and heart rate variability in bull calves. *J. Dairy Sci.*, **93**, 5252-5257.

STEWART M, WEBSTER JR, VERKERKS GA, SCHAEFER AL, COLYN JJ, STAFFORD KJ. (2007). Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiol. Behav.*, **92**, 520-525.

STEWART M. (2008). Non-invasive measurement of stress and pain in cattle using infrared thermography. Thèse de Doctorat en Philosophie des Sciences Animales, Massey University (New Zealand).

VALERA, M., BARTOLOME, E., SANCHEZ, M.J., MOLINA, A., COOK, N., et SCHAEFER, A. (2012). Changes in Eye Temperature and Stress Assessment in Horses During Show Jumping Competitions. *Journal of Equine Veterinary Science* **32**, 827–830.

VEISSIER I, BOISSY A. (2007). Stress and welfare : two complementary concepts that are intrinsically related to the animal's point of view. *Physiol. Behav.*, **92**, 429-433.

VISSER, E.K., VAN REENEN, C.G., BLOKHUIS, M.Z., MORGAN, E.K.M., HASSMEN, P., RUNDGREN, T.M.M., et BLOKHUIS, H.J. (2008). Does horse temperament influence horse-rider cooperation? *Journal of Applied Animal Welfare Science: JAAWS* 267–284.

VISSER, E.K., VAN REENEN, C.G., HOPSTER, H., SCHILDER, M.B., KNAAP, J.H., BARNEVELD, A., BLOKHUIS, H.J., (2001). Quantifying aspects of young horses' temperament: consistency of behavioral variables. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **74**, 241-258.

VISSER, E.K., VAN REENEN, C.G., VAN DER WERF, J.T., SCHILDER, M.B., KNAAP, J.H., BARNEVELD, A., BLOKHUIS, H.J., 2002. Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. *Physiol. Behav.* **76**, 289-296.

VON BORELL, E., LANGBEIN, J., DESPRES, G., HANSEN, S., LETERRIER, C., MARCHANT-

FORDE, J., MARCHANT-FORDE, R., MINERO, M., MOHR, E., PRUNIER, A., et AL. (2007). Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals — A review. *Physiology & Behavior* **92**, 293–316.

WAGNER, A.E. (2010). Effects of Stress on Pain in Horses and Incorporating Pain Scales for Equine Practice. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **26**, 481–492.

WALLSTEN, H., OLSSON, K., et DAHLBORN, K. (2012). Temperature regulation in horses during exercise and recovery in a cool environment. *Acta Vet Scand* **54**, 42.

YOUNG, T., CREIGHTON, E., SMITH, T., et HOSIE, C. (2012). A novel scale of behavioural indicators of stress for use with domestic horses. *Applied Animal Behaviour Science* **140**, 33–43

ANNEXE 2 : Tableau des données

Nom cheval	Période	Stade	Fc	T	Sudation	Mach	Mach-binaire	Oeil	Oreilles	Oreille-score	Oreille-binaire	Mouv-binaire	Position oreilles	Souffle	Encolur	EncolureHB	Tension	Tension -binaire	Appui	Salivation
BALESTRA	AV	E	28	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	E	32	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
BALESTRA	AV	E	28	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	1	B	B	0	0	3	1
BALESTRA	AV	E	32	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	E	28	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	E	28	37,7	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
BALESTRA	AV	S	32	38,1	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	3	0
BALESTRA	AV	S	36	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	S	32	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	S	36	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	JAP	E	48	37,9	0	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	2
BALESTRA	JAP	E	52	38,2	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	E	56	38	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	E	44	38	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	S	44	37,9	0	0	0	1	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	S	40	38	0	2	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	S	48	38,1	0	2	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	JAP	S	52	38	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	AP	E	32	37,7	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	E	40	37,7	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	E	32	37,8	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	E	36	38	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	E	40	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	E	36	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	28	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	32	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	40	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	32	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	36	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0

BALESTRA	AP	S	48	38	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	E	32	37,4	0	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	3	0
CHAGALL	AV	E	32	37,2	0	0	0	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	3	0
CHAGALL	AV	E	36	37,5	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
CHAGALL	AV	E	36	37,5	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	M	H	0	0	4	0
CHAGALL	AV	E	32	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	E	32	37,2	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	S	32	37,4	0	2	1	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	T	2
CHAGALL	AV	S	36	37,5	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
CHAGALL	AV	S	36	37,8	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
CHAGALL	AV	S	36	37,4	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
CHAGALL	AV	S	36	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	S	32	38,4	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	JAP	E	68	37,4	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	JAP	S	52	38,2	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
CHAGALL	AP	E	32	37,8	0			0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	E	40	37,5	0			0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	E	36	37,2	0			0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
CHAGALL	AP	E	48	37,5	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	E	32	37,5	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	3	0
CHAGALL	AP	E	32	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
CHAGALL	AP	E	48	37,5	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	E	60	37,4	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	S	40	37,3	0			1	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
CHAGALL	AP	S	36	37,2	0			0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
CHAGALL	AP	S	40	37,7	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	S	36	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0

CHAGALL	AP	S	48	37,5	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	S	44	37,8	0			1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	1	1	4	0
DEUX	AV	E	28	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
DEUX	AV	E	44	37,6	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
DEUX	AV	E	36	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	AV	E	32	37,5	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
DEUX	AV	S	36	37,5	0	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0,5	1	4	0
DEUX	AV	S	44	37,4	0	1	1	1	0-0	2	1	0	0	0	H	H	1	1	4	1
DEUX	AV	S	32	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	AP	E	40	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	AP	E	40	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	AP	E	36	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	AP	E	36	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
DEUX	AP	S	44	37,3	0			0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0
DEUX	AP	S	44	38,0	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	AP	S	40	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	3	0
DEUX	AP	S	36	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AV	E	36	37,2	0	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	1	1	4	1
INTREPIDE	AV	E	44	37	0	0	0	0	0-1	1	0	0	1	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AV	E	44	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AV	S	36	37,6	0	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	AV	S	36	37,2	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AV	S	40	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	1
INTREPIDE	AV	S	40	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
INTREPIDE	AV	S	44	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	JAP	E	56	38,3	0	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	3	2

INTREPIDE	JAP	E	28	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	JAP	E	52	38,9	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
INTREPIDE	JAP	E	48	38,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	JAP	S	52	38,3	0	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	2
INTREPIDE	JAP	S	60	37,7	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
INTREPIDE	AP	E	44	37,5	0			1	0-0	2	1	0	0	0	H	H	1	1	4	0
INTREPIDE	AP	E	44	37,8	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AP	E	28	36,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
INTREPIDE	AP	E	44	38,1	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AP	E	40	38	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	1	1	4	0
INTREPIDE	AP	S	36	38,1	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AP	S	32	37,8	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	AP	S	40	37,6	0			1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	3	1
INTREPIDE	AP	S	40	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
INTREPIDE	AP	S	48	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
NERVEUX	AV	E	40	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	T	0
NERVEUX	AV	E	40	37,8	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	M	H	0	0	3	0
NERVEUX	AV	E	44	37,6	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	1
NERVEUX	AV	S	40	37,4	0	1	1	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	T	1
NERVEUX	AV	S	44	38,5	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
NERVEUX	AV	S	44	37,6	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	0
NERVEUX	JAP	E	56	38,3	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0,5	1	4	1
NERVEUX	AP	E	44	38	0			1	0-1	1	0	0	1	0	H	H	0,5	1	4	0
NERVEUX	AP	E	40	38	0			1	0-2	0	0	0	2	0	M	H	0	0	T	0
NERVEUX	AP	S	44	37,8	0			1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0,5	1	4	0
OUEST	AV	E	40	37,5	0	0	0	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0

QUEST	AV	S	48	37,7	0	0	0	1	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0,5	1	3	0
QUEST	AV	S	40	37,8	0	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
QUEST	AV	S	32	37,8	0	1	1	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0
QUEST	JAP	E	56	38	0	2	1	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	1
QUEST	JAP	S	52	38,1	0	0	0	1	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
QUEST	JAP	S	70	38,2	0	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	1
QUEST	JAP	S	48	37,9	0	0	0	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0,5	1	4	1
QUEST	AP	E	44	37,5	0			0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
QUEST	AP	E	36	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
QUEST	AP	S	48	38	0			1	0-0	2	1	0	0	1	H	H	0,5	1	4	0
PASSA	AV	E	36	37,4	0	1	1	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	3	0
PASSA	AV	E	36	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AV	E	32	37,6	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
PASSA	AV	E	28	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AV	E	36	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AV	E	36	37,4	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	1	B	B	0	0	4	0
PASSA	AV	E	36	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AV	S	32	38,0	0	1	1	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0,5	1	4	0
PASSA	AV	S	32	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0

PASSA	AV	S	40	37,7	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
PASSA	AV	S	36	38,0	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	3	0
PASSA	AV	S	32	37,8	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
PASSA	AV	S	36	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	1
PASSA	JAP	E	52	38,4	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
PASSA	AP	E	44	38,1	0			0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	E	48	37,6	0			1	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0,5	1	4	0
PASSA	AP	E	36	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	E	40	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	S	44	38,1	0			1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	S	32	38,1	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	S	32	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
PASSA	AP	S	44	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
PASSA	AP	S	36	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	E	32	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	E	36	37,6	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	E	32	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
QUILATE	AV	E	28	37,6	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
QUILATE	AV	E	24	37,3	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
QUILATE	AV	E	24	37,4	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	S	32	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	S	40	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
QUILATE	AV	S	36	38,2	0	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	AV	S	36	38,1	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
QUILATE	AV	S	32	38,0	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	JAP	E	32	38	0	1	1	0	0-2	0	1	0	2	0	H	H	0	0	4	0
QUILATE	JAP	E	40	38	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
QUILATE	AP	E	32	38,1	0			1	0-1	1	1	0	1	1	H	H	0	0	4	0
QUILATE	AP	E	32	37,8	0			0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	3	0

QUILATE	AP	E	36	38,1	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
QUILATE	AP	E	40	38,2	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AP	E	24	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AP	S	32	38,3	0			1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	4	0
QUILATE	AP	S	44	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AP	S	38	37,9	0			1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
QUILATE	AP	S	44	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
QUILATE	AP	S	32	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	1	1	4	0
RAJO	AV	E	28	37,3	0	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	E	28	37,5	0	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
RAJO	AV	E	36	37,2	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	E	30	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	E	28	37,3	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	E	28	37,2	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	S	32	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
RAJO	AV	S	32	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	S	32	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	S	36	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	JAP	E	36	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	JAP	E	36	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	JAP	E	32	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	JAP	E	44	38	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	2
RAJO	JAP	E	32	38	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
RAJO	JAP	E	44	38,1	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
RAJO	JAP	S	40	37,8	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	1	B	B	0,5	1	T	0
RAJO	JAP	S	44	37,9	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
RAJO	JAP	S	40	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1

RAJO	JAP	S	48	37,9	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
RAJO	AP	E	28	37,5	0			0	0-1	1	0	0	1	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	E	28	37,4	0			0	0-1	1	0	0	1	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	E	28	37,5	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	E	28	37,4	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	E	36	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
RAJO	AP	E	32	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	S	36	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	S	24	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	S	28	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	36	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	36	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	28	37,3	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	28	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	28	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2		H	H	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	24	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	S	32	38,3	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	S	36	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	S	40	38,1	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1

TINGUELY	AV	S	32	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	JAP	E	40	38,2	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	JAP	E	44	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	JAP	S	44	37,9	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	2
TINGUELY	JAP	S	44	37,8	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0,5	1	4	2
TINGUELY	JAP	S	48	37,7	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	2
TINGUELY	AP	E	28	37,8	0			0	0-0	2	1	0	0		H	H	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	44	38,1	0			1	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	36	38	0			0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	28	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	44	38,1	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	36	38,1	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	36	38,1	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	28	38	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	E	36	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	S	40	37,9	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	AP	S	32	38,2	0			0	0-2	0	0	0	2	1	B	B	0	0	4	0
TROIS	AV	E	28	37,4	0	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	1	1	4	0
TROIS	AV	E	36	37,3	0	0	0	1	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0

TROIS	AV	E	32	37,3	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
TROIS	AV	E	28	37,4	0	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AV	S	40	37,8	0	1	1	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
TROIS	AV	S	36	37,4	0	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0,5	1	4	0
TROIS	AV	S	36	37,5	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	0
TROIS	AV	S	32	37,3	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
TROIS	AV	S	32	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
TROIS	JAP	E	44	37,7	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
TROIS	AP	E	36	37,6	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	E	40	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	E	36	37,7	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	E	28	37,5	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	S	44	37,8	0			0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	S	36	37,7	0			1	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
TROIS	AP	S	40	37,8	0			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
UN	AV	E	36	37,4	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AV	E	32	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
UN	AV	E	28	37,3	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B			3	0
UN	AV	E	36	37,3	0	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B			4	0
UN	AV	E	28	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AV	E	32	37,4	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2		H	H	0	0	4	0
UN	AV	S	36	37,4	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	1	H	H	0	0	T	1
UN	AV	S	36	37,5	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
UN	AV	S	28	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	T	0
UN	AV	S	32	37,5	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AV	S	28	38	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0

UN	JAP	E	44	37,6	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H		4	1	
UN	JAP	E	48	38	0	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
UN	JAP	S	48	38,1	0	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	1
UN	AP	E	32	38	0				0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
UN	AP	E	36	37,8	0				0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	0
UN	AP	E	32	37,7	0				0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	3	0
UN	AP	E	32	37,9	0				0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0
UN	AP	E	36	37,8	0				0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0
UN	AP	E	36	37,9	0				0-2	0	0	0	2	0	B	B			4	0
UN	AP	E	32	37,5	0				0-2	0	0	0	2	0	B	B			4	0
UN	AP	E	28	37,6	0				0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
UN	AP	E	36	37,7	0				0-2	0	0	0	2		B	B	0	0	4	0
UN	AP	E	28	37,4	0				0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AP	S	40	37,6	0				0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AP	S	36	37,8	0				0-2	1	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AP	S	36	37,9	0				0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AP	S	36	37,7	0				0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	E	36	37,8	0	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	E	24	37,7	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	3	0
BALESTRA	AV	S	36	38	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	S	36	38	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	E	40	37,8	0				1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	E	44	37,4	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	0
CHAGALL	AV	E	28	37,3	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	S	40	37,4	0	1	1	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
CHAGALL	JAP	S	48	37,9	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	B	B	1	1	4	1
CHAGALL	JAP	S	48	37,9	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	1
CHAGALL	AP	S	36	37,3	0				1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AP	S	40	37,4	0				1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	AV	E	32	37,3	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0,5	1	4	1
DEUX	AV	S	40	37,4	0	0	0	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0,5	1	4	0
DEUX	AV	S	44	37,5	0	1	1	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
DEUX	AV	S	28	37,3	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0
DEUX	AP	S	44	37,9	0				1-0	4	1	1	0	0	H	H	0,5	1	4	0

DEUX	AP	S	40	37,7	0			0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	3	0
INTREPIDE	AV	E	36	37,5	0	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	AV	E	36	37,5	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	T	1
INTREPIDE	AV	S	40	37,8	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	JAP	S	48	37,8	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	T	2
INTREPIDE	JAP	S	52	38,4	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	1	1	T	1
INTREPIDE	AP	E	44	37,5	0			1	1-0	4	1	1	0	1	H	H	1	1	4	1
INTREPIDE	AP	S	40	37,3	0			0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0,5	1	4	0
NERVEUX	AV	E	44	37,6	0	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0,5	1	T	0
NERVEUX	AV	E	40	37,6	0	0	0	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
NERVEUX	AV	S	48	37,4	0	2	1	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	T	1
NERVEUX	AV	S	48	37,5	0	2	1	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	T	0
NERVEUX	AV	S	52	37,2	0	1	1	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	3	1
NERVEUX	AV	S	48	37,9	0	2	1	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0,5	1	T	0
NERVEUX	AV	S	44	38,4	0	1	1	0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0,5	1	4	1
NERVEUX	AV	S	44	37,9	0	1	1	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	3	1
NERVEUX	JAP	S	48	37,7	0	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	1	1	4	1
NERVEUX	JAP	S	84	38,1	0	1	1	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	1
NERVEUX	AP	E	48	37,9	0			1	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0,5	1	4	0
NERVEUX	AP	E	48	38,2	0			0	1-1	5	1	1	1	0	M	H	0	0	T	0
NERVEUX	AP	S	40	37,8	0			0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	0
NERVEUX	AP	S	52	38,1	0			1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	1	1	4	0
QUEST	AV	E	40	37,4	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0

QUEST	AV	S	44	37,5	0	1	1	1	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
QUEST	AV	S	44	37,5	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	1	H	H	1,5	1	4	0
QUEST	AV	S	44	37,9	0	0	0	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
QUEST	JAP	E	48	37,9	0	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	1
QUEST	JAP	S	56	38,1	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	1
QUEST	JAP	S	56	37,9	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	1
QUEST	AP	E	44	38	0			1	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
QUEST	AP	E	44	37,9	0			1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0
QUEST	AP	S	44	37,9	0			1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	0
QUEST	AP	S	44	37,8	0			0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
QUEST	AP	S	44	37,9	0			0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
QUEST	AP	S	36	37,6	0			1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0,5	1	4	0
QUEST	AP	S	44	38,1	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	E	28	37,5	0			0	1-0	4	0	1	0	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	E	40	37,7	0			0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AP	S	40	38,1	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	E	20	37,4	0	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	S	32	37,3	0	2	1	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0,5	1	4	0
QUILATE	AP	E	32	37,7	0			1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	0
QUILATE	AP	S	44	38,3	0			0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AP	S	44	38,3	0			0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AP	S	32	37,8	0			0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0,5	1	4	0
RAJO	AV	S	32	37,4	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AV	S	32	37,6	0	1	1	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	3	1
RAJO	AP	E	36	37,9	0			0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0
RAJO	AP	S	36	38	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0

RAJO	AP	S	36	37,9	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	S	30	37,4	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	0
TINGUELY	AV	S	32	37,9	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	JAP	E	32	38,2	0	1	1	1	1-0	4	1	1	0		H	H	0	0	4	1
TINGUELY	JAP	E	44	38,2	0	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	JAP	S	56	37,9	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	2
TINGUELY	AP	S	52	37,9	0			0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	S	36	37,9	0			0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	S	56	38	0			1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0,5	1	4	0
TINGUELY	AP	S	44	37,8	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AP	S	40	37,8	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AV	E	32	37,3	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AV	S	32	37,1	0	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	0
TROIS	AV	S	40	37,5	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	1
TROIS	AV	S	40	37,5	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	1
TROIS	JAP	S	56	38,1	0	1	1	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	1
TROIS	JAP	S	56	38,1	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	1	H	H	2	1	4	1
TROIS	AP	S	44	37,9	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AV	E	28	37,2	0	0	0	1	1-2	3	1	1	2	0	B	B	1	1	3	0
UN	AV	E	32	37,5	0	0	0	1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0
UN	AV	E	38	37,6	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AV	S	32	37,6	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	3	0
UN	JAP	S	52	38	0	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	1
UN	JAP	S	48	37,8	0	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0,5	1	4	1
UN	AP	E	32	37,5	0			1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
UN	AP	E	40	38	0			1	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AP	E	40	38,1	0			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	AP	S	40	38	0			1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0
UN	AP	S	40	38	0			1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0

UN	AP	S	28	37,7	0			0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0
INTREPIDE	AV	S	48	36,9	0	1	1	0			1			0	H	H	0	0	T	0
INTREPIDE	JAP	E	40	37,5	0	0	0	1						0	H	H	0	0	4	2
INTREPIDE	JAP	S	56	38,1	0	1	1	1			1			0	B	B	0,5	1	4	2
QUILATE	AV	S	28	37,3	0	1	1	1			1			0	H	H	2	1	4	1
QUILATE	JAP	S	44	37,6	0	1	1	1			1			0	B	B	1	1	4	0
RAJO	AV	E	24	37,2	0	0	0	0						1	B	B	0	0	4	0
RAJO	JAP	E	36	37,7	0	0	0	0						0	B	B	0	0	4	0
RAJO	AP	S	28	37,5	0			0			1			0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	32	37,6	0	0	0	0						0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	JAP	E	52	37,9	0	1	1	0						0	B	B	0	0	4	2
TINGUELY	AP	S	32	37,4	0			1			1			0	H	H	0	0	4	0
UN	JAP	E	52	38,2	0	2	1	1						0	H	H	0	0	4	0
UN	JAP	E	36	37,8	0	1	1	1						0	H	H	0	0	4	0
BALESTRA	AV	E	36	37,6	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	0
BALESTRA	AV	S	40	37,8	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AV	S	36	37,8	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	1
BALESTRA	JAP	E	44	38,1	1	1	1	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0
BALESTRA	JAP	E	44	38,3	1	2	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	E	56	38,2	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	JAP	E	44	38,1	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	S	48	38,1	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0

BALESTRA	JAP	S	40	38	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	S	36	37,9	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	S	40	38	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	S	52	37,8	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	AP	E	36	37,9	1				0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	36	37,9	1				0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	28	37,8	1				0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	36	37,9	1				0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	S	36	37,6	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	AV	S	36	37,7	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	2
CHAGALL	JAP	E	48	37,8	1	1	1	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	1
CHAGALL	JAP	E	42	37,8	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	2
CHAGALL	JAP	E	48	37,7	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
CHAGALL	JAP	S	48	37,9	1	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	1
CHAGALL	JAP	S	56	37,9	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	T	1
CHAGALL	JAP	S	52	37,7	1	0	0	0	0-2	0	1	0	2	0	B	B	0	0	4	0
DEUX	JAP	E	48	38,1	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
DEUX	JAP	E	56	38,3	1	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	2
DEUX	JAP	S	60	38,0	1	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	1

DEUX	JAP	S	60	38,2	1	0	0	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0,5	1	4	1
DEUX	JAP	S	56	38,2	1	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	1
DEUX	JAP	S	56	38,1	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	0
DEUX	AP	E	40	37,9	1			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
INTREPIDE	AV	E	28	36,8	1	0	0	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	1
INTREPIDE	AV	S	44	37,5	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
INTREPIDE	JAP	E	48	38,2	1	2	1	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	1	1	4	2
INTREPIDE	JAP	S	56	38,1	1	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	4	2
NERVEUX	AV	E	48	37,4	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
NERVEUX	JAP	E	72	38	1	2	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	2
NERVEUX	JAP	S	76	38,5	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	1	1	T	1
NERVEUX	AP	E	40	38,1	1			1	0-2	0	0	0	2	0	M	H	0,5	1	T	0
NERVEUX	AP	S	44	38,4	1			0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	4	0
NERVEUX	AP	S	52	37,8	1			0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	T	0
NERVEUX	AP	S	60	38,7	1			0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0,5	1	4	0
NERVEUX	AP	S	56	38,3	1			1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0,5	1	4	0
NERVEUX	AP	S	52	38,1	1			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	0
OUEST	AV	E	36	37,3	1	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	0
OUEST	JAP	E	48	38,1	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
OUEST	JAP	E	48	38	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
OUEST	JAP	S	56	38,1	1	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	1	1	4	1
PASSA	AV	E	36	37,4	1	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0,5	1	4	0
PASSA	JAP	E	48	38,0	1	1	1	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	2
PASSA	JAP	E	52	38,2	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1

PASSA	JAP	E	44	38	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	1
PASSA	JAP	S	44	38,3	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
PASSA	AP	E	40	38,4	1			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	AV	S	32	38,1	1	1	1	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	JAP	E	52	38,4	1	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	JAP	E	48	38,3	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
QUILATE	JAP	S	48	38,2	1	2	1	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	1	1	T	1
QUILATE	JAP	S	56	38,0	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	JAP	S	40	38,3	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	AP	S	38	38,0	1			0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	0
RAJO	JAP	S	36	37,9	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
RAJO	JAP	S	36	37,8	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
RAJO	JAP	S	36	37,9	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
RAJO	AP	S	24	37,6	1			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	E	28	37,4	1	0	0	0	0-1	1	1	0	1	1	B	B	0	0	3	0
TINGUELY	AV	E	32	37,5	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	S	32	37,7	1	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	AV	S	28	37,5	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	3	1
TINGUELY	JAP	E	44	38,1	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	2
TINGUELY	JAP	E	48	38,4	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	2
TINGUELY	JAP	S	56	38,1	1	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	2
TINGUELY	JAP	S	56	37,7	1	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	2
TINGUELY	JAP	S	52	37,8	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	2

TROIS	AV	S	40	37,5	1	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	1
TROIS	JAP	E	48	38,0	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
TROIS	JAP	E	48	37,9	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
TROIS	AP	E	32	37,7	1			0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	S	40	38,0	1			0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	0
UN	AV	E	36	37,3	1	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	MP	H	1	1	4	0
UN	AV	E	32	37,3	1	2	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	JAP	E	44	38	1	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B			4	1
UN	JAP	E	48	38	1	0	0	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	1	1	4	2
UN	JAP	E	44	38,6	1	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	2
UN	JAP	S	64	38,1	1	0	0	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	1
UN	JAP	S	48	37,9	1	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
BALESTRA	AV	S	28	37,6	1	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	1
BALESTRA	AV	S	36	37,8	1	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	JAP	E	36	38	1	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	1
BALESTRA	AP	E	32	37,7	1			0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0	0	4	0
BALESTRA	AP	S	44	37,8	1			0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
CHAGALL	JAP	E	56	37,9	1	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	1
CHAGALL	JAP	E	56	37,9	1	1	1	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	1
CHAGALL	JAP	E	48	37,5	1	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	3	1
CHAGALL	JAP	S	52	38,1	1	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	1
DEUX	JAP	E	48	38,2	1	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	1	1	4	1

DEUX	JAP	E	52	38,0	1	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	1
INTREPIDE	JAP	S	56	37,9	1	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	2
INTREPIDE	JAP	S	56	38,2	1	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0,5	1	4	2
INTREPIDE	AP	S	48	37,5	1				1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
INTREPIDE	AP	S	70	38,1	1			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	1
NERVEUX	JAP	E	52	38,2	1	0	0	1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	1	1	4	1
NERVEUX	JAP	S	84	38	1	2	1	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	1,5	1	T	2
NERVEUX	JAP	S	78	37,7	1	1	1	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	1	1	4	1
NERVEUX	JAP	S	80	38,5	1	1	1	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	2	1	T	2
NERVEUX	JAP	S	64	38,7	1	2	1	1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0,5	1	T	0
NERVEUX	AP	E	48	38,1	1			1	1-2	3	1	1	2	0	M	H	1	1	4	0
NERVEUX	AP	S	44	38,4	1			0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0,5	1	T	0
QUEST	AV	E	36	37,4	1	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
PASSA	AV	S	36	37,8	1	1	1	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	3	1
PASSA	JAP	S	48	38,2	1	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0,5	1	4	1
PASSA	AP	S	44	38,3	1			0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
QUILATE	JAP	S	56	38,3	1	0	0	0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0,5	1	4	2
QUILATE	AP	E	40	38,3	1			1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	0
RAJO	AV	S	36	37,4	1	2	1	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
TINGUELY	AV	S	36	38,1	1	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	1
TINGUELY	JAP	E	44	37,9	1	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	0	0	4	0
TINGUELY	JAP	S	60	37,7	1	2	1	1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	1	1	4	2
TINGUELY	AP	S	36	37,6	1			0	1-0	4	1	1	0	1	H	H	0	0	4	0
TROIS	JAP	E	48	38,3	1	1	1	0	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	2
TROIS	AP	S	44	38,0	1			0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0

UN	AV	E	36	37,6	1	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	0
UN	AV	E	36	37,4	1	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	MP	H	1	1	4	0
UN	AV	S	32	37,6	1	0	0	1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	1	1	4	0
UN	JAP	E	40	37,8	1	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	0
UN	JAP	E	48	38,2	1	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	1
UN	JAP	E	48	37,9	1	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	0
UN	JAP	E	48	38	1	1	1	1	1-1	5	1	1	1		H	H	1	1	4	0
UN	JAP	E	44	38,2	1	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	H	H	1	1	4	2
UN	JAP	E	48	37,8	1	2	1	1	1-2	3	1	1	2	0	B	B	0	0	4	0
UN	JAP	S	52	37,9	1	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	1
UN	JAP	S	52	38,1	1	0	0	1	1-1	5	1	1	1	0	MP	H	1	1	4	1
CHAGALL	JAP	S	52	37,8	1	1	1	1			1			0	B	B	1	1	4	1
TINGUELY	JAP	E	52	38,3	1	2	1	0						0	B	B	0	0	4	2
TINGUELY	JAP	S	48	38,1	1	1	1	1			1			0	H	H	1	1	4	2
TROIS	JAP	S	48	38,2	1	0	0	0			1			0	H	H	0,5	1	4	1
BALESTRA	JAP	S	44	38,1	2	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
NERVEUX	JAP	E	60	38,7	2	1	1	1	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	1
NERVEUX	JAP	E	60	38,5	2	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	1	1	T	2
PASSA	JAP	E	48	38,4	2	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	1
PASSA	JAP	E	52	38,6	2	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
PASSA	JAP	E	52	38,3	2	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
PASSA	JAP	S	48	38,2	2	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0	0	4	1
PASSA	JAP	S	56	38,5	2	0	0	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
PASSA	JAP	S	52	38,3	2	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
QUILATE	JAP	E	44	38,5	2	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	JAP	E	48	38,3	2	1	1	0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	1
QUILATE	JAP	E	44	38,2	2	1	1	1	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	2

QUILATE	JAP	S	52	38,3	2	1	1	0	0-0	2	1	0	0	0	B	B	0,5	1	4	1
TROIS	JAP	E	44	38,2	2	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0	0	4	1
TROIS	JAP	S	56	38,0	2	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	1	1	4	1
TROIS	JAP	S	52	38,2	2	0	0	0	0-0	2	1	0	0	0	H	H	0,5	1	4	1
TROIS	JAP	S	56	38,3	2	0	0	0	0-1	1	1	0	1	0	B	B	0	0	4	1
TROIS	AP	S	44	38,2	2			1	0-2	0	0	0	2	0	H	H	0,5	1	4	0
CHAGALL	JAP	E	40	37,7	2	0	0	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	1
CHAGALL	JAP	S	52	38,4	2	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0,5	1	4	1
DEUX	JAP	E	48	38,2	2	0	0	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	1
DEUX	JAP	S	48	38,2	2	1	1	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	1	1	4	1
DEUX	JAP	S	52	38,1	2	1	1	0	1-2	3	1	1	2	0	H	H	1	1	4	1
NERVEUX	JAP	E	64	38,6	2	1	1	1	1-2	3	1	1	2	0	H	H	0,5	1	T	1
NERVEUX	JAP	S	88	38,7	2	1	1	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	2	1	4	2
NERVEUX	JAP	S	84	38,3	2	2	1	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	1,5	1	T	1
PASSA	JAP	S	56	38,2	2	1	1	1	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	1
PASSA	JAP	S	52	38,4	2	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	H	H	0	0	4	1
QUILATE	JAP	S	52	38,4	2	1	1	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	1	1	4	1
QUILATE	JAP	S	52	38,4	2	2	1	0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	1	1	4	1
QUILATE	JAP	S	52	38,4	2	1	1	0	1-2	3	0	1	2	0	B	B	1	1	4	0
TROIS	JAP	S	48	38,5	2	1	1	1	1-1	5	1	1	1	0	B	B	1	1	4	1
TROIS	JAP	S	60	38,1	2	1	1	1	1-1	5	1	1	1	0	H	H	1	1	4	1
TROIS	JAP	S	52	38,2	2	0	0	0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	S	44	37,9	2			0	1-0	4	1	1	0	0	B	B	0	0	4	0
TROIS	AP	S	48	37,9	2			0	1-1	5	1	1	1	0	B	B	0	0	3	0
CHAGALL	AP	S	48	37,5				0	0-2	0	0	0	2	0	B	B	0	0	4	0

MESURE DU STRESS CHEZ LE CHEVAL DE SPECTACLE : INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES ET COMPORTEMENTAUX

NOM : SEMBLAT

Prénom : Robin

Résumé

Le cheval de spectacle évolue dans un environnement particulier, avec une exigence et une discipline pour arriver à produire des représentations équestres de haute qualité comme à l'Académie Equestre de Versailles. Comme leurs écuyers, les chevaux sont considérés comme de véritables artistes qui pourraient probablement appréhender le passage sur la piste et éprouver un stress au cours du spectacle. A partir d'indices physiologiques non invasifs et d'indices comportementaux, nous avons cherché à évaluer l'impact du spectacle sur le stress de 13 chevaux de l'Académie en comparant les indices avant, juste après et après un spectacle et un entraînement. Nous avons démontré qu'il y avait une augmentation de la fréquence cardiaque et de la température interne (moins sensiblement) sur toutes les périodes du spectacle par rapport à l'entraînement suggérant la présence d'un stress chez les chevaux. Le comportement des chevaux était lui aussi modifié, surtout le mouvement et la position des oreilles avant et après un spectacle ou encore le mâchonnement du mors avant un spectacle. Nous avons également pu montrer que la détente avait un effet bénéfique chez les chevaux puisqu'elle diminue le stress, abaissant la fréquence cardiaque avant un spectacle. La détente est donc recommandée dans la préparation du cheval au spectacle. Ainsi, les chevaux de l'Académie apparaissent plus stressés en spectacle qu'en entraînement, ceci étant mesurable par des indices physiologiques et comportementaux. Nous avons proposé une grille d'évaluation simplifiée des indices comportementaux représentatifs de ce stress qui peut être utilisée par les professionnels du spectacle équestre.

Mots clés : STRESS / CHEVAL / SPECTACLE / COMPORTEMENT / CORTISOL SALIVAIRE / STRESS / INDICATEUR

Jury :

Président : Pr.

Directeur : Dr Caroline GILBERT

Assesseur : Pr. Bénédicte GRIMARD-BALLIF

IMPACT OF THE SHOW IN HORSES: PHYSIOLOGICAL AND BEHAVIOURAL INDICATORS

SURNAME: SEMBLAT

Given Name: Robin

Summary

Horses during a show have to be concentrated, disciplined and their performance necessitates a high physical activity to produce original equestrian representations, such as in the Académie Equestre of Versailles. Similarly to their riders, horses as artists may, before and during the show, anticipate the physical and mental effort they are asked and hence express stress. Using non-invasive physiological and behavioral indices, we aimed at assessing the impact of the show on the stress response of 13 horses of the Académie Equestre of Versailles comparing parameters before, just after and after a performance or training. We showed that heart rate and internal temperature (less significantly) increased during all periods of a show compared with training, suggesting a stress response in horses. Moreover, behavioral parameters of horses also changed during shows, in particular movement and position of the ears before and after a show or bit chewing before a show. We also showed that a relaxation period before the show had a beneficial effect to reduce stress, by lowering heart rate. Relaxing horses is then recommended to prepare horses for a show. In conclusion, horses appear more stressed and anxious during show than during training, linked to both physiological and behavioral indicators. We then propose easy-to-use behavioral indicators that are representative of this stress response and correlated with physiological parameters, which can be useful to assess stress before a show by professionals.

Keywords : STRESS / HORSE / SHOW / BEHAVIOUR / SALIVARY CORTISOL / STRESS / INDICATOR

Jury :

President : Pr.

Director : Dr Caroline GILBERT

Assessor : Pr. Bénédicte GRIMARD-BALLIF